

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Фізико-хімічний інститут
Бердянський державний педагогічний університет
Державний фонд фундаментальних досліджень
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова
Інститут металофізики імені Г.В. Курдюмова
Інститут загальної і неорганічної хімії імені В.І. Вернадського
Інститут хімії поверхні
Інститут термоелектрики
УКРАЇНСЬКЕ ФІЗИЧНЕ ТОВАРИСТВО
АСОЦІАЦІЯ "ВЧЕНІ ПРИКАРПАТТЯ"
ЛЮБЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)

ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ ТОНКИХ ПЛІВОК ТА НАНОСИСТЕМ

Матеріали XI Міжнародної конференції

МКФТТПН-ХІ

Т О М 2

7-12 травня, 2007 р.

Івано-Франківськ
Україна

ББК 22.373.1

Ф 83

УДК 539.2

Фізика і технологія тонких плівок та наносистем. Матеріали XI Міжнародної конференції: У 2 т. – Т. 2. / За заг. ред. заслуженого діяча науки і техніки України, д.х.н., проф. **Фреїка Д.М.** – Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2007. – 276 с.

Представлено результати теоретичних і експериментальних досліджень з питань: технологія тонких плівок (метали, напівпровідники, діелектрики, провідні полімери) і методи їх дослідження; фізико-хімічні властивості плівок; нанотехнології і наноматеріали, квантово-розмірні структури; тонкоплівкові елементи електронних пристроїв.

Матеріали підготовлено до друку Організаційним комітетом та Редакційною колегією конференції і подано в авторській редакції.

Для наукових та інженерних працівників з проблем тонкоплівкового матеріалознавства та мікроелектроніки.

Рекомендована до друку науково-технічною радою Фізико-хімічного інституту Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Рецензенти:

Литовченко В.Г.

чл.-кор. НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор.

Ковтун Г.О.

чл.-кор. НАН України, доктор хімічних наук, професор.

Точицький Е.І.

чл.-кор. НАН Білорусі, доктор технічних наук, професор.

© Прикарпатський
національний університет
імені Василя Стефаника
вул. Шевченка, 57,
м. Івано-Франківськ,
76000, Україна
Тел. (0342) 503752
Факс (03422) 31574
E-mail: freik@pu.if.ua

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
‘Vasyl Stefanyk’ Precarpathian National University
Physical-Chemical Institute
Berdiansk State Pedagogical University
State Fund of Fundamental Researches

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF UKRAINE
‘V.E. Lashkarev’ Institute of Semiconductor Physics
‘G.V. Kurdyumov’ Institute of the Physics of Metals
‘V.I. Vernadsky’ Institute of General and Inorganic Chemistry
Institute of Surface Chemistry
Institute of Thermal-Electricity

LUBLIN TECHNICAL UNIVERSITY (POLAND)
“SCIENTISTS OF THE PRECARPATHIAN” ASSOCIATION
UKRAINE PHYSICS SOCIETY

PHYSICS AND TECHNOLOGY OF THIN FILMS AND NANOSYSTEMS

XI INTERNATIONAL CONFERENCE

Materials

7-12, May, 2007
Ivano-Frankivsk, Ukraine

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника
Физико-химический институт
Бердянский государственный педагогический университет
Государственный фонд фундаментальных исследований

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
Институт физики полупроводников имени В.Е. Лашкарева
Институт металлофизики имени Г.В. Курдюмова
Институт общей и неорганической химии имени В.И. Вернадского
Институт химии поверхности

УКРАИНСКОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
АССОЦИАЦИЯ "УЧЕНЫЕ ПРИКАРПАТЬЯ"
ЛЮБЛИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ТОНКИХ ПЛЁНОК И НАНОСИСТЕМ

XI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Материалы

7-12 мая 2007 года
Ивано-Франковск, Украина

Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. Materials of XI International Conference: On 2 V. – V. 2. / Ed by Honored engineer and techniques of Ukraine, Dr.Chem.Sci., Prof. **Freik D.M.** – Ivano-Frankivsk: Published-Design Centre of ‘Vasyl Stefanyk’ Precarpathian National University, 2007. – 276 c.

The results of theoretical and experimental researches in directions are submitted: technology of thin films (metals, semiconductors, dielectrics, and carrying out polymers) and methods of their investigation; physicochemical properties of thin films; nanotechnology and nanomaterials, quantum-size structures; thin-film devices of electronics.

The materials preformed for printing by Organizational Committee and Editorial Board of Conference, are conveyed in authoring edition.

For the scientific and engineering workers on thin-film material sciences and microelectronics.

It is recommended for printing by Scientific and Technical Advice of Physical-Chemical Institute at the ‘Vasyl Stefanyk’ Precarpathian National University.

Физика и технология тонких пленок и наносистем. Материалы XI Международной конференции: В 2 т. – Т. 2. / Под общ. ред. Заслуженного деятеля науки и техники Украины, д.х.н., проф. **Фреика Д.М.** – Ивано-Франковск: Издательско-дизайнерский отдел ЦИТ Прикарпатского национального университета имени Василия Стефаника, 2007. – 276 с.

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований в направлениях: технология тонких пленок (металлы, полупроводники, диэлектрики, проводящие полимеры) и методы их исследования; физико-химические свойства пленок; нанотехнологии и наноматериалы, квантово-размерные структуры; тонкопленочные элементы электронных приборов.

Материалы подготовлены к печати Организационным комитетом и редакционной коллегией конференции, поданы в авторской редакции.

Для научных и инженерных работников по вопросам тонкопленочного материаловедения и микроэлектроники.

Рекомендовано к печати научно-техническим советом Физико-химического института Прикарпатского национального университета имени Василия Стефаника.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Бюро

Миронюк І.Ф., Остафійчук Б.К., Фреїк Д.М.

Міжнародний

Анатичук Л. (Україна), **Бабанли М.** (Азербайджан), **Власенко О.** (Україна), **Волков С.** (Україна), **Вуйцік В.** (Польща), **Гасанов К.** (Азербайджан), **Горбик П.** (Україна), **Грігоніс А.** (Литва), **Гуревич Ю.** (Мексика), **Гуржій А.** (Україна), **Жуковські П.** (Польща) **Зломанов В.** (Росія), **Калінкін І.** (Росія), **Кияк Б.** (Україна), **Кікінеші О.** (Угорщина), **Ковтун Г.** (Україна), **Комаров Ф.** (Білорусь), **Кучмій С.** (Україна), **Литовченко В.** (Україна), **Мазуренко Є.** (Україна), **Мачулін В.** (Україна), **Міттова І.** (Росія), **Мовчан Б.** (Україна), **Наумовець А.** (Україна), **Новиков М.** (Україна), **Огородник Я.** (США), **Панасюк В.** (Україна), **Раренко І.** (Україна), **Свечніков С.** (Україна), **Сизов Ф.** (Україна), **Сукач Г.** (Україна), **Стасюк І.** (Україна), **Тагаєв М.** (Узбекистан), **Тодоран Р.** (Румунія), **Точицький Е.** (Білорусь), **Фірстов С.** (Україна), **Фістуль В.** (Росія), **Шпак А.** (Україна), **Шпілевський Е.** (Білорусь)

Національний

Бойко Б. (Харків), **Бойчук В.** (Дрогобич), **Галушак М.** (Івано-Франківськ), **Гасюк І.** (Івано-Франківськ), **Гладких М.** (Харків), **Давидюк Г.** (Луцьк), **Дмитрук М.** (Київ), **Дружинін А.** (Львів), **Зауличний Я.** (Київ), **Зінченко В.** (Одеса), **Ігнатенко П.** (Донецьк), **Кідалов В.** (Бердянськ), **Кланічка В.** (Івано-Франківськ), **Корбутяк Д.** (Київ), **Куницький Ю.** (Київ), **Лашкарьов Г.** (Київ), **Лепіх Я.** (Одеса), **Матвєєва Л.** (Київ), **Миколайчук О.** (Львів), **Никируй Л.** (Івано-Франківськ), **Панченко О.** (Київ), **Похмурський В.** (Львів), **Прокопів В.** (Івано-Франківськ) **Проценко І.** (Суми), **Прокопенко І.** (Київ), **Птащенко О.** (Одеса), **Рогачова О.** (Харків), **Рувінський М.** (Івано-Франківськ), **Середа Б.** (Запоріжжя), **Смертенко П.** (Київ), **Стасюк З.** (Львів), **Стронський О.** (Київ), **Ткач М.** (Чернівці), **Томашик В.** (Київ), **Уваров В.** (Київ), **Чуйко Г.** (Херсон)

Секретаріат

Межиловська Л.Й. – вчений секретар конференції

Бабушак Г.Я., Борик В.В., Дзундза Б.С., Соколов О.Л. – секретарі

ORGANIZING COMMITTEE

Bureau

D. Freik, I. Myronyuk, B. Ostafiychuk

International

L. Anatychyk (Ukraine), **M. Babanly** (Azerbaijan), **S. Firstov** (Ukraine), **V. Fistulj** (Russia), **K. Gasanov** (Azerbaijan), **P. Gorbyk** (Ukraine), **A. Grigonis** (Lithuania), **Yu. Gurevich** (Mexico), **A. Gurzhiy** (Ukraine), **I. Kalinkin** (Russia), **O. Kikineshi** (Hungary), **F. Komarov** (Belarus), **G. Kovtun** (Ukraine), **S. Kuchmij** (Ukraine), **B. Kyjak** (Ukraine), **V. Lytovchenko** (Ukraine), **V. Machulin** (Ukraine), **Ye. Mazurenko** (Ukraine), **I. Mittova** (Russia), **B. Movchan** (Ukraine), **A. Naumovetsj** (Ukraine), **M. Novykov** (Ukraine), **Ya. Ogorodnik** (USA), **V. Panasjuk** (Ukraine), **V. Prokopiv** (Ukraine), **I. Rarenko** (Ukraine), **A. Shpak** (Ukraine), **E. Shpilevsky** (Belarus), **F. Sizov** (Ukraine), **I. Stasjuk** (Ukraine), **G. Sukach** (Ukraine), **S. Svechnikov** (Ukraine), **M. Tagaev** (Uzbekistan), **E. Tochytsky** (Belarus), **R. Todoran** (Romania), **O. Vlasenko** (Ukraine), **S. Volkov** (Ukraine), **V. Wojcik** (Poland), **V. Zlomanov** (Russia), **P. Zukowski** (Poland)

National

B. Boyko (Kharkiv), **V. Boychuk** (Drogobych), **G. Chuyko** (Kherson), **G. Davydyuk** (Lutsk), **M. Dmytruk** (Kyiv), **I. Drugynin** (Lviv), **M. Galushchak** (Ivano-Frankivsk), **I. Gasyuk** (Ivano-Frankivsk), **M. Gladkykh** (Kharkiv), **P. Ignatenco** (Donetsk), **V. Kidalov** (Berdyansk), **V. Klanichca** (Ivano-Frankivsk), **D. Korbutyak** (Kyiv), **Yu. Kunitscyy** (Kyiv), **G. Lashkarov** (Kyiv), **I. Lepikh** (Odesa), **L. Matveeva** (Kyiv), **O. Mykolaychuk** (Lviv), **L. Nykyruy** (Ivano-Frankivsk), **O. Panchenco** (Kyiv), **V. Pohmursjkyk** (Lviv), **V. Procopiv** (Ivano-Frankivsk), **I. Protsenco** (Sumy), **I. Procopenco** (Kyiv), **O. Ptashenco** (Odesa), **O. Rogachova** (Kharkiv), **M. Ruvinskyk** (Ivano-Frankivsk), **B. Sereda** (Zaporizzhya), **P. Smertenco** (Kyiv), **Z. Stasyuk** (Lviv), **O. Stronsjkyk** (Kyiv), **M. Tkach** (Chernivtsi), **V. Tomashyk** (Kyiv), **V. Uvarov** (Kyiv), **I. Zaulychnyy** (Kyiv), **V. Zinchenco** (Odesa)

Secretariate

Scientific Secretary – L. Mezhylovska

Secretaries – G. Babushchak, V. Boryk, B. Dzundza, O. Sokolov

Вельмишановні пані та панове! Друзі! Колеги!

Радий Вас знову привітати на прекрасній землі нашого Прикарпаття! Ми вступили вже у другий десяток наших міжнародних зустрічей! І це чудово!



Ми разом йдемо в ногу із досягненнями світової науки взагалі і тонко плівкових технологій зокрема. Адже вони стали фундаментом успішного розвитку мікроелектроніки у ХХ ст. і є основою нового напрямку в науці ХХІ ст. – нанотехнологій, наноматеріалів і наноелектроніки. Це є не тільки нашим досягненням, але і певною гордістю! У зв'язку із останнім, наші традиційні назви “МКФТТП” –

міжнародна конференція з фізики і технології тонких плівок дещо змінені на “МКФТТПН” – міжнародна конференція з фізики і технології тонких плівок та **наносистем!** Це виправдано, так як на МКФТТПН – ХІ у секції “Нанотехнології і наноматеріали, квантово-розмірні структури” заявлено значне число теоретичних та експериментальних робіт.

Успішної наукової роботи, творчого спілкування, дружніх зустрічей і доброго відпочинку!

Щастя і натхнення Вам!

З повагою,

голова Оргкомітету МКФТТПН – ХІ



Дмитро Фреїк

*с. Гута, м. Івано-Франківськ, Україна
7 травня 2007 р.*

Секція 2 (усні доповіді)
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК

8-11 травня 2006 р.

Session 2 (oral)
PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE FILMS
 May, 8-11, 2007

Фізико-хімічні властивості і домінуючі точкові дефекти у халькогенідах цинку

Бабущак Г.Я.

*Кафедра фізики і хімії твердого тіла
 Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна*

Халькогеніди цинку (ZnS, ZnSe, ZnTe) є перспективними матеріалами для створення світлодіодів, фоторезисторів, джерел спонтанного і когерентного випромінювання [1]. Різноманітність властивостей визначається власними точковими дефектами кристалічної ґратки [2].

Виконано аналіз дефектної підсистеми на основі кристалоквазіхімічних моделей та виявлено їх вплив на фізико-хімічні властивості халькогенідів цинку ZnX (X – Se, S, Te). Розраховано залежність концентрації дефектів у n-ZnX (V_{Zn}^{2-} , V_X^{2-} , Zn_i^+ , Zn_i^{2+}) і p-ZnX (V_{Zn}^{2-} , V_{Zn}^- та Zn_i^{2+}), вільних носіїв та холлівської концентрації від відхилень від стехіометрії і величини диспропорціювання міжвузлового Цинку (n-ZnX) та вакансій Цинку (p-ZnX) [3].

За умови, що переважаючими дефектами у n-ZnX є двозарядні вакансії Цинку (V_{Zn}^{2-}) та міжвузлові атоми Цинку (Zn_i^{\square} , Zn_i^{\square}) кристалоквазіхімічна формула буде:

$$\left(Zn_{(l-a)+a}^r V_{a(l-g)}^{2-} \right)_{Zn} \left(X_{l-a}^r V_a^{\square} \right)_X \left(Zn_{a(l-g)(l-d)}^{\square} Zn_{a(l-g)d}^{\square} \right)_i, \quad (1)$$

Для p-ZnX (надлишок халькогену) відповідно:

$$\left(Zn_{(l-b)(l-e)}^r V_{((l-b)e+b)(l-m)}^{2-} \right)_{Zn} X_{l-a}^r \left(Zn_{(l-b)e}^{\square} \right)_i. \quad (2)$$

Тут α - відхилення від стехіометричного складу; γ - частка атомів Цинку у вузлах кристалічної ґратки; δ - коефіцієнт диспропорціювання міжвузлових атомів Цинку; Zn_{Zn}^{\times} - Цинк у вузлах кристалічної ґратки; V_X^{\square} - двозарядні вакансії халькогену; e' – електрони, “.”, “.”, “x”, “0” – позитивний, негативний, нейтральний та нульовий заряди.

З аналізу формул (1) і (2) слідує, що в халькогенідах цинку з

відхиленням від стехіометрії на стороні Цинку спостерігається n-тип провідності, за який відповідають однозарядні вакансії халькогену, а спостережуваний р-тип провідності, викликаний здебільшого двозарядними вакансіями Цинку.

1. А.Н. Георгобиани, М.Б. Котляревский. Проблемы создания инжекционных светодиодов на основе широкозонных полупроводниковых соединений A^2B^6 // *Изв. АН СССР: Сер. Физическая*, **49**(10), сс. 1916-1922 (1985).
2. Н.К. Морозова, В.А. Кузнецов. Сульфид цинка. *Получение и оптические свойства*. Наука, М. 200 с. (1987).
3. С.С. Лисняк. Кристаллоквазихимическая модель исследований в химии твердого тела // *Неорганические материалы*, **32**(2), сс. 1913-1917 (1992).

Структура и оптические свойства аморфно-кристаллических фуллереновых плёнок

Бажин А.И.¹, Беседа Е.А.¹, Глазунова В.А.², Ступак В.А.¹, Троцан А.Н.¹,
Чертопалов С.В.¹

¹*Донецкий национальный университет, Донецк, Украина;*

²*Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАНУ, Донецк, Украина*

В работе рассмотрено влияние толщины и отжига фуллеритовых плёнок на их структуру и оптический коэффициент пропускания.

Плёнки фуллерита C_{60} толщиной 50...250 нм были получены терморезистивным методом в вакууме при остаточном давлении в камере $2 \cdot 10^{-5}$ Торр. Поток C_{60} направлялся нормально к нагретой до 160°C подложке. Температура испарителя составляла 460°C . В качестве подложек использовалось аморфное стекло. Отжиг проводился при температуре 160°C в течение 2 часов.

Электронно-микроскопические исследования плёнок проводились на микроскопе JEM200 при ускоряющем напряжении 200кВ.

Исследования оптических свойств фуллеритовых C_{60} плёнок проводились при помощи спектрофотометра СФ-4А с приставкой зеркального отражения ПЗО-1 в диапазоне длин волн от 400 до 1200 нм.

Электронно-микроскопические исследования показали, что полученные плёнки являются аморфно-поликристаллическими со средним размером кристаллитов ≈ 500 нм. Аморфная фаза окаймляет кристаллиты. Для фуллеритовых пленок характерна высокая плотность дислокаций ($\sim 10^{13}$ - 10^{14} м⁻²), которые в кристаллитах образуют скопления и стенки, расположенные по границам сросшихся кристаллических островков. Двухчасовой отжиг плёнки в вакууме приводит к увеличению размеров зёрен на некоторых участках плёнки и уменьшению количества

межзёренной аморфной фазы по всей площади. Кроме того, снижается дефектность структуры плёнки. Толщина плёнки после отжига уменьшается на ~20%.

Уменьшение доли аморфной фазы и снижение дефектности кристаллической составляющей приводит к увеличению коэффициента поглощения и изменению характера зависимости коэффициента поглощения от длины волны излучения. С увеличением толщины плёнок возрастает оптическая плотность.

Процессы гомогенизации в слоистых пленочных системах

Богатыренко С.И., Крышталь А.П., Сухов Н.В.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

Определение параметров диффузии в таких сложных объектах, как наноматериалы, особенно, при характерных размерах менее десяти нанометров, является исключительно сложной, и до сих пор не решенной проблемой. При таких размерах элементов наносистем весьма затруднительно выделить влияние одного из известных диффузионных процессов – поверхностная, объемная, зернограничная и др. диффузии. Поэтому, исследователи часто оценивают параметры диффузионной активности в таких нанобъектах с использованием косвенных данных.

В данной работе на основании анализа понижения температуры плавления и уменьшения параметра решетки в малых частицах проведены оценки энергии образования вакансий (как объемных, так и поверхностных), определяющих диффузионные процессы в таких объектах. Показано, что при вакансионном механизме коэффициенты объемной и поверхностной диффузии в малых частицах значительно возрастают с уменьшением их размера, превышая на много порядков коэффициент объемной диффузии в массивных образцах.

Также приводятся результаты экспериментальных исследований диффузионной активности в нанобъектах, на примере системы Au-Cu, методами электронографии, рентгеновской дифрактометрии, Оже-спектроскопии и измерения сопротивления. Выбор системы обусловлен тем, что медь и золото полностью растворимы в твердом и жидком состояниях, образуя фазовую диаграмму типа сигара, что позволяет более достоверно интерпретировать полученные данные. Слоистые системы препарировались путем последовательной конденсации компонентов в вакууме из независимых источников. На основании проведенных наблюдений оценены значения энергии активации диффузии и эффективного коэффициента диффузии в указанной системе. Показано, что при вакансионном механизме коэффициенты объемной и поверхностной диффузий в наночастицах значительно увеличиваются с

уменьшением их размера, превышая на много порядков коэффициент объемной диффузии в массивных образцах. В частности, установлено, что при толщине пленки меди и золота по 2 нм в слоистой пленочной системе Au-Cu независимо от порядка конденсации компонентов происходит образование сплава переменного состава по всей толщине системы. Это указывает на то, что при таких толщинах контактирующих слоев именно малость их толщин оказывает решающее влияние на диффузионные процессы.

Переохлаждение при кристаллизации наночастиц Sn, Bi и Pb на поверхности и между слоями алюминия

Богатыренко С.И., Дукаров С.В., Колендовский М.М.

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина

В последнее время особое внимание исследователей и технологов обращено к изучению поведения наночастиц, внедренных в твердотельную матрицу, что вызвано перспективой практического применения подобных материалов. Изучение фазовых переходов в таких объектах важно для обеспечения долговечности и стабильности устройств на их основе.

В работе исследованы переохлаждения при кристаллизации жидкой фазы Sn, Bi и Pb на поверхности и в объеме Al матрицы. Избранные металлы образуют с Al фазовые диаграммы эвтектического типа при практически полной нерастворимости в твердом состоянии.

Исследования кристаллизации проводились с помощью методики [1], основанной на изучении микроструктуры пленок, конденсированных на подложку с градиентом температуры. Получены значения граничной температуры T_g для Sn, Bi и Pb на алюминии 444, 453 и 563 К, соответственно, которые отвечают смене механизма конденсации пленок, то есть температуре кристаллизации островков легкоплавкого металла при конденсации на Al подложке. По микроснимкам профилей капель определены величины краевых углов смачивания: 42°, 75° и 50°. Полученные соотношения переохлаждений и краевых углов согласуются с имеющимися результатами по изучению переохлаждения при кристаллизации в вакуумных конденсатах ряда металлов [1].

Поскольку определение температуры T_g для систем со смачиванием затруднено из-за незначительной разницы в микроструктуре конденсата выше и ниже границы перехода, были выполнены исследования переохлаждения при кристаллизации для указанных систем путем измерения электросопротивления пленок при их нагреве и охлаждении.

В результате проведенных исследований в слоистых пленочных системах Al/Bi/Al, Al/Sn/Al, Al/Pb/Al обнаружен температурный гистерезис плавление-кристаллизация для фазы на основе легкоплавкого

компонента, который находится в контакте с твердой фазой на основе алюминия, и установлено соответствие полученных переохлаждений со значениями, которые наблюдаются при конденсации на подложке с градиентом температуры. Показано, что в таких слоистых пленочных системах наблюдается стабильная воспроизводимость величины переохлаждения при повторных циклах нагрев-охлаждение.

1. Gladkikh N.T., Dukarov S.V., Sukhov V.N. Investigation of supercooling during metal crystallization under conditions close to weightlessness using island vacuum condensates // *Z. für Metallkunde*, **87**(3), pp. 233-239 (1996).

Оптичні властивості плівок ZnSe:Co

Ваксман Ю.Ф., Ніцук Ю.А., Павлов В.В., Пуртов Ю.М.

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, Одеса, Україна

Селенід цинку є широкозонним напівпровідником перспективним для формування на його основі інжекційних електролюмінісцентних структур і лазерів, що випромінюють в синьо-голубій області спектру. Останнім часом показана можливість застосування цього матеріалу для створення на його основі випромінювачів в інфрачервоній (ІЧ) області спектру. З цією метою здійснюється легування селеніду цинку елементами перехідних металів. Нами був розроблений метод дифузійного легування кристалів ZnSe кобальтом та досліджено їх оптичні характеристики [1]. Проте, для формування інфрачервоних випромінювачів більш зручними є плівкові структури. Метою даної роботи є розробка технології одержання плівок ZnSe:Co та дослідження їх оптичних властивостей у порівнянні з кристалами.

Плівки ZnSe:Co одержано шляхом термічного напилення у вакуумі на нагріту підкладку з кварцу. У якості шихти використовувались подрібнені кристали ZnSe:Co з великим вмістом кобальту. Товщина одержаних плівок становила від 1 до 5мкм.

Досліджено спектри оптичної густини плівок ZnSe:Co в області краю поглинання, в видній та ближній ІЧ - областях. Для порівняння розглянуто спектр оптичної густини плівок нелегованого ZnSe. Встановлено, що введення кобальту приводить до зміщення краю оптичного поглинання в сторону менших енергій. Причиною цього є утворенням твердого розчину $Zn_{1-x}Co_xSe$. В ближній ІЧ-області спостерігається серія ліній оптичного поглинання, серед яких основними є лінії на 1.64, 1.71, і 1.78eВ. Такі ж лінії присутні в кристалах ZnSe:Co і зумовлені переходами електронів з основного стану $^4A_2(F)$ на розщеплені рівні збудженого стану $^4T_1(P)$ іону Co^{2+} . В середній ІЧ-області присутні дві лінії поглинання на 0.83 і 0.76eВ, зумовлені переходами $^4A_2(F) \rightarrow ^4T_1(F)$. Спостерігалась також резонансна лінія поглинання кобальту на 0.43eВ, що є наслідком оптичного переходу з

основного рівня ${}^4A_2(F)$ на рівень найближчого збудженого стану ${}^4T_2(F)$.

Встановлено, що при збільшенні концентрації домішок кобальту має місце розмивання смуг поглинання.

Проведені дослідження показали відсутність суттєвих відмінностей в спектрах оптичного поглинання плівок і кристалів $ZnSe:Co$, що дозволяє використовувати одержані плівки при формуванні структур, що випромінюють в ІЧ-області спектру.

1. Ваксман Ю.Ф., Павлов В.В., Ницу Ю.А., Пуртов Ю.Н., Насибов А.С., Шапкин П.В. Получение и оптические свойства монокристаллов $ZnSe$, легированных кобальтом // *Физ. и техн. полупроводников.*, **40**(7), сс. 815-818 (2006).

Дослідження оптично-анізотропних плівок оксиду цинку в однорідному магнітному полі методами ІЧ-спектроскопії

Венгер Є.Ф.¹, Давиденко С.М.², Мельничук Л.Ю.², Мельничук О.В.²

¹*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна*

²*Ніжинський державний університет ім. Миколи Гоголя, Ніжин, Україна*

У доповіді представлено результати дослідження оптичних та електрофізичних властивостей прозорих високотекстурованих та монокристалічних оптично-анізотропних плівок ZnO на “напівнескінченній” підкладці $6H-SiC$, Al_2O_3 методами ІЧ-спектроскопії. Реєстрацію спектрів зовнішнього відбивання проведено за допомогою спектрофотометра ИКС-31 при використанні приставки ИПО-22 в актуальній області частот плівки ZnO ($400-600\text{ см}^{-1}$) та “напівнескінченної” підкладки Al_2O_3 , $6H-SiC$ ($400-1200\text{ см}^{-1}$).

Розроблено математичну модель із феноменологічним вкладом осциляторів у діелектричну проникність оптично-анізотропної плівки ZnO та підкладки $6H-SiC$, Al_2O_3 , що дозволяє моделювати спектри зовнішнього відбивання за врахування впливу на структуру однорідного магнітного поля. Показано, що наявність анізотропії та зв'язок магнітоплазмонів із довгохвильовими оптичними фонами призводить до прояву властивостей, які суттєво відрізняються від властивостей у кубічних напівпровідниках: подвоєння частоти відсічки та резонансу, прояв нових областей прозорості і непрозорості в спектрах зовнішнього відбивання тощо. В області “залишкових променів” плівки оксиду цинку зареєстровано 4 резонанси, частоти яких є монотонно зростаючими функціями від величини магнітного поля.

Встановлено, що лінійно поляризоване випромінювання, яке напрямлене під прямим кутом до напрямку магнітного поля, після проходження плівки ZnO , вміщеної в магнітне поле, стає еліптично поляризованим. Показано, що електромагнітні хвилі, які поширюються

перпендикулярно магнітному полю, в оптично-анізотропних плівках ZnO і підкладках 6H-SiC володіють властивостями, які відсутні у оптично-ізотропних напівпровідниках. В останніх можуть поширюватись одна звичайна хвиля з лінійною поляризацією й одна незвичайна хвиля з еліптичною поляризацією.

Показано, що у разі конфігурації Фарадея в оптично-анізотропних плівках виникають осциляції, зумовлені наявністю виділеної вісі монокристала, і зникають у випадку ізотропного середовища (за відсутності магнітного поля), так і у випадку, коли зовнішнє магнітне поле направлено вздовж вісі кристала.

Виявлено, що збільшення ступеня легування плівки оксиду цинку призводить до деформації поверхні відбивання в області залишкових променів плівки та підкладки. Показано, що оптична діагностика анізотропних структур на основі металічної моделі шару дозволяє одержувати значення рухливості та провідності носіїв зарядів у тонких плівках ZnO.

Дефектоутворення у кристалах кадмій телуриду легованих йодом

Горічок І.В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Кадмій телурид є перспективним матеріалом для створення приладів оптоелектроніки та детекторів йонізуючого випромінювання. Ефективність їх роботи в значній мірі обумовлена дефектами кристалічної структури, які утворюються при вирощуванні кристалів та в процесі їх післяростової підготовки. Тому, вивчення дефектоутворення в залежності від технологічних факторів, дає змогу одержувати матеріали з наперед заданими властивостями. Легування йодом дозволяє стабілізувати електричні властивості матеріалу. Йод в кадмій телуриді проявляє донорні властивості заміщуючи атом Телуру в його вузлі і кристали CdTe легovanі йодом при кімнатних температурах володіють n-типом провідності з високою концентрацією електронів.

В даній роботі методом термодинамічних потенціалів з використанням теоретично розрахованих енергетичних параметрів дефектів розраховано дефектну структуру кристалів кадмій телуриду легovanі йодом.

Побудовані залежності холлівської концентрації носіїв заряду та атомних дефектів у CdTe від технологічних факторів двотемпературного відпалу (температури відпалу T , парціального тиску пари компоненту P_{Cd} та концентрації домішки).

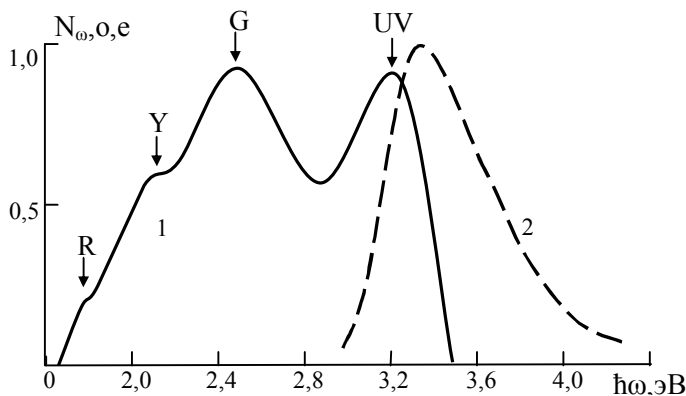
Показано, що відповідальними за n-тип провідності кристалів CdTe:I є двократно заряджений міжвузловий атом Кадмію Cd_i^{2+} та однократно йонізовані домішкові атоми Іоду I_{Te}^+ . У матеріалі р-типу провідності домінують вакансії Кадмію, які утворюють комплекси з атомами домішки $(V_{Cd}^{2-} I_{Te}^+)^-$. Співвідношення між цими домінуючими дефектами можна змінювати в процесі двотемпературного відпалу при високих температурах у парах кадмію або телуру.

Фізичні властивості ізовалентно-заміщених шарів оксиду цинку

Горлей В.В., Сльотов М.М., Ткаченко І.В., Хуснутдінов С.В.

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

Перспективи використання оксиду цинку у функціональній електроніці зумовлено високою ефективністю випромінювальної рекомбінації, значними електрооптичними і п'єзоелектричними ефектами та великою температурою Кюрі [1]. Для задоволення цих потреб в останні роки інтенсивно розвиваються різні способи створення тонких плівок і шарів цього матеріалу. Одним з багатообіцяючих є метод ізовалентного заміщення (ІВЗ), який має низку безперечних переваг перед іншими технологіями синтезу шарів [2]. Дана робота присвячена вивченню електрофізичних, оптичних і фотоелектричних властивостей гетерошарів ZnO виготовлених ізовалентним заміщенням на монокристалічних



підкладках ZnSe. Ширина забороненої зони E_g гетерошару, визначена із λ -модульованих спектрів оптичного відбивання, при 300 К становить $\sim 3,2$ еВ. Спектр фотолюмінесценції при кімнатних температурах складається з чотирьох смуг: червоної (R), жовтої (Y),

зеленої (G) та ультрафіолетової (UV), крива 1. Дослідження показують, що співвідношення між інтенсивностями даних смуг залежить від умов синтезу (температура T_a і час відпалу t_a), причому їх збільшення призводить до перерозподілу на користь UV-смуги. Питомий опір ρ гетерошарів також є функцією параметрів T_a і t_a і змінюється при 300К у межах $10^5 \div 10^{10}$ Ом·см. Визначені з температурних залежностей опору енергії активації рівні $\sim 0,4$ еВ та $\sim 0,9$ еВ і корелюють з глибиною залягання рівнів власних точкових дефектів в оксиді цинку. Спектр

фотопровідності охоплює діапазон енергій фотонів 3,2-4,6 еВ (крива 2), а фотострум I_p залежить від рівня освітленості L за законом $I_p \sim L^n$. Експериментально встановлено, що $n = 1$ при низьких рівнях освітленості і $n = 1/2$ – при високих. Обговорюються можливості практичного використання об'єктів досліджень у напівпровідниковій оптоелектроніці.

1. Ozgur U., Alivov Ya.I., Liu C. at al. A comprehensive review of ZnO materials and devices// *I. Appl. Phys.*, **98**, pp. 1-103 (2005).
2. Baranyuk V.Ye., Demych M.V. Makhniy V.P. at al. Isovalent substitution: perspective method of producing heterojunction optoelectronic devices // *Proc. SPIE*, **4425**, pp. 272-277 (2000).

Вплив структури на розсіювання носіїв струму у тонких плівках халькогенідів свинцю

Дзундза Б.С.

*Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Явища переносу у тонких напівпровідникових плівках суттєво відрізняються від монокристалів у зв'язку із впливом меж між кристалітами або мозаїчними блоками та міжфазних меж „плівка-підкладка" чи „плівка-вільна поверхня" [1,2].

Досліджено залежність кінетичних коефіцієнтів плівок PbSe, вирощених із парової фази на свіжих сколах слюди і ВаF2 від товщини.

Встановлено, що у плівках має місце розмірний ефект для досліджуваних електричних параметрів. Так, зокрема, із зменшенням товщини d плівок питома електропровідність різко зростає, особливо для області $d < 2$ мкм. При цьому, якщо плівки осаджені на сколах (111) монокристалів ВаF2 при товщинах менших за $d \sim 1$ мкм мають діркову провідність, то при більших значеннях товщини $d = 1-14$ мкм переважає тільки електронна провідність. Плівки на слюді мали тільки р-тип провідності. Характерною ознакою для всіх зразків є зростання за абсолютною величиною постійної Холла R із збільшенням їх товщини d . Останнє вказує на зменшення концентрації основних носіїв із ростом товщини плівок, що і визначає зменшення питомої електропровідності σ , і зростання рухливості носіїв μ . Спостережуване зростання рухливості носіїв μ для плівок, осаджених на монокристалах ВаF2 в області малих товщин ($d < 1$ мкм), обумовлене дзеркальним відбиванням на міжфазних межах завдяки їх монокристалічній структурі. Для мозаїчних плівок цей ефект не спостерігається. Проведені модельні розрахунки підтверджують вище зроблені припущення. Так, зокрема, для випадку плівок, осаджених на слюді, що характеризуються яскраво вираженою мозаїчною структурою, розрахунок результуючого значення рухливості μ згідно

правила Матіссена, що враховує дифузійне розсіювання на міжфазних межах і границях зерен добре підтверджується експериментом.

Робота частково фінансується МОН України (державний реєстраційний номер 0106U000220).

1. Jensen J.D., Schoolar R.B. Surface charge transport in PbS_xSe_{1-x} and $Pb_{1-y}Sn_ySe$ epitaxial films 111 // *Vac. Sci. Technol*, **13**(4), pp. 920-925 (1976).
2. Jay N. Zemel, James D. Jensen, and Richard B. Schoolar. Electrical and Optical Properties of Epitaxial Films of PbS, PbSe, PbTe, and SnTe // *Phys. Rev.*, **140**(1A), pp. A330-A343 (1965).

Наноструктура и электрофизические свойства тонких аморфно-кристаллических пленок $CrSi_2$

Драненко А.С., Дворина Л.А., Вовчок А.С.

*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины,
Киев, Украина*

В последнее время проявляется большой интерес к исследованию и применению пленок $CrSi_2$, который является базовым объектом при изучении сложных систем и твердых растворов на основе силицидов переходных металлов. Тонкие пленки дисилицида хрома могут успешно применяться как резистивные, контактные слои в полном цикле. В настоящей работе представлены результаты исследования наноструктуры и электрических свойств фазового композита аморфно-кристаллических тонких пленок $CrSi_2$ в области толщин 20-80 нм.

Пленки получали направленным ионно-плазменным распылением мишеней дисилицида хрома, приготовленных методом порошковой металлургии. Наноструктуру пленок изучали с помощью электронного микроскопа типа "Тесла -540" с напряжением 120кВ. Электросопротивление рассчитывалось по данным удельного поверхностного сопротивления измеренного четырехзондовым методом.

Показано, что свеженапыленные пленки при $T_p = 573$ К содержат аморфную и кристаллическую фазы, образуя фазовый композит. Анализ наноструктуры аморфно-кристаллических тонких пленок проводили на фотографиях с помощью компьютерного анализа изображений структур [1]. С ростом толщины пленки линейные размеры кристаллитов (по Фере), их объемная часть увеличивается, а среднее межчастичное расстояние и удельное число кристаллитов уменьшается. При этом происходит эволюция наноструктуры от матричного до матрично-статистического типа.

Нами получено выражение для удельного сопротивления аморфно-кристаллического двухмерного композита, учитывающее реальную морфологию наноструктуры. Обработка экспериментальных результатов

на основании полученных выражений для реальных пленочных структур CrSi_2 показала, что не только концентрация кристаллитов, но и отношение диаметра кристаллитов к размеру межкристаллитного расстояния существенно влияет на электросопротивление аморфно-кристаллических тонких пленок.

1. Драненко А.С., Дворина Л.А., Гетьман О.И. Толщинная зависимость характеристик микроструктуры тонких пленок CrSi_2 // *Порошковая металлургия*, **5(6)**, сс. 112-116 (2001).

Новые подходы в кристаллохимии точечных дефектов кристаллов нестехиометрических полупроводниковых соединений $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$

Зломанов В.П.¹, Межиловская Л.И.², Фреик А.Д.²

¹*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, МоскваРоссия;*

²*Прикарпатский национальный университет имени Василя Стефаника, Ивано-Франковск, Украина*

Особенностью полупроводниковых материалов $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$ является существенная зависимость физико-химических свойств от вида и концентрации точечных дефектов и их комплексов [1]. Ввиду того, что идентификация этих дефектов в настоящее время представляется весьма затруднительной, а в ряде случаев и вообще невозможной прямыми методами, важную роль в определении их равновесного состояния сыграли методы кристаллохимии и термодинамики, развитые в работах [2-5]. Здесь, в частности, метод квазихимических реакций описывает взаимодействие нейтральных и заряженных точечных дефектов как из свободными электронами и дырками, так и с атомами паровой фазы [3]. Если известны константы равновесия квазихимических реакций, то можно рассчитать концентрации всех типов дефектов при заданных параметрах сосуществующей системы. Надежность, простота и универсальность обеспечили этому методу большое распространение при анализе дефектной подсистемы в бинарных соединениях как кристаллов [2-5], так и для тонких слоев [5].

Однако метод квазихимических реакций не может описать зависимость типа и концентрации точечных дефектов от отклонения от стехиометрии в бинарных соединениях, или состава твердых растворов на их основе. Авторами [6], для анализа дефектной подсистемы в нестехиометрических соединениях $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$ и твердых растворах на их основе предлагается использовать понятие антиструктуры. При суперпозиции с кристаллохимической формулой соединения можно получить кристаллоквазихимическую формулу, которая учитывает состояние дефектной подсистемы. Полное уравнение

електронейтральності для системи “дефектний кристалл – електронні несовишенства” дає можливість рарсчитати концентрації дефектів, свободних носителів и холловську концентрацію. Сравнение расчетных данных с экспериментом и определяют доминирующие дефекты.

1. Абркосов Н.Х., Шелимова Л.Е.. *Полупроводниковые материалы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$* . Наука, М. (1975).
2. Wagner G., Schottky W. Der geordneten Mischphasen // *Z. Phys.Chem.*, V.11, pp. 163 (1930).
3. Креггер Ф. *Химия несовершенных кристаллов*. Мир. М. (1969).
4. Зломанов В., Новоселов А. В. *P–T–X диаграммы состояний системы метал-халькоген*. Наука, М. (1987).
5. Фреїк Д.М., Прокопів В.В., Галушак М.О., Пиц М.В., Матеїк Г.Д. *Кристалохімія і термодинаміка атомних дефектів у сполуках $A^{IV}B^{VI}$* . Плай, Івано-Франківськ. (1999).
6. Лісняк С.С., Фреїк Д.М., Галушак М.О., Прокопів В.В., Іванишин І.М., Борик В.В. Кристалоквазіхімія дефектів у халькогенідах свинцю // *Фізика і хімія твердого тіла*, **1**(1), с. 131 (2000).

Отримання та дослідження властивостей плівок Ленгмюра – Блоджетт похідних каліксаренів

Казанцева З.І.¹, Козлова Т.В.¹, Кошец І.А.¹, Мацаріна Л.Ф.²

¹Інститут фізики напівпровідників ім В Є Лашкарьова НАНУ, Київ, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Останнім часом каліксарени набувають все ширшого застосування. Це зумовлено їх кошикоподібною формою, яка дозволяє адсорбувати та утримувати молекули різних речовин. Тобто, утворювати комплекси типу “хазяїн-гість”. Така особливість відіграє принципово важливу роль при розробці газових та рідинних сенсорів, оскільки одночасно забезпечує дві головні вимоги – селективність та чутливість. Адсорбційні якості каліксаренів визначаються не лише геометричною формою, але й специфікою функціональних груп, що включені в молекулярну структуру. З цієї точки зору перспективними видаються функціональні групи, що містять атоми фосфору. Виявляючи різний ступінь окислення, фосфор спроможний зв’язати іони перехідних металів, нейтральні протоно-донорні молекули, біологічні об’єкти (імобілізація білків).

Досліджено здатність утворювати ленгмюрівські плівки трьох нових похідних каліксаренових (СА) сполук з різними фосфоровміщуючими функціональними групами Сполука I містила функціональну групу $O = P(OPr_i)_2$ (Pr_i – ізопропіл), II – чотири аналогічних групи; III – ізопропільную (OPr_i) та фенільну Ph групи. Конусоподібна форма молекул

I, II, III була встановлена за даними метода ЯМР

Плівки Ленгмюра – Блоджетт отримували звичайним методом вертикального переносу з одночасним контролем π -А діаграм (π -поверхневий тиск в органічній плівці на поверхні води, А-площа на молекулу) та коефіцієнта переносу. Перенос здійснювався при поверхневому тиску $\pi=18-20$ mN/m зі швидкістю 2 мм/хв. Величини тиску переносу визначались експериментальним шляхом. Вони відповідали максимальним значенням π , при яких мономолекулярний шар на поверхні води залишався стабільним.

Проведено перенесення сформованих моношарів каліксаренів на кварцові резонатори, що дозволяє одержувати первинні перетворювачі з впорядкованою структурою та чітко заданою товщиною. Метод дає можливість детальніше дослідити адсорбційну ємність каліксаренових плівок, а також провести не лише якісний, а й кількісний аналіз цього процесу, що сприяє розширенню можливостей сенсорних елементів.

Процеси перенесення при одержанні плівок ZnCdTe методом квазізамкненого об'єму

Калініченко Т.Г.², Косяк В.В.¹, Колесник М.М.¹, Опанасюк А.С.¹

¹Сумський державний університет, Суми, Україна

²Інститут прикладної фізики НАН України, Суми, Україна

Тверді розчини $Cd_{1-x}Zn_xTe$ в наш час є одним з найбільш перспективних матеріалів для виготовлення неохолоджувальних детекторів рентгенівського та гама випромінювання, люмінісцентних приладів, сонячних елементів та ін. При цьому для отримання плівок напівпровідників з контрольованими електрофізичними властивостями сьогодні широке використання набув метод квазізамкненого об'єму (КЗО).

Розроблена модель перенесення пари компонентів твердого розчину в КЗО. З використанням теорії перенесення, що враховує існування конвективних і дифузійних складових, проведено розрахунок потоків компонентів халькогеніду J в залежності від фізико-технологічних умов одержання плівки. Розрахунки проведені як для випадку випаровування стехіометричного CdTe так і співвипаровування халькогеніду кадмію з Zn з додаткового джерела. Використовуючи розраховані значення потоків безпосередньо біля підкладки отримано залежності швидкості росту плівки від температури випаровувача та підкладки. Результати розрахунків стехіометрії плівок перевірялися експериментально методом рентгеноспектрального аналізу.

З врахуванням отриманих результатів, та використанням квазіхімічної теорії дефектоутворення, розраховані концентрації власних дефектів та носіїв заряду у напівпровіднику, що дало можливість

прогнозувати електрофізичні властивості плівок твердих розчинів одержаних методом КЗО.

Гетероэпитаксиальные структуры $ZnS_xSe_{1-x}/GaAs$ – получение, физические свойства, применения

Коваленко А.В.

Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск, Украина

Гетероэпитаксиальные структуры $ZnS_xSe_{1-x}/GaAs$ были получены методом фотостимулированной газофазной эпитаксии (ФГФЭ). В качестве источника излучения использовался He-Cd лазер ($h\nu = 2,807$ эВ, $P = 1,5$ мВт/см²). Этим же методом были получены и наноструктуры таких типов как квантовые точки, одиночные квантовые ямы и сверхрешетки.

Проанализированы основы модели ФГФЭ, связанные с резонансным поглощением, воздействующего на растущий слой, излучения и ослаблением в связи с этим ионной связи в молекулах ZnS_xSe_{1-x} . Диссипация избыточной энергии при этом, в основном, приводит к увеличению миграционной способности адсорбированных атомов на поверхности и уменьшению скорости роста эпитаксиального слоя. При ФГФЭ наблюдается также и эффект увеличения селективной десорбции атомов Se или S по отношению к десорбции атомов Zn, что связано с различной деформацией sp^3 – конфигурации при фотовозбуждении в момент адсорбции атомов аниона и катиона соответственно. Вследствие того, что теплота адсорбции всегда меньше в дефектных местах кристаллической пленки, в сравнении с участками упорядоченной поверхности, то при ФГФЭ с уменьшением энергии связи с поверхностью миграция и десорбция будут иметь усиленный характер в дефектных местах эпитаксиального слоя. Данные процессы стимулируют выравнивание стехиометрии эпитаксиальной пленки, способствуют установлению двумерного зародышеобразования, обеспечивают высокое кристаллическое качество и зеркальную гладкость слоя. Сказанное подтверждается данными рентгенодифракционного анализа, а также результатами исследования спектров экситонного отражения и фотолюминесценции.

Получены все виды гетероструктур $ZnS_xSe_{1-x}(n, p)/GaAs(p, n)$. Методом ТСЭ, ТСП и ТСЛ выявлены глубокие центры, определяющие тип проводимости эпитаксиального слоя. Электрические свойства полупроводниковой пленки исследованы методом Ван-дер-Пау. Изучены ВАХ гетероструктур.

Показана возможность практического применения гетероэпитаксиальных структур $ZnS_xSe_{1-x}/GaAs$ в качестве эффективных фотоприемников, рентгеновских сенсоров, солнечных элементов, а также

газочувствительных датчиков.

Спектр випромінювання чотирьох електронів, що рухаються вздовж гвинтової лінії у прозорому середовищі

Константинович А.В.¹, Константинович І.А.²

¹Чернівецький національний університет, Чернівці, Україна

²Інститут термoeлектрики Національної академії наук і Міністерства освіти і науки України, Чернівці, Україна

В даній роботі досліджено спектр випромінювання N електронів. Закон руху та швидкість l -го електрона, що рухається вздовж гвинтової лінії у прозорому середовищі, визначається співвідношеннями

$$\vec{r}_l(t) = r_0 \cos\{\omega_0(t + \Delta t_l)\}\vec{i} + r_0 \sin\{\omega_0(t + \Delta t_l)\}\vec{j} + V_{\parallel}(t + \Delta t_l)\vec{k}, \quad \vec{v}_l(t) = \frac{d\vec{r}_l(t)}{dt}. \quad (1)$$

Тут $r_0 = V_{\perp}\omega_0^{-1}$, $\omega_0 = ceB^{ext}\tilde{E}^{-1}$, $\tilde{E} = c\sqrt{p^2 + m_0^2c^2}$, V_{\perp} , V_{\parallel} – компоненти швидкості, \vec{p} , \tilde{E} – імпульс та енергія електрона, e і m_0 – його заряд і маса спокою, \vec{B}^{ext} – вектор магнітної індукції, Δt_l – зміщення за часом l -го електрона. Середня потужність випромінювання \bar{P}^{rad} системи N незв'язаних електронів, що рухаються один за одним вздовж гвинтової лінії, визначається співвідношеннями

$$\bar{P}^{rad} = \int_0^{\infty} W(\omega)d\omega, \quad (2)$$

$$W(\omega) = \frac{2e^2}{\pi c^2} \int_0^{\infty} dx \mu(\omega) S_N(\omega) \omega \frac{\sin\left\{\frac{n(\omega)\omega}{c} \eta(x)\right\}}{\eta(x)} \cos(\omega x) \left[V_{\perp}^2 \cos(\omega_0 x) + V_{\parallel}^2 - \frac{c^2}{n^2(\omega)} \right], \quad (3)$$

$$\text{де } \eta(x) = \sqrt{V_{\parallel}^2 x^2 + 4 \frac{V_{\perp}^2}{\omega_0^2} \sin^2\left(\frac{\omega_0}{2} x\right)}, \quad S_N(\omega) = \sum_{l,j=1}^N \cos\{\omega(\Delta t_l - \Delta t_j)\}. \quad (4)$$

Фактор когерентності чотирьох електронів $S_4(\omega)$ визначається виразом [1]

$$S_4(\omega) = 4 + 2\cos(\omega\Delta t_{12}) + 2\cos(\omega\Delta t_{23}) + 2\cos(\omega\Delta t_{34}) + 2\cos\{\omega(\Delta t_{12} + \Delta t_{23})\} + 2\cos\{\omega(\Delta t_{23} + \Delta t_{34})\} + 2\cos\{\omega(\Delta t_{12} + \Delta t_{23} + \Delta t_{34})\}. \quad (4)$$

Тут Δt_{12} – зсув у часі між першим і другим електронами, Δt_{23} – зсув у часі між другим і третім електронами, Δt_{34} – зсув у часі між третім і четвертим електронами.

Проведені числові розрахунки згідно (2) і (3) при $n = const$, $\mu = 1$, $B^{ext} = 1$ Гс показали, що синхротронно-черенковське випромінювання чотирьох електронів є єдиним процесом, а залежність функції спектрального розподілу потужності випромінювання електронів має немонотонний характер.

1. Konstantinovich A.V., Konstantinovich I.A. Radiation Power Spectral Distribution of the System of Electrons Moving in a Spiral in Vacuum // *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. **8(6)**, pp. 2143–2147 (2006).

Проявление размерного эффекта температуры плавления в слоистой системе Sn-Pb

Лазарев В.И., Сухов В.Н.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

Материалы системы Sn-Pb широко применяются в технике, достаточно только упомянуть, что такой сплав широко используется при пайке, есть потребность в нём и в современных нанотехнологиях. Однако, физические процессы, происходящие в этой системе, в сверхтонких слоях и многослойных материалах при температурах, близких к плавильным недостаточно изучены.

В данной работе рассмотрено проявление размерного эффекта $T_{пл}$ в слоистой системе, состоящей из шести тонких чередующихся слоёв Sn и Pb различной толщины, с общим составом в каждой точке близким к эвтектическому. Слоистая система получена вакуумной конденсацией металлов на подложке, с последующим созданием по ней градиента температуры, применённая методика, наиболее подробно описаная в работе [1], позволяла на плёнке визуально наблюдать границу области плавления. Каждый из слоёв находился в области размерных эффектов $T_{пл}$, а суммарная их толщина такова, что небольшой размерный эффект $T_{пл}$, для образованного из слоёв однородного сплава, ещё мог быть обнаружен экспериментально. В такой системе, если бы слои не взаимодействовали, можно было бы наблюдать ряд температур фазовых переходов.

Исследовалось поведение такой системы при нагреве, проявление в ней индивидуальных и коллективных свойства плавления слоёв.

Проведенные эксперименты показали, что многослойная система при нагреве плавится при той же температуре, что и эвтектический сплав суммарной толщины. Для такой системы, при общей толщине слоёв 36 нм, за счёт размерного эффекта наблюдалось понижение $T_{пл}$ на 1,25 К по сравнению с массивной плёнкой (1050 нм) того же эвтектического состава.

1. Гладких Н.Т., Богатыренко С.И., Крышталь А.П., Лазарев В.И., Сухов В.Н.. Определение температуры плавления и формирование слоистых эвтектических материалов с применением конденсированных плёнок // *Вісник ХНУ, №739, серія «Фізика», вип. 9*. сс. 108 – 114 (2006).

Дифузія адсорбованих частинок на гранях монокристалів, що містять дефекти

Лобурець А.Т., Стрижеус Д.В., Заїка С.О., Сененко А.І.

Полтавський національний технічний університет

Поверхнева дифузія є невід’ємною і важливою стадією у цілому ряді поверхневих процесів і відповідних технологій. Особливо зростає її роль при роботі з об’єктами нанометрових розмірів, які часто доводиться створювати на поверхнях монокристалів. На реальних гранях макроскопічних розмірів завжди існують дефекти. Технологічно дуже важко звести їхню кількість до мінімуму і максимально знизити їхній вплив на поверхневі явища, зокрема на поверхневу дифузію. Атомні сходи на поверхні підкладки зумовлюють просторову асиметрію в решітковому потенціалі. Висота і форма енергетичних бар’єрів визначається взаємодією адсорбованого атома зі своїм оточенням, яке залежить як від атомної будови грані так і від ступеня її досконалості. Асиметрія потенціальних бар’єрів на сходах відображається на решіткових потоках адсорбованих частинок, що впливає на процеси росту.

Ми поставили за мету дослідити поверхневу дифузію окремих атомів стронцію на грані (112) вольфраму для виявлення впливу лінійних дефектів на коефіцієнти дифузії. Розглянуто класичну модель руху адсорбованих частинок у двовимірному потенціалі із застосуванням рівнянь динаміки Ланжевена [1]. В нашій лабораторії методом контактної різниці потенціалів було одержано дифузійні характеристики стронцію на грані (112) вольфраму, але при низьких покриттях ($\theta_{sr} < 0,05$) достовірні результати отримати не вдалося через вплив на дифузію дефектів [2]. Окрім того, значення передекспоненційних множників порівняно з теоретичним виявилися аномально високими, що пояснювалося взаємодією адатомів з дефектами підкладки або вкладом у дифузію довгих стрибків адатомів. Застосувавши відповідну математичну модель ми виконали кількісну оцінку впливу на поверхневу дифузію хемосорбованих атомів стронцію дефектів анізотропного періодичного двовимірного потенціалу грані (112) вольфраму в широкому діапазоні демпфування і дослідили вплив цього потенціалу на анізотропію поверхневої дифузії при різних температурах.

1. O.M. Braun and R. Ferrando // *Phys. Rev. E*, **65**, (2002).
2. Loburets A.T., Naumovets A.G., Senenko N.B., Vedula Yu.S. *Zs // Phys. Chemie*, 202. p. 75 (1997).

Плазменный резонанс в сложных Ag-In гранулярных пленках

Макаровский Н.А., Летяго Л.М.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

Представленная работа является продолжением исследований оптических свойств гранулярных пленок металлов и их сплавов [1]. Такие гранулярные пленки обладают необычными свойствами, отличающими их от свойств сплошных пленок: высокое сопротивление, прозрачность в ИК-области, мощные полосы плазменного резонанса в видимой и УФ-области спектра.

В настоящей работе использованы сложные гранулярные пленки серебра и индия, полученные последовательным осаждением металлов в высоком вакууме на нагретые до 300°C кварцевые подложки. Экспериментально найденные частоты максимумов полос плазменного резонанса серебряных и индиевых гранулярных пленок с эффективной толщиной $t=130\div 180 \text{ \AA}$ имеют значения: $4\cdot 10^{15}$ и $6\cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ соответственно. Это неплохо соответствует ранее полученным результатам [2]. Спектр поглощения сложных гранулярных пленок Ag-In состоит из одной полосы. Резонансная частота такой полосы зависит от последовательности осаждения исходных металлов. Как показывают электронно-микроскопические снимки, гранулы сложных пленок Ag-In имеют неправильную форму и состоят из отдельных блоков. Возможно, положение полосы поглощения и форма гранул этих сложных пленок обусловлены тем, что содержание используемых металлов в отдельных блоках каждой гранулы, по-видимому, существенным образом определяется последовательностью осаждения чистых металлов. При изменении относительного количества серебра и индия наблюдается четкая зависимость положения максимума полосы плазменного резонанса от концентрации компонентов в гранулах. Анализ полученных данных позволил сделать вывод о том, что с увеличением концентрации индия максимум полосы смещается в высокочастотную область, т.е. приближается к резонансной частоте гранулярных пленок из чистого индия.

1. Шкляревский И.Н., Макаровский Н.А., Летяго Л.М. Плазменный резонанс в сложных Au-Ag и Ag-Au гранулярных пленках // *Опт. и спектр*, **78** (В. 2.) сс. 271-273 (1995).
2. Шкляревский И.Н., Бондаренко Ю.Ю., Макаровский Н.А. Собственные колебания электронов в гранулярных пленках индия, осажденных на шероховатые поверхности монокристаллов NaCl и KCl // *Опт. и спектр*, **88**(4), сс. 602-606 (2000).

Процеси фазоутворення в тонкоплівковій композиції Ti(2 нм)/Mn(15 нм)/Ti(0 ÷ 8 нм)/Si(001) при відпалах

Макогон Ю.М.¹, Сидоренко С.І.¹, Павлова О.П.¹, Беддіс Г.²,
Могилатенко А.В.²

¹Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
Київ, Україна

²Institute of Physics, Chemnitz University of Technology, Germany

Електрофізичні властивості і можливість епітаксійного зростання силіциду Mn_4Si_7 роблять його перспективним матеріалом для застосування в термоелектричних приладах, для створення високотемпературних генераторів і датчиків. Однак, внаслідок великої швидкості твердотільних реакцій силіцид Mn_4Si_7 зростає в полікристалічному стані, що погіршує термостабільність приладів. В роботі досліджено вплив товщини (2, 4, 8 нм) бар'єрного шару титану на процеси фазоутворення в нанорозмірній плівковій композиції Ti(2 нм)/Mn(15 нм)/Ti/Si(001) при відпалах в проточному азоті. Шари Mn і Ti були послідовно осаджені методом молекулярно-променевої епітаксії в надвисокому вакуумі не нижче 10^{-8} Па на підкладку монокристалічного кремнію, яка знаходилась при кімнатній температурі. Відпали зразків проводились при температурах 600 и 800⁰С протягом 30 с. Термічноактивовані твердофазні реакції досліджені за допомогою методів рентгенофазового і резистометричного аналізів, оже-електронної спектроскопії, електронної мікроскопії, що просвічує, поперечних зрізів. Встановлено, що введення проміжного шару Ti між шаром Mn і підкладкою Si супроводжується формуванням потрібної сполуки $TiMnSi_2$, існування якої реєструється після відпалу при 600⁰С. Збільшення товщини проміжного шару титану від 2 до 8 нм уповільнює взаємодифузію елементів Mn і Si. Це проявляється в присутності в досліджуваних зразках після відпалу при 600⁰С проміжних силіцидів $MnSi$ і Mn_5Si_2 при товщинах бар'єрного шару титану 4 і 8 нм, відповідно. Після відпалу при 800⁰С фіксується співіснування силіциду Mn_4Si_7 в текстурованому стані з розміром зерен ~ 100 нм і потрібної сполуки $TiMnSi_2$.

Оптические и диэлектрические свойства поликристаллических пленок InN

Малахов В.Я.

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины,
Киев, Украина

Нитрид индия является типичным представителем полупроводниковых соединений III-V групп. Он кристаллизуется в

структуре вюртцита и характеризуется прямой шириной запрещенной зоны $E_{g \text{ opt}} \sim 2,0$ эВ. Известно, что поликристаллические пленки InN обладают потенциальными возможностями для практического применения в современных устройствах фотоники, а также в модулях высокоэффективных солнечных батарей.

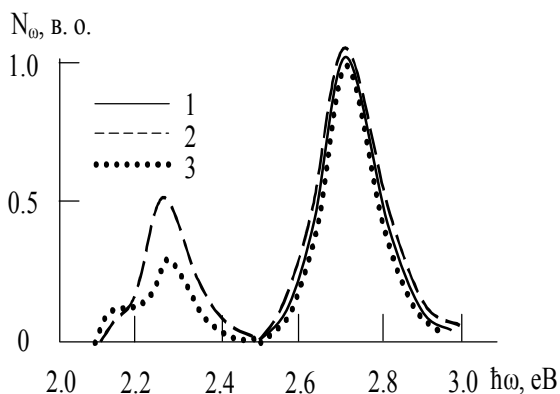
Оптические свойства тонких пленок InN, полученных различными методами, приведены в многочисленных работах разных авторов. Тем не менее, технологические трудности синтеза поликристаллических и монокристаллических пленок не позволяют однозначно интерпретировать имеющиеся результаты измерений оптических и электронных параметров InN. Существует необходимость в получении дополнительных экспериментальных данных, уточняющих фундаментальные свойства этого материала, в частности, оптические и диэлектрические параметры.

Нами получены поликристаллические пленки InN с зеркальной поверхностью на подложках из керамики, кварца и сапфира методом низкотемпературного реакционного плазмохимического синтеза In-мишени в среде азота. Для этих образцов были изучены некоторые оптические (дисперсия коэффициента отражения) и диэлектрические (дисперсия действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости) характеристики, непосредственно связанные с межзонными переходами в нитриде индия. В настоящей работе представлены экспериментальные результаты исследований УФ-спектров коэффициента отражения, а также данные измерений спектров энергетических потерь электронов, прошедших сквозь тонкие пленки InN в диапазоне энергии фотонов от 3,0 до 60,0 эВ. На основании проведенного количественного анализа спектров дана интерпретация типа межзонных переходов в нитриде индия: $\Gamma_6 - \Gamma_1$ and $\Gamma_5 - \Gamma_6$ (8,8 эВ), $K_3 - K_2$ (7,3 – 8,0 эВ), $U_4 - U_3$ (5,8 эВ), $\Gamma_5 - \Gamma_3$ (4,5-5,5 эВ).

Оптичні властивості шарів селеніду цинку з домішкою Mn

Махній В.П., Кінзерська О.В., Сльотов О.М., Ульяницький К.С.

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича



У зв'язку з бурхливим розвитком спінтроники в останні роки різко виріс інтерес до матеріалів, які містять елементи з частково заповненими електронними оболонками (d- і f-домішки) [1]. На відміну від елементарних напівпровідників, у III-V і II-IV сполуках такі домішки утворюють тверді розчини заміщення і

вступають у хімічний зв'язок, тобто d – електрони гібридизуються з s- і p-елекtrонами. Це повинно призвести до зміни енергетичної структури, що має знайти відображення в адекватній зміні відповідних фізичних властивостей. Дана робота присвячена вивченню впливу домішки марганцю на оптичні характеристики селеніду цинку. Леговані шари створювались шляхом дифузії Mn при протитиску пари Se у бездомішкові кристали ZnSe стехіометричного складу, отриманих методом Маркова-Давидова. При кімнатних температурах їх спектр фотолюмінісценції (ФЛ) представлений лише однією крайовою В-смугою, крива 1. (Всі криві на рисунку знормовано до одиниці у максимумі В-смуги). Легування Mn призводить до появи у спектрі ФЛ М-смуги з основним максимумом при $\hbar\omega_m \approx 2,3$ еВ, крива 2. Зменшення рівня збудження на порядок приводить до появи ще одного максимуму при $\hbar\omega_m \approx 2,15$ еВ, крива 3. Зауважимо, що М-смуга викликана саме марганцем, а не іншими домішками і власними точковими дефектами. Про це, насамперед, свідчить її відсутність у вихідних кристалах. По-друге, згідно роботи [2] відпал у вакуумі або парі Se підсилює В-смугу, не викликаючи появи ФЛ при $\hbar\omega_m \approx 2,5$ еВ. Крім того, відміну від однорідного спектра пропускання T_ω вихідних зразків, на кривій T_ω шарів ZnSe: Mn виникає сингулярність в околі $\hbar\omega_m \approx 2,3$ еВ.

Робота частково підтримана проектом УНТЦ №3098.

1. Dietl T. *Phys. of semicond.: 27 Int. Conf. on the Phys. of Semicon / Americ. Inst. of Phys.*, pp. 56-61 (2005).
2. Ткаченко І.В. Механізми дефектоутворення та люмінесценції у бездомішкових і легованих телуром кристалах селеніду цинку // *Дис. канд.. фіз.-мат. наук*, Чернівці., 132 с. (2005).

Структура та електрохімічна активність TiO_2 фірми “Aldrich”

Остафійчук Б.К., Миронюк І.Ф., Будзуляк І.М., Ільницький Р.В.,
Коцюбинський В.О., Попович Д.І., Сегін М.Я.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Перспективи застосування нанодисперсного TiO_2 в літєвих джерелах струму трьохвольтового класу серед іншого визначаються можливістю оптимізації його властивостей як катодного матеріалу з допомогою зовнішнього впливу. Ефективним інструментом такого впливу може бути потужне лазерне опромінення, яке було застосоване нами для модифікації властивостей TiO_2 фірми “Aldrich”.

Для опромінення був використаний лазер, що працював в режимі модульованої добротності (тривалість імпульсу $\tau = 15$ нс, енергія в імпульсі $E = 0,02$ Дж, частота слідування імпульсів $f = 56$ Гц).

В залежності від тривалості опромінення досліджені структура та електрохімічна активність TiO_2 в 1 М розчині LiBF_4 в γ – бутиролактоні. З аналізу отриманих результатів досліджень виявлено зростання параметрів a та c тетрагональної ґратки анатазної форми TiO_2 у при зростанні часу лазерного опромінення (табл. 1). Одночасне зростання обох параметрів ґратки при збільшенні часу опромінення свідчить про пружній характер трансформації структури при поглинанні енергії лазерного випромінювання. Дослідження кристалічної структури в процесі електрохімічної інтеркаляції при ступені “гостьового” навантаження іонами літію⁺ в межах від $0 < x < 1,2$ призводить до утворення неперервного ряду фаз типу $\text{Li}_x\text{Ti}_y\text{O}_2$ із сталими ґраток $a = 4,01-4,03\text{Å}$. При рості величини “гостьового” навантаження іонів літію $x > 0,7$ поряд із збільшенням об’ємної долі фази $\text{Li}_x\text{Ti}_y\text{O}_2$ утворюється однофазна система, формування якої обумовлено рівномірним розподілом іонів літію по всьому об’єму частинок TiO_2 .

Встановлено, що лазерне опромінення TiO_2 призводить до зростання розрядної напруги в процесі його інтеркаляції іонами літію в той же час спостерігається зменшення ступеня “гостьового” навантаження іонами літію порівняно з неопроміненим матеріалом за винятком опромінення протягом 5 хв.

Таблиця 1.

Результати досліджень серії зразків TiO_2 фірми “Aldrich”, опромінених імпульсним лазером

№ зразка	Час опромінення, хв.	“Гостьове” навантаження x	Питома ємність, А·год/кг	Питома енергія, Вт·год/кг	Параметри ґратки, Å	
					a	c
1	0	3,5	1140	3000	3,7756	9,4921
2	3	2,75	810	2050	3,7754	9,4919
3	5	4,31	1270	3820	3,7796	9,5013
4	7	2,15	630	1730	3,7757	9,4925
5	9	1,65	485	1180	3,7831	9,5174
6	15	1,88	630	1840	3,7841	9,5177

Математичне моделювання процесу радіаційного дефектоутворення в приповерхневому шарі епітаксійних плівок залізо-ітрієвого гранату при імплантації іонами фосфору

Пилипів В.М., Григорук О.О.

*Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

З метою пошуку та оптимізації режимів експериментального іонно-

імплантаційного впровадження здійснено моделювання процесу радіаційного дефектоутворення в залізо-ітрієвому гранаті $Y_3Fe_5O_{12}$ при опроміненні іонами фосфору. Вважалося, що генерація дефектів носить незалежний характер для окремих іонних підґраток оксидної сполуки. Розрахунки утворення каскадів атом-атомних зіткнень здійснювалися в наближенні аморфної мішені, генерація френкелівської пари “вкорінений атом – вакансія” вважалася можливою у випадку перевищення переданої імплантаментом іону мішені енергії порогового значення E_d , тобто розглядалася тільки передача енергії в ядерну підсистему мішені внаслідок взаємозалежних пружних зіткнень.

Розраховано профілі імплантації для різних значень енергії імпланта та розподіли числа зміщених іонів матеріалу на одиницю пробігу імпланта по глибині порушеного шару. Виявлено, що процеси пружного дефектоутворення простягаються на глибину, приблизно вдвічі перевищуючу проективний пробіг, який для енергії іонів фосфору 65 кеВ становить $46,2 \pm 1,6$ нм; максимальною імовірністю володіє процес генерації френкелівської пари – 47 %; Для енергії імпланта 65 кеВ максимум дефектоутворення припадає на зону 35 ± 5 нм, де ймовірність перекривання іонних треків та формування протяжних комплексів дефектів є максимальною. Середній об’єм первинно утвореної кристалічно розвпорядкованої зони становить $0,05$ нм³ і характеризується максимумом ймовірності утворення на глибині 40 ± 3 нм, звідки й розпочнеться процес аморфізації структури з збільшенням флюенса імпланта.

Енергетичні втрати імпланта та зміщених іонів матриці мало змінюються з глибиною до 40 нм. Ймовірність розвитку підпорогових ефектів (структурного розвпорядкування при непружних процесах збудження та іонізації електронних оболонок) досягає 15% на початок гальмування і різко зменшується з глибиною, що зумовлює можливість появи тонкого (декілька нм) аморфізованого шару на поверхні, де кристалічні зв’язки ослаблені, а швидкість імпланта і, відповідно, вклад в електронну підсистему мішені, є максимальними. Еволюція кристалічного і, відповідно, магнітного розвпорядкування передбачає перекриття окремих каскадів вторинних зміщень та утворення розвпорядкованих областей з лінійними розмірами $\sim 10-12$ нм.

В роботі запропоновано методичний підхід до формування технологічних умов іонно-імплантаційної обробки при поверхневих шарів монокристалічних плівок з структурою гранату для надання їм наперед заданого профілю зміни кристалічних і, відповідно, магнітних властивостей.

Термодинаміка власних точкових дефектів у кристалах сполук $A^{II}B^{VI}$

Прокопів В.В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Івано-Франківськ, Україна*

Точкові дефекти визначають основні електричні та фотоелектричні властивості напівпровідникових матеріалів. Тому важливою задачею матеріалознавства є визначення концентрації дефектів, та встановлення їх впливу на параметри кристалів.

В даній роботі запропоновано і розроблено методом термодинамічних потенціалів для розрахунку дефектної структури кристалів сполук $A^{II}B^{VI}$.

Рівноважні концентрації точкових дефектів у кристалі при двотемпературному відпалі будемо визначати з умови рівноваги в гетерогенній системі при заданих тиску P і температурі T , якою є рівність хімічних потенціалів кожного компоненту у всіх фазах системи:

$$\mu_i^s = \mu_i^g, \quad \text{або} \quad dG_i^s / dN_i^s = dG_i^g / dN_i^g,$$

де G^s , N^s , G^g , N^g – термодинамічні потенціали Гібса і концентрації частинок у кристалі та газі відповідно, i – М, N.

Енергія Гібса кристала

$$G = U_0 + \sum (H + F_{\text{vib}})[D] + nE_C - pE_V - T(S_n + S_p + S_k),$$

де H – ентальпія утворення нейтрального дефекту, F_{vib} – вільна коливна енергія дефекту, $[D]$ – концентрації дефекту D , n та p – концентрації електронів та дірок, E_C , E_V – енергія дна зони провідності та верху валентної зони, S_k – конфігураційна ентропія, S_n та S_p – ентропія електронів у зоні провідності та дірок у валентній зоні.

При наявності заряджених дефектів потрібно враховувати рівняння електронейтральності: $N_C e^{\frac{\mu}{kT}} - N_V e^{\frac{\mu + E_g}{kT}} = \sum Z \cdot [D^Z]$, де N_C , N_V – густина станів у зоні провідності та у валентній зоні відповідно, E_g – ширина забороненої зони, μ – хімічний потенціал електронів.

Хімічний потенціал дефекту, що дорівнює хімічному потенціалу компоненту взятому з знаком «+» або «-» в залежності від типу дефекту, визначали шляхом диференціювання енергії Гібса по концентрації дефектів.

$$\mu_{D_i}^s = H_i - kT \ln \left(\frac{J - \sum [D]}{[D_i]} \right) + \left[n \left(\frac{E_C}{kT} - \ln \left(\frac{N_C - n}{n} \right) \right) + p \left(\frac{E_V}{kT} + \ln \left(\frac{N_V - p}{p} \right) \right) \right].$$

$$\frac{kT \cdot Z_i}{\sqrt{(\sum Z[D])^2 + 4N_C N_V \exp(-E_g / kT)}}$$

Хімічний потенціал газу М: $\mu_0 = kT(-\ln(kT) + \ln(h^3 / (2\pi mkT)^{3/2}))$.

Для двоатомного газу N_2 :
 $\mu_0 = kT(-\ln(kT) + \ln(h^3 / (2\pi mkT)^{3/2})) + \ln(h^3 / (8\pi^2 IkT)^{3/2}) + \ln(h\nu / (kT))$.

m – маса атома або молекули, $I = ml^2$ – момент інерції молекули, l – відстань між ядрами молекули, ν – внутрішня частота коливань молекули.

Таким чином ми отримали систему рівнянь типу $\pm\mu_{D_i}^s = \mu_i^g$ для знаходження рівноважної концентрації дефектів.

Концентрації точкових дефектів визначали для V_M , V_N , M_i , N_i . Кожен з цих дефектів може знаходитись у трьох зарядових станах: нейтральний, однократно або двократно заряджений. Таким чином маємо систему із дванадцяти змінними, розв'язуючи яку одержимо залежності холлівської концентрації носіїв заряду та атомних дефектів від технологічних факторів двотемпературного відпалу (температури відпалу T , парціального тиску пари компоненту P).

Хімія поверхні фотокаталітично активних TiO_2/ZnO плівок

Пташко Т.С., Смірнова Н.П., Єременко Г.М., Туров В.В., Фесенко Т.В.

Інститут Хімії Поверхні, НАН України, Київ, Україна

Багато робіт присвячено використанню композитів на основі TiO_2 в процесах фоторозкладу органічних речовин. Перебіг фотохімічних реакцій за участю фотокаталізатору залежність від фазового складу, структури, ступіню кристалічності, стану поверхні каталізатора, його активних центрів.

В даній роботі золь-гель методом з використанням органічного темплату синтезовано оптично прозорі (90-95%), мезопористі TiO_2 та TiO_2/ZnO плівки і порошки, які містили від 0 до 10 ат. % Zn. Отримані зразки досліджено UV-Vis, XRD, SEM, FT-IR, NMR, LDI методами. За результатами адсорбції - десорбції азоту визначено, що зразки мають мезопористу структуру. Збільшення ширини забороненої зони в порівнянні з об'ємним TiO_2 характерне для нанорозмірного анатазу. РФА аналіз TiO_2/ZnO (0-5 ат.%Zn) плівок свідчить про наявність однієї кристалічної фази (анатаз), а збільшення вмісту домішки призводить до появи нової фази – титанату цинку.

Вплив домішки цинку на кислотно-основні властивості поверхні визначали за адсорбцією індикатора Гаммета – *p*-диметиламіноазобензолу. Знайдено, що збільшення вмісту іонів цинку підвищує кислотність поверхні, головним чином – за рахунок збільшення концентрації Бренстедівських кислотних центрів.

За даними оптичних спектрів поглинання метиленового блакитного (МБ) адсорбованого на плівках TiO_2/ZnO спостерігається значний

гіпсохромний зсув основної смуги барвника, що свідчить про наявність ефекту метахромазії на поверхні легованих плівок, величина якого залежить від концентрації домішки ZnO та корелює з гідрофільністю поверхні за результатами вимірювання крайового кута змочування.

Фотокаталітичну активність плівок досліджено в реакції фоторозкладу органічного барвника МБ під дією ультрафіолетового світла. Під час опромінення, інтенсивність смуг поглинання, характерних для даного барвника, зменшувалась, і не спостерігалась поява нових, що свідчить про повну мінералізацію барвника без утворення забарвлених проміжних продуктів. Метод LDI дозволив визначити проміжні продукти фоторозкладу та побачити різницю в перебігу реакції фоторозкладу в залежності від наявності домішки ZnO. Показано, що найвищу фотоактивність має плівка з вмістом іонів цинку 1 ат.%, яка характеризується найвищою кислотністю та супергідрофільними властивостями.

Дислокационная электропроводность алмазных пленок

Самсоненко С.Н., Самсоненко Н.Д.

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Макеевка,
Украина*

Изучались две группы алмазных пленок (АП): монокристаллические, выращенные на подложках из природного алмаза и поликристаллические, выращенные на подложках из монокристаллического кремния, выращенные из газовой фазы методом ВХТР.

Монокристаллические эпитаксиальные алмазные пленки (ЭАП) имели толщину от 1,6 мкм до 100 мкм. Внутренняя структура ЭАП исследовалась на сканирующем электронном микроскопе и электроннографически. Было установлено, что эти АП до 10 мкм являются монокристаллическими, но состоят из слабозориентированных блоков с размерами близкими к 1 мкм. Для них из размеров блоков и ЭПР были определены плотности дислокаций, которые имели значения от $1,1 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-2}$ до $6,9 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-2}$, а измеренные соответственно их удельные сопротивления изменялись от $3 \cdot 10^{11} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ до $2 \cdot 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Поликристаллические алмазные пленки (ПАП) выращивались нами толщиной от 5 мкм до 12 мкм. С помощью сканирующего электронного микроскопа измерены размеры зерен (кристаллитов). Их размеры по порядку величины близки к толщине ПАП. Методом рентгеновской дифракции были измерены размеры блоков мозаики ($57 \text{ нм} \div 22 \text{ нм}$), из которых состоят кристаллиты, а также проведена оценка плотности дислокаций в них ($9 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-2} \div 8,3 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-2}$). Им соответствовали измеренные удельные сопротивления ($6,5 \cdot 10^7 \text{ Ом} \cdot \text{см} \div 9,8 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$).

В соответствии с дислокационной концепцией, предложенной нами, были построены зависимости удельного сопротивления в обеих группах АП от плотности дислокаций в них. Установлена впервые непосредственная связь электрической проводимости АП с плотностью дислокаций. Кроме того, установлено, что эта зависимость в точности совпадает с зависимостью удельного сопротивления от плотности дислокаций в объемных кристаллах алмаза.

Сопоставление электронных свойств, обусловленных дислокациями в объемных алмазах и АП, показало, что водород, в атмосфере которого растут АП, связывает ненасыщенные углеродные связи в ядре дислокаций и уменьшает количество дислокационных акцепторных центров. Это приводит к увеличению удельного сопротивления АП по сравнению с объемными алмазами.

Явища переносу в двошарових епітаксійних структурах на основі халькогенідів металів II і IV груп

Соколов О.Л.

*Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Епітаксійні плівки на основі халькогенідів металів II і IV груп інтенсивно вивчаються із можливістю їх використання у приладових структурах, що функціонують в інфрачервоній області оптичного спектру [1]. Зауважимо, що параметри тонкопліткових активних елементів у значній мірі визначаються домінуючими механізмами розсіювання. Одним із важливих є розсіювання носіїв заряду на дислокаціях невідповідності [2].

Бінарні структури PbTe/PbS, PbTe/PbSe, PbTe/EuTe отримували методом гарячої стінки почерговим осадженням телуриду свинцю на попередньо нанесений підшар PbS, PbSe, EuTe відповідно [3]. В якості підкладок використовували свіжі сколи (111) монокристалів BaF₂ і (001) монокристалів KCl.

Структура плівок досліджувалася методами електроннографії і рентгенографії. Встановлено, що плівки являють собою епітаксійні структури із збереженням паралельної орієнтації відносно площин сколу монокристалічних підкладок.

Розраховано рухливість носіїв заряду для бінарних епітаксійних структур PbTe/PbS, PbTe/PbSe, PbTe/EuTe, у припущенні розсіювання на дислокаціях невідповідності, що утворюються на гетермежах.

У роботі проаналізовано геометричні моделі дислокацій невідповідності для двошарових гетероструктур на основі епітаксійних плівок халькогенідів металів II і IV груп. Визначено лінійні і поперхневі

густини крайових дислокацій та наведено вирази для визначення рухливості носіїв заряду для випадків малих і значних густин дислокацій невідповідностей.

Побудовані просторові діаграми залежності рухливості носіїв заряду від концентрації вільних носіїв і величини, що характеризує густину дислокацій та встановлено, що як із збільшенням густини дислокацій, так і концентрації вільних носіїв величина рухливості гетероструктур має чітко виражену тенденцію до зменшення.

Робота частково фінансується МОН України (державний реєстраційний номер 0106U000220) і ДФФД МОН України (проект №14.1/028).

1. Сизов Ф.Ф. Твёрдые растворы халькогенидов свинца и олова и фотоприёмники на их основе // *Зарубежная электронная техника*, **24**, сс. 31-48 (1977).
2. Neumark G.F. Theory of the Influence of Misfit Dislocations on Interfacial Mobility and Hall Effect // *Phys. Rev. (b)*, **1(6)**, pp. 2613-2622 (1970).
3. Фреик Д.М., Галушак М.А., Межиловская Л.И. *Физика и технология полупроводниковых пленок*. Вища школа, Львів. 152 с. (1988).

Вплив процесів розупорядкування на оптичні параметри тонких плівок $Ti_{1-x}Hf_xO_2$

Студеняк І.П.¹, Нагусько О.Т.¹, Краньчец М.²

¹*Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна*

²*Загребський університет, Загреб, Республіка Хорватія*

Тонкі плівки складних оксидів $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ є перспективними матеріалами для оптоелектронних пристроїв, наприклад, для створення багатошарових діелектричних покриттів оптичних елементів лазерної техніки. Вони були нанесені на підкладки з кварцу, їх товщина складала 400-500 нм, а рентгеноструктурні дослідження показали, що вони є аморфними. Еліпсометричні параметри досліджувалися при кімнатній температурі за допомогою лазерного еліпсометра ЛЕФ-2М ($\lambda=632.8$ нм), а спектри пропускання світла в інтервалі 200–700 нм - за допомогою ґраткового спектрометра МДР-3.

За результатами еліпсометричних та спектрометричних досліджень були отримані концентраційні залежності таких оптичних параметрів як показник заломлення n та ширина оптичної псевдощілини E_g^* (E_g^* - енергетичне положення краю поглинання при фіксованому значенні коефіцієнта поглинання $\alpha=10^3$ см⁻¹). Встановлено, що при заміщенні атомів Ti атомами Hf в тонких плівках $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ спостерігається нелінійне зменшення показника заломлення n та нелінійне збільшення ширини

оптичної псевдощільності E_g^* . На концентраційній залежності n виявлена особливість у вигляді невеликого максимуму при $x = 0.67$ для $Ti_{1-x}Hf_xO_2$.

Вивчено вплив різних типів розупорядкування на енергетичну ширину експоненціального краю поглинання w в тонких плівках $Ti_{1-x}Hf_xO_2$. Відомо, що величина w є мірою ступеня розупорядкованості твердотільної системи [1]. Встановлено, що в плівках $Ti_{1-x}Hf_xO_2$ крім температурного та структурного проявляється ще й композиційне розупорядкування. Температурне розупорядкування викликане тепловими коливаннями атомів та структурних груп, тоді як структурне розупорядкування - наявністю дефектів (наприклад, кисневих вакансій в оксидних плівках), пор, топологічної неупорядкованості у розташуванні атомів тощо. Виявлено, що характер концентраційної залежності w визначається нелінійною концентраційною поведінкою внеску композиційного розупорядкування, викликаного заміщенням атомів Ti атомами Hf .

1. Samuel L., Brada Y., Burger A., Roth M. // *Phys. Rev. B*, **36**, 1168 (1987).

Механізми фазово-структурних перетворень в шарах ХСН

Сукач Г.О.¹, Ільїн О.О.², Стронський О.В.²

¹Державний Університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна

²Інститут фізики напівпровідників НАН України ім. В.Е.Лашкарьова, Київ, Україна

У даній роботі розглянуті існуючі механізми фазових перетворень у ХСН (халькогенідні склоподібні напівпровідники) під дією інтенсивного лазерного пучка невеликої тривалості, описано структурні стани матеріалу в обох фазах. Значна увага приділяється тим властивостям і процесам, які визначають можливість практичного застосування ХСН для запису й зберігання інформації.

При розгляді кінетики фазових перетворень головна роль приділяється вільній ентальпії G , зміни якої є рушійною силою фазових перетворень. Для конкретного застосування ХСН (реверсивний запис на дисках), більша увага приділяється процесам кристалізації та рекристалізації. Механізм кристалізації складається з нуклеації та росту, а рекристалізація відбувається шляхом утворення кристалітів в аморфному оточенні. Для ізотермічних фазових змін пропонуються різні моделі для опису взаємозв'язку між нуклеацією і ростом. Найчастіше використовуються моделі Джонсона і Мела та Колмогорова-Аврамі, які описують частину трансформованого об'єму речовини як функцію часу.

Кристалічна структура GST є гексагональною, однак структура тонкого лазерно-кристалізованого шару вважається відмінною. Результати досліджень локальної структури кристалічного, аморфного й проміжного станів з застосуванням EXAFS-спектроскопії свідчать, що локальна структура кристалічного стану є подібною до структури кам'яної солі, але

Ge та, в меншій мірі, *Sb*, зміщені з відповідних *f.c.c.* місць, що призводить до системи з більш короткими зв'язками й більш довгими зв'язками в загальній роздробленій структурі.

Для аморфного стану характерно, що інтенсивний лазерний імпульс викликає розриви більш слабких зв'язків, і атом *Ge* перескакує з октаедричного (у кристалічній фазі) до тетраедричного положення (в аморфній фазі). Відбувається розупорядкування решітки *Ge*.

Ефект фотокристалізації в ХСН дозволяє використовувати їх для реверсивного запису в CD-RW, DVD+RW і BD-RE дисках. Ефект зміни опору плівки ХСН під впливом локального резистивного розігріву дозволяє використовувати тонкі шари ХСН у твердотільній технології комірок пам'яті. Ряд фірм (SAMSUNG, Intel) вже повідомили про випуск перших прототипів комірок пам'яті на основі фазозмінних ХСН матеріалів - так звана PRAM (Phase-change Random Access Memory) пам'ять. Обсяг пам'яті в подібних елементах сягає 512 мегабіт. PRAM пам'ять, крім підвищеної ємності, має збільшену швидкість запису-зчитування інформації, а також є більш надійною то довговічною.

Фоточувствительные поликристаллических слои теллурида кадмия на диэлектрических подложках

Сукач А.В., Тетеркин В.В., Маслов В.П., Ворощенко А.Т., Лук'яненко В.И.
Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Киев, Украина

Поликристаллические слои CdTe используются для изготовления преобразователей солнечного излучения, высокочувствительных фотоприемников с внешней квантовой эффективностью близкой к теоретическому пределу. Достаточно толстые слои могут использоваться в качестве сенсоров рентгеновского излучения.

Разработана методика выращивания высокоомных фоточувствительных поликристаллических слоев теллурида кадмия на стеклокерамической подложке, отличающаяся высокой скоростью массопереноса и малыми потерями испаряемого материала. С целью повышения эффективности переноса вещества в вакуумной системе использовался метод близкого переноса. Расстояние между источником и подложкой не превышало 1 мм. Подложка и источник имели индивидуальные нагреватели, смонтированные в графитовых блоках. Скорость массопереноса и осаждения CdTe регулировались температурой подложки и источника, а также временем осаждения пленки. Получены слои толщиной 10-15 мкм со средним размером зерна 9 ± 3 мкм при температуре подложки ~ 400 °С. Слои имели *n*-тип проводимости и удельное сопротивление $(1-3) \times 10^5$ Ом×см.

Предложена модель межзеренной границы в виде

сильнолегированных сильнокомпенсированных областей теллурида кадмия, на основе которой непротиворечиво объяснена совокупность экспериментальных результатов по механизмам переноса носителей заряда в широкой области температур и напряжений смещения. Обнаружена полевая зависимость энергии активации электропроводности, что является аналогом эффекта Френкеля-Пула для неоднородных полупроводников.

Обсуждаются особенности спектров фотопроводимости поликристаллических слоев CdTe и их энергетические характеристики. Выполнена оценка произведения подвижности на время жизни ($\mu\tau$) неравновесных носителей заряда, генерированных излучением с длиной волны $\lambda = 0.85$ мкм. Его величина изменялась в пределах $\mu\tau = (1-3) \times 10^{-3}$ см²/В.

Температурные зависимости гальваномагнитных свойств кристаллов и тонких пленок PbTe, легированного висмутом

Таврина Т.В., Рогачева Е.И., Сипатов А.Ю., Волобуев В.В.

*Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт",
Харьков, Украина*

Глубокое донорное действие висмута в PbTe широко используется при легировании кристаллов и тонкопленочных структур на основе PbTe с целью оптимизации их свойств [1].

В настоящей работе изучены температурные зависимости гальваномагнитных свойств (электропроводности σ , коэффициента Холла R_H , подвижности μ и концентрации n носителей заряда) кристаллов и тонких пленок PbTe, легированного висмутом.

Сплавы $Pb_{1-x}Bi_xTe$ ($x = 0; 0.25; 0.5; 1.0$) были получены сплавлением высокочистых Pb, Bi и Te в эвакуированных кварцевых ампулах при температуре 1300 К с последующим гомогенизирующим отжигом в течение 100 часов при температуре 820 К. Из этих сплавов были выращены пленки толщиной ~ 200 нм методом термического испарения в вакууме $\sim 10^{-5} - 10^{-6}$ Па и последующей конденсации на подложки (001) KCl, нагретые до температуры 525 К. Толщину пленок определяли при помощи кварцевого резонатора, расположенного вблизи подложки. На полученных кристаллах и пленках в интервале температур (80–300) К измеряли σ и R_H методом постоянного магнитного поля и постоянного тока через образец. По полученным значениям σ и R_H рассчитывали μ и n .

Установлено, что все полученные пленки $PbTe\langle Bi \rangle$, как и исходные кристаллы, используемые в качестве шихты, имели электронный тип проводимости. Показано, что значения μ в кристаллах выше по сравнению с тонкопленочными образцами, а значения σ в пленках сравнимы или превышают аналогичные значения в кристаллах, что обусловлено более

высокой концентрацией электронов в пленках. Независимо от толщины и концентрации V_i в пленках, как и в массивных кристаллах, с ростом температуры наблюдается снижение σ и μ и слабая зависимость R_H , что характерно для вырожденных полупроводников. Обнаружено, что при переходе от массивного кристалла к тонким пленкам, а также при увеличении уровня легирования наблюдается снижение степенных коэффициентов γ и ν в температурных зависимостях $\sigma \sim T^{-\gamma}$ и $\mu \sim T^{-\nu}$.

Экспериментальные данные анализируются с учетом преобладающих механизмов рассеяния носителей заряда и вклада в кинетические явления поверхностного и примесного рассеяния.

Любченко А.В., Сальков Е.А., Сизов Ф.Ф. Физические основы полупроводниковой инфракрасной фотоэлектроники. Киев: Наук. думка, 1984.

Фізико-хімічні властивості тонких плівок систем $MF_x - EuF_3$ ($M - Mg, Al$)

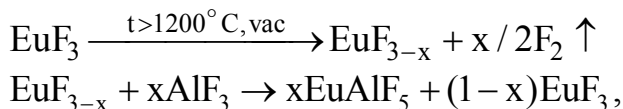
Тімухін Є.В.^{1,2}, Зінченко В.Ф.¹, Мозкова О. В.²

¹Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України, Одеса, Україна

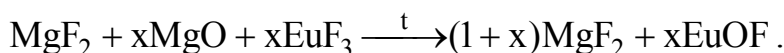
²Центральне конструкторське бюро «Арсенал», Київ, Україна

Фториди металів (MgF_2 , ScF_3 , PbF_2 та ін.) знаходять широке застосування як плівкоутворюючі матеріали (ПУМ) з низьким показником заломлення у сучасній інтерференційній оптиці. Основними причинами зниження якості таких покриттів є часткова термодеструкція фториду в процесі їхнього нанесення ($t > 1200^\circ C$, глибокий вакуум), а також наявність у вихідному фториді кисеньвмісних домішок.

Досліджено вплив фториду європію (III) як легуюча добавка до деяких фторидних ПУМ (MgF_2 , AlF_3). В результаті вивчення взаємодії за допомогою диференційного термічного, термогравіметричного, рентгенофазового аналізів і спектроскопії дифузійного відбиття запропоновано механізм легуючого впливу фториду європію (III), що включає дофторування і стабілізацію:



а також «знекиснення»:



Оптичні та експлуатаційні властивості покриттів на базі MgF_2 та AlF_3 , легуваних EuF_3 , наведено в таблиці.

Склад ПУМ	Оптичні й експлуатаційні властивості покриттів			
	Показник заломлення ($n_{\lambda=400 \text{ нм}}$)	Коефіцієнт розсіювання (σ), %	Механічна міцність (H_m), обертів	Кліматична стійкість (H_T)
MgF ₂ -EuF ₃	1.55	0.003	10000	+
MgF ₂ -EuF ₃	1.42	0.006	1000	+
AlF ₃ -EuF ₃	1.45	0.015	3000	+
AlF ₃ -EuF ₃	1.42	0.010	9000	+

З наведених даних випливає, що уведення EuF₃ дозволяє на основі традиційних фторидних матеріалів отримувати покриття з високою оптичною прозорістю ($\sigma \leq 10^{-2}\%$) та механічною міцністю (1-0 група) і кліматичною стійкістю.

Еволюція магнеторезистивних властивостей плівок La_{0,84}Na_{0,16}MnO₃ при переході з аморфного в кристалічний стан

Товстолиткін О.І., Горьков Д.В., Матвієнко О.І.

Інститут магнетизму НАН України, Київ, Україна

Підвищений інтерес до дослідження перовскітових манганітів системи La_{1-x}A_xMnO₃ (A = Ca, Sr, Ba, Na...) пов'язаний з відкриттям ефекту колосального магнетоопору (сильною зміною електричного опору під дією магнітного поля) і перспективністю його використання в магнітних сенсорах нового покоління і пристроях зчитування магнітної інформації. Проте, ключові параметри, які лежать в основі такого ефекту до цього часу не з'ясовані. Метою даної роботи є виявлення особливостей еволюції електричних та магнеторезистивних властивостей плівок La_{1-x}Na_xMnO_{3-δ} з x = 0,16 при переході з аморфного в кристалічний стан.

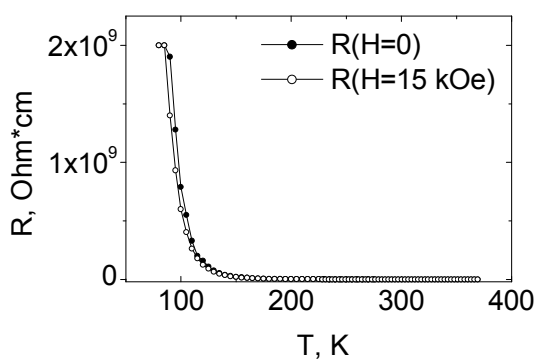


Рис. 1.

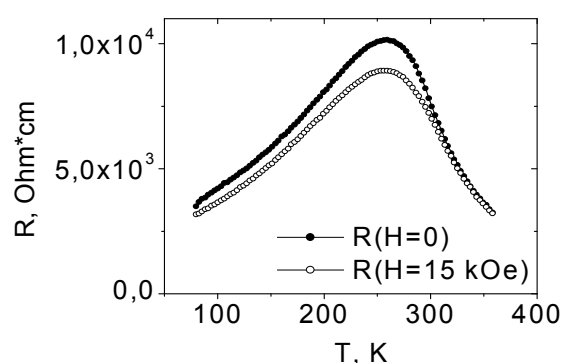


Рис. 2.

Аморфні плівки на підкладках із полікору було виготовлено методом магнетронного розпилення. Плівки було піддано серії

послідовних відпалів при температурах від 400 до 750 °С. Характерні риси еволюції електричних та магнітних властивостей зображено на рисунках 1 і 2.

Залежність питомого електричного опору R від температури T для невідпаленого зразка (Рис. 1) має спадний характер, що притаманно для аморфного стану [1]. Вплив зовнішнього магнітного поля (H) на опір незначний і має місце лише при низьких температурах ($T < 100$ К). Залежність $R(T)$ для зразка, піданого серії відпалів (Рис. 2), має пік поблизу 270 К. Зовнішнє магнітне поле сильно впливає на електричний опір зразка як в області низьких температур, так і при температурах, близьких до кімнатної.

Отримані результати вказують напрямок оптимізації технологічних параметрів та свідчать про перспективність матеріалів, що досліджуються, для застосування в пристроях магнітоелектроніки.

1. J.-M. Liu et al // *J. Phys.: Condens. Matter*, **13**(1), p. 11 (2001).

Математичний підхід до моделювання розвитку фізико-хімічних процесів в порах захисних плівок на поверхнях сталей

Шалигін О.В., Калінков О.Ю., Тіщенко В.М.

Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

Протягом багатьох останніх років приділяють особливу увагу збереженню металофонду держави. Актуальність захисту металевих конструкцій не втратила своєї насущності і в наші часи. Проблему використання захисних композитів, що нанесено на поверхню матеріалу, який захищають, досі вирішують. Найбільш ефективним протекційним методом є використання катодних захисних покриттів, які представлено металами та сплавами, що утворюють захисний бар'єр і не сприяють контактуванню експлуатаційного середовища з поверхнею конструкційного матеріалу. Такий засіб є ефективним для ситуації з використанням бездефектного поверхневого композиту. Тобто, коли плівка утворює шар, який не має пір, щілин, тріщин, або якихось інших дефектів. Матеріал катодного покриття підібрано так, що сам по собі він досить повільно розчиняється в середовищі внаслідок низької термодинамічної активності, що пов'язана з існуванням пасивних поверхневих плівок. Прикладом подібного катодного захисного покриття можуть виступати плівки, утворені Ni-Fe-Sn або Cr-Ni-Ti композитами, на поверхні сталі 3 або сталі 45 – поширених конструкційних матеріалів. Сучасні уявлення про розвиток процесів на поверхнях систем порувате покриття – основа, дозволяють розглядати їх як локальні. За своїм

механізмом вони нагадують розвиток пітингів на поверхнях деформованого металевого матеріалу. На факті можливості розгляду розвитку фізико-хімічних процесів в порах покриттів було акцентовано нашу увагу при побудові моделі розвитку процесу в каналі пори в покритті. Було прийнято до уваги диференційне рівняння зміни густини струму вздовж капіляру i , після формулювання відповідних граничних умов, отримано часткове рівняння стікання струму з поверхні матеріалу покриття в розчин. Задля встановлення відповідних фізико-хімічних характеристик розвитку процесів було використано ідеї локальних вимірів електрохімічних характеристик (потенціалу та струму). На підставі отриманих експериментальних даних було розраховано втрати матеріалу основи в наслідку функціонування мікрогальванічної пари покриття – підкладка. При визначенні електрохімічних показників матеріалу покриття було ми моделювали ситуацію з урахуванням роботи гальванічної пари під впливом сумісної наявності агресивного середовища та механічних напруг. Наявність залишкових механічних напруг в покриттях, що утворено шляхом конденсації парів на твердій поверхні є загальновідомим фактом. Крім того було порівняно результати випробувань за запропонованою методикою з результатами гравіметричних випробувань і оцінено кореляцію одних з іншими. Локальні виміри фізико-хімічних показників за такою методикою дозволяють слідкувати за зміною відповідних характеристик в часі, що теж необхідно враховувати при побудові моделі.

Приймаючи до уваги ряд результатів, отриманих в цієї роботі, можна побудувати багатофакторну модель загального розвитку процесів корозії складної системи порувате покриття – підкладка оперуючи технологічними факторами нанесення покриття на поверхню основи.

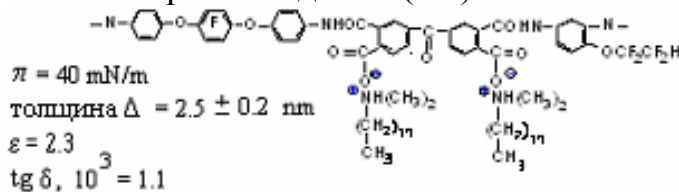
Фторсодержащие плёночные наноматериалы: синтез и свойства

Шелудько Е.В., Ковтун Г.А., Цыпина О.Н.

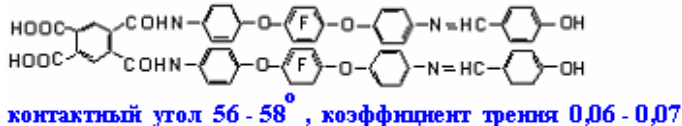
Институт биоорганической химии и нефтехимии НАНУ, Киев, Украина

Разработка новых функциональных материалов (ультратонкие плёнки и их многослойные композиты, нанорезисторы, компоненты микро- и наноэлектромеханических систем – МЭМС, НЭМС) играет важную роль для прогресса микро- и наноэлектроники. Одной из важных областей исследования в молекулярной инженерии является получение ультратонких плёнок, которые обладают фотопроводимостью, высокой термической и гидролитической устойчивостью [1]. Однако, использование для этой цели фторированных полимеров практически не изучено. В докладе представлены следующие новые фторсодержащие функциональные материалы:

- наноплёнки Ленгмюра – Блоджетт (ЛБ).



- модификаторы трения в нанозорах МЭМС и НЭМС, например:



- композиты фторсодержащих плёнок с нанонаполнителями (наноалмазы, углеродные волокна, квазикристаллы, кластеры металлов (Cu, Ag). Коэффициент трения 0.06-0.07, плёнки негорючи и обладают фунгистатическим эффектом.

1. Мыльников В.С. Фотопроводимость полимеров.–Л.: Химия, 1990.– 240с.

Оптические свойства плёнок нанокристаллического CdS, синтезированного в обратной микроэмульсионной системе

Щербак Л.П., Мыслюк Н.М., Пивен Н.Г., Халавка Ю.Б., Фейчук П.И.

*Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича,
Черновцы, Украина*

В связи с ограниченными возможностями практического использования растворов наночастиц актуальным является разработка технологии получения плёнок нанокристаллов. В данной работе методом осаждения получены плёнки нанокристаллического сульфида кадмия и исследованы их оптические свойства.

Синтез нанокристаллов CdS (н-CdS) проводили в микроэмульсионной (м/э) системе по методу обратных мицелл («вода в масле»). Растворенное в толуоле поверхностно-активное вещество Na(AOT) (99% Fluka) смешивали с водным раствором 0.5M CdI₂ (х.ч.), 0.5 M Na₂S (99% Aldrich) при постоянном перемешивании. Плёнки н-CdS осаждали на стеклянные подложки, поверхность которых последовательно обрабатывали в C₂H₅OH и смеси H₂SO₄ и H₂O₂. Зависимость оптической плотности раствора и плёнок от длины волны изучали с помощью фотометра КФК-3 в области длин волн 420-540 нм, для области 320 - 420 нм использовали монохроматор МДР-4.

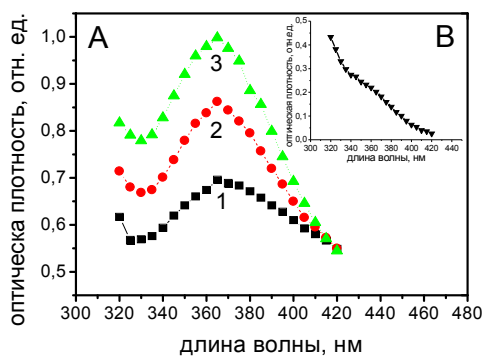


Рис. 1. А – влияние толщины плёнки нанокристаллов CdS на интенсивность поглощения (1→3 соответствует 1-20 слоям); В – оптический спектр поглощения м/э раствора н- CdS, использованного для нанесения плёнок.

Отметим, что в спектре поглощения исходного раствора (рис.1, В) прослеживалось лишь незначительное изменение крутизны спектра в данном диапазоне длин волн. По мере утолщения плёнок пик на спектрах поглощения фокусируется, интенсивность его возрастает, а смещение края полосы поглощения в коротковолновую область выражено слабо.

Спектры поглощения локальных экситонов в тонких пленках $\text{Rb}_2\text{Ag}_{1-x}\text{Cu}_x\text{I}_3$

Юнакова О.Н.¹, Милославский В.К.¹, Коваленко Е.Н.²

¹Харьковский национальный университет, Харьков, Украина

²Харьковский национальный университет радиозлектроники, Харьков, Украина

Соединение Rb_2AgI_3 кристаллизуется в орторомбическую решетку структурным элементом которой являются цепочки, состоящие из тетраэдров AgI_4^{2-} и ориентированные вдоль короткой оси **b**. Расстояние между эквивалентными ионами в цепочке существенно меньше расстояния между соседними цепочками, что определяет квазиодномерный характер электронных возбуждений в соединении. Исследования спектров поглощения и отражения подтверждают это предположение. По спектральному положению низкочастотных экситонных полос соединений системы $\text{RbI} - \text{AgI}$ была установлена локализация экситонных возбуждений в AgI – подрешетке соединений.

Введение примеси в RbI – подрешетку не сказывается на структуре спектра и положении полос поглощения. В то же время примесь Cu в Rb_2AgI_3 приводит к существенным изменениям в спектре. В длинноволновой области появляется слабая A_0 полоса, A_1 полоса заметно

сдвигается в коротковолновую область спектра. Появление дополнительной A_0 полосы при малых x свидетельствует о появлении примесных уровней Cu^+ в запрещенной зоне Rb_2AgI_3 . Как показано в [1] для экситонов Ванье-Мотта и Френкеля, отщепление примесных уровней от основной экситонной зоны кристалла зависит от соотношения Δ/T , где Δ - разность энергий возбуждения изолированных примесных центров в кристалле, в данном случае $\Delta = \varepsilon_{\text{Ag}^+} - \varepsilon_{\text{Cu}^+}$, T - ширина экситонной зоны. По [1] при $\Delta/T \leq 0.25$ образуются экситонные зоны смешанного (amalgamation) типа, при $\Delta/T \geq 0.5$ экситонные зоны устойчивого (persistence) типа. В последнем случае с ростом концентрации примеси развивается примесная зона, не перекрывающаяся с основной экситонной зоной, и экситонная полоса, связанная с примесной зоной, смещается в сторону меньших $h\nu$, в то время как основная полоса испытывает противоположный сдвиг. Этот вывод качественно согласуется с нашими измерениями: A_0 полоса в интервале $0 \leq x \leq 0.4$ испытывает длинноволновый сдвиг на 0.03 эВ, в то время как основная A_1 полоса - коротковолновый сдвиг. Из оценки $\Delta/T \approx 2,5$ в $\text{Rb}_2\text{Ag}_{1-x}\text{Cu}_x\text{I}_3$ следует, что критерий устойчивого твердого раствора выполняется.

Отметим также большую силу осциллятора A_0 полосы. При $x = 0.05$ $f_{A_0} = 0.14$ в расчете на одну молекулу и $f_{A_1} = 0.26$. По-видимому следует говорить о гигантской силе осциллятора, предсказанной Э.И. Рашба для локального экситона. Сумма сил осцилляторов $f_{A_0} + f_{A_1} = 0.4$ и близка к $f_{A_1} = 0.38$ при $x = 0$.

1. Onodera Y, Toyozawa Y. // *J. Phys.Soc.Japan* . **24**(2). pp. 341-355 (1968).

Dynamics of polarization profiles in thin films of ferroelectric polymers

Fedosov S.N., Butenko A.F.

Department of Physics and Material Science, ONAFT, Odessa, Ukraine

Several methods have been developed recently to study spatial distribution of polarization in ferroelectric polymers, but all measurements were performed in static conditions on already poled samples, reflecting only the final state of polarization. In this work we present data on dynamics of polarization profiles obtained by 'in situ' measurements on samples placed in the poling field.

Uniaxially oriented 20-25 μm -thick PVDF and P(VDF-TFE) films have been poled at room temperature either in 'low' field of 60 MV/m, or in a 'high' field of 180 MV/m. Distribution of polarization in the thickness direction of the films has been studied by the pressure step with the resolution of 2-3 μm .

Profiles of polarization were recorded on the video-tape and then digitized for further processing. During the initial poling of PVDF in the low field, we

observed growth of two symmetrical polarization peaks, but only one peak near the positive electrode appeared in the case of P(VDF-TFE) films under the same conditions. Short-circuiting of the samples reduced the polarization value to about 50% of its original magnitude, while changing polarity of the poling field led to formation of the bimorph structure of the polarization profile, because polarization near the former positive electrode was not completely switched, but only reduced without changing the direction of polarization.

The steady-state picture of the polarization profile was reached in 30 min during original poling, but this time decreased only to 3 min during the subsequent switching of polarization. The equilibrium state after the short-circuiting was reached in about 1 min, being in agreement with the value of Maxwell's relaxation time in PVDF. In the case of a high poling field, polarization was distributed uniformly during both original poling and switching of the field polarity, except for narrow (2-3 μm) near-to-electrode layers where polarization abruptly dropped to zero. We tried to improve the uniformity of polarization in originally non-uniformly poled samples by applying a high field, but found that it was impossible. The phenomenon has been explained by effect of the deeply trapped negative charge.

All experimental data were consistent with the model stipulating important role of the space charge in formation of polarization and its profile. It seems that the space charge originates from either injection, or separation of the intrinsic charge carriers. It effects polarization in two ways: by stabilizing the polarized state due to compensation of the depolarizing field and, at the same time, by creating the non-uniformity of polarization.

Physical properties of the Co_2CrAl Heusler alloy films with various structural order

Kudryavtsev Y.V., Oksenenko V.A.¹, Uvarov V.N.¹, Kotenko I. E.², Lee Y.P.³,
Dubowik J.⁴

¹*Institute of Metal Physics, NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine*

²*National Technical University "KPI", Kiev, Ukraine*

³*q-Psi and Department of Physics, Hanyang University, Seoul, Korea*

⁴*Institute of Molecular Physics, PAS, Poznań, Poland*

Some of ferromagnetic Heusler alloys (HA) (and Co_2CrAl among them) are most promising candidates for spintronic application as spin-injectors due to their predicted 100 % spin polarization (P) at the Fermi level (E_F) and high Curie temperature (T_C) [1]. However, the experimentally observed value of spin polarization at E_F was smaller, than theoretically predicted [2], owing to the atomic disorder of the film samples. This work aims to investigate the influence of structural disorder on the some physical [transport, magnetic, optical and magneto-optical (MO)] properties and electronic structure of the Co_2CrAl HA films.

The L_{2_1} -ordered bulk Co_2CrAl with the lattice constant of 0.573 nm, $T_C = 325$ K and $\rho_{293\text{ K}} = 210 \mu\Omega\text{cm}$ and negative temperature coefficient of resistance was investigated to be a reference point for the film samples. Co_2CrAl HA films were deposited by flash-evaporation method in the high vacuum conditions. Depending on a substrate temperature (T_s) and/or post-annealing temperature the films had a different structures: from amorphous to the most ordered of L_{2_1} type. Amorphous films deposited onto substrates cooled by liquid nitrogen ($T_s = 150$ K) were paramagnetic down to 5 K, while the L_{2_1} -ordered ones ($T_s = 760$ K) were ferromagnetic with $T_C = 325$ K close to the bulk sample. However, in contrast to the bulk sample, the L_{2_1} -ordered films exhibit unusual switch to the negative magnetization at $T < 195$ K for the case of FC branch. Unlike most typical for crystallization of amorphous metal films decrease in resistivity, the crystallization at 590 K of amorphous Co_2CrAl films causes rapid increase in alloy resistivity by about 13 %. Taking into account various possible factors, the energy gap formation at E_F in crystalline state of Co_2CrAl alloy is considered as most probable origin of this growth. Optical and MO properties of L_{2_1} -ordered Co_2CrAl films were analyzed in terms of band structure of alloy. Changes in the electronic structure of alloy induced by structural disorder were estimated on evolution of the optical and MO properties of the Co_2CrAl films caused by the structural disorder.

1. De Groot R.A., Mueller F.M., van Engen P.G., and Buschow K.H.J., *Phys. Rev. Lett.* **50**, C. 2024 (1983).
2. Wang W.H., Przybylski M., Kuch W., Chelaru L.I., Wang J., Lu Y.F., Bartel J., and Kirschner J., Magn J.. *Magn. Mater.* **286**, C. 336 (2005).

Some optical properties of organic polymer - ZnO thin layers

Rusu E.V.¹, Bivol V.V.¹, Robu S.V.², Caraman M.I.²

¹*Institute of Applied Physics of Academy of Sciences of Moldova, Chisinau, Moldova*

²*State University of Moldova*

Zinc oxide and particularly thin layers of zinc oxide presents increased interest for researchers and development engineers of optoelectronic devices due to specific, mechanical and piezoelectric properties, and also to small coefficient of optical absorption in a wide interval of wavelength, intensive photoluminescence and a high photoconduction in ultraviolet and visible band of wavelengths.

Results of investigation of optical absorption edge and photoluminescence of thin layers of nanocomposites based on polyvinylpyrrolidone (PVP) and zinc oxides (PVP-ZnO) on glass substrates are presented.

Average sizes of crystal ZnO nucleuses in PVP were determined from the analysis of a diffraction lines contour formed at X-ray diffraction (CuK_α , $\lambda = 1,542 \text{ \AA}$) from gang of planes [002] ($2\theta = 36,3^\circ$). By change of concentration

ZnO in PVP it was possible to receive samples with average sizes of crystallites in limits (10 ÷ 1500) nanometer. Also the micron sizes of crystallites ZnO in PVP were estimated from the analysis of diffuse reflection spectra measured in optical field of 430 ÷ 900 nm.

The next results were received:

- spectrum of photoluminescence of original material (polycrystalline ZnO) is localized in the field of energy 2,80÷3,22 eV and consist of a single band with maximum at 3,18 eV. Strongly dissymmetric contour of emission band specifies the donor-acceptor mechanism of recombination.

- optical absorption edge of nanocomposite PVP-ZnO is featured by a linear relation such as $\alpha^{1/2} = f(h\nu)$ characteristic for noncrystalline materials. The optical band-gap energy is equal 3,28 eV at T = 293 K and caused light absorption in ZnO clusters.

- nanocomposite PVP-ZnO intensively radiates in a wide spectral range (360÷650) nm at excitation by fundamental absorption light.

- the spectrum of radiation at T = 293 K consist of four overlapped bands with maximums at 3,09 eV, 2,98 eV, 2,75 eV and 2,35 eV.

- increasing of nanocluster concentration ZnO in PVP results in increasing of photoluminescence intensity in all spectra, but thus stand out on intensity of band with maximums 2,75 eV and 2,35 eV.

Results of investigation of diffuse reflection spectra measured in spectral range from 380 nm up to 900 nm are given as well.

Role of ultra-fast oxygen diffusion in the kinetics of phase separation during high-temperature annealing of SiO_x films

Sarikov A.^{1,2}, Litovchenko V.¹, Grygoriev A. O.¹

¹*V. Lashkarev Institute of Semiconductor Physics NAS Ukraine, Kiev, Ukraine*

²*Hahn-Meitner-Institut Berlin, Berlin, Germany*

Integration of Si structures in optoelectronics is possible utilizing nanocrystalline silicon, e. g. in form of Si inclusions in the SiO₂ films. Formation of Si nanocrystals in SiO₂ occurs by phase separation during high temperature (~ 1000°C) anneals of SiO_x (x < 2) films obtained by either ion implantation of Si⁺ ions into SiO₂ or by direct deposition. Very fast (~ 1 s) formation of Si nanocrystals in SiO₂ has been observed in result of mentioned annealing procedures which cannot be explained by only Si diffusion processes. Oxygen out-diffusion from the growing Si nanocrystals can be responsible for the fast kinetics of phase separation in SiO_x films.

In this work, the kinetics of phase separation during high-temperature anneals of SiO_x films is studied theoretically. The diffusion of Si atoms in SiO_x matrix and their incorporation in the Si nanocrystals as well as oxygen release at the interface of matrix/Si inclusion and its out-diffusion are considered. The

kinetics of oxygen release and out-diffusion is determined by the activation energy of release, the annealing temperature, and the composition of SiO_x matrix, x , which varies with time due to the phase separation process. The activation energy of the oxygen release is estimated to fit the experimentally observed kinetics of phase separation in the SiO_x films. The oxygen release and out-diffusion are shown to be the determining processes in the kinetics of SiO_x decomposition and growth of Si nanocrystals.

Секція 2 (стендові доповіді)
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК
 10 травня 2007 р.

Session 2 (poster)
PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE FILMS
 May, 10, 2007

**Модифікація фізико-хімічних властивостей поверхонь Si(100)
 та H/Si(100) при адсорбції води H₂O: комп'ютерне
 моделювання**

Ананьїна О.Ю., Яновський О.С.

Запорізький Національний університет, Запоріжжя, Україна

Хімічна адсорбція води на Si(100)-(2×1) – це реакція, яка відіграє важливу роль в процесі росту плівок SiO₂ при окислюванні в атмосфері вологого кисню. H₂O і O₂ – окислювачі, які найбільш часто використовуються у напівпровідниковому виробництві, але шари SiO₂ ростуть швидше в присутності води, ніж сухого O₂, так що вологе окислювання переважніше для вирощування шарів окислу. Актуальність даного питання в розвитку фізики поверхні дуже велика, тому що, як відомо, вода завжди присутня у багатьох технологічних процесах. В роботі

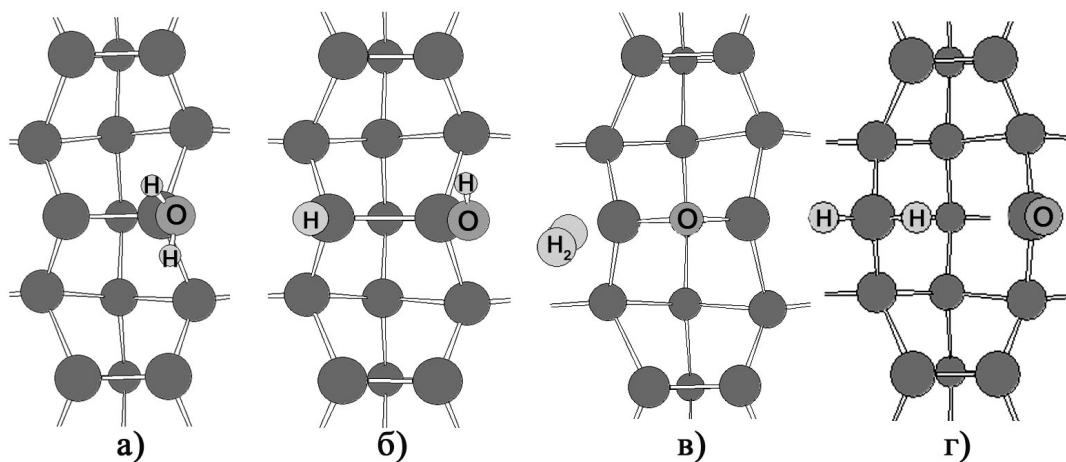


Рис. 1. Результат адсорбції води H₂O на чистій поверхні Si(100): а, б) моделі 1, 2, адсорбція відбувається без руйнування димерного зв'язку; в, г) моделі 3, 4, утворені внаслідок руйнування димерного зв'язку.

досліджуються початкові стадії росту окислу на поверхні кремнію Si(100) в залежності від ступеня покриття поверхні воднем.

Вода при адсорбції на чистій впорядкованій поверхні Si(100)-(2×1) може утворювати декілька станів, що відрізняються геометричними,

енергетичними і електронними характеристиками (рис. 1). Адсорбція фрагментів дисоціації води OH і H на атоми одного поверхневого димера усуває асиметрію цього димера, яка була присутня на чистій впорядкованій поверхні. Стан поверхні, що відповідає моделі 2 (рис. 1б) є основним. В цьому стані адсорбційна активність поверхні є найнижчою в порівнянні з іншими станами, а повна енергія системи є мінімальною. Стани 1, 3, 4 є квазірівноважними. В залежності від зовнішніх умов поверхня може переходити з одного стану в інший.

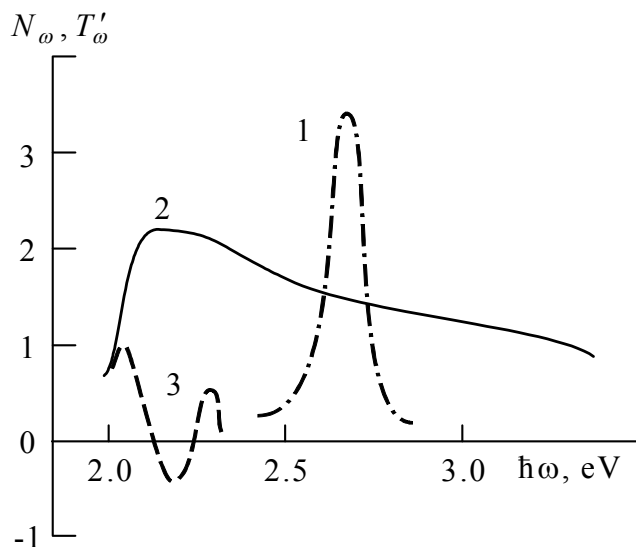
На відміну від чистої поверхні $\text{Si}(100)$, адсорбція на поверхню, вкриту воднем $\text{H}/\text{Si}(100)$ потребує більш значної енергії активації, що пов'язано із необхідністю десорбції водню із моно- або дигідридних центрів.

Оптичні властивості гетерошарів телуриду цинку

Архілюк Л.І., Мельник В.В., Сльотов М.М., Собіщанський Б.М.

Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, Чернівці, Україна

Телурид цинку відіграє важливу роль у оптоелектронних приладах різного типу. Необхідною умовою виготовлення анізотипних гетеропереходів є можливість отримання матеріалу р-типу провідності. Такі гетерошари виготовлялися на основі монокристалів селеніду цинку, вирощених з розплаву і легованих у процесі росту телуром. Додатковий ізотермічний відпал у насиченій парі телуру дозволив отримати шари ізовалентного заміщення телуриду цинку.



Спектри фотолюмінесценції вихідних зразків ZnSe (1), шарів ZnTe (2) та λ -модульованого оптичного пропускання структури (3)

Оптичне пропускання та люмінесценція досліджувалися за допомогою класичних методик та методом λ -модуляції. Результати вимірювань підтверджують утворення гетерошарів ZnTe . Використання модуляційних методів дозволило з високою точністю визначити основні параметри отриманих шарів ZnTe .

Випромінювання вихідних зразків (крива 1 на рисунку) спостерігається при $\hbar\omega \sim 2,45\text{--}2,8\text{ eV}$ з максимумом при $\hbar\omega_m \sim 2,68\text{ eV}$, який зумовлений рекомбінаційними процесами за участю енергетичних станів,

утворених власними точковими дефектами кристалічної ґратки.

На відміну від вихідних зразків, люмінесценція виготовлених шарів характеризується широким безструктурним спектром, що охоплює область енергій фотонів $h\nu \sim 2,0\text{-}3,4$ еВ (крива 2 на рисунку). Це свідчить про оптичні процеси, що визначаються квантово-розмірними ефектами [1]. Останні зумовлені структурністю поверхні, яка створюється відповідними технологічними умовами виготовлення зразків.

1. Makhniy V.P., Slyotov M.M., Mel'nyk V.V., Grivul V.I., Gorley P.P., Gorley P.N., Horvath Zs. Luminescence peculiarities of wide-gap II-VI compounds with quantum-size surface structure // *Semiconductor nanocrystals*. September 10-12, Budapest, Hungary, pp. 287-289 (2005).

Структура и оптические свойства аморфно-кристаллических фуллереновых плёнок

Бажин А.И.¹, Беседа Е.А.¹, Глазунова В.А.², Ступак В.А.¹, Троцан А.Н.¹,
Чертопалов С.В.¹

¹Донецкий национальный университет, Донецк, Украина

²Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАНУ, Донецк, Украина

В работе рассмотрено влияние толщины и отжига фуллеритовых плёнок на их структуру и оптический коэффициент пропускания.

Плёнки фуллерита C_{60} толщиной 50...250 нм были получены терморезистивным методом в вакууме при остаточном давлении в камере $2 \cdot 10^{-5}$ Торр. Поток C_{60} направлялся нормально к нагретой до 160°C подложке. Температура испарителя составляла 460°C . В качестве подложек использовалось аморфное стекло. Отжиг проводился при температуре 160°C в течение 2 часов.

Электронно-микроскопические исследования плёнок проводились на микроскопе JEM200 при ускоряющем напряжении 200кВ.

Исследования оптических свойств фуллеритовых C_{60} плёнок проводились при помощи спектрофотометра СФ-4А с приставкой зеркального отражения ПЗО-1 в диапазоне длин волн от 400 до 1200 нм.

Электронно-микроскопические исследования показали, что полученные плёнки являются аморфно-поликристаллическими со средним размером кристаллитов ≈ 500 нм. Аморфная фаза окаймляет кристаллиты. Для фуллеритовых пленок характерна высокая плотность дислокаций ($\sim 10^{13}\text{-}10^{14}$ м⁻²), которые в кристаллитах образуют скопления и стенки, расположенные по границам сросшихся кристаллических островков. Двухчасовой отжиг плёнки в вакууме приводит к увеличению размеров зёрен на некоторых участках плёнки и уменьшению количества межзёренной аморфной фазы по всей площади. Кроме того, снижается дефектность структуры плёнки. Толщина плёнки после отжига

уменьшается на ~20%.

Уменьшение доли аморфной фазы и снижение дефектности кристаллической составляющей приводит к увеличению коэффициента поглощения и изменению характера зависимости коэффициента поглощения от длины волны излучения. С увеличением толщины плёнок возрастает оптическая плотность.

Вплив температурної обробки на електрофізичні властивості та фазовий склад багат шарових плівкових систем на основі Ti, Al, Cu і Ni

Басов А.Г., Соломаха В.А., Степаненко А.О., Черноус А.М.

Сумський державний університет, Суми, Україна

Робота присвячена вивченню електрофізичних властивостей та процесів фазоутворення в плівкових системах, компоненти яких в масивному стані здатні утворювати інтерметалідні сполуки. Плівки було отримано пошаровим нанесенням металів або електронно-променевим методом. Фазовий склад та кристалічна структура отриманих зразків вивчалась методами електронографії та просвічуючої електронної мікроскопії.

Електронно-мікроскопічні та дифракційні дослідження показали, що у вихідному стані плівкові системи (Ti/Al, Cu/Ti, Al/Ni) мають двофазовий склад. При температурній обробці у вказаних системах відбувались наступні фазові перетворення. Для плівок Ti/Al після відпалювання до 740 К поряд з вихідними спостерігаємо утворення фази TiAl. Нагрівання вище температури 820 К призводить до різкого зростання опору, причому при наступному охолодженні температурна залежність носить неметалевий характер, що можна пояснити початком окислення і з появою фази TiAl₃. Температура ініціалізації цих процесів фактично не залежить від товщини плівки. Для системи Al/Ni інтерметалідні фази AlNi і AlNi₃ спостерігаються у зразках після відпалювання до T=550 К, а початок окислювальних процесів при T=850 К. На відміну від розглянутих вище систем в Cu/Ti інтерметалідні фази не фіксуються навіть після термообробки до T=900 К, хоча відбувається активне окислення компонент. Проте, починаючи з температури 550-600 К, спостерігаємо утворення твердого розчину Cu-Ti. Для всіх систем після високотемпературного відпалювання має місце збільшення середнього розміру зерна для всіх зафіксованих фаз, в тому числі і оксидних.

Аналізуючи результати про температурну залежність електрофізичних властивостей (питомого опору (ρ) і температурного коефіцієнту опору (ТКО)) досліджених плівкових систем після повної термообробки можна відмітити наступне. Підбором співвідношення

концентрацій компонент системи можна реалізувати випадки, коли залежність $\rho(T)$ носить явно виражений лінійний характер, при значеннях $\text{TKO} \leq 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ (наприклад, для системи Cu/Ti зі співвідношенням концентрацій мідної та титанової компонент 1,3÷1,6 TKO змінюється в межах $(1\div 7) \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$). Такий результат дозволяє розглядати плівкові системи Ti/Al і Cu/Ti як перспективні матеріали для створення терморезисторів.

Спин-орбитальное взаимодействие в тонких пленках висмута в перпендикулярном и параллельном магнитных полях

Беркутов И.Б., Комник Ю.Ф., Андриевский В.В.

Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины, Харьков, Украина

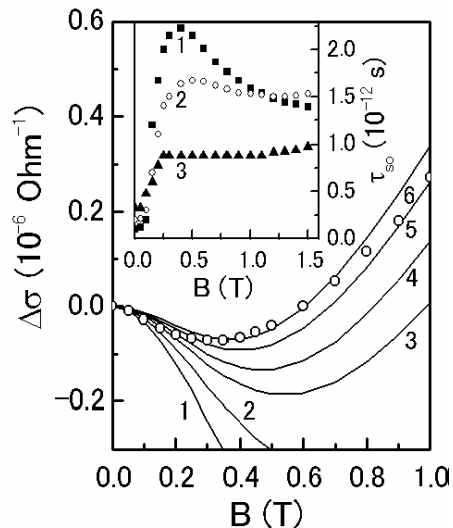


Рис. 1. Изменение $\Delta\sigma(B)$ пленки висмута толщиной 380 \AA при $T=4.2 \text{ K}$ в параллельном магнитном поле (точки). Сплошные линии - расчет [1] при $\tau_\phi=4.6 \times 10^{-12} \text{ c}$ и τ_{so} : $2 \times 10^{-13} \text{ c}$ (1); $7 \times 10^{-13} \text{ c}$ (2); $1.1 \times 10^{-12} \text{ c}$ (3); $1.3 \times 10^{-12} \text{ c}$ (4); $1.52 \times 10^{-12} \text{ c}$ (5), $1.67 \times 10^{-12} \text{ c}$. Вставка: Изменение τ_{so} от B при T (K): 2(1); 4.2(2); 20(3).

Исследованы кинетические свойства тонких пленок висмута толщиной $100 - 700 \text{ \AA}$ при низких температурах ($1.5 - 77 \text{ K}$) в перпендикулярном и параллельном магнитных полях. На основании анализа магнитопольевых зависимостей сопротивления пленок найдены квантовые поправки к проводимости ($\Delta\sigma(B)$), обусловленные эффектами слабой локализации [1]. В перпендикулярном поле обнаружен рост времени спин-орбитального взаимодействия τ_{so} при увеличении толщины пленки, что свидетельствует о доминирующей роли поверхностного рассеяния для спин-орбитальных процессов. Предполагается, сильная спиновая релаксация связана с градиентом внутреннего кристаллического потенциала вблизи поверхности кристалла, приводящем к снятию вырождения спина и появлению спиновой щели. В параллельном поле установлено, что $\Delta\sigma(B)$ не может быть описана величиной τ_{so} , не

зависящей от магнитного поля (Рис. 1). Этот результат интерпретируется как переход от диффузионного характера спиновой релаксации по механизму Дьяконова-Переля [2] к иному (эволюционному) характеру спиновой релаксации в системе с упорядоченной ориентацией спинов, возникающей под влиянием параллельного магнитного поля. Такая трактовка подтверждает предположение о том, что доминирующее в тонких пленках поверхностное рассеяние характеризуется сильным спин-орбитальным взаимодействием, обусловленным существованием вблизи поверхности градиента внутреннего потенциала.

1. Б.Л. Альтшулер, А.Г. Аронов // *Письма в ЖЭТФ*, **33**, 515 (1981).
2. М.И. Дьяконов, В.И. Перель // *ЖЭТФ*, **60**, 1954 (1971),

Вивчення властивостей тонких плівок латексу полівінілхлориду

Бойчук Є.Я.¹, Курта О.С.², Курта С.А.¹

¹*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

²*Львівський Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Результат роботи виражається в дослідженні тонких плівок латексу полівінілхлориду (ПВХ) з залишковим вмістом мономера ВХ у виробництві ПВХ і в збільшенні якості та зменшення токсичності готового продукту-емульсійного ПВХ, за рахунок зменшення в ньому залишкового вмісту мономера. На основі результатів, одержаних при дослідженні процесу плівкової дегазації латексу ПВХ, можна покращити роботу вузла дегазації шляхом збільшення температури від 30° до 60°С, застосовуючи при цьому вакуум 50 кПа.

В результаті дослідження вузла дегазації встановлено, що масова частка вінілхлориду в латексі в середньому складає 0,8% і коливається в межах від 0,5 до 1,2%. Залишковий вінілхлорид знаходиться як у водній фазі, так і в латексних частинках. Кількість розчиненого у водній фазі ВХ може досягти 0,5% і прямо пропорційна його парціальному тиску.

Вперше досліджено дегазацію латекса ПВХ в проточній та стаціонарній лабораторних установках. Вивчені адсорбційні до десорбційні властивості латексу ПВХ по залишковому ВХ в залежності від температури, тиску та часу дегазації.

В роботі використані фізико-хімічні методи аналізу латексу ПВХ в тому числі газо-рідинна хроматографія, колориметрія та хіманаліз.

Вплив тонкого покриття із Ni або SiO₂ на електрофізичні властивості плівок Со

Бондар О.О., Говорун Т.П., Чорноус А.М.

Сумський державний університет, Суми, Україна

У роботі експериментально досліджено розмірний ефект у питомому опорі та температурному коефіцієнті опору (ТКО) плівок Со із тонким покриттям із Ni або SiO₂ (товщина покриття $d \leq 1-2$ нм). Базисні плівки Со конденсувались методом електронно-променевого випаровування на поліровані полікорові підкладки при температурі, що була близькою до температури Дебая для масивних зразків ($T_D \approx \Theta_{0D} \approx 385$ К, П - підкладка) з наступним охолодженням до $T=300$ К та відпалюванням протягом двох циклів за схемою «нагрівання↔охолодження» у інтервалі температур 300-650 К. Тонкі покриття із Ni або SiO₂ наносилися методом термічного випаровування при $T_D=300$ К з послідуною термообробкою протягом одного циклу. Наступним етапом було дослідження властивостей після охолодження плівок у вакуумі за допомогою рідкого азоту до температури 110 К. Електронно-мікроскопічні та дифракційні дослідження показали, що плівки Со після термовідпалювання знаходяться в нанокристалічному стані (середній розмір зерна становить 10-20 нм) і мають двофазний склад ГЦП-Со+ ГЦК-Со (поряд із лініями, що належать α -фазі фіксується дві лінії β -фазі). Після термообробки плівок з покриттям електроннографічно не зафіксовано зміну фазового складу.

Результати електрофізичних досліджень показали наступне. Наявність тонкого покриття із Ni призводить до зменшення значення ТКО на 6-20 % ($T=300$ К), у той час як покриття із SiO₂ викликає зміну ТКО на 2-11 % ($T=300$ К). Оскільки значення питомого опору також зменшується, то основна причина зниження величини ТКО обумовлена зміною тангенсу кута нахилу $\Delta\rho/(\Delta T)$ (або чутливості) температурної залежності питомого опору $\rho(T)$. Обробка результатів з розмірної залежності ТКО для визначення параметрів електроперенесення проводилась з використанням лінеаризованої та ізотропної моделей Тельє, Тоссе і Пішар та асимптотичного співвідношення для питомого опору у рамках моделі Ухлінова-Косаківської. За рахунок покриття відбувається погіршення дзеркальності зовнішньої поверхні плівки, оскільки чужорідні атоми або молекули сегреговані на її поверхні призводять до зміни рельєфу. Так, параметр дзеркальності при температурі вимірювання $T=300$ К складає 0,11; 0,06 і 0,02 для плівок Со/П, Ni/Со/П і SiO₂/Со/П відповідно. Що стосується зміни умов розсіювання на межі зерна, необхідно відмітити той факт, що дифузія атомів із нікелевого покриття викликає покращення прозорості внутрішніх меж (величина коефіцієнта розсіювання при $T=300$ К змінюється з 0,10 (Со/П) до 0,06 (Ni/Со/П)).

Дисперсія показника заломлення тонких плівок Y_2O_3 , одержаних різними способами

Бордун О.М., Бордун І.М., Антонюк В.Г.

Львівський національний університет ім. І.Франка, Львів, Україна

Досліджено дисперсію показника заломлення в тонких плівках Y_2O_3 , одержаних методом дискретного випаровування і високочастотним іонно-плазмовим розпиленням у різних атмосферах. Плівки товщиною 0,3-1,0 мкм мали полікристалічну структуру. Найбільш розупорядкованими є Y_2O_3 , одержані методом дискретного випаровування, що проявляється у більшій кількості дифракційних максимумів. Плівки Y_2O_3 одержані ВЧ розпиленням, більш впорядковані, мають структуру з переважною орієнтацією в площині (222).

Визначення показників заломлення у досліджуваних плівках проводилось на основі спектрофотометричної методики. Спектри пропускання плівок вимірювались на спектрофотометрі Specord M40.

На основі визначених показників заломлення для плівок Y_2O_3 визначалась густина пакування плівок P як відношення густини плівки до густини об'ємного матеріалу.

Дисперсійні залежності показника заломлення показують, що дійсна частина комплексної діелектричної проникливості в області прозорості $\epsilon_1 = n^2$ з достатнім ступенем точності описується одноосциляторною моделлю Вемпле-Ді Доменіко [1]. Визначено апроксимаційні параметри, зокрема E_0 – енергію смуги поглинання, що визначає хід дисперсної кривої, E_d – дисперсійну енергію, N_c – координаційне число катіона, f_i – ступінь іонності хімічного зв'язку. Одержані значення N_c досить близькі до теоретичних, а деякі відхилення в сторону зменшення найбільш імовірно зумовлені аніонними вакансіями як невід'ємним елементом структури ґратки Y_2O_3 . Це підтверджується при порівнянні результатів для плівок, нанесених при різних умовах.

Проведені дослідження показали, що дисперсія показника заломлення тонких плівок Y_2O_3 не лише визначається особливостями енергетичної будови, кристалічними властивостями даних плівок і закономірностями їх кристалічної структури, але у значній мірі залежить від способу одержання плівок. Встановлено, що незалежно від способу одержання спектральна залежність показника заломлення досліджених плівок у видимій області спектру визначається в основному переходами із зони 2р-станів кисню, які формують верхній заповнений рівень валентної зони, у дно зони провідності, утворене 4d5s-станами ітрію.

1. Wemple S.H., DiDomenico M. // *Phys.Rev.B.*, **3** (4), pp. 1338-1351 (1971).

Механізми утворення твердих розчинів у системі Pb–Mn–Te

Борик В.В.

*Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Напівмагнітні тверді розчини на основі телуриду свинцю у системі Pb-Mn-Te в останній час інтенсивно досліджуються у зв'язку із очікуваними можливостями розширення меж їх використання у напівпровідниковій техніці [1].

У роботі зроблено аналіз літературних джерел з питань дослідження фізико-хімічних властивостей твердих розчинів, запропоновано кристалоквазіхімічні формули для різних механізмів їх утворення. На основі аналізу експериментальних даних і результатів розрахунків залежностей концентрації точкових дефектів, вільних носіїв і холівської концентрації від складу, зроблено висновок про природу домінуючих точкових дефектів, та їх комплексів.

Так, зокрема, експериментально встановлені значні зменшення параметра ґратки, питомої електропровідності та зростання коефіцієнта термо-е.р.с. із збільшенням вмісту манган (II) телуриду в системі PbTe-MnTe свідчать на користь реалізації механізму заміщення атомами Мангану вакансій Плюмбуму. При цьому має місце зменшення концентрації вакансій в аніонній V_{Te}^{2+} і катіонній V_{Pb}^{2-} підґратках вільних носіїв (n, p) та холівської концентрації у матеріалах n- і p-типу відповідно. Реалізація механізму заміщення підтверджується і тим, що іонний радіус Мангану ($r_{Mn^{2+}}^0 = 0,91 \text{ \AA}$) є значно меншим за іонний радіус Плюмбуму ($r_{Pb^{2+}}^0 = 1,26 \text{ \AA}$), який він заміщає [2].

Для системи PbTe-MnTe₂ розглянуто механізми заміщення Mn (IV) Плюмбуму (механізм А) і вкорінення Mn (IV) у тетраедричні порожнини щільної упаковки атомів Телуру (механізм В) за умови збереження стехіометрії за металом (I) і халькогеном (II) відповідно. Встановлено, що домінуючим механізмом утворення твердих розчинів є (А II)-заміщення Манганом (IV) вакансій Плюмбуму (II) кристалічної структури PbTe при збереженні стехіометрії за халькогеном [3].

1. Rogachova E.I., Krivulkin I.M., Popov N.P., Lobrovskaya T.A. Concentration Dependes of Properties in Pb_{1-x}Mn_xTe Solid Solutions // *Phys. Status Solid A*, **148**(2), pp. K65-K67 (1995).
2. Борик В.В., Бойчук В.М. Кристалоквазіхімія точкових дефектів і фізико-хімічні властивості твердих розчинів // *Фізика і хімія твердого тіла*, **7**(4), сс. 741-747 (2006).
3. Межиловська Л.Й., Бойчук В.М., Борик В.В. Механізми утворення

твердих розчинів у системі РbТе-МnТе₂ // *Фізика і хімія твердого тіла*, 7(3), сс. 516-522 (2006).

Поверхневі стани плівок антимоніду цезію при адсорбції цезію і кисню

Бородчук А.В.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

В якості ефективних джерел поляризованих електронів дедалі ширше використовують сполуки A^3B^5 -Cs-O. Недоліком таких фотоемітерів є їхня висока сорбційна здатність, що спричиняє деградацію їхніх параметрів у процесі експлуатації. Більш перспективними у цьому відношенні є емітери A^3B^5 -Sb-Cs-O зі сформованою на поверхні плівкою Cs_3Sb товщиною 3-5 моношарів, яка відіграє роль адсорбційного пасиватора і суттєво покращує стабільність емісійних параметрів емітера. Саме тому актуальними є дослідження емісійних властивостей плівок Cs_3Sb у процесі адсорбційної взаємодії з кисневмісними газами.

У роботі за умов надвисокого вакууму проведені експериментальні дослідження квантового виходу фотоемісії та електропровідності тонких плівок Cs_3Sb при взаємодії з киснем в діапазоні тисків $1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ Па. Експериментальні зразки формували у вакуумованих скляних приладах при статичному тиску залишкових газів $P \leq 1 \cdot 10^{-5}$ Па. В експериментах використовували як неперервний так і порційний напуск газу в систему.

Показано, що кисень, адсорбований на поверхні Cs_3Sb , селективно змінює величину квантового виходу фотоемісії зразків в довгохвильовій області чутливості де чітко простежується формування двох спектральних областей з різним механізмом фотоемісії. Зокрема, при $\lambda < 640$ нм фотоелектрони емітують з валентної зони, а при $\lambda > 640$ нм із підзони поверхневих станів. На підставі аналізу проведених у роботі розрахунків змін фотоелектронної роботи виходу та квантового виходу фотоемісії плівок під час взаємодії з киснем, показано, що в процесі адсорбційної взаємодії у забороненій зоні Cs_3Sb формується зона поверхневих станів з максимумом густини заповнення в області вершини валентної зони 1,84 еВ. Відповідальним за формування зони поверхневих станів є кисень, який у процесі адсорбційної взаємодії з надлишковим цезієм не лише змінює дипольний момент поверхні, але й частково дифундує в об'єм. Спостережувані в експериментах зміни електропровідності досліджуваних зразків добре узгоджуються зі змінами їхніх фотоемісійних параметрів.

Структурно-фазовий стан електролітично отриманих боридів титану

Бугаєнко В., Проценко З.

Сумський державний педагогічний університет, Суми, Україна

Перспективним методом одержання порошкоподібних боридів металів та неметалів з високою дисперсністю та специфічними фізико-хімічними характеристиками є високотемпературний електрохімічний синтез (ВЕС) в розплавлених сольових електролітах.

Метою даної роботи було дослідження фазового, елементного та гранулометричного складу порошкоподібного продукту електросинтезу, а також встановлення взаємозв'язку між складом продукту і параметрами процесу електролізу. Фазовий, елементний та гранулометричний склад катодного продукту залежить як від складу розплаву, так і від багатьох електрохімічних і технологічних факторів. Як електроліт для електролізу ми використовували оксидно-сольову суміш наступного складу: $(\text{KCl} - \text{KBF}_4 - \text{K}_2\text{TiF}_6)_{\text{евт.}}$ + 10 мол.% TiO_2 . Матеріалом підкладки (катодом) слугували пластини із титану та нікелю, а як анод – використовували графіт. Електроліз проводили у тиглі із скловуглецю при (773–873) К та густині катодного струму $(0,05 - 0,20) \cdot 10^4 \text{ А/м}^2$. Для очищення катодного продукту від сольових домішок застосовували відмивання у підкисленій хлоридною кислотою киплячій дистильованій воді і вакуум-термічну дистиляцію ((973-1023)К, тиск $(2,5-3,8) \cdot 10^{-3} \text{ Па}$). Рентгенофазовий аналіз проводили за допомогою дифрактометру ДРОН-2.0 в K_α – випромінюванні Cu . Дослідження дисперсності порошкоподібного продукту електросинтезу з одночасним визначенням його якісного та елементного складу проводили за допомогою растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММА-102-02.

На основі експериментальних даних встановлено, що в процесі електролізу розплаву при відносно невеликій густині катодного струму (до $(0,01-0,03) \cdot 10^4 \text{ А/м}^2$) і напрузі до 2,0-2,4 В на підкладці утворюється покриття незначної товщини із відносно низькою адгезією, а при збільшенні густини струму до $(0,05-0,20) \cdot 10^4 \text{ А/м}^2$ – утворюються поруваті порошкоподібні осади, які легко знімаються механічно. Встановлено фазовий склад продукту електролізу і взаємозв'язок між параметрами процесу і фазовим складом, який відповідає боридам титану (TiB_2 , TiB та Ti_2B), бору і оксиду титану. Встановлено елементний та гранулометричний склад продукту електролізу. Порошки містять в основному титан (63–85)% та бор і мають високу ступінь дисперсності із розміром частинок 2–15 мкм, в основному це частинки неправильної форми, але іноді (в залежності від фазового складу продукту) зустрічаються голкоподібні, шестикутні та прямокутні частинки.

Власні точкові дефекти у бездомішкових кристалах кадмій телуриду при низьких температурах

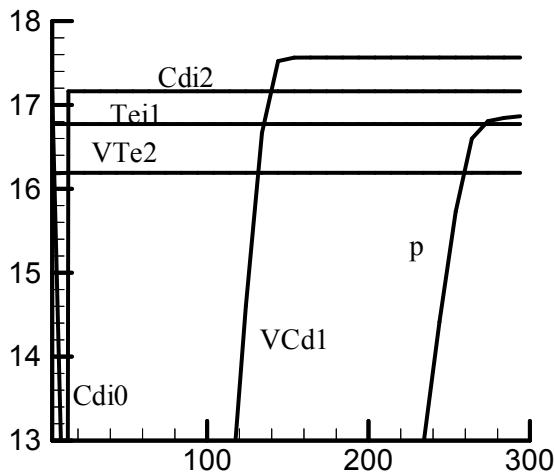
Ваньчук В.Б.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Кадмій телурид є перспективним матеріалом для створення детекторів йонізуючого випромінювання. Ефективність їх роботи в значній мірі обумовлена дефектами кристалічної структури. Тому, вивчення дефектоутворення в залежності від технологічних факторів, дає змогу одержувати матеріали з наперед заданими властивостями. Оскільки експлуатація приладів, виготовлених на основі CdTe, здійснюється в основному при кімнатних та нижчих температурах, то необхідними є знання низькотемпературних електричних характеристик кристалів.

Якщо кристали, відпалені при високих температурах швидко охолодити, то концентрація атомних дефектів збережеться, однак, електронні рівноваги будуть відповідати вже низьким температурам. Виходячи з цього, нами, на основі квазіхімічного моделювання розроблено алгоритм розрахунку та одержано аналітичні вирази для визначення концентрації вільних носіїв заряду та переважаючих атомних дефектів у кристалах CdTe відпалених при високих і охолоджених до низьких температур (4,2–300 K). Уточнено значення констант рівноваги квазіхімічних реакцій для низьких температур.

Побудовані баричні та температурні залежності холлівської концентрації носіїв заряду та атомних дефектів у CdTe для температур нижчих кімнатної.



На рис., як приклад наведено низькотемпературні залежності концентрації дефектів для кристалів, відпалених при парціальному тиску пари кадмію 540 Па і температурі 1273 К. Встановлено, що при температурах рідкого гелію, концентрація носіїв заряду та йонізованих дефектів стає надзвичайно низькою (порядку

10^6), незалежно від тиску пари кадмію, при якому був здійснений відпал.

У роботі також знайдено значення парціального тиску пари кадмію при відпалі, що відповідає інверсії типу провідності.

Особливості домішкового розсіювання у кристалах $A^{IV}B^{VI}$

Возняк О.М., Никируй Л.І., Ільків О.І., Войтків Г.В., Дзумедзей Р.О.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Інформація про домінуючі механізми розсіювання носіїв заряду дає можливість прогнозованого використання матеріалу, а також, що особливо важливо, вказує на можливі шляхи оптимізації його властивостей. Для розв'язку рівняння Больцмана у випадку одночасної дії різних механізмів розсіювання ефективним є наближення часу релаксації [1]. Однак, при переважанні розсіювання носіїв на оптичних фонах, а також при суттєвому впливі анізотропного електрон-електронного розсіювання дане наближення незастосовне. У цьому випадку незамінним стає варіаційний принцип [2]. Із позицій цього методу запропоновано дослідити домішкове розсіювання у легованих напівпровідниках.

Теоретичний розрахунок показав ефективність даного наближення у поставленій задачі. Рухливість носіїв заряду для напівпровідників, енергетичний спектр яких описується законом Кейна, згідно варіаційного методу, можна розрахувати, як $\mu = -en_k T / L_{00}$, де n – концентрація носіїв струму, L_{00} – матричні елементи оператора розсіювання.

Для перевірки теоретичних результатів здійснено розрахунок рухливості носіїв заряду для легованого талієм телуриду свинцю. Відомо, що домішки III групи Періодичної таблиці надають напівпровідникам типу $A^{IV}B^{VI}$ своєрідні властивості, які виникають в основному завдяки утворенню глибоких резонансних станів електронів. Загальним ефектом є стабілізація хімічного потенціалу на домішкових рівнях.

Встановлено що при 300 К розсіювання на домішках дає визначальний внесок у сумарну рухливість для концентрацій $< 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$; для $n \sim 5 \cdot 10^{18} - 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ переважаючим є розсіювання на оптичних фонах та на короткодіючій частині потенціалу вакансій, а при $n > 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ – на короткодіючій частині потенціалу вакансій. Внесок розсіювання на акустичних фонах у PbTe:Te є значно меншим у порівнянні з його дією у нелегованому телуриді свинцю. А домінування цього механізму в області $10^{16} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$, яке спостерігалось у чистому PbTe при 300 К [1] нівелюється за рахунок впливу розсіювання на домішках у даному інтервалі.

1. Никируй Л.І. Механізми розсіювання носіїв струму та оптимізація термоелектричних властивостей кристалів PbTe , PbSe , PbS n-типу провідності. *Автореферат дис. канд. фіз.-мат. н.* Луцьк. 18 с. (2004).
2. Горлей П.Н., Шендеровский В.А. *Вариационный метод в кинетической теории.* Наукова думка, Киев. 296 с. (1992).

Фазообразование, структура и свойства пленок боридонитридов тантала

Гончаров А.А.², Петухов В.В.¹, Коновалов В.А.¹

¹Донбасская государственная машиностроительная академия, Украина

²Донецкий национальный университет, Украина

Магнетронное распыление находит все большее применение для получения тонкопленочных покрытий с повышенными эксплуатационными свойствами. Эти покрытия находят широкое применение в различных отраслях науки и техники. Исследованию боридных и боридонитридных пленок переходных металлов посвящено много работ. Однако малоизученными остаются бориды и боридонитриды 5-ой группы – ванадия и тантала.

Целью нашей работы являлось исследование влияния процентного соотношения азота и аргона на кинетику роста, структуру и свойства пленок в системе Та-В-N.

Структура пленок существенно отличается от синтезированной неактивным методом в аргоне, когда получались текстурированные пленки столбчатой структуры [1,2]. Незначительное добавление азота (2%) в состав рабочего газа приводит к полному исчезновению текстуры и столбчатой структуры.

Рентгеноструктурные и ВИМС-исследования позволяют предположить, что с увеличением содержания азота в газовой смеси количество фазы диборида тантала уменьшается, а аморфной фазы VN увеличивается, о чем также свидетельствует значительное увеличение удельного электросопротивления с ростом содержания азота в смеси. Фазу TaN в наших пленках обнаружить не удалось.

Результаты наноиндентирования показывают, что при реактивном распылении мишени TaV₂ в среде Ar+N₂ образуется композит, состоящий из зерен нанокристаллической фазы TaV₂, пространство между которыми заполнено прослойками аморфной фазы VN. С увеличением процентного содержания азота в смеси твердость получаемых пленок резко снижается, при этом появляется вязкоупругость, характерная для аморфных материалов.

1. Гончаров А.А., Игнатенко П.И., Петухов В.В., Коновалов В.А., Волкова Г.К., Ступак В.А., Глазунова В.А. // Состав, структура и свойства наноструктурных пленок боридов тантала // *ЖТФ*, **76**(10), сс. 87-90 (2006).
2. Гончаров А.А., Игнатенко П.И., Коновалов В.А., Ступак В.А., Волкова Г.К., Глазунова В.А., Петухов В.В. // Фазообразование, структура и напряженное состояние наноструктурных пленок боридов тантала // *ФММ*, **103**(1), сс. 1-6 (2007).

Вплив опромінення на структуру ближнього порядку і властивості аморфних плівок системи As-S-Se

Гуранич О.Г.¹, Рубіш В.В.¹, Стефанович В.О.², Гера Е.В.¹, Шпак І.І.²,
Микайло О.А.², Дуркот М.О.¹, Тарнай А.А.¹

¹Ужгородський науково-технологічний центр ІПРІ НАНУ, Ужгород, Україна

²Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна

В даній роботі приведені результати дослідження структури і оптичних параметрів тонких плівок $As_{40}S_{60-x}Se_x$ ($0 \leq x \leq 15$), а також їх зміни при опроміненні.

Спектри КР свіжоприготованих плівок, як і спектри КР відповідних стекел, виявляють двомодовий характер. Вони містять, в основному, дві інтенсивні смуги, максимумами яких знаходяться практично при тих же частотах (343 і 231 см^{-1}), що і для As_2S_3 і As_2Se_3 . Це свідчить про переважаючу роль структурних одиниць AsS_3 і $AsSe_3$ у формуванні матриці плівок $As_{40}S_{60-x}Se_x$. Крім того, в спектрах КР виявлено ряд особливостей, які зв'язані з присутністю в ній значної кількості структурних угруповань з гомополярними зв'язками As-As, S-S, Se-Se.

Експонування плівок $As_{40}S_{60-x}Se_x$ приводить до суттєвого зменшення кількості гомополярних зв'язків за рахунок розриву і перемикання зв'язків As-As та S(Se)-S(Se) в кластерах $As_4S(Se)_4$ і ланцюжках $S(Se)_n$. При цьому більш відчутні структурні зміни терпить селенова підсистема.

Дослідження спектрів пропускання показали, що із збільшенням вмісту селену в складі плівок $As_{40}S_{60-x}Se_x$ і часу експозиції вони зміщуються в довгохвильову область при одночасному зменшенні пропускання. Для плівок потрійних складів виявлено більше розмиття спектрів в області фундаментального поглинання, ніж для бінарних As_2S_3 і As_2Se , що обумовлено їх більшим композиційним розупорядкуванням. Зміщуються в довгохвильову область спектри пропускання і при відпалі плівок. Це свідчить про зменшення ширини псевдозабороненої зони вивчених матеріалів.

Досліджені спектральні залежності показника заломлення (n) плівок даної системи. Встановлено, що з ростом вмісту Se в складі плівок і часу опромінення n зростає. Наприклад, на $\lambda=1,40$ мкм для плівок $As_{40}S_{60-x}Se_x$ n зростає від 2,248 для $x=0$ до 2,352 для $x=15$. Зростає показник заломлення і при термічній обробці плівок. Показано, що в області прозорості спектральні залежності показника заломлення добре описуються в рамках одноосциляторної моделі.

Оптичні властивості тонких напівпровідникових плівок $\langle \text{Ge}_{0,4}\text{S}_{0,6}:\text{X} \rangle$ (X- In, Bi) отриманих методом термічного випаровування у вакуумі

Горват Г.Т.¹, Кондратенко О.С.², Миголинець І.М.¹, Росола І.Й.¹,
Юркович Н.В.

¹Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

²Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України,
Київ, Україна

Халькогенідні склоподібні напівпровідники є добрими плівкоутворюючими матеріалами і служать основою для створення тонкопліткових (градієнтних) структур. Властивості тонких шарів, звичайно, відрізняються від властивостей масивного матеріалу внаслідок можливих відмінностей у структурі та обмеження їх розмірів. Оскільки реальні поверхні тонких плівок не бувають абсолютно плоскими, то наявність нерегулярності та шорсткості їх поверхні приводить до зміни показника заломлення, дифракції та розсіювання випромінювання світла.

Синтез сплаву $\text{Ge}_{0,4}\text{S}_{0,6}$ проводили в евакуйованих до залишкового тиску $1,5 \cdot 10^{-3}$ Па кварцових ампулах сплавленням розрахованих кількостей германію та сірки. Спочатку проводили попередній синтез в полум'ї киснево-газового пальника, а потім в горизонтальній електропечі при постійному перемішуванні шихти. Після закінчення синтезу розплав охолоджували в холодній воді. Досліджувані плівки осаджувались на монокристалічний кремній методом термічного випаровування у вакуумі з двох незалежних випаровувачів: для $\text{Ge}_{40}\text{S}_{60}$ використовували метод дискретного (вибухового) випаровування, а для модифікаторів - метод термічного випаровування.

При дослідженні властивостей тонкопліткових структур актуальними виявилися такі задачі як вимірювання неоднорідностей і оцінка їх впливу на інші вимірювані фізичні величини. Інформацію про локальну неоднорідність рельєфу структур дають дослідження з допомогою мікроскопу атомних сил (МАС) DimensionTM3000. Встановлено, формування структур $\langle \text{Ge}_{0,4}\text{S}_{0,6}:\text{In(Bi)} \rangle$ проходить по типу пара-рідина-тверда фаза з утворенням наростів до 13 нм в залежності від кількості і типу модифікатора (In-10%, Bi-14%).

Методом багатокутової еліпсометрії визначено наявність неоднорідності структури, що проявляється у зсуві залежності еліпсометричних кутів від кута падіння випромінюваного світла. Виявлено, що введення індію замість вісмуту призводить до зростання величини показника заломлення.

Вплив поверхні зразка на механізми дефектоутворення при електронному опроміненні спеціально не легованих і легованих міддю монокристалів сульфід кадмію

Давидюк Г.Є., Божко В.В., Мирончук Г.Л.

Волинський державний університет імені Лесі Українки

В роботі використовувалися спеціально нелеговані, вирощені методом зонної сублімації під тиском 180 атм і відпалені в парах сірки монокристали CdS і леговані міддю монокристали CdS:Cu. Згідно паспортних даних концентрація легуючих атомів Cu становила $N_{Cu}=10^{18} \text{ см}^{-3}$.

Вимірювання Холівської рухливості (μ_n) зразків засвідчило, що найбільш досконалими є монокристали CdS для яких $\mu_n=1400 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ при 100К. Більш дефектними виявилися монокристали CdS:Cu з значенням $\mu_n=800 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ при 100К. Леговані зразки, в порівнянні із чистими мали більшу концентрацію крупних структурних включень, які добре проявлялись при дослідженні поверхні зразків за допомогою поляризаційного мікроскопу. Кристали опромінювались електронами з $E=1,2 \text{ MeV}$ при $T=280 \text{ К}$ дозою $\Phi=2\cdot 10^{17} \text{ ел}/\text{см}^2$. Досліджувалися спектри поглинання світла на краю області власних переходів, спектральний розподіл фотопровідності, релаксаційні криві зміни параметрів опромінених монокристалів, холівська рухливість вільних носіїв заряду і магнітна сприйнятливості зразків.

Було показано, що найбільш радіаційно стійкими по відношенню до електронної радіації виявилися спеціально нелеговані монокристали CdS, які наприклад при опроміненні максимальною дозою ($\Phi=2\cdot 10^{17} \text{ ел}/\text{см}^2$) електронів зменшували холівську рухливість електронів $\sim 10\%$ від вихідного значення. Це свідчить, що первинні радіаційні точкові дефекти (пари Френкеля) в чистих CdS монокристалах мають високу рухливість і інтенсивно анігілюють між собою. Значно більша швидкість введення радіаційних дефектів спостерігалась в монокристалах CdS:Cu, що спричинювало помітний вплив електронної радіації на спектри поглинання світла, фотопровідності, зменшення холівської рухливості (на $\sim 60-65\%$), появи довгочасових релаксаційних процесів, обумовлених утворенням вторинних радіаційних дефектів. Пропонується фізична модель, яка пов'язує механізми взаємодії первинних радіаційних дефектів наведених електронною радіацією з легуючими атомами міді. Показано, що при електронному опроміненні монокристалів CdS:Cu утворюється два типи вторинних радіаційних дефектів відповідальних за зростання домішкової фотопровідності. Об'ємні дефекти, які відповідальні за домішкову фотопровідність з максимумом $\lambda_m=0.74 \text{ мкм}$ і приповерхневі дефекти, що обумовлюють максимум домішкової фотопровідності з $\lambda_m=0.66 \text{ мкм}$.

Структура та електрофізичні властивості тонких плівок з'єднань ZnTe і ZnS

Данильченко С.М.¹, Колесник М.М.², Курбатов Д.І.², Опанасюк А.С.²

¹*Інститут прикладної фізики НАН України, Суми, Україна*

²*Сумський державний університет, Суми, Україна*

Широкозонні з'єднання ZnTe і ZnS знайшли широке застосування в різних сферах напівпровідникового приладобудування: для виготовлення широкозонних вікон сонячних елементів, електролюмінісцентних діодів, діелектричних фільтрів та інше. В зв'язку з цим, приділяється значна увага вдосконаленню існуючих та пошуку нових методів отримання якісних плівок двохкомпонентних матеріалів з відтворюваними структурними та електрофізичними характеристиками.

Для нанесення плівок халькогенідів нами застосований метод гарячої стінки. Проведене комплексне дослідження структури і електрофізичних властивостей зразків одержаних при різних технологічних режимах вирощування та післяростової обробки. Дослідження структурних характеристик проводилося методами рентгеноспектрального аналізу, оптичної і растрової мікроскопії. З метою вивчення природи точкових дефектів зразків досліджувалися їх вольт-амперні характеристики, спектральні залежності електропровідності і $\sigma - T$ залежності.

Теоретичне обґрунтування отриманих результатів проводилося за допомогою квазіхімічної теорії дефектоутворення, а при вивченні глибоких пасткових центрів теорії інжекційних струмів. Дані дослідження дозволили визначити тип домінуючих дефектів в тонких плівках, їх тип провідності, встановити залежність питомого опору від технологічних умов одержання шарів.

Використання дисиліциду хрому в якості тонкоплівкових елементів електроніки та густина електронних станів такого матеріалу

Дворіна Л.А., Стецун А.І.

*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
Київ, Україна*

Дисиліцид хрому як і інші силіциди металів знаходить інтенсивне застосування в мікроелектронних технологіях [1]. У цьому відношенні можна відмітити виготовлення міжелементних тонкоплівкових з'єднань, тонкоплівкових резисторів, мікроелектронних приладів різноманітного призначення. Таке застосування дисиліциду хрому вимагає знання густини електронних станів як фізичної характеристики, що впливає на

провідність матеріалу. В даній роботі розрахована густина електронних станів аморфного шару дисиліциду хрому на основі спектральної залежності оптичної постійної ε_2 поміряної еліпсометричним методом. Методика розрахунку, яку ми використовували була розроблена в роботі [2]. Ми вдосконалили цю методику з врахуванням більш сучасної теорії Мотта-Девіса для аморфних матеріалів, викладеної в монографії [3]. Встановлена кореляція в загальних рисах густини електронних станів аморфного дисиліциду хрому з густиною електронних станів кристалічного дисиліциду хрому, розрахованого в роботі [4]. Встановлено, що переважний внесок в вершину валентної зони цих матеріалів дають d-електрони хрому.

1. Мьюрарка Ш. *Силициды для СБИС*. Мир, М. 176 с. (1986).
2. Paul W., Connel G.A.N. and Temkin R.J. Amorphous germanium. A model for the structural and optical properties // *Advances in Physics*. **22**, pp. 531-580 (1973).
3. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. Мир, М. 664 с. (1982).
4. Bellani V., Guizzetti G., Marabelli F. et al. Theory and experiment on the optical properties of CrSi₂ // *Phys. Rev. B*, **46**(15), pp. 9380-9389 (1992).

Влияние структуры пленок Fe на их химическую устойчивость

Двойненко О.К., Сорбат А.И., Микитенко А.А.

*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины,
Киев, Украина*

В настоящей работе исследовали химическую стойкость пленок Fe по отношению к микроорганизмам и продуктам их жизнедеятельности.

Пленки получали методом магнетронного распыления Fe-мишени по методике, описанной в работе [1]. Толщину конденсатов изменяли в диапазоне ~ 0,3 - 3 мкм, размер зерна – от 0,1 до 0,3 мкм.

В качестве индикатора химической устойчивости пленок были выбраны бактерии *Stenotrophomonas maltophilia* (St. malt.) и продукты их жизнедеятельности. Бактерии St. malt. входят в состав агрессивной группы, которая формируется на поверхности металлических сооружений и важность их изучения обусловлена тем, что, попадая в организм человека из окружающей среды вместе с медицинскими имплантатами и хирургическими инструментами, они могут вызывать заболевания внутренних органов [2].

Исследование состава пленок Fe до и после воздействия бактерий St. malt. проводили с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния (КР). Для получения спектров КР свет от аргонового лазера с длиной вол-

ны $\lambda=514,5$ нм и мощностью 200 мВт концентрировали на изучаемом объекте с помощью микроскопа Olympus BX-40. Спектры регистрировали на спектрометре HR 640 (Jobin Yvon) с детектором 1024 x 256 пикселей в диапазоне волновых чисел 200 - 1100 см^{-1} .

На спектрах от пленок Fe, подверженных коррозии, наблюдали интенсивные максимумы, соответствующие оксиду $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и гидроксиду $\alpha\text{-FeOOH}$. Несколько максимумов слабой интенсивности можно объяснить присутствием $\gamma\text{-FeOOH}$ и сульфида железа. Эти соединения были выявлены также методом рентгенофазового анализа при исследовании состава пленок, подверженных коррозии.

Было обнаружено, что устойчивость пленок Fe к продуктам жизнедеятельности бактерий *St. malt.* в значительной степени зависит от структуры поверхности конденсатов. С увеличением размера зерна в пленках Fe наблюдали улучшение адгезии бактерий к их поверхности и, соответственно, увеличение интенсивности коррозии.

1. Андреева А.Ф., Двойненко О.К. и др. К вопросу о структуре тонких пленок Fe // *Электронное строение и свойства тугоплавких соединений, сплавов и металлов*, К. ИПМ НАН Украины. сс. 154-157. (2002).
2. Jucker B.A., Harms H., Zehnder A.J.B. Adhesion of the positively charged bacterium *Stenotrophomonas (Xanthomonas) maltophilia* 70401 to glass and teflon // *Journal of Bacteriology*, Sept. pp. 5472-5479 (1996).

Особливості явищ переносу у дрібнодисперсних напівпровідникових плівках телеридів свинцю і кадмію

Дзундза Б.С.¹, Кланічка Ю.В.¹, Матеїк Г.Д.², Яворський Я.С.¹

¹*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна*

²*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

У полікристалічних плівках, основну роль відіграє розсіювання носіїв струму на межах кристалітів, оскільки сумарна поверхня зерен в зразку може на декілька порядків перевищувати поверхню плівки [1].

Розглядають два найважливіших процеси, що визначають струм через межі: тунельні процеси і термоелектронна емісія. Тунельні струми істотні у разі дуже вузьких бар'єрів, наприклад, в сильно легованих полікристалах. У помірно легованих полікристалах тунельні струми малі в порівнянні із струмами термоелектронної емісії і ними можна знехтувати.

Ефективне значення рухливості носіїв струму при домінуванні термоелектронної емісії згідно [2] визначається співвідношенням

$$\mu = \frac{Lq}{\sqrt{2\pi m^* kT}} e^{-\frac{E_b}{kT}} \quad (1)$$

Тут m^* – ефективна маса, $qV_b = E_b$, V_b – потенціал бар'єру, L – розмір зерна, q – заряд електрона.

Дослідженно явища переносу в полікристалічних плівках CdTe і PbTe одержані осадженням пари на скляні підкладки методом гарячої стінки. Товщина плівок визначалася часом напилення і складала від 0,05 до 10 мкм. Експериментальні результати залежності рухливості полікристалічних плівок наведено на рисунку.

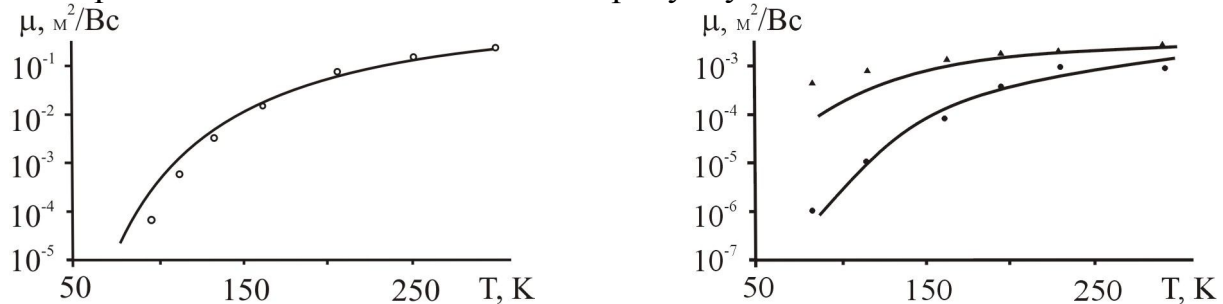


Рисунок. Залежність рухливості носіїв струму від температури для полікристалічних плівок р-CdTe (а) ($L = 10^{-4}$ см) та р-PbTe (б) (1 — $L=10^{-6}$ см, 2 — $L=2 \cdot 10^{-7}$ см) (точки – експеримент, суцільна лінія розрахунок згідно (1)).

Використовуючи формулу (1) було розраховано залежність рухливості від температури (рисунок). Добре спів падання розрахунків з експериментом вказує на переважання термоелектронної емісії на межах зерен на механізми розсіювання носіїв струму.

Робота частково фінансується МОН Україна (державний реєстраційний номер 0106U000221) і ДФФД МОН України (проект № 14.1/028).

1. *Поверхностные свойства твердых тел.* Под. ред. М. Грина. Мир, Москва, 432 с. (1972).
2. Колосов С.А., Клевков Ю.В., Плотников А.Ф.. Электрические свойства мелкозернистых поликристаллов CdTe // *Физика и техника полупроводников.* **38**(4), сс. 473-478 (2004).

Внесок поверхні у електричні властивості тонких плівок халькогенідів свинцю

Дзундза Б.С.¹, Гулушак М.О.², Матеїк Г.Д.², Ільків Б.С.¹

¹ Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна

Тонкі плівки халькогенідів свинцю є базовими матеріалом для створення фотоприймальних пристроїв інфрачервоного діапазону оптичного спектру. Характеристики активних елементів, створених на основі тонкоплівкового матеріалу, у значній мірі визначаються механізмами розсіювання носіїв заряду на поверхні, границях зерен, дислокаціях невідповідності на гетеромежі “плівка-підкладка.

За умови переважання розсіювання носіїв струму на поверхні ($\mu_{\text{п}}$) і межах зерен ($\mu_{\text{з}}$) ефективна рухливість визначається правилом Маттісена [1].

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{m_{\text{п}}} + \frac{1}{m_{\text{з}}} \quad (1)$$

Рухливість при розсіюванні на межах кристалітів визначається як:

$$m_{\text{з}} = \frac{2q}{h} D_{\text{з}}^2 \frac{\lambda^3 n_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}} \mu_{\text{з}}}, \quad (3)$$

де D – середній розмір зерна, q – заряд носіїв, n – концентрація носіїв. Рухливість носіїв струму у випадку дифузного розсіювання на поверхні визначається як [1]:

$$m_{\text{п}} = m_{\text{з}}(1 + \lambda / d)^{-1}. \quad (4)$$

Тут λ – середня довжина вільного пробігу носіїв, $\mu_{\text{в}}$ – рухливість об’ємного матеріалу.

Розрахована поверхнева рухливість $\mu_{\text{п}}$ (4) добре співпадає із експериментом для товщин плівок менших від $d < 0,1$ мкм. За припущенням реалізації розсіювання носіїв на міжзеренних межах при товщинах плівок більших за 0,1 мкм розраховано залежність середніх лінійних розмірів зерен D у плівках від товщини d .

Переважання визначених вище механізмів розсіювання підтверджує температурна залежність рухливості носіїв струму для плівок PbTe різної товщини. Так, зокрема, значення показника $n = 0,5$ для плівок із товщинами, меншими від 0,1 мкм є характерним при поверхневому розсіюванні [2]. Зростання показника до значення $n = 0,8$ для плівок із більшою товщиною вказує на переважання розсіювання носіїв струму на дефектах росту [2]– міжзеренних межах.

Робота частково фінансується МОН Україна (державний реєстраційний номер 0106U000220) і ДФФД МОН України (проект

№ 14.1/028)

1. *Поверхностные свойства твердых тел.* Под. ред. М. Грина. Мир, Москва, 432 с. (1972).
2. Александрова О.А., Бондоков Р.Ц., Саунин Н.В., Таиров Ю.М. // *ФТП*, **32**(9), 1064 (1998).

Виявлення джозефсонівських властивостей ліній просковзування фази в широких плівках

Дмитрієв В.М., Золочевський І.В., Кондрашев Д.С.

*Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.И.Веркіна НАН України,
м. Харків, Україна,*

У роботі [1] було показано, що з ростом транспортного струму надпровідна широка плівка ($w \gg \lambda_{\perp}$) спочатку переходить у вихоровий резистивний стан, а при струмах більших максимального струму існування вихорового резистивного стану I_m в ній виникають лінії просковзування фази (ЛПФ) і плівка переходить у безвихоровий резистивний стан.

Одним з основних властивостей ЛПФ є динамічне поведіння параметра порядку, що повинно призводити до генерації електромагнітного випромінювання із джозефсонівською частотою. Наявність такого випромінювання може бути виявлене по його взаємодії із зовнішнім опроміненням, що знаходить своє відображення на ВАХ зразка появою струмових сходинок Шапіро [2]. Висота таких сходинок специфічним чином повинна залежати від потужності, а їхнє положення на ВАХ від частоти зовнішнього опромінення.

У цій роботі ми приводимо експериментальні результати по виявленню на ВАХ широких плівок сходинок Шапіро і їхньої залежності від потужності зовнішнього опромінення на частотах 5500 Мгц і 2476 Мгц. Важливо підкреслити, що струмові сходинок спостережені нами при таких струмах і напругах, коли в плівці відсутні вихори і єдине джерело джозефсонівського випромінювання можуть бути лише ЛПФ.

У результаті проведених нами експериментальних досліджень отримані докази джозефсонівського поведіння ЛПФ у широких надпровідних плівках. Наші експерименти підтверджують припущення про те, що джозефсонівські коливання надпровідного струму в ЛПФ синхронні, а динамічні властивості ліній просковзування фази аналогічні властивостям центрів просковзування фази й інших джозефсонівських структур. Практичною перевагою ЛПФ є більші потужності генерації, які можуть бути з них отримані.

1. Dmitriev V.M., Zolochevskii I.V. // *Supercond. Sci. Technol.*, **19**, 342 (2006).

2. Shapiro S. // *Phys. Rev. Lett.*, **11**, 80 (1963).

Модельные представления изменений дефектной структуры кристаллов кремния после облучения высокоэнергетическими электронами

Довганюк В.В., Курек И.Г., Фодчук И.М., Литвинчук И.В.

*Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича
Черновцы, Украина*

При анализе структурных изменений в кристаллах с помощью высокоразрешающих методов рентгеновской дифрактометрии важно определить доминирующие типы дефектов, существенно влияющих на характеристики и электрофизические свойства кристаллических материалов.

В данной работе обобщены данные, полученные с помощью методов двух и трехкристальной спектрометрии, а также компьютерного моделирования, о возможных механизмах структурных изменений, возникающих в процессе облучения высокоэнергетическими частицами (электронами, гамма-квантами, ионами) кристаллов Cz-Si.

Для интерпретации результатов экспериментальных исследований использованы основные положения динамической теории дифракции рентгеновских лучей в реальных кристаллах с хаотически распределенными микродефектами различных типов и нарушенным поверхностным слоем. Учитывая всю сложность структурных преобразований и разнообразие дефектной структуры монокристаллического Cz-Si в качестве доминирующих дефектов выбраны дискообразные и сферические кластеры – преципитаты SiO₂, а также дислокационные петли. Наличие теплового диффузного рассеяния учитывалось рассеянием на точечных дефектах, в качестве которых выступают мелкие сферические кластеры с размерами равными ковалентному радиусу атома кремния.

Из полученных результатов следует, что характерное изменение формы кривых дифракционного отражения для кристалла, облученного дозой 422 Грэй/мм, вызвано увеличением концентраций дискообразных кластеров (0,65 мкм) и дислокационных петель (1,8 мкм) малых размеров на фоне уменьшения концентрации мелких сферических кластеров (8 нм). Вероятно, мелкие сферические кластеры выступают в роли источников или стоков для междоузельных атомов кремния при измельчении или укрупнении кластерных образований.

Незначительные расхождения между кривыми качания кристалла, облученного самой большой удельной дозой 844 Грэй/мм, и контрольного образца объясняется уменьшением диффузной компоненты интенсивности

за счет уменьшения размеров дискообразных кластеров и дислокационных петель при росте концентрации мелких сферических кластеров, вклад от которых соизмерим с вкладом от дискообразных кластеров и дислокационных петель.

Комплексне оцінювання фізико-хімічних та захисних властивостей полімерних покриттів

Доманцевич Н.І.¹, Аксіментьєва О.І.²

¹Львівська комерційна академія, Львів, Україна

²Львівський національний університет, Львів, Україна

Оцінювання фізико-хімічних та захисних властивостей полімерних покриттів, які призначені для консервації і пакування металопродукції, проводилось відповідно до вимог нормативної документації ГОСТ 9.014-78, в основному, за окремими показниками. Такий підхід дає змогу визначити не тільки окремі значення показників якості, але й комплексно оцінити споживні властивості захисного покриття, перш за все, технологічні та функціональні. У таких матеріалах передбачається зміна хімічного складу матеріалу-основи (поліетилен низької густини) і надання їй певної структури та властивостей, шляхом введення додаткових модифікаторів – інгібіторів атмосферної корозії (циклогексиламінбензоат (ЦГАБ), дициклогексиламін бензоат (ДЦГАБ), нітрит дициклогексиламіна (НДА)) та пластифікаторів ДОФ (диоктилфталат), ДБФ (дибутилфталат).

Для визначення кількісних характеристик планів вибіркового приймального відбору зразків продукції для потреб встановлення значень фізико-хімічних характеристик та споживних властивостей полімерних захисних покриттів нами застосовано методику з використанням пакетів обробки інформації аналізу і статистики SPSS 12, Maple 8 та Mathcad, використовуючи критерії Вандер Віля та Вардемана.

Встановлена залежність фізико-хімічних характеристик та захисних властивостей покриттів від концентрації інгібітора атмосферної корозії у покриттях та часу експлуатації, дає змогу передбачити як допустиму тривалість експлуатації, так і технологічні параметри виготовлення плівки. Відповідно до отриманого модельного графіку, було спрогнозовано оптимальну кількість інгібітора атмосферної корозії ДЦГАБ – 0,7 – 1,2 ваг. % та термін експлуатації у закритих складських приміщеннях – до 3 років. Для ЦГАБ визначена оптимальна концентрація в полімерній матриці в 0,2 – 0,3 ваг. %, проте час експлуатації, протягом якого проявляються високі захисні властивості покриттів, невеликий – 0,5 – 1 рік.

Пластифікація матеріалу інгібованих полімерних покриттів приводить до загального незначного початкового зростання показників якості. Екстремум узагальненого показника бажаності D (за Харингтоном)

протягом першого року експлуатації, характерний для інгібованих матеріалів, практично відсутній для пластифікованих покриттів. Тенденція змін часової залежності показника якості визначається незначними структурними перетвореннями в матеріалі, стабілізацією властивостей та незначною активністю перебігу релаксаційних процесів. З цієї причини відбувається стабілізація показників якості на досить високому рівні ($D = 0,4 - 0,6$) протягом більш тривалого періоду експлуатації, порівняно з непластифікованими покриттями.

Дифузійні властивості модифікованих полімерних покриттів

Доманцевич Н.І.¹, Аксіментьєва О.І.²

¹Львівська комерційна академія, Львів, Україна

²Львівський національний університет, Львів, Україна

Модифікація полімерних матеріалів інгібіторами атмосферної корозії металів приводить до змін структури та фізико-хімічних властивостей, в тому числі й у процесах переносу води та газів крізь них. Тому надійними бар'єрними властивостями характеризуються багатошарові покриття.

Багатошарові плівки виготовляли екструзією модифікованого поліетилену низької густини (внутрішній шар) сумісно з полістиролом (ПС) або поліетилентерефталатом (ПЕТФ) (зовнішній шар). Як інгібітори використовували циклогексиламінбензоат (ЦГАБ), дициклогексиламін бензоат (ДЦГАБ), нітрит дициклогексиламіна (НДА), що було обумовлено їх високими захисними показниками по відношенню до багатьох металів. Кількість інгібітора, який вводили в полімер змінювали від 0,5 до 2 ваг. %.

Дослідженнями проникливості полімерних модифікованих плівок встановлено, що введення до складу плівки інгібіторів знижує величини показників паропроникності на 10-15% порівняно з не модифікованими плівками. Застосування двошарових плівок дозволяє зменшити початкову паропроникність покриття та за стабілізувати проходження процесів переносу крізь плівку при довготривалому складському використанні.

Застосування багатошарових покриттів (2-3 шари) незначно зменшує коефіцієнт паропроникності. Початкова паропроникність двошарового (поліетилентерефталатна + інгібована поліетиленова плівка) та контрольного покриття "Lektron AR" на такому ж рівні як і одношарових плівок. Однак часова залежність паропроникності багатошарових покриттів більш плавна, коефіцієнт паропроникності протягом терміну досліджень не перевищує $0,21 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с}$, що дозволяє рекомендувати дані плівки і на більші терміни експлуатації в складських приміщеннях.

Виявлений різний хід часової залежності коефіцієнта паропроникності для двошарових покриттів "полістирол + інгібований поліетилен" можна пояснити особливістю їх виготовлення. У покриттів,

отриманих екструзією з розплаву паропроникність значно зростала в часі, тоді як отриманих склеюванням – зростання протягом 5 років не перевищувало 11,4 %.

Таким чином, введення в матеріал одного з шарів летких інгібіторів корозії приводить до змін структури та фізико-хімічних характеристик всього захисного багат шарового покриття, що вимагає комплексно враховувати хімічні перетворення у всіх шарах, технологічні умови формування термопласту та різноманітність деструкційних процесів, які протікають з старінням плівок при їх зберіганні та експлуатації.

Фізико-хімічні властивості мономолекулярних плівок діацильних дипероксидних сполук

Дутка В.С.¹, Опайнич І.Є.¹, Ковальський Я.П.²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

²Національний університет „Львівська Політехніка”, Львів, Україна

Органічні діацильні дипероксиди (ДП) широко застосовують як ініціатори радикальних процесів. Наявність полярних реакційноздатних пероксидних груп в молекулах цих сполук робить ДП здатними концентруватись на межі розділу фаз. Адсорбція пероксидів на твердих мінеральних частинках або концентрування на межі розділу рідина-рідина чи рідина-повітря буде суттєво впливати на реакційну здатність О-О-груп, а, отже, і на полімеризаційні процеси, що відбуваються в цих системах.

В даній роботі досліджено поведінку діацильних дипероксидних сполук, а саме: діацетилдиперадипінату (ДП-1), дикапронілдиперадипінату (ДП-2), дикапринілдиперадипінату (ДП-3), ди-*o*-толуїлдиперадипінату (ДП-4) та дикапринілдиперфталату (ДП-5) на межі поділу фаз рідина-повітря. Досліджувані симетричні дипероксиди характеризуються різною довжиною кінцевих вуглеводневих радикалів та неоднаковою гнучкістю радикалу, який знаходиться між пероксидними групами. Згідно отриманих експериментальних даних гідрофільні пероксидні групи знаходяться на межі поділу фаз, тоді як вуглеводневі радикали можуть розташовуватись як в площині розділу фаз, так і орієнтуватись в бік газової фази. Мономолекулярні плівки ДП-1, ДП-2 та ДП-4 на межі розділу фаз утворюють конденсовані моношари. При стисканні моношару ДП-3 та ДП-5 спостерігається квазіізобарне стиснення, яке свідчить про витіснення вуглеводневих радикалів з площини розділу фаз. Напівемпіричним квантово-хімічним методом АМ-1 за допомогою пакету програм WinMORAS 3.0 Trial розраховано оптимальну структуру досліджуваних пероксидних сполук та знайдено площі молекул, які вони могли би займати на межі розділу фаз. Результати квантово-хімічних розрахунків та дані, отримані експериментально, добре узгоджуються. Досліджено

адсорбцію діацильних пероксидів на дисперсних мінеральних наповнювачах. Показано, що адсорбція на поверхні аеросилу, оксидів магнію, заліза, хрому та карбонату кальцію носить фізичний характер і добре описується рівнянням Ленгмюра.

Розмірний ефект в тензорезистивних властивостях тонких плівок заліза

Дудецький Д.П., Кучма О.І., Однодворець Л.В.

Сумський державний університет, Суми, Україна

Фізичні властивості плівкових матеріалів визначаються до великої міри їх кристалічною структурою. Зміна мікроструктури в процесі деформації призведе до зміни електрофізичних властивостей металевої плівки. Для контролю деформацій різних конструкцій використовують тензодатчики, основним елементом яких є тензорезистори з коефіцієнтом поздовжньої тензочутливості $\gamma_i^R = \frac{1}{R} \frac{dR}{d\varepsilon_i} \sim 10^2-10^3$ і невисокою термічною стійкістю. У зв'язку з цим, тензорезистори на основі металів є більш ефективними при високих температурах, хоча γ_i^R у них має величину порядку 1–10. Із співвідношення для γ_i^R витікає, що його величина визначається чутливістю зразка до деформації $\frac{dR}{d\varepsilon_i}$. Оскільки в плівках Fe вона відносно велика, то слід чекати в них підвищеного значення γ_i^R . Мета роботи як раз і полягає в експериментальному дослідженні тензоефекту в плівках Fe.

Експериментальні результати величини γ_i^R в залежності від номера деформаційного циклу та товщини (VI деформаційний цикл) представлені в таблиці і на рисунку. Оскільки раніше тензоефект у плівках Fe не

№ деформац. цикла	I	II	III	IV	V	VI
Товщина, нм	Коефіцієнт тензочутливості, γ_i^R					
10	5,32	5,21	5,12	5,00	4,98	4,98
30	4,41	4,34	4,31	4,20	4,18	4,18
50	4,38	4,36	4,24	3,95	3,95	3,90
70	3,31	3,27	3,25	3,24	3,23	3,23
100	3,21	3,14	2,96	2,82	2,80	2,80

досліджувався, то отримані нами результати можна порівняти із даними для масивних дротів [1], γ_i^R яких дорівнює 2 одиниці. Якщо розмірну залежність (рисунок) перебудувати в координатах γ_i^R від d^1 , то можна отримати величину $\gamma_{\infty i}^R = \lim_{d \rightarrow \infty} \gamma_i^R = 2,2$, що добре

узгоджується із [1].

1. Kuczynski G.C. Effect of elastic strain on the electrical resistance of metals // *Physical Review*, **94** (1), сс. 61-64 (1954).

Вплив природи лантанодів на процеси фазоутворення у нітратних системах при синтезі функціональних плівкових матеріалів на їх основі

Дрючко О.Г., Стороженко Д.О., Бунякіна Н.В., Іваницька І.О., Кузь О.А.

Полтавський національний технічний університет ім. Ю.Кондратюка, Полтава, Україна

Сучасні технологічні схеми виготовлення плівкових матеріалів для електронних пристроїв передбачають використання вихідних компонентів високої чистоти і досконалих хімічних методів їх змішування. Це забезпечує одержання відтворюваних структурочутливих характеристик цільового продукту із заданими однорідністю та властивостями.

При використанні нітратних систем РЗЕ у процесах синтезу функціональних матеріалів на їх основі на стадіях підготовки, проведення, контролю, удосконалення виникають труднощі пов'язані з відсутністю узагальнених, системних відомостей про характер поведінки структурних елементів. Це обмежує можливості об'єктивного розуміння, інтерпретації відповідних механізмів хімічних перетворень.

І системне дослідження хімічної взаємодії, фазових рівноваг у водяно-соляних системах, розплавах нітратів рідкісноземельних елементів та елементів ІА, ІІА груп періодичної системи, амонію в повних концентраційних межах і широкому температурному інтервалі; атомно-кристалічної будови та властивостей сполук, що в них утворюються, не тільки сприяє розвитку уявлень про закономірності фізико-хімічної поведінки елементів різної електронної структури, а і служить надійною природничо-науковою базою для раціональних методів розділення, концентрування, одержання, очищення індивідуальних лантанодів; процесів синтезу функціональних матеріалів; удосконалення технологій створення сучасних електронних пристроїв.

Вказані системи у якості модельних вивчені для оцінки можливостей керування процесами і одержання плівок із заданими властивостями. У системах комплексом фізико-хімічних методів встановлені закономірності комплексоутворення L_n ; кількість, склад, характер розчинності, температурні та концентраційні межі кристалізації фаз, побудовані діаграми розчинності. Виявлено утворення цілого класу координаційних сполук. Рядом методів вивчені природа та інтервали температурних перетворень систем, які починаються вже в рідкій фазі. Систематизовані закономірності зміни їх властивостей.

Виявлені закономірності і особливості у сукупній поведінці структурних елементів реакційних систем вказують, що протікаючі конкуруючі реакції є сильнодіючим технологічним фактором суттєво впливаючим на зміну активності структурних форм Ln.

Кристалохімічні моделі нестехіометричного цинк селеніду

Жуковський П.В.¹, Бабущак Г.Я.², Семенишин Ю.І.², Сташко Н.В.²

¹Люблінський технічний університет, 20-618 Люблін, Польща

²Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Селенід цинку – перспективний матеріал для світлодіодів, фоторезисторів, джерел спонтанного і когерентного випромінювання [1]. Досліджено точкові дефекти у бездомішковому селеніді з використанням кристалоквазіхімічних підходів [2]. Розглянемо два механізми формування дефектної підсистеми.

1. ZnSe без комплексу. Кристалоквазіхімічне представлення кластера для n-ZnSe (надлишок Цинку у границях області гомогенності)

описується як
$$V_{Zn}'' V_{Se}'' + Zn^{\circ} \rightarrow Zn_{aZn}'' V_{(1-a)Zn}'' V_{Se}'' (Zn_{(1-a)}^{\circ})_i, \quad (1)$$

а кристалоквазіхімічна формула відповідно:

$$(1-\alpha)Zn_{Zn}^{\times} Se_{Se}^{\times} + \alpha \left((Zn_a'')_{Zn} (V_{1-a}'')_{Zn} V_{Se}'' (Zn_{1-a}^{\circ})_i \right) \rightarrow \\ \textcircled{R} (Zn_{1-a+a}^r V_a^{(1-a)})_{Zn} (Se_{1-a}^r V_a^g)_{Se} (Zn_{a(1-a)}^g)_i + a h^g + a(1+a)e'. \quad (2)$$

Тут Zn_{Zn}^{\times} і Se_{Se}^{\times} – Цинк і Селен у вузлах кристалічної ґратки, “//” і “’” – негативний і позитивний заряди відповідно, “x” – нейтральний заряд, “0” – нульовий заряд, α – мольна доля легуючого компонента, e' – концентрація електронів, h' – концентрація дірок.

2. ZnSe із комплексом. Легуючий кластер буде таким самим як у випадку (1), а кристалоквазіхімічна формула матиме вигляд:

$$(1-\alpha)Zn_{Zn}^{\times} Se_{Se}^{\times} + \alpha \left((Zn_a'')_{Zn} (V_{1-a}'')_{Zn} V_{Se}'' (Zn_{1-a}^{\circ})_i \right) \rightarrow (Zn_{1-\alpha}^{\times} Zn_{aa}'' V_{\alpha(1-a)}'')_{Zn} (Se_{1-\alpha}^{\times} V_{\alpha}^r)_{Se} (Zn_{\alpha(1-a)}^{\circ})_i \rightarrow \\ \rightarrow (Zn_{1-\alpha+a}^{\times} V_{\alpha(1-a)-\epsilon}'')_{Zn} (Se_{1-\alpha}^{\times} V_{\alpha-\epsilon}^r)_{Se} (Zn_{\alpha(1-a)}^{\circ})_i (V_{Zn}'' V_{Se}^r)_{\epsilon} + \alpha(a+1)e' + \alpha h'. \quad (3)$$

Тут $(V_{Zn}'' V_{Se}^r)$ – комплекс із двозарядних негативних вакансій Цинку V_{Zn}'' і однозарядних позитивних вакансій Селену V_{Se}^r .

Показано, що для n-ZnSe, як з комплексом, так і без нього, домінуючими власними точковими дефектами є двозарядні вакансії Цинку, однозарядні вакансії Селену та їх асоціати (у другому випадку), концентрація яких зростає із збільшенням відхилення від стехіометрії.

1. Георгобиани А.Н., Котляревський М.Б. Проблемы создания инжекционных светодиодов на основе широкозонных полупроводниковых соединений A^2B^6 // Изв. АН СССР: Сер.

- Физическая*, **49**(10), сс.1916-1922 (1985).
2. Лисняк С.С. Кристаллоквазіхімічная модель ісследований в хіміі твёрдого тела // *Неорганические материалы*. **32**(2), сс. 1913-1917 (1992).

Температурні залежності діелектричних властивостей тонких полімерних плівок, отриманих у вакуумі

Задорожний В.Г., Поліщук С.Г., Кобрін В.Л., Кейбал О.О.

Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

Проведено дослідження температурної залежності діелектричних характеристик тонких полімерних плівок, отриманих випаровуванням і конденсацією у вакуумі. Із збільшенням температури від 300 до 873 К тангенс кута діелектричних втрат $tg\delta$ у неполярних полімерах дещо зменшується, що пов'язано з випаровуванням адсорбованої води і з виділенням гідроксильних груп, що є центрами сорбції вологи. Надалі втрати трохи збільшуються і при 423 К не перевершує $1,5 \cdot 10^{-4}$ (свій внесок здійснюють більш високомолекулярні фракції). У плівок, підданих термообробці у вакуумі, діелектрична проникність ϵ і тангенс кута діелектричних втрат $tg\delta$ збільшується трохи вище 323 К і не перевищує 1,9 і $8 \cdot 10^{-4}$ відповідно, що зв'язано з випаровуванням низькомолекулярних фракцій, від'єднанням кисенезмістовних груп, зменшенням концентрації подвійних зв'язків, які є полярними.

При переході до полярних плівок з полікарбонату характер температурної залежності діелектричної проникності ϵ і тангенса кута діелектричних втрат $tg\delta$ змінюється. З'являються дві області релаксації – низькотемпературна (γ - процес, близько 223 К), обумовлена розморожуванням рухливості карбоксильних груп, і високотемпературний максимум втрат, що відноситься до збільшення сегментарної рухливості (α - процес).

Встановлено, що у плівок, отриманих без ініціації полімеризації, максимум (γ - процесу) зміщується на 10 К в область від'ємних температур в порівнянні з цим же максимумом у плівок, отриманих опромінюванням електронами з енергією $E = 800$ еВ.

Фізико-хімічні властивості і дефектна підсистема твердого розчину Pb–Mg–Te

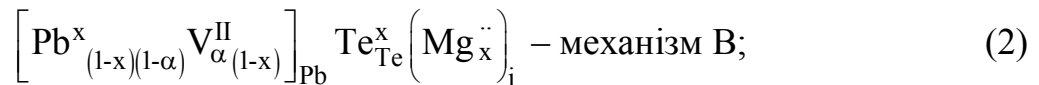
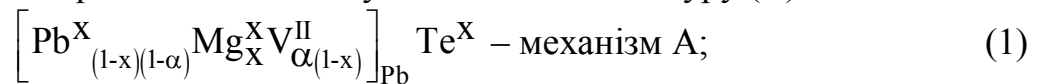
Запухляк Р.І., Дикун Н.І., Адамович М.М.

Фізико-хімічний інститут Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна

Телурид свинцю і тверді розчини на його основі – перспективні матеріали для створення активних елементів, що функціонують в інфрачервоній області оптичного спектру, а також термоелектричних перетворювачів енергії [1,2].

Наведено результати досліджень фізико-хімічних властивостей твердих розчинів p-Pb_{1-x}Mg_xTe від складу. Встановлено, що область розчинності для температур (500-1000) К складає (6,0-6,6) мол. % MgTe. При цьому збільшення вмісту MgTe обумовлює зменшення як сталої ґратки, так і концентрації дірок [3].

Запропоновано кристалоквазіхімічні формули твердих розчинів для механізмів заміщення магнієм свинцю (А) та вкорінення магнію у тетраедричні порожнини щільної упаковки атомів телуру (В):



Тут $\text{Pb}_{\text{Pb}}^{\text{X}}$, $\text{Te}_{\text{Te}}^{\text{X}}$, $\text{Mg}_{\text{Pb}}^{\text{X}}$ – атоми у відповідних вузлах кристалічної ґратки; $\text{V}_{\text{Pb}}^{\text{II}}$, $\text{V}_{\text{Te}}^{\cdot\cdot}$ – вакансії; $\text{Mg}_{\text{i}}^{\cdot\cdot}$ – міжвузловий магній; “X” “·” “I” – нейтральний, позитивний і негативний заряди.

Співставлення розрахованих залежностей концентрації точкових дефектів, вільних носіїв і холлівської концентрації носіїв струму згідно (1) і (2) із експериментом вказує, що основним механізмом утворення твердих розчинів p-PbTe-MgTe є заміщення магнієм свинцю із добудовою аніонної підґратки. При цьому має місце зменшення вакансій свинцю $\text{V}_{\text{Pb}}^{2-}$ у катіонній підґратці, що і є причиною зменшення основних носіїв у дірковому матеріалі. Реалізація цього механізму утворення твердих розчинів підтверджується і спостережуваним зменшенням сталої ґратки, так як іонний радіус Mg^{2+} є меншим за іонний радіус свинцю Pb^{2+} .

1. Сизов Ф.Р. Твердые растворы халькогенидов свинца и олова и фотоприемники на их основе // *Зарубежная электронная техника*, (2), сс. 31-38 (1977).
2. Шперун В.М., Фреїк Д.М., Запухляк Р.І. Термоелектрика телуриду свинцю та його аналогів. Плай, Івано-Франківськ. 250с. (2000).
3. Sealy B.I., Crocker A.I. A comparison of phase equilibria in some II-IV-VI

compounds based on PbTe // *Journal of Materials Science*, **8**, pp. 1731-1737 (1973).

Оптичні дослідження плівок AlN-n-Si (100)

Заєць М.С., Бойко В.Г., Генцарь П.О., Литвин О.С., Сопінський М.В.

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

У зв'язку з інтенсивним використанням широкозонних напівпровідників для створення напівпровідникових приладів (напівпровідникові фотоперетворювачі для ультрафіолетової області спектру, прилади для силової електроніки) доцільно проводити даліше їх дослідження. Нітрид алюмінію (AlN) має ширину забороненої зони ($E_g = 6,28$ eV), яка більша ніж у Si і GaAs, що дає цьому матеріалу наступні переваги: збільшення області робочих температур; можливість створення на його основі світловипромінюючих приладів для видимої області спектру; високі значення критичного поля пробою; велика радіаційна стійкість. Тому розробка технології отримання високоякісних нітридів і їх діагностика є актуальною.

Плівки AlN на підкладках n-Si (100) з питомим опором $500 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ були отримані методом високочастотного магнетронного розпилення на модернізованій промисловій установці «Катод 1М». Вирощені плівки мали товщину $0,5\text{-}1 \text{ мкм}$ (товщину контролювали інтерферометром).

Основні результати в даній роботі приведені для плівок AlN на n-Si (100) товщиною $0,716 \text{ мкм}$. Поміряні спектри відбивання в діапазоні $200\text{-}750 \text{ нм}$ (дифракційний монохроматор МДР-23) із яких по інтерференційній картині визначено профіль оптичних констант плівок в діапазоні $200\text{-}750 \text{ нм}$ n , χ , ε_1 , ε_2 , α . Проаналізовано особливості спектрів відбивання в УФ-області спектру. Проведені морфологічні дослідження поверхні підкладок і плівок, які показали, що поверхня плівок на n-Si (100) з концентрацією електронів $8 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ характерна для полікристалів, про що і свідчить показник заломлення n , отриманий із спектру відбивання в діапазоні $545\text{-}665 \text{ нм}$, який дорівнює $2,11$. Із багатокуткових еліпсометричних вимірювань при $\lambda = 633 \text{ нм}$ (еліпсометр ЛЭФ-3М-1) оцінено показник заломлення n .

Із спектрів поглинання плівок AlN-n-Si (100) в діапазоні $2\text{-}25 \text{ мкм}$ (ІЧ – спектрофотометр ИФС-113) проаналізовані характерні смуги поглинання, обумовлені ТО-коливаннями зв'язків Al-N. Положення максимуму поглинання відповідає частоті $607 - 608 \text{ см}^{-1}$ (частота для кристалів рівна 610 см^{-1}).

Таким чином проведені дослідження показали, що отримані плівки методом високочастотного магнетронного розпилення на підкладки із монокристалічного кремнію (типові полікристали) є перспективними.

Стимуляція надпровідності широких плівок мікрохвильовим полем

Золочевський І.В.

*Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.И.Веркіна НАН України,
Харків, Україна,*

Досліджувалися широкі ($w \gg \lambda_{\perp}$) надпровідні олов'яні плівки, виготовлені за оригінальною технологією [1]. У таких плівках досягнуте значення критичного струму рівне току розпарювання Гінзбурга-Ландау, що говорить про ефективний тепловий зв'язок плівки з підкладкою і про мінімізацію дефектів як на краю, так і в об'ємі плівки.

Явище збільшення під дією електромагнітного поля надпровідних параметрів (I_c , T_c) вузьких ($w < \lambda_{\perp}, \xi$) плівок (надпровідних каналів) відомо давно [2]. Однак тільки порівняно недавно нами це явище виявлене в широких плівках [3]. У даній роботі ми приводимо результати дослідження залежності ефекту стимуляції критичного струму I_c і максимального струму стаціонарного плинку власних вихрів I_m від температури а також потужності й частоти зовнішнього опромінення. У широкій плівці експериментальна залежність нерівноважного критичного струму від температури з деякими застереженнями може бути описана теорією Еліашберга [4] для вузького каналу (правда з деякими застереженнями). Зі збільшенням ширини плівки звужується область потужностей опромінення, при яких спостерігається ефект стимуляції надпровідності. Зі збільшенням частоти мікрохвильового опромінення потужність, при якій спостерігається максимум ефекту стимуляції, зростає. Показано, що виявлені явища можуть бути тестовими для контролю технології виготовлення та структурної досконалості широких плівок. Це може мати важливе значення, тому що вони широко використовуються в мікроелектроніці.

1. Dmitriev V.M., Zolochevskii I.V. // *Supercond. Sci. Technol.*, **19**, 342 (2006).
2. Дмитриев В.М., Христенко Е.В. // *ФНТ*, **4(7)**, 821 (1978).
3. Агафонов А.Б., Дмитриев В.М., Золочевский И.В., Христенко Е.В. // *ФНТ* **27(8)**, 928 (2001).
4. Элиашберг Г.М. // Письма в ЖЭТФ, **11(3)**, 186 (1970).

Окиснення тонких металевих плівок

Іванків Л.І., Козак М.М., Пенюх Б.Р., Дзюпин О.В.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Взаємодія кисню з тонкими плівками магнію (барію) товщиною до

100 Å закінчується хемосорбцією, що проявляється монотонною зміною роботи виходу поверхні на $\sim 1,2$ еВ. При підході до стану насичення (приблизно 0,8 заповнення центрів адсорбції) при рівномірному нагріванні відбувається швидка зміна величини роботи виходу до початкового стану, тобто стався “обмін місцями” адсорбованого кисню з шаром металу або ж відбулася термодесорбція кисню. У момент зміни роботи виходу поверхні до початкового стану виникає інтенсивна емісія електронів. Цикли хемосорбція – “обмін місцями” при зростанні температури повторюються.

Аналізуються способи “обміну місцями” наступних у глибину металу шарів, їх можлива кількість та вплив природи металу на цей процес. Товщину окису і швидкість окиснення можна визначати за сумарним зарядом емітованих електронів. Для цього вимірюють струм емісії, що супроводжує хемосорбцію (окиснення) і час протікання процесу. Товщина утвореного окису пропорційна повному заряду, емітованому з одиниці поверхні, а швидкість росту окису – силі струму. Коефіцієнт пропорційності визначається експериментально таким чином. Реєструють усі електрони, емітовані при повному окисненні металевої плівки заданої товщини і визначеної за зсувом резонансної частоти п’езокварцевого вібратора. Експеримент повторюється для плівок різних товщин і з функціональної залежності між товщиною плівки та загальним емітованим зарядом знаходиться коефіцієнт.

Рівняння кінетики хемосорбції виведено з основних положень кінетичних процесів: закону діючих мас і формули Френкеля для часу заповнення адсорбованою частинкою центру адсорбції (ЦА). Аналіз графічного представлення виведеного рівняння показує, що її можна представити простими формулами для окремих інтервалів часу заповнення ЦА. Початок хемосорбції і заповнення до 0,8 ЦА описується формулою Бенхема, яка при подальшому заповненні переходить у формулу Єловича. Ріст товщини окису пропорційний $t^{1/n}$ і визначається часом хемосорбції, що значно перевищує час “обміну місцями”.

Такий механізм росту товщини окису узгоджується зі зміною опору металевих плівок при хемосорбції кисню при високих температурах. Окиснений поверхневий шар металу є непровідним, що призводить до зростання опору плівки.

Про кінетику хемосорбції

Іванків Л.І., Хвищун І.О., Дзюпин О.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Процеси хемосорбції описують емпіричними формулами $N \propto t^{1/n}$ ($n > 1$) або $N \propto \ln t$, які добре описують результати експериментальних вимірювань. Чому такою чи іншою кінетикою

описується хемосорбція; який зв'язок між ними; як пов'язані хемосорбція-десорбція? Дана робота присвячена дослідженню цих питань, а також виведенню єдиного кінетичного рівняння.

Рівняння для швидкості хемосорбції має вигляд:

$$\frac{dN}{dt} = \alpha P(N^* - N) - \beta N, \quad (1)$$

де P – парціальний тиск адсорбата, N – число адсорбованих частинок, N^* – число центрів адсорбції (ЦА), α і β – коефіцієнти.

Інтегрування рівняння (1), при нехтуванні десорбцією (початок адсорбції), дає залежність $N(t)$ у вигляді: $N = N^*(1 - e^{-\alpha P t})$. На графіку цієї залежності можна чітко виділити ділянки $0 - t_1$; $t_1 - t_2$; $t_2 - t_3$ та $t > t_3$. На першій ділянці $N_1 \propto t^1$, тобто поверхня однорідна (Ленгмюрівська), а ЦА характеризуються однакою енергією активації адсорбції E (і, відповідно, однакою енергією зв'язку адсорбента з адсорбатом Q).

В інтервалі $t > t_3$, всі ЦА заповнені, тобто $N \propto t^0$, а в інтервалі $t_1 - t_3$: $N_{1-3} \propto t^{1/n}$ ($n > 1$). Використавши формулу Френкеля для часу заповнення ЦА одержуємо: $N_{1-3} \propto e^{E/kT \cdot n}$, з якого виділимо інтервал $t_2 - t_3$, де показник експоненти малий (n – велике, яке із заповненням зростає). Її розклад у ряд Тейлора дає $N \propto \ln t$, та $N \propto E$.

Отже, для $t_1 - t_2$ маємо $N_2 \propto t^{1/n}$ – рівняння Бенхема і $N \propto e^{E/kT \cdot n}$, а в області $t_2 - t_3$ $N_3 \propto \ln t$ – рівняння Еловича; $N_3 \propto E$ при умові $N = N_1 + N_2 + N_3$.

Фізичний зміст кінетики і відповідного розподілу ЦА за енергією активації, яка із заповненням зростає, а енергія зв'язку частинки з ЦА зменшується, внаслідок зарядження поверхні і, відповідно, загину зон, величина якого зростає із заповненням ЦА і визначається з розв'язку рівняння Пуассона та граничних умов і є рівна (чи пропорційна) E .

Одержані результати підтверджують вищенаведені висновки про розподіл ЦА по E .

Фотоефекти в макропористому кремнії з регулярною структурою пор

Іванов В.І., Карачевцева Л.А., Карась М.І., Саченко А.В., Паршин К.А.

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

Досліджені ефекти підвищення фотопровідності періодичних структур макропористого кремнію в залежності від розмірів та періоду циліндричних макропор. Розраховано теоретично та досліджено експериментально темновий опір зразків макропористого кремнію n-типу

провідності з урахуванням інверсії провідності на межі пора – кремній та шарів збіднення (шарів Шотткі). Отримано узгодження між теорією та експериментом для випадку, коли радіус пори дорівнює 1 мкм.

Теоретично визначено відношення загальної площі поверхні пор до площі поверхні зразка макропористого кремнію в залежності від діаметру та глибини циліндричних пор, відстані між ними з урахуванням товщини шару Шотткі. Показано, що це відношення значно перевищує одиницю та досягає значень порядку 50-100. На основі отриманих даних визначено підвищення фотопровідності зразка макропористого кремнію по відношенню до фотопровідності монокристалічного кремнієвого зразка. Теоретично показано, що відношення площ має різкий максимум при відстані між макропорами, яка дорівнює 2 мкм. Отримано узгодження між розрахунковими залежностями та результатами експериментального дослідження фотопровідності зразків макропористого кремнію з товщиною шару Шотткі 1 мкм. Встановлено, що різке зменшення вказаного відношення при зменшенні відстані між порами, рівній 2 мкм, пов'язано з перекриттям шарів Шотткі та зменшенням модуляції провідності при освітленні.

Показано теоретично, що величина фотопровідності макропористого кремнію може досягати до 10 відсотків від значення темної провідності при інтенсивностях освітлення порядку $10^{13} - 10^{15}$ кв см⁻² с⁻¹. Це означає, що фоточутливість макропористого кремнію набагато більша, ніж фоточутливість монокристалічного кремнію. Таке суттєве підвищення фоточутливості відбувається, з одного боку, завдяки великій загальній площі поверхні макропор, а, з другого боку, завдяки існуванню шарів Шотткі в приповерхневій області циліндричних пор. Результати теоретичного аналізу узгоджуються з експериментом.

Механізми розсіювання носіїв струму у кристалах $A^{IV}B^{VI}$, $A^{IV}B^{VI}$ у наближенні часу релаксації та варіаційних підходів

Ільків О.І.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Наведено теоретичні і експериментальні результати дослідження явищ переносу в кристалах халькогенідів свинцю $Pb \times (S, Se, Te)$ і $Hg(Cd)Se$, а також твердих розчинах $PbTe-PbSe$, $HgSe-CdSe$ [1, 2].

З використанням кр-методу, двозонної моделі Кейна та варіаційного методу [3] і, на основі порівнянь теоретично отриманих значень рухливості вільних носіїв з експериментальними даними, отримано температурні та концентраційні межі реалізації квадратичного та неквадратичного законів дисперсії вільних носіїв зі змінною ефективною масою для кристалів PbS ,

PbSe та PbTe n-типу провідності. У концентраційному діапазоні 10^{16} - 10^{18} см⁻³ та в інтервалі температур 4,2-300 К встановлено межі домінування основних видів розсіювання носіїв струму, які реалізуються у халькогенідах свинцю на кінетичні коефіцієнти (електропровідність, термо-е.р.с., теплопровідність). Показано, що впливом на переважаючі механізми розсіювання можна оптимізувати основні термоелектричні параметри

Кристали твердих розчинів $Hg_{1-x}Cd_xSe$, вирощені методом Бріджмена, складу $0,1 \leq x \leq 0,7$ вивчено у температурному інтервалі 4,2-300 К. Аналіз експериментальних результатів проведено у припущенні розсіювання електронів на повздовжньо-оптичних фононах, повздовжньо-і поперечно-акустичних фононах, заряджених і нейтральних дефектах, важких дірках, а також композиційному потенціалі неупорядкованого твердого розчину. Встановлено, що домінуючим механізмом при кімнатних температурах є розсіювання на повздовжньо-оптичних фононах. Акустично-фононне розсіювання є незначним для всіх складів твердого розчину і досліджуваних температур. Розсіювання на композиційному потенціалі зростає із збільшенням вмісту CdSe у твердому розчині: із 5% для $x=0,12$ до 21% для $x=0,68$.

1. Говалешко Н.П., Горлей П.Н., Шендеровський В.А. Узкозонные полупроводники: получение и физические свойства. – Киев: Наук. думка. 1984.-256 с.
2. Nelson P.A., Broerman J.G., Summers C.Y., Whitset C. R. Electron transport in the $Hg_{1-x}Cd_xSe$ alloy system // Physical Review B. – 1978. v. 18, №4, - pp.1638-1672.
3. Горлей П.Н., Шендеровський В.А. Вариационный метод в кинетической теории. – Наукова думка. Киев: 1992, 296 с.

Влияние кристаллической ориентации подложки на структурные и электрофизические свойства эпитаксиальных слоев $Hg_{1-x}Cd_xTe/CdTe$

Каземирский Т.А.¹, Литвинчук Т.В.¹, Заплитный Р.А.¹, Фодчук И.М.¹,
Бончик А.Ю.², Власов А.П.³

¹*Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича,
Черновцы, Украина*

²*Львовский Институт прикладных проблем механики и математики НАН Украины,
Львов, Украина*

³*Львовский национальный университет имени Ивана Франка, Львов, Украина*

Эпитаксиальные слои $Hg_{1-x}Cd_xTe/CdTe$ ($x=0,25$) наращены методом испарение-конденсация-диффузия на подложках CdTe, имеющих ориентацию входных поверхностей (111) и (110). Перед наращиванием в

приповерхностные слои подложки проведена имплантация ионов мышьяка с энергией $E=100$ кэВ и дозой $D=10^{15}$ см⁻².

Используя программный пакет SRIM2003¹ проведен расчет ионизационных и упругих энергетических потерь ионов мышьяка, получены распределения имплантированных ионов в подложках CdTe. Установлено, что в процессе имплантации наиболее вероятным является процесс генерации френкеливских пар – анионная вакансия + междоузельный атом ртути. Преобладающими являются ядерные энергетические потери ~ 148 эВ/Å, средняя длина проективного пробега ионов As составляет ~ 600 Å, эффективный радиус индуцируемых дефектов $r_{\text{эф.}} \approx 0,819$ Å

Из анализа результатов, полученных методами рентгеновской топографии и двухкристальной дифрактометрии следует, что аннигиляция радиационных дефектов и рекристаллизация сильно розупорядоченных приповерхностных слоев подложки CdTe вследствие ионной имплантации происходит на начальных стадиях эпитаксии Hg_{1-x}Cd_xTe и, в целом, не влияет на структурное совершенство наращенных слоев. Полученные посредством ВИМС-анализа распределения мышьяка по толщине наращенного слоя в образцах с ориентацией подложки (110) хорошо коррелируют с распределениями этой примеси в образцах с ориентацией входной поверхности (111). Результаты ВИМС анализа подтверждаются электрофизическими измерениями, при этом разница в концентрациях носителей заряда в структурах Hg_{1-x}Cd_xTe/CdTe(111) и Hg_{1-x}Cd_xTe/CdTe(110) составляет менее 1%. Следовательно, кристаллографическая ориентация подложек CdTe не оказывает существенного влияния на распределение мышьяка в процессе наращивания эпитаксиальных слоев Hg_{1-x}Cd_xTe и на их структурное совершенство.

¹SRIM-программный пакет, предназначенный для моделирования процессов взаимодействия ионов с кристаллическими материалами; <http://www.srim.org/#SRIM>

Плотность электронных состояний графитового монослоя

Кардашев Д.Л.¹, Кардашев К.Д.²

¹Одесская национальная морская академия, Одесса, Украина

²Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, Одесса, Украина

В связи с бурным развитием нанотехнологий, насущной необходимостью является исследование физических свойств получаемых материалов. Однако, строгое последовательное теоретическое описание энергетического и колебательного спектров синтезированных образцов проблематично в силу многовариантности реализации их структуры, а следовательно, неизбежными в этом случае математическими

трудностями. Поэтому, в настоящее время, теоретическая интерпритация экспериментальных спектров возможна лишь на основании модельных расчетов, иногда сильно упрощенных, адекватно отражающих существенные черты интерпритируемых данных.

Среди господствующих представлений в теории электронной структуры неупорядоченных полупроводников предпочтение, видимо, следует отдать приближениям, основанным на применении функций Грина, так как последние прямо связаны с плотностью состояний.

Локальная плотность электронных состояний в графитовом монослое вычислялась методом функций Грина с использованием полуэмпирического одноэлектронного гамильтониана сильной связи Уира-Торпа, в котором учтены все существенные двухцентровые взаимодействия между ближайшими атомами. Гексагональная углеродная поверхность моделировалась решеткой Бете с числом ближайших соседей равным трем. Локальная функция Грина определялась из бесконечной цепочки уравнений Дайсона для замыкания которой была использована техника матриц переноса [1].

Получено аналитическое выражение для локальной плотности электронных состояний графитового монослоя. Развитая методика применима и для исследования колебательных спектров гексагональных структур. Найденное выражение для функции Грина может быть использовано в качестве начального приближения для более сложных расчетов, например, для изучения влияния точечных дефектов на свойства электронной и фононной подсистем основной структуры.

1. Joannopoulos J.D. Theory of fluctuations and localized states in amorphous tetrahedrally bonded solids // *Phys.Rev.B*, **16**(6), pp. 2764-2774 (1977).

Колебательный спектр графитового гексагона

Кардашев К.Д.¹, Кардашев Д.Л.²

¹Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, Одесса, Украина

²Одесская национальная морская академия, Одесса, Украина

За последнее десятилетие число работ, посвященных исследованию колебательного спектра углеродных нанотрубок (УНТ), непрерывно возрастает. Это связано с ростом числа вновь открытых и синтезированных УНТ. Как известно, в синтезируемых образцах присутствуют статистически распределенные семейства УНТ с различными неконтролируемыми типами хиральности, диаметром и слоистостью. В связи с этим, актуальной является задача классификации УНТ, присутствующих в образцах по спектрам комбинационного рассеяния (КР) и ИК-поглощения.

Фононные спектры УНТ могут быть получены лишь на основании

модельних розрахунків з використанням сильних упрощаючих передположень, касаючихся вибору “елементарної ячейки” і потенціала міжатомного взаємодіяння. При цьому дисперсійні криві, їх число, а також відповідні їм моди коливань для подібних об’єктів в різних роботах не завжди згодуються [1,2].

Так як основним елементом всіх УНТ являються шестичленні кільця, то в ІК-спектрах і спектрах КР будуть присутні частоти, зв’язані з коливаннями цих кілець.

Для визначення коливательного спектра графітового гексагона в гармонічному наближенні був використаний двохпараметричний потенціал Китінга, в якому враховані константи жорсткості продольної С-С і вигибної С-С-С зв’язей вуглеродних атомів.

Колівательний спектр гексагона представлений шестью ненульовими частотами, дві з яких двократно вырождені. Найнижча частота відповідає пульсуючим (“дышащим”) валентним коливанням атомів; нижня двократно вырожденная частота відповідає симметричним вигибним коливанням зв’язі С – С – С; вища двократно вырожденная частота описує антисимметричні вигибні коливання зв’язі С – С – С; найвища частота характеризує асиметричні коливання.

1. Савинский С.С., Петровский В.А. Дискретная и континуальная модели для расчета фононных спектров углеродных нанотрубок // *ФТТ*, **44**(9), сс. 1721-1726 (2002).
2. Иванченко Г.С., Лебедев Н.Г. Фононный спектр двухслойных углеродных нанотрубок // *ФТТ*, **48**(12), сс. 2223-2227 (2006).

Вплив атмосферного кисню і термічного відпалу на процеси деградації структури і електронних параметрів в тонких плівках телуридів кадмію і свинцю

Кланічка Ю.В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна.*

Халькогеніди кадмію і свинцю – перспективні матеріали опто- і мікроелектроніки як фотоприймачі і джерела електромагнітного випромінювання, термоелектричні перетворювачі енергії [1]

Атмосферний кисень і теплові поля у значній мірі формують дефектну підсистему тонкоплівкового матеріалу і, таким чином, впливають на весь комплекс їх фізико-хімічних властивостей: фазовий склад, структура, електричні і фотоелектричні властивості [2,3].

Дослідимо вплив витримки в атмосферному кисні і відпалу у вакуумі

і на повітрі на фазовий склад, морфологію поверхні і електричні характеристики плівок CdTe і PbTe, вирощених у паровій фазі методом гарячої стінки на аморфних (скло) і монокристалічних (сколи слюди і монокристалів ВаF₂) підкладках.

Встановимо, що характер впливу атмосферного кисню на властивості плівок суттєво залежить від їх структурного стану. Так, зокрема, для полікристалічних плівок n-PbTe на склі має місце ріст опору із залишковими ефектами, зміна типу провідності з n- на р-тип (у максимумі опору), що обумовлено акцепторним впливом адсорбованого кисню. Відпал плівок на повітрі крім того призводить до суттєвих морфологічних і фазових змін із утворенням оксидних фаз.

При вакуумному відпалі витриманих на повітрі плівок характерні процеси десорбції кисню і теплового утворення дефектів, що є причиною гістерезисних ефектів у зміні опору при циклах “нагрівання - охолодження”

Для полікристалічних плівок n-CdTe при витримці на повітрі спостерігається ріст провідності поверхневого, насиченого киснем інверсного шару, що обумовлює загальний ріст провідності плівок. Такий же характер зміни провідності має місце і при зменшенні товщини плівок.

Робота частково фінансується МОН України (державний реєстраційний номер 0106U000220), а також ДФФД МОН України (проект № 14.1/028)

1. Абрикосов Н.Х., Парецкая Л.В., Скуднова Е.В., Шалимова Л.Е. полупроводниковые соединения, их получения и свойства. Наука, М. 177 с. (1967).
2. Green M., Lee M.Y. The interaction of oxygen with clean lead telluride surfaces // *J. Phys. Chem.Solids*, **27**, pp.797-804 (1966).
3. Беляев А.П., Рубец В.П., Нуждин М.Ю. Электрические свойства пленок теллурида кадмия, синтезированных в тепловом поле градиента температуры // *Физика и техника полупроводников*, **37**(6), сс. 671-673 (2003).

Получение и исследование физических свойств сегнетоэлектрических тонких пленок на основе ЦТС

Клето Г.И., Савчук А.Й., Сапожников В.М., Цалый В.З.

Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, Черновцы, Украина

Актуальность разработки процессов нанесения сегнето- и пьезо-электрических пленок, совместимых с базовой технологией интегральных микросхем, обусловлена потребностями функциональной электроники. В данной работе представлены результаты исследований свойств пленок, полученных ВЧ-катодным распылением диэлектрической мишени,

изготовленной из широко применяемой пьезокерамики ЦТС-19 состава $Pb_{0.95}Sr_{0.05}(Zr_{0.53}Ti_{0.47}) + 1\% Nb_2O_5$. Вакуумные конденсаты толщиной 0.4 – 0.9 мкм на подложках монокристаллического кремния, покрытых проводящими слоями SnO_2 и Pt, после отжига при 640 – 800 °С в окислительной среде, приобретали сегнетоэлектрические свойства. Для формирования тестовых структур в виде совокупности тонкопленочных конденсаторов проводилось напыление платиновых электродов через маски, изготовленные путем сквозного анизотропного травления кремниевых пластин с ориентацией поверхности (100). С помощью тестовых структур проводилось наблюдение динамических петель диэлектрического гистерезиса и определение величины остаточной реверсируемой поляризации (до 20 мкКл/см²), а также диэлектрической проницаемости (до 2000). Рентгеноструктурный анализ, проведенный с использованием дифрактометра «Дрон-3» подтвердил поликристаллическую структуру отожженных пленок и наличие только тетрагональной перовскитной фазы как в материале пленок, так и в составе исходной керамики ЦТС-19. Морфологию поверхности тонких пленок и их химический состав изучали с помощью растрового электронного микроскопа ISM-60 с рентгеновским анализатором. Элементный анализ выполнялся для различных областей пленки путем сканирования электронным зондом. Установлено совпадение в пределах точности данного метода концентрации основных элементов в объемных образцах керамики и в пленках, а также существенное различие между ними в отношении морфологии поверхности. Электронные микрофотографии свидетельствуют о мелкокристаллической структуре отожженных вакуумных конденсатов с размером зерен, сравнимым с толщиной пленок. Обсуждаются возможности применения сегнетоэлектрических ЦТС-пленок в пироэлектрических фотоприемниках, микрофонах, микросхемах постоянной и оперативной памяти, сенсорных датчиках различных типов.

Фотоіндуковані зміни оптичних параметрів тонких плівок склоподібних халькогенідів системи As-S

Козак М.І.¹, Трунов М.Л.¹, Лоя В.Ю.², Жихарєв В.М.¹,
Студеняк І.П.¹, Турок І.І.², Крафчик С.С.²

¹Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна

²Інститут електронної фізики НАНУ, Ужгород, Україна

1. Виготовлено скло системи As_xS_{100-x} ($x=12, 20, 25, 27, 30, 33, 36, 40, 44$ – ат. % миш'яку). Методом ДТА визначались температури склування та розсклування, чим підтверджувалась відповідність зразків даним складам.

2. Напилення плівок проводилось у вакуумі на кристал KCl (свіжий скл) та полірований монокристалічний кремній зі швидкістю 3-6 nm/s.

3. Оптичні параметри тонких плівок визначалися із еліпсометричних вимірювань на довжині хвилі He-Ne лазера $\lambda=0.6328 \mu\text{m}$ по методиці багатокутової еліпсометрії [1,2]. Визначення змін оптичних параметрів плівок фотоіндукованих впливом неполяризованого лазерного джерела ($h\nu \approx 2.5 \text{ eV}$) з енергетичною експозицією $\sim 0.3 \text{ mW/cm}^2$ в їх динаміці проводилось при одному куті падіння лазерного пучка еліпсометра ϕ з проміжку $45^\circ\text{-}55^\circ$ [3]. На рис. 1 наведено залежність еліпсометричних кутів Ψ , Δ від часу опромінення для плівки $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$ на підкладці КСІ товщиною $\sim 2 \mu\text{m}$.

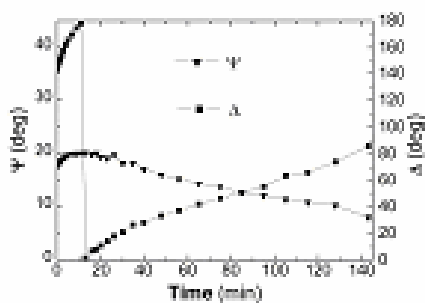


Рис. 1.

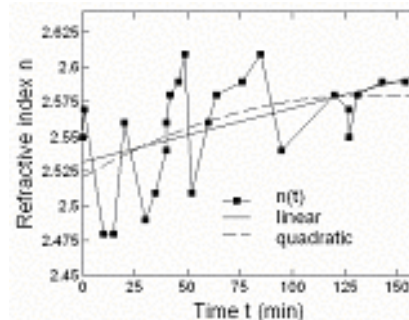


Рис. 2.

На основі проведених досліджень зроблено висновки про можливість існування двох метастабільних фаз в тонкоплівковій структурі As-S, які при засвітці плівки „зонним” світлом переходять в гомогенну фазу відповідну структурі об’ємних стекел (рис. 2). Даний висновок добре узгоджується з результатами дериватографічних досліджень, наведеними в [4].

1. Козак М.И., Жихарев В.Н., Лоя В.Ю. и др. // *Письма в ЖТФ*, **32**, 10 (2006).
2. Козак М.И., Жихарев В.Н., Студеняк И.П. и др. // *Опт. и спектр*, **101**, 4 (2006).
3. Козак М.И., Лоя В.Ю., Сейковський І.Д. // *Матер. міжн. конф. “Структурна релаксація в твердих тілах”*, 23-25 травня, Вінниця, с. 200-201 (2006).
4. Трунов М.Л., Анчугин А.Г., Савченко Н.Д. и др. // *Тез. докл. V Всес. конф. „Бессеребряные и необычные фотографические процессы”*, 5-9 дек. Черногловка, сс. 86 (1988).

Мікро-Раман і структура аморфних плівок Bi_2S_3 та As_2S_3

Кондрат О.Б., Попович Н.І., Довгошей М.В., Міца В.М., Голомб Р.М.

Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна

Методом дискретного термічного наплення одержані плівки Bi_2S_3 різної товщини. Досліджено спектри комбінаційного розсіювання

отриманих плівок при різних енергіях збуджуючих фотонів. Визначено основні частоти коливань. Встановлено залежність спектрів КР від енергії збуджуючих фотонів. Виявлено, що при високій інтенсивності опромінення відбувається часткова кристалізація плівки.

Здійснено *ab initio* розрахунки коливних спектрів стекел Bi_2S_3 . Одержано якісне узгодження розрахункових даних з експериментальними.

Встановлено, що при товщині плівки $\sim 1000 \text{ \AA}$ спектр КР містить одну широку смугу з максимумом при $237,6 \text{ см}^{-1}$, яка характерна для некристалічного стану. Зростання інтенсивності збуджуючих фотонів викликає кристалізацію плівок товщиною $8000\text{-}10000 \text{ \AA}$.

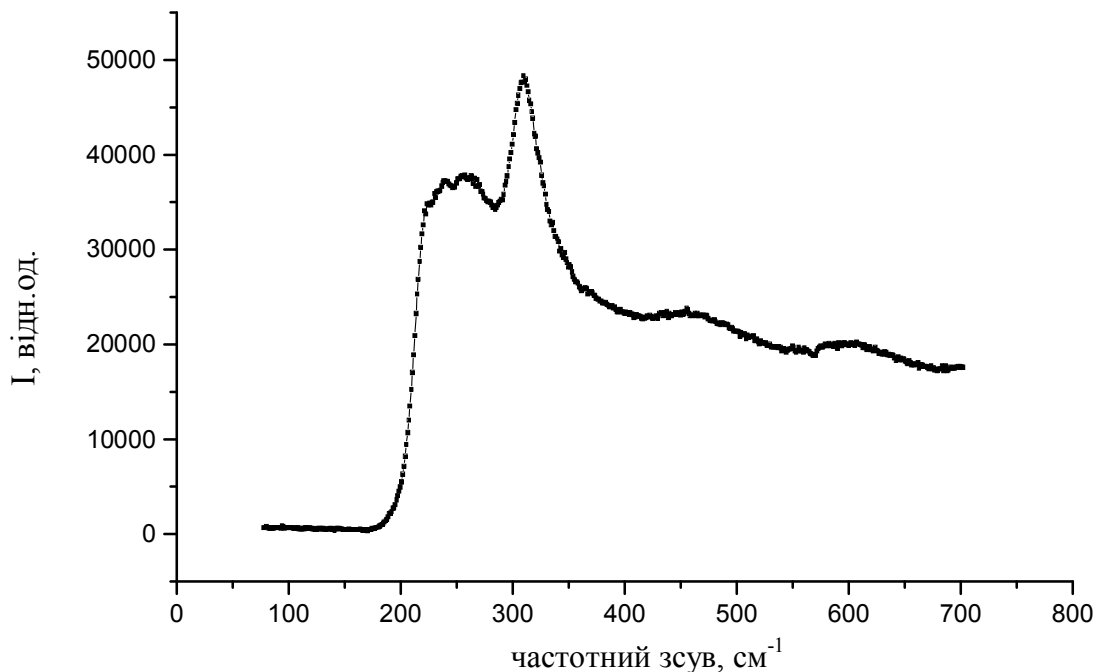


Рис. Спектр КР плівки Bi_2S_3 .

Особенности энергетических эффектов при ионном осаждении защитных покрытий

Костржицкий А.И., Чебан Т.В., Береговая О.М.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г.Одесса, Украина

При использовании метода ионного осаждения, появляется реальная возможность существенного снижения технологической температуры конденсации, обеспечивающей формирование качественных покрытий с требуемыми эксплуатационными характеристиками. Температура подложки в процессе ионного осаждения зависит от интенсивности теплового излучения испарителя, конструкции и материала держателя подложки, теплоты конденсации покрытия и интенсивности ионной бомбардировки. Последний фактор имеет значение как на стадии очистки,

так и на стадии осаждения покрытия. Эти факторы определяются, как правило, конструктивными особенностями вакуумной установки и не являются обобщающими для оптимизации технологических параметров металлизации.

Проведены опыты с подложками различной толщины показали, что скорость разогрева подложки пропорциональна отношению площади поверхности обрабатываемого образца к его объему.

Непосредственное измерение температуры металлируемой продукции как в процессе предварительной очистки, так и на стадии осаждения представляет значительные трудности. Использование обычных измерительных систем невозможно из-за влияния сильных электролитических полей разряда на измерительные цепи, а применение оптических методов измерения температуры невозможно из-за достаточно низких температур подложки. В этой связи нами использован индикационный метод приблизительной оценки температурного разогрева подложки. Экспериментальные данные показывают, что в процессе ионного осаждения даже в случае получения покрытий с высокой теплотой конденсации (железохромистые сплавы) температура подложки по окончании процесса не превышает 930 К, что существенно ниже, чем в оптимальных режимах осаждения при обычном термовакуумном напылении. Так, например, минимальная температура стальной подложки, обеспечивающая формирование качественного защитного покрытия из сплава Fe-Ni-Cr, составляет 1100 ... 1200 К.

Анализ энергетических и температурных эффектов при ионном осаждении покрытий показывает, что в сравнении с методом обычного термовакуумного напыления специфика технологии ионного осаждения позволяет существенно снизить температуру формирования качественных конденсационных структур. Конкретные числовые данные о температурных границах разогрева подложки на стадиях очистки и конденсации могут быть использованы как информационный задел при разработке технологических режимов металлизации тонколистовой и полосовой стали.

Формирование наноразмерных упорядоченных структур на кремниевых и углеродных подложках

Крышталь А.П., Кричевская О.А.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

Островковые пленки металлов на различных подложках находят широкое применение в современных технологиях, в том числе микро и нано электроники. При этом всегда возникает вопрос - частицы какого размера определяют протекание того или иного процесса. В случаях, когда

основной вклад в исследуемый параметр вносит объем, например, коалесценция, исследования структуры и т.д., важно распределение именно объема частиц по размерам, в других же случаях, например, адсорбция, катализ, необходимо знание функции распределения площади поверхности частиц. Как правило, для практического применения необходимы островковые структуры с монодисперсным распределением частиц по размерам. Островковые пленки, получаемые путем конденсации в вакууме на различных подложках по механизму пар-жидкость, имеют лишь на самых ранних, докоалесцентных, стадиях функцию распределения с одним, явно выраженным, максимумом. При дальнейшем росте пленок формируются бимодальные структуры с частицами, образовавшимися в результате коалесценции, и малыми частицам, зародившимися на освобожденных местах подложки.

В настоящей работе предложен новый метод создания упорядоченных нанокристаллических структур в широком диапазоне размеров. Суть метода состоит в том, что при плавлении сконденсированных в вакууме сплошных пленок на подложке, в результате процессов самоорганизации, формируются пространственно упорядоченные нанокристаллические структуры с одномодальной функцией распределения островков по размерам и с практически одинаковой их формой.

С использованием просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии исследовано распределение частиц по размерам в островковых пленках Bi , Sn и Pb , формирующихся при плавлении соответствующих сплошных пленок толщиной 1-200 нм на аморфных и моно кристаллических подложках кремния и углерода. Установлена линейная зависимость максимума функции распределения частиц по объему от массовой толщины пленок, получены новые данные о характере взаимодействия частиц с подложкой и исследованы морфологические характеристики указанных островковых пленок (коэффициент заполнения, плотность частиц, степень монодисперсности).

Морфологическая структура пленок Bi/C вблизи температуры плавления

Крышталь А.П., Гладких Н.Т., Чепурная Л.Н.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

Метод определения температур фазовых переходов в тонких пленках по изменению их морфологической структуры достаточно широко используется в современных исследованиях. Особенно интересные результаты этот метод позволяет получать при изучении фазовых переходов в бинарных пленочных системах. Так, к настоящему времени с

его помощью удалось визуализировать основные контуры диаграмм плавкости бинарных систем, исследовать влияние матрицы на температуру плавления тонких пленок, определить величины переохлаждения при кристаллизации и т.д. Однако, при использовании указанного метода часто обнаруживаются две, близко расположенные, границы, соответствующие значительному изменению морфологии пленочной системы с изменением температуры подложки.

В настоящей работе проведено исследование границ, образующихся в результате плавления сплошных пленок висмута (~100нм), конденсируемых в вакууме на полированную подложку из нержавеющей стали. После конденсации один конец подложки нагревался до температуры около 600К при одновременном охлаждении другого. Подложка с градиентом температур выдерживалась различное время (от минуты до нескольких часов), что позволяло отделить диффузионные процессы, происходящие в поликристаллической пленке, от фазового перехода, связанного с плавлением. После охлаждения морфология пленок изучалась в растровом электронном микроскопе.

В результате проведенных исследований обнаружено, что первая граница, со стороны более высоких температур, всегда перпендикулярна градиенту температур и ее положение не меняется при изменении времени выдержки подложки при стационарном распределении температуры. При переходе через эту границу к более высоким температурам пленка приобретала вид островков равновесной сферической формы с углом смачивания более 100°, что указывало на фазовый переход, т.е. на температуру плавления. Вторая граница, расположенная при более низких температурах, имела явно диффузионную природу, ее рельеф и положение существенным образом зависели от условий эксперимента. При увеличении времени, которое подложка с пленкой находилась при заданном и стационарном градиенте температур, граница постепенно смещалась в область более низких температур, становясь все более размытой и ломаной, что указывало на то, что она соответствует температуре разбиения сплошной пленки висмута на островковую в результате протекания в ней диффузионных процессов.

Товщини квазітвердих наноплівочок з мастильних матеріалів на металевих поверхнях

Кузишин О.В., Луцишин Н.І., Сав'як О.Л.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна

Метою даної роботи є пошук методів розрахунків товщини мастильних плівок та знаходження залежності товщини мастильної плівки

від температури і навантаження за результатами випробувань мінеральних олив за схемою чотирикульового металічного контакту.

Для дослідження наноплівки, що утворюються на поверхні сталі, використали мінеральні, нафтові, полігліколеві оливи, перфторполіетери (ПФПЕ) та мастильні матеріали на основі ріпакової оливи (оксиетильовану ріпакову оливу – ріпокс-6,12,20, амідовану та гідратовану оксиетильовану ріпакову оливу та сульфідовану ріпакову оливу з вмістом сірки 6,12, 20 %).

Навантажувальну здатність та протизносні властивості олив досліджували на чотирикульовій машині тертя (ЧКМТ) ХТІ-72. Для оцінки гідродинамічних ефектів використали критерій Ланкастера. Вираз для розрахунку товщини мастильних плівок знаходили через критерій гідродинамічних ефектів. У результаті досліджень знайдено вираз для розрахунку товщини мастильних плівок через гідродинамічні ефекти. Результати розрахунків за критерієм гідродинамічного ефекту та за формулами теорії гідродинамічного мащення співпадають.

При 20°C товщина мастильної плівки авіаційної оливи в герцівському контакті змінюється від 62,2 до 62,1 нм, в кінці 1 хв. випробувань – від 100,2 до 112,9 нм; для компресорної оливи при 20°C h_0 від 38,2 до 38,3 нм, h_t – від 58,8 до 53,3 нм, для індустриальної оливи h_0 від 16,7 до 16,8 нм, h_t від 41,6 до 33,4 нм, для вазелінової оливи h_0 від 18,6 до 19,0 нм, h_t – від 29,1 до 26,6 нм, товщина мастильної плівки сульфідованої ріпакової оливи для h_t становить 20,5 нм на початку тертя та 38,4 нм в кінці 1 хв. випробування. За розрахунками на поверхні сталі при мащенні ПФПЕ буде утворюватися гранична плівка з товщиною 2,0-23,9 нм при 20°C, 6,5-42,9 нм при 45°C та 3,1-12,5 нм при 90°C для різних фракцій марок ПЕФ з температурою кипіння основної фракції від 60°C до 240°C. Встановлено, що з підвищенням температури і навантаження в кульовому металічному контакті відбувається стоншення мастильної плівки до 5-10 нм для герцівського контакту та 8-17 нм в кінці 1 хв. випробувань при зменшенні критерію гідродинамічного ефекту до величини порядку 10^{-16} - 10^{-15} м², що приводить до критичного стану наноплівки мастильних олив, який завершується проривом плівки і металічним контактом на окремих ділянках поверхні. Критичне навантаження залежить від товщини наноплівки мастильної оливи на твердих поверхнях. З підвищенням температури спостерігається звуження ділянки товщини наноплівки для різних мастил і її переміщення в область малих значень товщин плівки.

Термические и упруго-пластические волны в металлических мишенях под воздействием потоков заряженных частиц

Кульментьева О.П.

Сумский государственный университет, Сумы, Украина

Под воздействием высокоэнергетических пучков заряженных частиц (НСЭП и МИП) в металлических материалах происходят структурные и фазовые превращения, которые определяются динамикой тепловых полей и полей напряжений, возникающих в поверхностных слоях вследствие поглощения энергии пучка, и в зоне теплового влияния (ЗТВ), непосредственно примыкающей к облучаемой поверхности. Вариация параметров пучков позволяет изменять тепловой режим ЗТВ в широких пределах. Условия формирования ЗТВ в материалах при воздействии НСЭП и МИП с различными параметрами проанализированы на основе тепловых расчетов, результатов структурных исследований и результатов измерений микротвердости.

При ионном облучении плотность энерговыделения значительно выше, чем при электронном облучении с той же энергией. Большее отличие наблюдается и в ширине зоны энерговыделения, которая определяется пробегом частиц в материале мишени. Результаты расчета полей напряжений в мишени при облучении электронами показали, что при малых плотностях тока пучка в твердотельной части мишени распространяется волна сжатия и непосредственно за ней волна разряжения. При увеличении плотности тока пучка, вещество из зоны энерговыделения начинает интенсивно испаряться, и облучаемая поверхность перестает быть свободной. Это приводит к уменьшению величины растягивающих напряжений и их полному исчезновению. При облучении ионами с той же энергией, из-за высокой плотности энерговыделения образуется плазма, что приводит только к образованию волны сжатия. Таким образом, при облучении ионами ширина волны определяется длительностью импульса, а при электронном – зависит от энергии падающих частиц.

Проведены оценки величины напряжений, возникающих в твердом теле в зависимости от параметров падающего пучка. Показано, что при электронном облучении температура среды вне области энерговыделения меняется незначительно. На основании этого можно сделать вывод о том, что все структурные превращения в облучаемых материалах происходят только за счет прохождения волн напряжения. Сравнение результатов экспериментов и численного моделирования показало их корреляцию между собой.

Структурные уровни воздействия пучков заряженных частиц и плазмы на твердотельные мишени

Кульментьева О.П.

Сумский государственный университет, Сумы, Украина

Перспективными направлениями обработки материалов, успешно развивающихся в последние тридцать лет является использование концентрированных потоков энергии (КПЭ) (от 10^3 до 10^8 Вт/см²), достигаемых с помощью электронных и ионных пучков, лазерного излучения и потоков плазмы. Пучковые технологии применяются для улучшения эксплуатационных свойств широкого класса материалов. Описанию воздействий непрерывных и импульсных электронных и ионных пучков посвящены разрозненные исследования, проведенные на полупроводниках или отдельных металлах и сплавах. Анализ многочисленных отечественных и зарубежных публикаций показал, что при обработке электронными и ионными пучками твердых тел для их модификации применяются:

– низкоэнергетические (до десятков кэВ) сильноточные электронные пучки (НСЭП) с плотностью тока до нескольких кА/см²,

– высокоэнергетические (несколько МэВ) импульсные сильноточные электронные пучки с длительностью импульса 10^{-8} – 10^{-6} с и с плотностью потока энергии W до сотен Дж/см²·за импульс,

– мощные ионные пучки (МИП) (сотни кэВ, наносекундной и микросекундной длительности) с W от 1 до 100 Дж·см⁻²·имп⁻¹. Среди последних наиболее эффективны пучки легких ионов (протонов, углерода, азота, бора, кислорода, их смеси и комбинации). Электронные и ионные пучки обладают большой удельной мощностью, благодаря чему они способны создать в приповерхностных слоях материалов сверхбыстрый локальный нагрев и сверхскоростное охлаждение ($\Delta T/\Delta t \sim 10^8$ – 10^{11} К/с). Градиент температур на поверхности и в приповерхностных слоях мишени может составлять 10^9 К/м. При минимальном теплоотводе это приводит к изменениям структурно-фазового состояния поверхностных слоев, которые в свою очередь определяют свойства обрабатываемых материалов. Эволюцию твердого тела под действием пучков частиц можно рассматривать на макроскопическом, мезоскопическом и микроскопическом уровнях.

В работе проводится рассмотрение закономерностей формирования морфологии поверхности (макроскопический уровень), дислокационной субструктуры (мезоскопический уровень) и фазового состава (микроскопический уровень) слоев твердых тел, модифицированных импульсными пучками частиц (электронами, ионами и плазмой).

Массоперенос и модификация материалов на основе железа мощными потоками импульсной плазмы

Кульментьева О.П., Денисенко Р.

Сумский государственный университет, Сумы, Украина

Плазменно-детонационная обработка (ПДО) металлических материалов приводит к изменению элементного состава обработанной поверхности. В настоящей работе исследовалось влияние ПДО на изменение элементного и фазового состава в α -Fe и инструментальной стали 3Х3М.

ПДО производилась на установке ИМПУЛЬС-5 различным числом импульсов при следующих условиях: $U = 3,5$ кВ, $I = 2$ кА, на расстоянии 50 мм, емкость конденсаторной батареи 800 мкФ, использовался электрод из ВК-15 и Мо. Твердость образцов определялась на приборе ТБ5004 с диаметром шарика 5мм, микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой 5 Н. Фазовый состав определяли с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-2.0 в медном и кобальтовом K_{α} -излучении.

Изучение прочностных свойств показало, что в исходном состоянии образцы имели твердость порядка 2000 МПа. После ПДО, в зависимости от числа импульсов, твердость меняется от 4300 до 6000 МПа. Измерение микротвердости образцов до и после ПДО показало, что в результате ПДО микротвердость отдельных элементов структуры увеличивается в 1.2-1.8 раза, причем с увеличением числа импульсов обработки, это соотношение падает.

Результаты рентгеноструктурного анализа приведены в таблице.

Материал	Исходное состояние		После ПДО	
	Параметр решетки, Å	%	Параметр решетки, Å	%
α -Fe	2,866		2,862±0,001	
	2,8755±0,0005	82	2,8674±0,0034	68
3Х3М			2,8406	1,3
	3,5962±0,0023	9,1	3.6054±0,0012	10

В результате ПДО происходит: 1) массоперенос тяжелых элементов (W, WC, Co), которые в решетке матрицы образуют как свою подрешетку, так и решетки оксидных и карбидных фаз; 2) структурно-фазовые превращения в матрице, обусловленные высокоскоростными температурными воздействиями импульсной плазмы; 3) насыщение поверхности легкими элементами С, N, О из сопутствующего плазменного потока. Выделение новых фаз способствует улучшению прочностных свойств.

Параметры переноса при импульсных технологиях обработки твердых тел

Кульментьева О.П.¹, Кульментьев А.И.², Селифонова Е.¹

¹Сумский государственный университет, Сумы, Украина

²Институт прикладной физики НАНУ, Сумы, Украина

К современным импульсным технологиям обработки твердых тел относятся ударно-волновое нагружение, ультразвуковая ударная обработка, обработка импульсным магнитным полем, взрывная обработка, электрогидроимпульсная обработка, а также обработки, производимые пучками заряженных частиц, плазмы и лазерными пучками (ЛО). Как показывает анализ литературных данных импульсные технологии обработки твердых тел приводят к изменению субструктурного, элементного и фазового состава обработанной поверхности.

В настоящей работе проведены расчеты коэффициента массопереноса D_m для различных видов импульсной обработки. Кроме того, проведены расчеты коэффициентов термической диффузии D_d для металлов, находящихся в жидком состоянии. Полученные данные сведены в таблицу. Здесь же приведены данные для режимов обработок (n – число импульсов; t – длительность импульсов; h_{\max} – максимальная глубина проникновения легирующего элемента), обрабатываемых материалах и внедренных элементах, обнаруженных экспериментально.

Вид обработки	Режимы обработки			Подложка	Внедренный атом	$D_d, \text{см}^2/\text{с}$	$D_m, \text{см}^2/\text{с}$
	n	t	h_{\max}				
ЛО		30 нс	300 мкм	Ni	Cu	$3,5 \cdot 10^{-11}$	230
ПДО	4	0,8 мс	15 мкм	α -Fe	N	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$
					C	$5,4 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
					O	—	$3,39 \cdot 10^{-5}$
ЭПО	—	10 ч	3 мм	α -Fe	Cu	$8 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-6}$
		150 с	3 мм		W	$\sim 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-7}$
Обработка ионными пучками	1	50 нс	$0,4 \div 1,0$ мкм	Cu	Ag	$4,9 \cdot 10^{-9}$	$(7 \pm 3,0) \cdot 10^{-2}$
	5	50 нс	$0,4 \div 1,0$ мкм	Cu	Ag	$4,9 \cdot 10^{-9}$	$(1,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-2}$
	1	50 нс	$0,3 \div 1,4$ мкм	Nb	Al	—	$(2,5 \pm 1,6) \cdot 10^{-2}$
	5	50 нс	$0,3 \div 1,4$ мкм	Nb	Al	—	$(3,0 \pm 2,0) \cdot 10^{-2}$

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что значение коэффициента массопереноса после импульсных обработок пучками заряженных частиц и плазмы на 1–7 порядков (а для ЛО – на 13 порядков) больше коэффициента термической диффузии в жидкой фазе.

Модифицирующее влияние сложных соединений вольфрама (+6) на рост термических оксидных слоев на фосфиде индия

Лаврушина С.С., Миттова И.Я., Попело А.В.

Воронежский госуниверситет, Воронеж, Россия

При термическом окислении InP в атмосфере кислорода на поверхности полупроводника происходит рост слоев, состоящих из оксидов индия и фосфора, а также фосфата индия. Собственное окисление InP сопровождается также протеканием реакции собственного транзита, что приводит к образованию неокисленного индия в слоях. Использование различных хемостимуляторов приводит к изменению механизма процесса, и, как следствие, состава и свойств образующихся пленок.

В работе исследовали влияние вольфрамовой кислоты и вольфрамата аммония на закономерности формирования термических оксидных слоев на фосфиде индия. Активаторы помещали в кварцевом контейнере в горячую зону реактора на расстоянии 5 мм от полированной пластины InP, вертикально закрепленной в кварцевом держателе и обращенной рабочей поверхностью к потоку кислорода и продуктов разложения хемостимуляторов. Температура окисления – 500-580⁰С. Кинетические данные обрабатывали с помощью формализованного степенного уравнения $d=(k\tau)^n$, где d - толщина образовавшегося слоя, нм; τ - время окисления, мин; k - константа скорости, нм^{1/n}/мин; n - показатель степени. Расчет эффективной энергии активации (ЭЭА) проводили с использованием уравнения Аррениуса, предварительно усреднив значения n для разных температур. Исследованные процессы термоокислирования InP с участием двух хемостимуляторов характеризуются малыми значениями показателя степени в степенном уравнении – $n_{cp} = 0,16$ и $0,34$ для вольфрамовой кислоты и вольфрамата аммония, соответственно.

Методом локального рентгеноспектрального микроанализа (ЛРСМА, KamScan) показано включение в растущие слои в небольших количествах вольфрама, по всей видимости, в виде оксида или вольфрамат-иона, о чем свидетельствует характер инфракрасных спектров пропускания. Полученные пленки исследовали также методом ультрамягкой рентгеновской спектроскопии (РСМ-500). Сравнительный анализ полученных L_{2,3}-спектров фосфора позволяет сделать вывод о взаимодействии продуктов собственного окисления InP с образующимся при разложении активаторов оксидом вольфрама (+6) – координация фосфора кислородом в исследованных слоях отвечает фосфатной, что характерно, в частности, для гетерополисоединений. В собственных слоях по данным УМРЭС координация фосфора кислородом существенно ниже фосфатной.

Оптические свойства пленок ПГМС, облученных легкими ионами

Леонтьев А.В., Бойко Е.Б., Камышан А.С., Комаров Ф.Ф., Леонтьев Ю.А.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Представлены экспериментальные результаты по исследованию структуры, состава и оптических свойств кремнийорганических соединений, полученных на основе пленок типа “Spin-on-Glass” (SOG), подвергнутых термообработке и последующей бомбардировке протонами и ионами азота. Перед нанесением раствор SOG (фирмы FILMTRONICS, USA), тщательно фильтровался, подложки кремния КДБ-12 химически очищались. Пленки формировались центрифугированием с последующей термообработкой в атмосфере N_2 или на воздухе.

Толщина и оптические константы пленок SOG определялись методами лазерной и спектральной эллипсометрии. Для решения обратных уравнений эллипсометрии разработан программный комплекс ELLIPS предназначенный для быстрого расчета толщины, коэффициентов преломления и экстинции тонких диэлектрических пленок по данным лазерной эллипсометрии. Решение обратных уравнений эллипсометрии с использованием высокоточной 4-х зонной схемы измерений при нескольких углах ($65-73^\circ$) падения лазерного излучения лежит в основе предложенного метода.

Состав пленок контролировался методом резерфордского обратного рассеяния ионов гелия с энергией 1,0 МэВ. Данные ИК-спектроскопии показали, что исходные пленки по своей структуре близки к полигидроксиметилсилоксану (ПГМС) и имеют коэффициент преломления $k = 1,41-1,42$ ($\lambda = 628,3$ нм). Облучение протонами с энергией 300 кэВ дозой от 10^{14} до 5×10^{16} ион/см² позволяет увеличить коэффициент преломления до 1,55 при коэффициенте поглощения близком к нулю ($k < 0,001$), что делает возможным их использование в качестве материала для диэлектрических микроволноводов. Бомбардировка ионами N^+ (300 кэВ) в диапазоне доз от 10^{14} до 5×10^{15} ион/см² позволяет достичь более высокого значения коэффициента преломления $n = 1,7-1,75$, но при этом на порядок возрастает величина поглощения. Обсуждаются корреляции величины Δn с плотностью неупруго выделенной энергии.

Наблюдаемые изменения коэффициента преломления объясняются структурными преобразованиями, протекающими в пленках ПГМС при облучении: укорочением длин структурных звеньев $[Si-O-Si]_n$ и потерей метильных групп. Ионная бомбардировка приводит к усадке пленок и существенному изменению их состава в связи с потерей атомов водорода. Отношение N_{Si}/N_O , рассчитанное из данных POP, близко к 0,5.

Структура і фізико-хімічні властивості плівок Ge-Oedph

Лепіх Я.І., Сминтина В.А., Снігур П.О.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна

Координаційні сполуки германію (КСГ) є новим класом функціональних матеріалів, що мають вдале сполучення фізико-хімічних властивостей і електрофізичних параметрів, важливих з точки зору застосування їх у функціональній мікроелектроніці і сенсорній техніці. КСГ, крім того, відрізняються високою технологічністю.

Плівки КСГ, складу сполуки германію з оксиетилідендифосфоною кислотою (Ge-Oedph), що представляють собою полімерний композит, наносилися на діелектричні підкладки з Al_2O_3 , ситаллу, кварцу і скла різними методами, включаючи метод Ленгмюра-Блоджетт (Л-Б).

Дослідження структури плівки показали, що вона являє собою супрамолекулярний ансамбль з гексамерними циклічними комплексними аніонами $[Ge_6(\mu-OH)_6(\mu-Oedph)_6]^{6-}$. Атоми германію попарно об'єднані гідроксильним і оксиетилідендифосфонатними містками. При цьому кожен атом Ge координований по вершинах октаедру двома гідроксатомами кисню і чотирма атомами кисню чотирьох фосфонових груп двох лігандів Oedph. Це супроводжується замиканням двох шестичленних циклів GeO_2P_2C і восьмичленного біметалічного $Ge_2O_4P_2$. До складу кожного комплексного фрагменту входить від 12 до 40 молекул гідратної води. Атоми кисню молекул води контактують на коротких відстанях з декількома (від трьох до шести) "сусідами" - молекулами води, ліганду і гідроксгрупами, тобто беруть участь як у донорних, так і у акцепторних Н-зв'язках.

Така структура потенційно забезпечує здатність зв'язувати і переносити катіони, будучи в непроторованому стані, а аніони – в протонованому, а також переходити від зв'язаного до незв'язаного стану, або, в залежності від значень рН.

Аналіз експериментальних даних досліджень структури і властивостей КСГ показав, що на їх основі можуть бути отримані функціональні матеріали, різноманітні за своїми фізико-хімічними властивостями, що робить їх перспективними для створення різних за функціональним призначенням мікроелектронних пристроїв.

Характеристики та фотокаталітична здатність Ru-вмісних TiO_2 плівок

Ліннік О.П., Смірнова Н.П., Єременко Г.М., Кіш Х.

Інститут Хімії Поверхні, НАН України, Київ, Україна

Аналогічно до залізо-вмісних плівок, які показали високу

фотокаталітичну дію (1, 2), тонкі плівки диоксиду титану з різним процентним вмістом рутенію отримані золь-гель методом. Структура плівок з 5 % вмістом рутенію, прожарених при 200°C, вивчена з використанням різних фізико-хімічних методів аналізу оскільки саме зазначені Ru/TiO₂ плівки виявили фотокаталітичну активність в процесі фіксації азоту. Зі спектрів поглинання та рентгено-структурного аналізу, плівки, прожарені при 200°C, містять анатаз та Ru³⁺ іони, в той час як утворення диоксиду рутенію спостерігається в плівках прожарених при 600°C. Фотоелектрохімічні дослідження показали, що плівки є напівпровідниками n-типу. ТЕМ аналіз показав, що плівки з невеликими порами на межі поділу субстрат-плівка мають товщину 50-60 нм. Співвідношення компонентів в плівці знаходяться в пропорції Ti : Ru : O як 1:0.014:2, як свідчить EDX спектр.

Експерименти по фіксації азоту були проведені в присутності водних розчинів етанолу або гумінової кислоти використовуючи нефільтроване опромінення (> 290 нм). Плівки прожарені при 150 °C, 500 °C та 600 °C були зовсім не активні. Плівки з низьким вмістом рутенію прожарені при 200 °C виявили низьку активність. В присутності 25 %, 75 % розчинів етанолу та 5 % Ru/TiO₂ плівки, були зафіксовані NH₄⁺ іони. При опроміненні на протязі 6 год утворення нітрату спостерігалось як і у випадку залізо-вмісних плівок. Коли N₂ газ був замінений на аргон, не спостерігалось утворення ні іонів амонію, ні нітрату. Таким чином, процентний вміст рутенію в плівці, температура прожарювання, природа та концентрація відновлюючого агента значно впливають на ефективність процесу.

1. Rusina O., Linnik O., Eremenko A., Kisch H. Nitrogen Photofixation on Nanostructured Iron Titanate Films // *Chem. Eur. J.*, 9, pp. 561-565 (2003).
2. Русина О., Ліннік О., Смирнова Н., Єременко Г., Кіш Х. Фотокаталітична активність нанокристалічних Fe/TiO₂ плівок під дією опромінення УФ та видимим світлом // *Хімія, фізика та технологія поверхні*, (10), сс. 85-90 (2004).

Кристалоквазіхімія складного спектру точкових дефектів телуридів олова і свинцю

Ліщинський І.М., Бойчук В.М., Борик В.В., Іванишин І.М., Туровська Л.В.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Телурид олова характеризується широкою областю гомогенності (до 1 ат. %), яка повністю зміщена на бік телуру. Це обумовлює високу концентрацію носіїв струму (10²⁰-10²¹) см⁻³ і тільки р-тип провідності [1]. Телурид свинцю, навпаки, існує як із надлишком телуру, так і з надлишком

металу, що веде до р- і n- типу провідності відповідно [2].

Точкові дефекти та їх комплекси у значній мірі відповідальні за весь комплекс фізико-хімічних властивостей матеріалу. На даний час немає єдиної думки щодо природи цих дефектів та їх зарядового стану. Для пояснення відомих експериментальних результатів нами запропоновано реалізацію складного спектру як виду цих дефектів, так і їх зарядового складу. На основі запропонованих квазіхімічних формул [3] розраховано залежність концентрації дефектів, вільних носіїв та холлівської концентрації від ступеня відхилення від стехіометричного складу. Так, зокрема, виміряні значення пікнометричної і рентгенівської густин, холлівської концентрації нестехіометричного SnTe показують, що якщо до складу $\sim 50,4$ ат.% Te переважає утворення чотиризарядних вакансій олова, то при більшому відхиленні від стехіометрії – двозарядних. Для n-PbTe основними точковими дефектами є: одно – і двозарядні вакансії свинцю V_{Pb}^- , V_{Pb}^{2-} двозарядні вакансії телуру V_{Te}^{2+} та міжвузлового свинцю Pb_i^{2+} , концентрація яких із збільшенням нестехіометричного Pb зростає. При цьому домінуючу роль у формуванні величини холлівської концентрації відіграють вакансії у аніонній підґратці. Для р-PbTe серед існуючих дефектів V_{Pb}^- , V_{Pb}^{2-} , V_{Te}^{2+} важливу роль відіграють двозарядні вакансії свинцю, які є відповідальними за діркову провідність.

Проаналізовано також залежність концентрації дефектів від величини диспропорціювання вакансій у катіонній підґратці телуриду свинцю.

1. Шперун В.М., Фреїк Д.М., Прокопів В.В. *Телурид олова. Фізико-хімічні властивості*. За заг. ред. Фреїка Д.М., Плай, Івано-Франківськ. 152 с. (2002).
2. Фреїк Д.М., Прокопів В.В., Галушак М.О., Пиц М.В., Матеїк Г.Д. *Кристалохімія і термодинаміка атомних дефектів у сполуках $A^{IV}B^{VI}$* . За заг. ред. Фреїка Д.М. Плай, Івано-Франківськ. 162 с. (1999).
3. Лисняк С.С. Кристаллоквазіхімічическая модель исследований в химии твердого тела // *Изв. АН СССР. Неорганические материалы*. 29(9), сс. 1913 – 1917 (1992).

Вплив відпалювання на магнітоопір тришарових плівок Co/Cu(Ag)/Co

Лобода В.Б., Шкурдода Ю.О., Хурсенко С.М.

Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка, Суми, Україна

Для тришарових плівок Co/Cu(Ag)/Co з товщинами шарів $2d_{Co} = 50-70$ нм, $d_{Cu} = 1-20$ нм та $d_{Ag} = 1-30$ нм досліджено вплив температури відпалювання на форму петель магніторезистивного гістерезису та

величину повздовжнього і поперечного магнітоопору (МО). Встановлено, що при $d_{Cu} = 1-2$ нм та $d_{Ag} = 1-5$ нм залежності МО від напруженості магнітного поля аналогічні відповідним залежностям для плівок Со (анізотропний МО). Прошарки такої товщини, очевидно, не є суцільними і не забезпечують відповідної антиферромагнітної взаємодії шарів Со.

Для плівок з $d_{Cu} = 2-10$ нм та $d_{Ag} = 5-20$ нм спостерігається гігантський магнітоопір (ГМО) (рис.1а,в), величина якого залежить від товщини немагнітного прошарку, температури відпалювання та температури вимірювання. Так, для невідпалених плівок з $d_{Cu} = 5$ нм, величина ГМО становить біля 1 % ($T = 290$ К). Відпалювання до $T = 700$ К приводить до збільшення ГМО до 3-4 % ($T = 290$ К) та 5-6 % ($T = 150$ К) (рис.1б).

Для плівок з срібним прошарком відпалювання навіть до $T = 400$ К приводить до зменшення величини ГМО (рис.1г), а при відпалюванні до $T = 700$ К відбувається перехід від стану з ГМО до стану з анізотропним МО. На нашу думку, причиною цього є руйнування суцільності срібного прошарку у результаті дифузії атомів Ag (відомо, що Ag є легкодифундуючим металом).

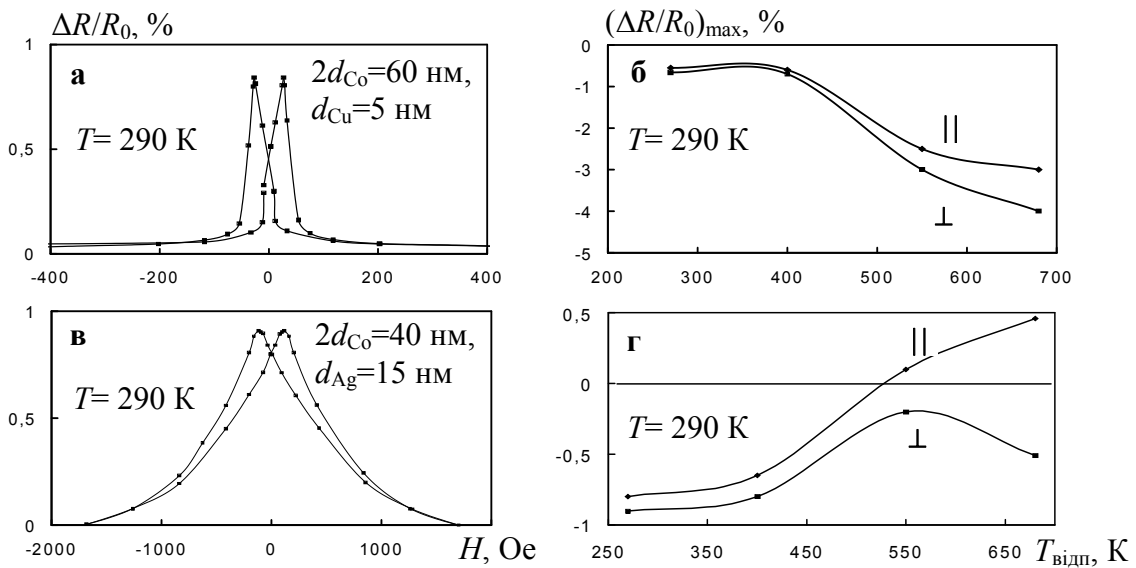


Рис.1. Залежність $\Delta R/R_0(H)$ (а, в) та залежності величини ГМО від температури відпалювання (б, г) для плівок Со/Cu/Со (а, б) та Со/Ag/Со (в, г).

Збільшення товщини немагнітного прошарку $d_{Cu} > 20$ нм та $d_{Ag} > 30$ нм приводить до поступового зменшення величини ГМО і повного зникнення даного ефекту.

Вплив товщини немагнітного прошарку на величину ГМО у тришарових плівках FeNi/Cu(Ag)/FeNi

Лобода В.Б., Шкурдода Ю.О., Салтикова А.І.

Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка

Для невідпалених симетричних тришарових наносендвічів на основі пермалою Fe_{0,5}Ni_{0,5} (FeNi/Cu(Ag)/FeNi) з товщинами шарів $2d_{\text{FeNi}} = 20\text{-}100$ нм, $d_{\text{Cu}} = 2\text{-}15$ нм та $d_{\text{Ag}} = 4\text{-}15$ нм спостерігається лише зменшення електричного опору при внесенні зразків у магнітне поле, як для повздовжньої (||), так і для поперечної (⊥) орієнтації (рис.1а), що є характерною ознакою гігантського магнітоопору (ГМО). На відміну від сендвічних наноструктур на основі кобальту (Co/Cu/Co чи Co/Ag/Co), гістерезисні петлі ГМО для пермалосєвих сандвічів спостерігаються у дуже вузькому інтервалі напруженостей зовнішнього магнітного поля ~ 20 Ое, а самі петлі – майже прямокутні.

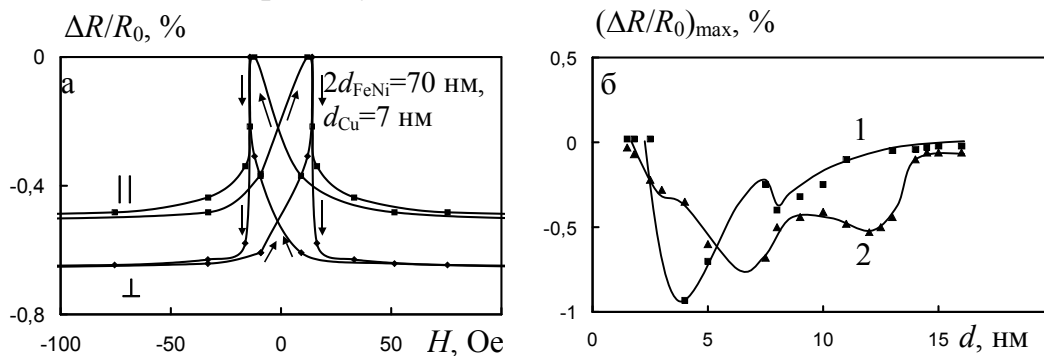


Рис. 1. Залежності $\Delta R/R_0(H)$ (а) та залежності величини ГМО від товщини немагнітних прошарків (б) для срібного (1) та мідного (2) прошарків.

У результаті проведення серії вимірювань встановлені залежності величини ГМО від товщини мідного і срібного прошарків (рис. 1б). Залежності мають осцилюючий характер і в інтервалі товщин прошарків до 15 нм мають два максимуми, які відповідають дещо різним значенням товщини для Ag і Cu. Аналогічні осциляції спостерігалися і для зразків з магнітними шарами іншого складу, проте однозначного пояснення причин цього явища немає [1,2].

Одержані результати показують, що величина ГМО значно залежить від товщини немагнітного прошарку. Максимальні значення ГМО у досліджених нами структурах припадають на область товщин немагнітного прошарку 3-7 нм. Подальше збільшення товщини немагнітного прошарку, з метою зменшення зв'язку магнітних шарів через нього, веде до суттєвого зменшення величини ГМО.

1. Zhang S., Levy P.M. Interpretation of the magnitoresistance in multilayered

- structures // *Phys. Rev. B.* **47**(11), pp. 6776 – 6779 (1993).
2. Parkin S.S.P. Giant magnetoresistance in magnetic nanostructures // *Annu. Rev. Mater. Sci.*, **25**, pp. 357-388 (1995).

Вплив хімічного складу халькогенідів кадмію на параметри газодинамічного потоку пари при осадженні нанокристалів

Лоп'янюк М.А., Никируй Р.І., Школьний А.К.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

В останні роки особлива увага приділена вирощуванню, та синтезу напівпровідників CdS, CdSe та CdTe через їх широке використання у приладових структурах сучасної електроніки.

Метою роботи є розрахунок параметрів пари газодинамічного потоку напівпровідникових сполук CdSe, CdS та CdTe для прогнозованого керування технологічними процесами вирощування та аналіз цих параметрів залежно від хімічного складу матеріалів.

Нанокристали напівпровідників CdS, CdSe та CdTe отримували шляхом осадження пари із газодинамічного потоку у камері циліндричної форми (діаметр $D = 0,05$ м, довжина $L = 0,08$ м, температура випаровування $T_s = 923$ К, градієнт температури вздовж стінок камери $dT_c/dx = -3 \cdot 10^3$ град·м⁻¹).

Встановлено відмінність розподілу параметрів рухомої пари по довжині камери, яку автори пояснюють різною по величині енергією випаровування E_s : найбільшою величиною енергії випаровування володіє сульфід кадмію, тому внесок ревіпаровування в масообмін на стінках для нього є найменшим, що обумовило найбільші значення результуючої швидкості конденсації. При цьому, в міру збільшення енергії випаровування E_s , спостережувані максимуми в залежностях швидкості конденсації $\omega^*(\xi)$ зміщуються в область менших значень безрозмірної координати ξ від CdTe до CdS. Суттєва відмінність базових параметрів енергії випаровування E_s , тиску p_n і густини ρ_n насиченої пари CdS від CdSe та CdTe визначає різку залежність швидкості конденсації сульфідів кадмію від градієнта температури.

Оптимальним фізико-хімічним умовам росту плівок відповідають низькі значення ступеня пересичення парової фази ψ і значні швидкості конденсації ω^* в умовах інтенсивного ревіпарування. Для телуриду кадмію цим вимогам краще всього задовольняє інтервал зміни безрозмірної координати $0,15 \leq \xi \leq 0,45$. При градієнті температури $dT_c/dx = 3 \cdot 10^3$ К/см відстань від випарника, що відповідає осадженню найбільш досконаліших шарів на підкладках, складає $x \approx 2,7$ см. Аналогічно, для сульфідів і селенідів кадмію ці значення складають

$0,18 \leq \xi \leq 0,3$ і $x \approx 2,0$ см; $0,15 \leq \xi \leq 0,35$ і $x \approx 1,8$ см, відповідно.

Механізми формування нанокристалів у методі газодинамічного потоку пари

Лоп'янюк М.А., Никируй Р.І., Насипайко О.В, Гриджук М.Я.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Бінарні напівпровідникові матеріали $A^{II}B^{VI}$ та $A^{IV}B^{VI}$ стали добре відомими завдяки інтенсивному їх використанню в якості активних елементів сучасної електроніки. Поряд із дослідженнями монокристалів та тонких плівок розглянутих сполук, в останні роки все більша увага акцентується на наноматеріалах на їх основі.

У роботі розглянуто самоорганізацію епітаксійних острівків сполук $A^{II}B^{VI}$ та $A^{IV}B^{VI}$ при осадженні газодинамічного потоку пари на монокристалічні підкладки слюди.

Важливими термодинамічними параметрами, які обумовлюють формування структури конденсатів та їх основні характеристики є ступінь пересичення пари ψ , коефіцієнт конденсації a та швидкість результуючої конденсації ω^* . На підкладках слюди, які розміщені у напрямку руху пари, в області критичного перерізу ($x = x_{кр}$) при $\psi = 1,8 \dots 6,2$; $a = 0,1 \dots 0,2$; $\omega^* = 0,2 \dots 0,4$, не дивлячись на існування переважаючих напрямків газового потоку, відбувається ріст окремих структурно-досконалих тривимірних частинок-тетраєдрів. В умовах росту, близьких до нормальних, не спостерігається викривлення ребер, що обмежують форми кристалітів; грані, ребра та вершини переміщуються узгоджено.

На гранях $\{111\}$ кристалів-зародків при значних збільшеннях спостерігається пошарова будова. В ряді випадків утворюються піраміди 3m симетрії, але із зрізаними вершинами. При віддаленні від поверхні випарника вздовж осі камери та росту пересичення пари значно зростає густина кристалів-зародків, зменшуються їх лінійні розміри. За таких умов кристалізації змінюється топологія пірамід росту, їх симетрія понижується від 3m до m і до 1. Найчастіше відбувається трансформація основ пірамід. Причиною цього може бути те, що піраміди заступають одна одну від напрямлених потоків збагачення речовиною.

Тривимірні кристаліти отримують при незначному пересиченні, коли адшар надзвичайно розріджений, що спостерігається при механізмі слабкої адгезії, яка обумовлює виражений зв'язок орієнтацій кристалу-конденсату з підкладкою.

Наведені результати відображають загальну закономірність процесів росту епітаксійних шарів, отриманих у квазізамкненому об'ємі з температурно-градієнтними стінками.

Слід зазначити, що якщо на слюді спостерігається епітаксійний ріст

кристалів, то на аморфній підкладці має місце неорієнтоване наростання конденсату.

Робота частково фінансується ДФФД МОН України (проект № 14.1/028)

Термічна стійкість та електропровідність аморфних плівок системи GaSb-Sn

Луцик Н.Ю., Миколайчук О.Г.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Методами електроннографії та просвічуючої електронної мікроскопії вивчалась термічна стійкість аморфних плівок системи GaSb-Sn. Плівки товщиною біля 500Å отримували методом дискретного випаровування у вакуумі. Електропровідність аморфних плівок системи GaSb-Sn досліджувалась в температурному діапазоні 100-600К.

Як показали електроннографічні дослідження, з ростом концентрації Sn термічна стійкість аморфних плівок знижується. Причому, найбільш різкий спад термічної стійкості спостерігається при високих концентраціях Sn. В системі GaSb-Sn аморфні плівки, осаджені при кімнатній температурі, формуються лише в концентраційному діапазоні 0 – 50 ат.% Sn (0 – 33 моль.% Sn₂). Первинною фазою кристалізації в системі GaSb-Sn є кристаліти β-Sn. При цьому на електроннограмах на фоні дифузних “гало” чітко фіксуються найбільш інтенсивні лінії β-Sn ($d_{200}=2,916\text{Å}$; $d_{101}=2,793\text{Å}$; $d_{211}=2,017\text{Å}$).

На залежностях статичної електропровідності аморфних плівок системи GaSb-Sn від оберненої температури лише при високих температурах спостерігаються лінійні ділянки. Лінійна залежність питомої електропровідності в моттівських координатах в доволі широкому температурному інтервалі вказує на стрибкову провідність по локалізованих станах навколо рівня Фермі. Для аморфних плівок системи GaSb-Sn мінімальна густина локалізованих станів $N(E_F)=4,08 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ спостерігається для плівок GaSb. Зі збільшенням вмісту Sn в аморфних плівках спостерігається значне збільшення густини локалізованих станів на рівні Фермі ($8.51 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ для $(\text{GaSb})_{0.75}(\text{Sn}_2)_{0.25}$). В цій системі температурна границя переходу від стрибкового механізму провідності по локалізованих станах навколо рівня Фермі до активаційного механізму провідності зміщується в область більш низьких температур зі збільшенням концентрації Sn в аморфних плівках. Енергії активації процесу електропровідності аморфних плівок GaSb-Sn змінюється зі складом від 0.32 eV для GaSb до 0.26 eV для $(\text{GaSb})_{0.75}(\text{Sn}_2)_{0.25}$. У зв'язку з високою концентрацією локалізованих станів навколо рівня Фермі, з ростом температури проходить безпосередній перехід від механізму

стрибкової провідності по локалізованих станах навколо рівня Фермі до перенесення носіїв заряду, збуджених за край рухливості в нелокалізовані стани з активаційною температурною залежністю електропровідності.

Кінетика кристалізації аморфних плівок системи Ga-Sb

Луцик Н.Ю., Мельник О.Й.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Кінетика кристалізації аморфних плівок систем GaSb-Sb та GaSb-Ga вивчалась методами електроннографії та просвічуючої електронної мікроскопії (УЕМВ-100К). Плівки товщиною біля 500Å отримували методом дискретного випаровування у вакуумі. Підкладками служили сколи лужно-галоїдних монокристалів, скло та ситал.

Як показали електроннографічні дослідження, в системі GaSb-Sb при осадженні на підкладки, що знаходились при кімнатній температурі, аморфні плівки формуються в концентраційному інтервалі 0-90 ат.% Sb, а в системі GaSb-Ga аморфні плівки без ознак присутності включень Ga -в концентраційному інтервалі 0 – 30 ат.%Ga.

Термічна стійкість та кінетика кристалізації аморфних плівок вивчались безпосереднім нагрівом їх в колоні електронного мікроскопа з використанням приставки ПРОН-2. З ростом концентрації Sb(Ga) термічна стійкість аморфного стану в плівках знижується. В системі GaSb-Sb в інтервалі концентрацій 0 – 10 ат.%Sb первинною фазою кристалізації є тверді розчини на основі GaSb, а в інтервалі 10 – 90 ат.%Sb первинною фазою кристалізації є дрібнодисперсні кристаліти Sb. Однак, кристалічна структура первинних кристалітів Sb суттєво залежить від швидкості неперервного нагріву. При швидкостях нагріву до 5 К/хв. первинною фазою кристалізації є кристаліти ромбоєдричної модифікації Sb. З підвищенням швидкості нагріву кристалізується ряд метастабільних модифікацій Sb. Процес кристалізації завершується формуванням ромбоєдричної фази Sb та сфалеритної фази GaSb.

В системі GaSb-Ga в інтервалі концентрацій 0 – 10 ат.% Ga первинною фазою кристалізації є тверді розчини на основі GaSb. З ростом температури в аморфних плівках з інтервалу концентрацій 10 – 30 ат.% Ga проходить розпад аморфного стану з формуванням мікрровключень рідкого Ga в аморфній матриці. У зв'язку з складністю реєстрації початку розпаду аморфного стану в режимі електроннографа, розпад фіксувався за електронно мікроскопічними зображеннями. З наступним підвищенням температури проходить кристалізація GaSb. Густина та розміри первинних виділень рідкого Ga суттєво залежать від швидкості неперервного нагріву аморфних плівок в колоні електронного мікроскопа.

К вопросу о коррозионной стойкости конденсированных систем медь-олово и их аналогов в атмосферных условиях

Ляпина Е.В., Костржицкий А.И.

Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, Украина

При разработке технологии получения функциональных покрытий из сплавов высокой проводимости для нужд электронной техники [1, 2] важным моментом является долговечность и надежность устройств, включающих тонкопленочные элементы. Исследования влияния сернистого газа на характер изменения электропараметров конденсированных пленок Cu-Sn, Cu-Sn-Al и Cu-Sn-Ni, которые рекомендуются для промышленного использования в качестве пассивных элементов некоторых электротехнических устройств показали [3], что в достаточно большом интервале наблюдений изменение проводимости во

времени описывается степенной функцией. В системе координат $\lg \frac{R_{0i}}{R_{\tau i}}$ –

$\lg \tau$ (R_{0i} и $R_{\tau i}$ – соответственно сопротивления свеженапыленных пленок и в момент τ_i наблюдения) изменения сопротивления во времени

описывается линейной зависимостью: до момента $\tau_{\max i} - \lg \frac{R_{0i}}{R_{\tau i}} = 0$, в

момент $\tau_{\max i}$ излом и далее – снова линейная зависимость. Промежуток времени $0 \dots \tau_i$ (характерный для каждого состава) определяет стабильные значения сопротивления, момент $\tau_{\max i}$ – начало необратимых процессов в пленках, отражающих физико-химическое взаимодействие пленок с атмосферой. Немонотонный характер зависимости $\lg g \tau_{\max} = f(\% \text{ Sn})$ мы объясняем влиянием подложки на сплошность пленок: пленки растрескиваются, что в свою очередь, обуславливает изменение электропараметров.

Полученные экспериментальные данные позволяют оптимизировать технологические параметры получения функциональных пленок изученных составов по критерию “состав-свойство”.

1. Костржицкий А.И., Лебединский О.В. *Многокомпонентные вакуумные покрытия*. Машиностроение, М. 208 с. (1987).
2. Кабанченко М.П. *Исследование технологии нанесения и свойств функциональных покрытий из сплавов на основе меди взамен серебра: Автореф. дис. ... канд. техн. наук*. МИЭТ, М. 23 с. (1984).
3. Ляпина О.В. *Фізико-хімічні процеси на поверхні плівок мідних сплавів: Автореф. дис. ... канд. хім. наук*. Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника, Ів.-Фр., 20 с. (2006).

Фізико-хімічні властивості оксидних плівок на сталі, отриманих іонним бомбардуванням

Маннапова О.В., Соколов О.Д., Костржицький А.І.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

У роботах останніх років доведено, що іонне бомбардування робить певний вплив на електрохімічну і корозійну поведінку матеріалів в різних агресивних середовищах, проте, незважаючи на перспективність використання іонного бомбардування для пасивації поверхні, механізм підвищення корозійної стійкості до кінця не з'ясований. Метою даної роботи є виклад результатів наших досліджень по підвищенню захисних властивостей нехромованої поверхні сталевих поршневих кілець оксидуванням у тліючому розряді в залишковій атмосфері повітря.

Сталеve поршневе кільце і сталеві зразки розташовувалися на катоді розряду при тиску у вакуумній камері 0,2 - 0,4 Па. Для визначення оптимального режиму обробки напруга варіювалася в межах від 600 до 1500 В, щільність струму тліючого розряду від 1,7 до 6,2 мА/см², час обробки від 5 до 20 хвилин. Товщина оксидної плівки, що утворюється, визначалася на гоніометрі оптичним поляризаційним методом із подальшим розрахунком параметрів еліптичної поляризації світла, відбитого від поверхні металу, покритого оксидною плівкою. Фазовий склад оксиду визначали методом електронної дифракції на відбиття при напрузі електроннографу 100 кВ.

Для оптимізації режиму обробки по максимальній корозійній стійкості поверхні були вивчені: зміна електродних потенціалів у часі, характер електродних процесів при зовнішній поляризації і захисні властивості оксидних плівок в нежорстких умовах експлуатації. Потенціодинамічні дослідження, проведені при швидкості накладення зовнішнього потенціалу 0,04 В/хвил, показали, що при оптимальних режимах обробки на анодних поляризаційних кривих виявляється область пасивності.

Лабораторні корозійні випробування у вологій атмосфері протягом 4-х місяців показали, що на поршневих кільцях, оброблених в оптимальному режимі, перші осередки корозії з'являються лише через 25 - 30 діб випробувань. При цьому площа поверхні сталевих поршневого кільця, обробленого в оптимальному режимі, наприкінці терміну випробувань мала 0,2 - 0,3 % корозійних уражень, а необробленого кільця 10 - 11 %.

Таким чином, оптимальним режимом обробки сталевих поршневих кілець в тліючому розряді для підвищення їх корозійної стійкості в нежорстких умовах експлуатації є режим, при якому напруга складає 800 - 1000 В, щільність струму 1,8 - 2,0 мА/см², час 10 - 12 хвилин. Захисний

ефект зумовлює плівка оксиду $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, що формується у розряді.

Фазоутворення в двошарових плівках Co/Au, Co/Ag і Cu/Fe

Майкова Є.², Проценко С.¹, Чешко І.¹, Шумакова Н.¹

¹Сумський державний університет, Суми, Україна

²Інститут фізики САН, Братислава, Словаччина

Великий інтерес до вивчення різних властивостей плівкових систем Co/Au, Co/Ag та Cu/Fe обумовлений тією обставиною, що вони відносяться до класу матеріалів, в яких має місце спін-залежне розсіювання електронів. Оскільки ефективність цього розсіювання електронів. Оскільки ефективність цього розсіювання у значній мірі залежить від стану межі поділу шарів (інтерфейсу), то актуальним стає питання дослідження процесу взаємної дифузії і, супутнього йому, фазоутворення. Вивчення фазового складу двошарових систем Co/Au, Co/Ag та Cu/Fe дозволяє зробити висновки стосовно можливої стабільності чи нестабільності інтерфейсів. Цей аспект проблеми спін-залежного розсіювання електронів і виступає метою даного дослідження.

Аналіз електроннографічних і мікроскопічних даних вказує на те, що у невідпаленому стані плівкові системи двофазні. При відпалюванні зразків Co/Au і Co/Ag до 900К в них утворюються тверді розчини із ГЦК-граткою, в об'ємі кристалітів яких формуються наногранули атомів Co, розмір яких має величину 10 - 15 нм (про це свідчать мікрознімки високої розрізняювальної здатності і спостереження екстра рефлексів, міжплощинні відстані яких відповідають гексагональному Co). Висновок про утворення твердого розчину в системі Co/Au (параметр гратки $a=0,4073$ нм), як і в плівкових системах Co/Ag і Co/Cu, підтверджується результатами роботи [1], в якій проведені дослідження елементного складу і мікроструктури плівкового сплаву (Au-Co), отриманого методом розпилення суміші порошоків Au і Co. Методом мікроаналізу автор [1] встановив, що т.р.(Co, Au) перенасичений з максимальною концентрацією 11 ат.% Co і розміром гранул Co 1,5 – 3 нм. Оскільки у нашому випадку твердий розчин (Co, Au) утворюється і при концентрації 50 – 70 ат.% Co, ми приходимо до висновку надлишок атомів Co над величиною 11 ат.% Co може частково іти на утворення гранул і акомодувати ся межами зерен, знаходячись у квазіаморфному стані.

Дослідження плівкової системи Cu/Fe дозволяють зробити висновок про утворення плівкового нанокристалічного псевдосплаву. Невизначність дифракційної картини від псевдосплаву говорить про міжкристалічну сегрегацію значної кількості атомів з утворенням квазіаморфної структури.

1. Kitada M.. Magnetoresistance and microstructure of sputtered (Au/Co) thin films // *J.Magn. Magn. Mat.*, **208**, p.244 - 250 (2000).

Магнітні та кінетичні властивості $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$

Мар'янчук П.Д., Андрущак Г.О., Майструк Е.В.

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

Напівмагнітні напівпровідникові тверді розчини $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ (область існування яких ($0 < x \leq 0,375$)), одержані нами методом Бріджмена, володіють провідністю n – типу (концентрація електронів $n \sim 10^{18} \text{см}^{-3}$). Дослідження магнітної сприйнятливості (χ) зразків $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ проведено методом Фарадея в інтервалі $T=77-300\text{K}$ і $H=0,25-4 \text{кЕ}$. Встановлено, що залежності $\chi_{\text{Mn}}^{-1} = f(T)$ складаються з прямолінійних ділянок, які описуються законом Кюрі або Кюрі-Вейса. Від'ємні значення парамагнітної температури Кюрі ($\theta < 0$) вказують на те, що в кристалах $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ між атомами Mn виникає обмінна взаємодія антиферомагнітного характеру. Наявність зламів на залежностях $\chi_{\text{Mn}}^{-1} = f(T)$ (при $T=T_C$) обумовлена переходом в парамагнітний стан при підвищенні температури кластерів типу Mn – S – Mn – S (різного розміру), в яких між атомами Mn через атоми сірки здійснюється непряма обмінна взаємодія антиферомагнітного характеру. Збільшення ефективного магнітного моменту ($\mu_{\text{еф}}$) атомів Mn при підвищенні температури підтверджує те, що при $T=T_C$ кластери переходять із “антиферомагнітного” в парамагнітний стан.

Дослідження кінетичних коефіцієнтів кристалів проведені в інтервалі $T=77-300\text{K}$ і $H=0,5-5 \text{кЕ}$. Коефіцієнт Холла (R_H) в досліджуваних кристалах майже не залежить від температури, що вказує на виродження електронного газу. Електропровідність (σ) кристалів має металічний характер (тобто зменшується з ростом температури), що обумовлено зменшенням рухливості електронів (μ_H) при збільшенні T (наприклад для зразка $x=0,03$ при $T=77\text{K}$ $\mu_H = \sigma \cdot R_H \sim 3000 \text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, а при $T=300\text{K}$ $\mu_H \sim 600 \text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$). Термо-ерс (α) збільшується з ростом температури, що обумовлено зменшенням виродженості електронного газу (величина α сягає сотень мкВ/К при кімнатній температурі).

На основі одержаних температурних залежностей кінетичних коефіцієнтів: σ , R_H , α , $\Delta\alpha = \alpha(H) - \alpha(0)$ визначено ефективну масу електронів на рівні Фермі (m_ζ^*/m_0) $\sim (0,04 - 0,06)$ та встановлено її залежність від температури (m_ζ^*/m_0) = $f(T)$, хід якої обумовлений температурною залежністю ширини забороненої зони (E_g) та зміною непараболічності зонного спектру з температурою.

Фізичні властивості твердих розчинів $(3\text{HgSe})_{1-x}(\text{Al}_2\text{Se}_3)_x$, легованих марганцем

Мар'янчук П.Д., Козярьський Д.П., Майструк Е.В.

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

Кристали твердих розчинів $(3\text{HgSe})_{1-x}(\text{Al}_2\text{Se}_3)_x$ та $(3\text{HgSe})_{1-x}(\text{Al}_2\text{Se}_3)_x$ (легованих марганцем), одержані нами методом Бріджмена, володіють провідністю n-типу (концентрація електронів $n \sim (1-6) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$). Велика концентрація електронів в кристалах обумовлена тим, що атоми алюмінію, які заміщають атоми ртуті в підгратці ртуті, є донорами. Дослідження кінетичних коефіцієнтів кристалів проведені в інтервалі $T=77-300\text{K}$ і $H=0,5-5 \text{ кЕ}$. Коефіцієнт Холла (R_H) в досліджуваних кристалах не залежить від температури, що вказує на виродження електронного газу. Електропровідність (σ) кристалів має металічний характер (тобто зменшується з ростом температури), що обумовлено зменшенням рухливості електронів (μ_H) при збільшенні T (при $T=77\text{K}$ $\mu_H = \sigma \cdot R_H \sim 400 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, а при $T=300\text{K}$ $\mu_H \sim 100 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$). Термо-ерс (α) збільшується з ростом температури, що обумовлено зменшенням виродженості електронного газу (величина α сягає десятків мкВ/К при кімнатній температурі). На основі одержаних температурних залежностей кінетичних коефіцієнтів: σ , R_H , α , $\Delta\alpha = \alpha(H) - \alpha(0)$ визначено ефективну масу електронів на рівні Фермі (m_c^*/m_0) ~ 0.06 та встановлено її залежність від температури (m_c^*/m_0) = $f(T)$, хід якої обумовлений температурною залежністю ширини забороненої зони (E_g) та зміною непараболічності зонного спектру з температурою. Дослідження магнітної сприйнятливості (χ) проведено методом Фарадея в інтервалі $T=77-300\text{K}$ і $H=0,25-4 \text{ кЕ}$. Зразки $(3\text{HgSe})_{1-x}(\text{Al}_2\text{Se}_3)_x$ – діамагнітні, їх магнітна сприйнятливість не залежить від напруженості магнітного поля (H) і слабо залежить від температури (при $T=77\text{K}$ $\chi = -0,3 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{Г}$, а при $T=300\text{K}$ $\chi = -0,28 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{Г}$).

Зразки $(3\text{HgSe})_{1-x}(\text{Al}_2\text{Se}_3)_x$ (леговані марганцем $N_{\text{Mn}} \geq 10^{20} \text{ см}^{-3}$) – парамагнітні і їх магнітна сприйнятливість має вигляд характерний для парамагнетиків. Зростання χ при зменшенні T обумовлено зменшенням розорієнтовуючої дії теплових коливань атомів кристалічної ґратки на орієнтацію магнітних моментів атомів Mn в магнітному полі. Залежності $\chi_{\text{Mn}}^{-1} = f(T)$ для досліджуваних зразків з вмістом Mn ($N_{\text{Mn}} \leq 10^{20} \text{ см}^{-3}$) описуються законом Кюрі, при $N_{\text{Mn}} > 10^{20} \text{ см}^{-3}$ – законом Кюрі - Вейса з від'ємними парамагнітними температурами Кюрі (θ). Значення $\theta < 0$ вказують на те, що в досліджуваних кристалах між атомами Mn при $N_{\text{Mn}} \geq 10^{20}$ виникає обмінна взаємодія антиферомагнітного характеру. Термообробка зразків у вакуумі слабо впливає на їх магнітні і кінетичні властивості.

Влияние γ -облучения на модификацию структуры пленок C_{60} на Ti

Матвеева Л.А.¹, Нелюба П.Л.¹, Юхимчук В.А.¹, Клименко А.П.²,
Лашнева В.В.³, Хиврич В.И.⁴

¹Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Киев, Украина

²Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев, Украина

³Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича, Киев, Украина

⁴Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина

Разработка технологий получения фуллеренов в виде пленочного материала на различных подложках позволяет расширить функциональные возможности гетеросистем с фуллеренами в нанофизике и наноэлектронике, а также для практических применений. В наших предыдущих работах была показана перспектива применения фуллереновых плёнок на титане в биомедицине и робототехнике, а для структурной релаксации в пленках C_{60} на Si использовалась обработка гелиевой плазмой тлеющего разряда. В данной работе приведены результаты структурной трансформации в фуллереновых пленках под воздействием облучения γ -квантами ^{60}Co . Плёнки толщиной 0...2 мкм осаждались из молекулярного пучка в вакууме путём сублимации порошка C_{60} из танталовой эффузионной ячейки на титановые подложки. Для уменьшения внутренних механических напряжений в гетеросистеме осаждение проводилось на неподогреваемые подложки титанового сплава ВТ6, который обычно используется в узлах подвижности. Радиационная обработка образцов проводилась в интервале доз до 10^7 Гр. Контроль наноструктуры исходных и облучённых пленок осуществлялся комбинационным (КР) рассеянием света в высокочастотной области спектра. В исходных плёнках наблюдались колебательные моды с симметрией H_g , A_g и H_g на частотах 1424, 1472 и 1580 cm^{-1} , соответственно, а в Фурье-спектрах регистрировались линии с частотами 572, 576, 1183 и 1429 cm^{-1} . Такие частоты характерны для фуллеренов C_{60} .

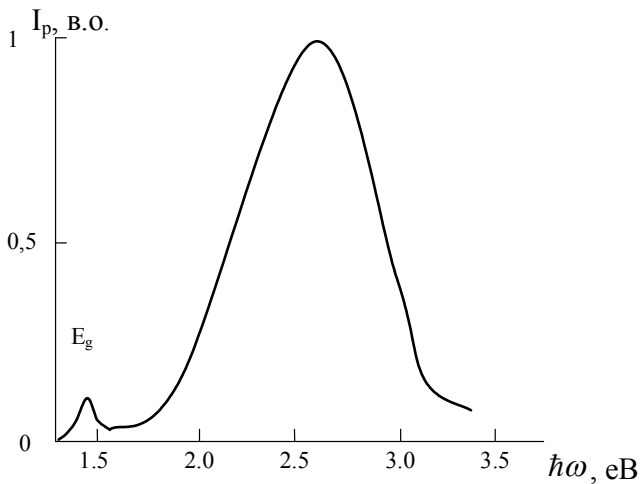
В отличие от воздействия гелиевой плазмы, которое приводило к трансформации спектров КР в области больших частот (кроме фуллереновых полос появлялась G-полоса при 1560 cm^{-1} , обусловленная образованием графитоподобных кластеров), воздействие γ -квантов приводило к появлению особенностей в низкочастотной области спектра. После облучения регистрировалась D-полоса при 1320-1400 cm^{-1} , которая присутствовала также в спектрах КР алмазоподобных углеродных пленок, осаждённых при условии интенсивной бомбардировки подложки Si ионами азота в процессе роста пленки. При дозе 5×10^5 Гр в спектре КР фуллереновые полосы отсутствовали, и наблюдалось расщепление D-полосы на две с максимумами при 1342 и 1374 cm^{-1} . С увеличением дозы γ -квантов до 10^7 Гр оно исчезало, появлялась слабая линия с частотой

1332 см^{-1} , характерная для алмазной структуры. Следовательно, под воздействием γ -облучения происходит разрушение молекул C_{60} в гетеросистеме и образуются кластеры разупорядоченного графита, в которых кроме sp^2 могут присутствовать также sp^3 связи.

Фотоелектричні властивості дифузійних шарів CdTe:Sn

Махній В.П., Гривул В.І., Скрипник М.В.

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна



Телурид кадмію може бути базовим матеріалом для створення детекторів різного типу іонізуючих випромінювань [1]. Для цього необхідні високоомні ($\geq 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{см}$) кристали з високою часовою та температурною стабільністю фізико-технічних параметрів. Один з можливих шляхів вирішення даної задачі – легування CdTe амфотерною домішкою олова, що дозволяє при певних технологічних умовах створювати напівізолюючі

($10^{10}\div 10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{см}$) дифузійні шари [2]. У даній роботі досліджуються їх основні фотоелектричні характеристики, оскільки, вони багато в чому схожі до тих, які формуються під дією іонізуючих часток. Типовий спектр фотопровідності шарів CdTe:Sn при 300 К зображено на рисунку. Найбільш характерною особливістю спектру є наявність високоенергетичної смуги, максимум якої знаходиться при енергіях фотонів $\hbar\omega_m \approx 2,6 \text{ eВ}$ набагато більших за ширину забороненої зони $E_g \approx 1,5 \text{ eВ}$ телуриду кадмію. Експеримент свідчить, що його амплітуда значно перевищує величину фотоструму I_p в області $\hbar\omega$ близьких до E_g . Це свідчить про значне зменшення швидкості поверхневої рекомбінації шарів CdTe:Sn порівняно з вихідними кристалами. Встановлено, що положення максимуму високоенергетичної смуги не залежить від рівня освітленості L та величини прикладеної напруги V . Залежність $I_p(L)$ при $V = \text{const}$ лінійна при малих і коренева при великих рівнях освітленості, що не суперечить відомим моделям теорії фотопровідності. Обговорюються можливості створення на базі дифузійних шарів інжекційних фотодіодів, призначених для детектування слабких потоків оптичного та X-випромінювання.

1. Корбутяк Д.В., Мельничук С.В., Корбут Є.В., Борисюк А.М.. *Телурид кадмію: домішково-дефектні стани та детекторні властивості*. Іван

- Федорів, К. 198 с., (2000).
2. Makhniy V.P.. Semiinsulating Layers of Cadmium Telluride. // *Techn. Phys.* **50**(11), pp. 1513-1514 (2005).

Формування тонких плівок з політетрафторетилену на металевих поверхнях

Мідак Л.Я., Базюк Л.В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Досліджено механізм формування тонких плівок політетрафторетилену на суміжних металевих поверхнях при терті композиційних полімерних матеріалів. Об'єктами дослідження є композиційні полімерні матеріали на основі політетрафторетилену (ПТФЕ), наповнені карбоновими волокнами, твердими мастилами (молібден дисульфідом, коксом та графітом) та порошком алюмінію. Композиційні матеріали отримані за ХМА-технологією, яка полягає в попередньому активаційному подрібненні карбонових волокон з наступним їх змішуванням з полімерною складовою та іншими компонентами композиту.

Поверхні зразків тертя, металевих суміжних поверхонь і карбонових волокон після випробувань досліджували на растровому електронному мікроскопі РЕМ-200 із здатністю до розв'язання об'єкту 30-50 нм та збільшенням від 20 до 26000.

Встановлено, що для композитів на основі ПТФЕ, наповнених карбоновими волокнами, наповнювач при подрібненні і технологічній обробці композиційного матеріалу утворює щільно упаковану структуру: довгі і волокна середньої довжини утворюють об'ємні комірки, а короткі волокна і скалки запаковують комірки. Вихідна поверхня композиту закрита матричним матеріалом.

Електронно-мікроскопічними дослідженнями встановлено, що при терті поверхня волокон оголюється і фактично карбонові волокна несуть повне навантаження. Через шпарини між волокнами (а також частинками твердих мастил) внаслідок прикладеного навантаження витискується матеріал і, при цьому для найбільш щільно упакованої структури (ПТФЕ+10% КВ+10% коксу) витискуються довгі стрічки.

Виявлено переносні плівки високого ступеня упорядкованості на суміжних металевих поверхнях при 323-500 К, що утворені витисненням через шпарини між волокнами полімерним матеріалом.

Варто зауважити, що для композитів на основі ПТФЕ+20% коксу та ПТФЕ+15% коксу+5% КВ, сформованих за ХМА-технологією, аналогічна структура тонких плівок на суміжних металевих поверхнях не

утворюється.

Якщо екструдат затиснутий між частинками волокон і твердих мастил, то через великі напруження і твердіння він розтріскується у поперечному напрямку. Це свідчить про те, що низьков'язкий екструдат при твердінні має високий ступінь впорядкованості.

Особенности фотоиндуцированных и интеркаляционных процессов в тонкопленочных системах Ag-PbI_2

Мусил В.В., Лемешевская Е.Т., Пилипенко В.В., Гурина Г.И.

*Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт", Харьков, Украина*

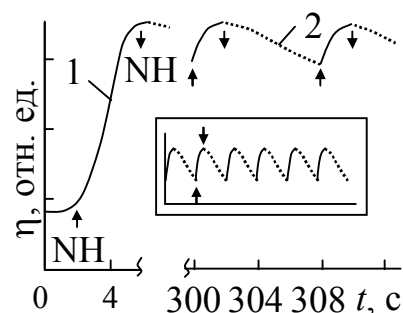
Известно [1], что явление интеркаляции (ИК) представляет интерес при изучении процессов переноса вещества в анизотропных средах, кинетики фазовых и структурных превращений. Кроме того, указанное явление может быть использовано для количественного определения содержания органических молекул в кристаллических материалах, имеющих слоистую структуру (например, в PbI_2).

В настоящей работе рассматривается возможность наблюдения за ходом процесса ИК по изменению дифракционной эффективности η периодических структур (ПС). ПС были сформированы в тонкопленочных системах Ag-PbI_2 при облучении их одним линейно поляризованным лазерным пучком с длиной волны 633 нм [2]. Пленка PbI_2 толщиной $20 \div 50$ нм являлась поликристаллической (средний размер кристаллитов около 50 нм), ось С преимущественно ориентирована нормально подложке. Подложка с образцом Ag-PbI_2 размещалась в камере, имеющей окна для ввода и вывода лазерного излучения, а также снабженной системами подачи газообразного NH_3 и измерения его давления. Была использована оптическая схема регистрации дифрагированного на ПС луча, который, распространяясь в подложке, выходит через ее торец.

На рис. приведены временные зависимости изменения η в процессе напуска аммиака (сплошные линии) в камеру со свежеприготовленным образцом (кривая 1), после удаления аммиака (пунктирные линии) и в последующих обратимых циклах «напуск-удаление» NH_3 (кривая 2, вставка).

Кинетические кривые $\eta(t)$ могут быть описаны с помощью системы дифференциальных уравнений, характерных для последовательных реакций первого порядка с образованием промежуточного метастабильного соединения [3].

Полученные результаты представляют интерес при изучении



механизмов фотоиндуцированных процессов в светочувствительных средах, а также при разработке чувствительных компонентов датчиков аммиака и его производных.

1. Gurina G.I., Savchenko K.V. // *J. Solid State Chem.*, 177, 909 (2004).
2. Mussil V.V., Lemeshevskaya Ye.T., Pilipenko V.V. // *Funct. Mater.*, 11, 771 (2004).
3. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. *Курс химической кинетики*, Высш. шк., М. 463 с. (1984).

Мікропластичність алмазоподібних кристалів

Надточій В.О., Нечволод М.К., Москаль Д.С.

Слов'янський державний педагогічний університет, Україна

Уперше з використанням широкого набору експериментальних методів досліджень (оптичної і електронної мікроскопії, рентгенівської топографії, електричних вимірювань структурно чутливих параметрів) – комплексно досліджені закономірності мікропластичної деформації алмазоподібних кристалів *Si*, *Ge*, *GaAs* та *InAs* у температурній області крихкого руйнування.

Вперше показано, що при зміні температур деформації від високих до низьких (нижче $0,35 T_{пл}$) відбувається зміна механізму руху дислокацій від ковзання до механізму переповзання, що реалізується при малих і середніх рівнях напружень (≤ 400 МПа) у приповерхневих шарах кристалів внаслідок зміни хімічного потенціалу точкових дефектів (зокрема вакансій) у полі прикладених напружень і виникнення відповідних спрямованих дифузійних потоків. Зазначені процеси в приповерхневих шарах здійснюються найбільш інтенсивно, особливо при циклічному деформуванні, внаслідок того, що вільна поверхня є областю полегшеного зародження і стікання точкових дефектів. При циклічному деформуванні кристалів реалізується дифузійне наповнення вакансій з вільної поверхні кристала і подальша їх конденсація на внутрішніх стоках, що веде до утворення кластерів і неконсервативного руху (переповзання) ростових і деформаційних дислокацій. Отримані результати дозволили пояснити фізичну природу низькотемпературної мікропластичності алмазоподібних кристалів в інтервалі малих і середніх величин напружень з позиції дифузійно-дислокаційного механізму деформації, що виключає необхідність обов'язкового залучення до пояснення отриманих результатів атермічних безактиваційних або яких-небудь інших специфічних механізмів, які вимагають для своєї реалізації високого рівня напружень.

Експериментально показано, що в умовах одноосьового навантаження *Ge* (однократного, циклічного або програмованого, у тому числі з УЗ опроміненням) за короткий проміжок часу низькотемпературної

деформації (протягом декількох хвилин) основним типом дефектів, що зароджуються, є вакансійно-домішкові кластери, які істотно змінюють фізичні властивості кристалів у приповерхневому шарі ~100 мкм. При тривалих випробуваннях (декілька годин або діб) у кристалах генеруються точкові дефекти і дислокації, причому перший тип дефектів за часом передує зародженню дислокацій, а тому в значній мірі визначає їх особливість руху, густину і глибину залягання у приповерхневому шарі товщиною до декількох мікрометрів.

Сравнительный анализ фасетчатого строения границ зерен в поликремниевых пленках разных структурных модификаций

Находкин Н.Г., Кулиш Н.П., Родионова Т.В.

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
Киев, Украина*

Одной из важных тенденций последних лет стало широкое применение в современных технологиях материалов с микро- и нанокристаллическим размером зерен. Свойства таких материалов критически зависят от поведения и параметров внутренних границ раздела (межфазных границ и границ зерен) уже хотя бы потому, что в нанокристаллических материалах границы зерен составляют до 50% объема пленки. В последнее десятилетие были обнаружены так называемые фазовые переходы на границах зерен и начато их подробное исследование [1]. В частности, это касается фазового перехода фасетирования (“огранка – потеря огранки”) на границах зерен. Зернограничные фазовые переходы приводят к резкому изменению таких свойств границ как диффузионная проницаемость, энергия, прочность, подвижность и зернограничная адсорбция.

Существует большое количество исследований границ зерен в металлах и сплавах. Для полупроводников, а для пленок в особенности, такие исследования отсутствуют. В то же время для полупроводниковых пленок это особенно важно, поскольку их свойства более сильно зависят от структурных особенностей. Известно, что границы зерен в полупроводниках более склонны к фасетированию, что обусловлено ковалентными связями.

В данной работе методами просвечивающей электронной микроскопии исследованы процессы фасетирования в поликристаллических пленках кремния, полученных методом химического осаждения из газовой фазы в реакторе пониженного давления. Проведен сравнительный анализ фасеточного строения специальных границ зерен в пленках с равноосной, волокнистой и дендритной структурой. Показано, что если в равноосных пленках большинство наблюдаемых фасеток

характеризуються углом 120° и очень широким разбросом по длине, то в пленках с волокнистой и дендритной структурой наблюдается более широкий спектр типов фасеток. Характерной особенностью наблюдаемых здесь фасеток является их дислокационная структура (т.е. они образованы малоугловыми границами). Установлены температурные интервалы устойчивости того или иного вида фасеток.

1. Straumal B.B., Sursaeva V.G., Polyakov S.A. // *Interface Science*, pp. 275-279 (2001).

Нанорозмірні плівки поліаренів на межі розділу фаз

Опайнич І.Є., Аксіментьєва О.І. Українець А.М.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Вивчення нанорозмірних мономолекулярних плівок електропровідних полімерів на межі розділу фаз дає змогу оптимізувати умови отримання функціональних шарів на оптично-прозорих субстратах, оцінити фазові переходи в полімерах, які можуть мати місце при формуванні поверхневих плівок.

Електропровідні поліарени, зокрема поліанілін, полі-*o*-метоксіанілі (ПОМА), полі-*o*-толуїдин (ПОТІ) виявляють цікаві оптичні властивості. Ці полімери є чутливі до дії газів, рН середовища, що і використовується для конструювання оптичних вікон, клапанів, сенсорів.

Для вимірювання величини поверхневого тиску мономолекулярних плівок використано вертикальну поверхневу вагу, в основу роботи якої покладено принцип дії поверхневої ваги Ленгмюра. Мономолекулярні плівки поліаренів, зокрема, ПОМА та ПОТІ досліджувались на межі розділу фаз вода - повітря.

Показано, що на процес формування Ленгмюрівських нанорозмірних плівок досліджуваних поліаренів має вплив поверхнева концентрація полімеру. Із збільшенням поверхневої концентрації збільшується міжмолекулярна взаємодія. На формування поверхневих плівок на межі розділу фаз і, відповідно, на ізотерми поверхневого тиску впливає природа розчинника, який використовується для нанесення мономолекулярного шару. При проведенні циклу стиснення–розширення мономолекулярних плівок досліджуваних полімерів має місце наявність гістерезису на ізотермах поверхневого тиску, що свідчить про утворення упорядкованого поверхневого шару. При певній концентрації ПОМА повторне стиснення нанесеного моношару практично не впливає на величину поверхневого тиску. При цьому утворюються рівноважні мономолекулярні плівки, що, очевидно, пов'язано з ефектом “пам'яті” полімеру в поверхневому шарі, вперше встановленим для плівок ПОМА.

Результати, отримані при дослідженні мономолекулярних плівок

поліаренів, можуть бути використані при формуванні упорядкованих полімерних плівок нанометрової товщини на поверхнях різної природи, зокрема, як на поверхні рідини, так і на поверхні твердого тіла.

Кристалічна структура епітаксійних плівок залізо-ітрієвого гранату, імплантованих іонами миш'яку

Остафійчук Б.К., Кравець В.І., Яремій І.П., Клюка С.Я.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Метою даної роботи було дослідження кристалічної структури модифікованих іонами As^+ приповерхневих шарів плівок залізо-ітрієвого гранату (ЗІГ). Плівки ЗІГ товщиною 10,2 мкм були вирощені на підкладці ГГГ (гадоліній-галієвий гранат) з площини зрізу $\langle 111 \rangle$ та імплантовані іонами As^+ з енергією 60 кеВ в інтервалі доз $8 \cdot 10^{12} - 1,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ в геометрії, що виключає каналювання.

Дослідження структури іонно-імплантованого шару здійснювалося методом двокристалльної рентгенівської спектрометрії на установці ДРОН-3. Профілі деформації обчислювалися за динамічною теорією розсіяння рентгенівських променів на основі рівнянь Такагі. Моделювання процесу іонної імплантації проводилося за допомогою програми SRIM-2003.

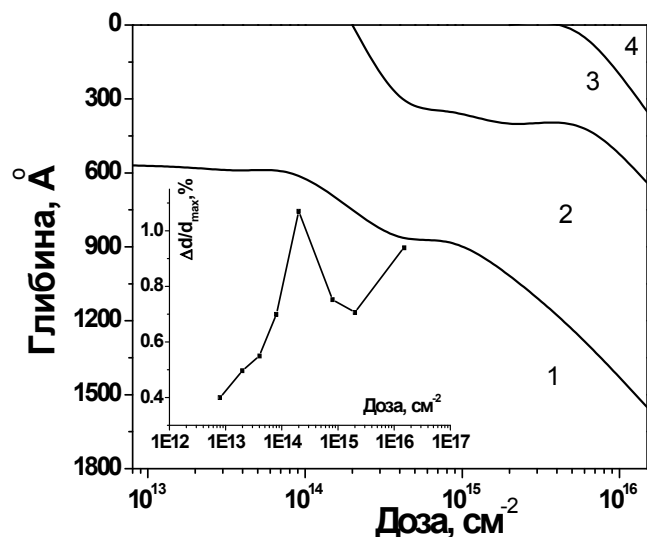


Рис. 1. Динамічна модель імплантованого іонами миш'яку приповерхневого шару плівки ЗІГ: 1 – непорушена частина плівки; 2 – кристалічна порушена частина плівки, що містить аморфні зони; 3 – повністю аморфізована частина плівки; 4 – розпилена частина плівки. На вставці: залежність величини максимальної відносної деформації від дози опромінення.

Рентгеноструктурні дослідження показали, що вже при мінімальній дозі імплантації ($8 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$) має місце помітна деформація ґратки внаслідок

дефектоутворення: енергії імпантованих іонів миш'яку достатньо для утворення аморфних зон безпосередньо внаслідок ударів окремих іонів. Інтенсивне утворення повністю аморфізованого іонно-імпантованого шару починається після дози $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$, але навіть при максимальній дозі імпантації порушений шар не аморфізується повністю – значна частина його залишається у кристалічному пружно-деформованому стані і являє собою перехідний шар між аморфізованою зоною та ідеальною частиною плівки. Залежність величини максимальної деформації від дози опромінення представлена на вставці рис. 1. При досягненні дози $\sim 4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ максимальна деформація на поверхні різко падає до величини $\sim 0.8\%$, таке явище в іонно-імпантованих плівках характерне для процесу лавинної аморфізації. При цьому аморфні зони в приповерхневому шарі зливаються в суцільну. Подальше зростання максимальної деформації викликано частковим розпиленням поверхні плівки, внаслідок чого профіль імпантації зміщується вглиб і, відповідно, сильніше деформуються глибшезалягаючі шари. Із подальшим збільшенням дози максимальна деформація зростає майже до критичної величини, що пояснюється інтенсивним розпиленням поверхні плівки. При цьому іони-імпантанти та вибиті іони матриці попадають на більшу глибину, деформуючи ще не аморфізовану частину плівки, внаслідок чого міжфазна границя 2-3 (рис. 1) просуваються вглиб кристалу.

На основі вище сказаного запропонована динамічна модель імпантованої іонами миш'яку з енергією 60 кеВ плівки ЗІГ, яка відображає зміну структури приповерхневого шару плівки в залежності від дози опромінення.

Розмірні ефекти в тонких напівпровідникових плівках $A^{IV}B^{VI}$

Пасічняк В.Ф., Притуляк Р.В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Властивості тонких плівок відрізняються від масивних кристалів внаслідок можливих відмінностей у структурі та обмежених розмірів в одному із напрямів. Обмеження розмірів у плівках призводять до появи ряду фізичних ефектів, які в масивних зразках слабо виражені або взагалі не спостерігаються. Такі явища називають розмірними і досліджуються як залежності властивостей від товщини плівок: розрізняють вплив поверхні (зовнішній розмірний ефект) та міжзеренних меж (внутрішній розмірний ефект) [1, 2].

Розглянуто основні теоретичні моделі класичного розмірного ефекту: квазікласичні моделі поверхневого розсіювання носіїв струму (Томпсон, Фукс, Зондгеймер, Юсті, Колер, Лаутц0); моделі внутрішнього розмірного ефекту (Майадас, Шаукес, Тельс, Тосе, Пішара, Варкуш) [1-3].

Досліджено залежності провідності тонких плівок $Pb_x(x=J, Se, Te)$ осушених у вакуумі на сило від їх товщини. Встановлено, що експериментальні результати задовільно можна пояснити моделлю Тейлора ефективної довжини вільного пробігу [4].

Згідно цієї моделі

$$\sigma = \sigma_0(1 - 3/8 * (1 - P)/k),$$

де $k=d/\lambda$. Тут d – товщина плівки, λ – довжина вільного пробігу, P – коефіцієнт відбивання. Для плівок $PbSe$ отримано наступні значення

$$P=0,9, \text{ а } \lambda=580 \text{ \AA}.$$

Зауважимо, що після витримки плівок на повітрі модель ефективної довжини вільного пробігу не описує залежності $\sigma = \sigma(d)$. Це обумовлено адсорбцією атмосферного кисню, який є ефективним акцептором і веде до значних змін питомої електропровідності.

Робота частково фінансується МОН України (номер державної реєстрації 0106U000220), ДФФД МОН України (проект №14.1/028).

1. Д.К. Ларсон. Размерные эффекты в электропроводности тонких металлических пленок и проволок. В кн.: Физика тонких пленок. Пер. с англ. Т.6. Мир. М.: 1973.–с.97–170.
2. З.В. Стасюк, А.І. Лопатинський. Розмірні кінетичні чвища в тонких плівках металів. Класичні ефекти (огляд) // Фізика і хімія твердого тіла. – 2001. – Т.2. №4, сс. 521–542.
3. А.В. Ржанов. Электронные процессы на поверхности полупроводников. Наука. М.: 1971. – 490 с.
4. V. Damodara Das, K. Seetharama Bhat. Electrical conductivity of air-exposed and unexposed lead selenide thin films: Temperature and size effects // Physical Review B. –1989.–V.40. N 11, pp.7696–7703.

Перенос заряду в тонких плівках свинцю

Пенюх Б.Р., Козак М.М., Мельничук Б.Л., Пастирський Я.А.

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

В роботі досліджено структуру, питомий опір та температурний коефіцієнт опору (ТКО) плівок свинцю товщиною 1–120 нм, осаджених на поверхнях кварцу та полірованого скла. Для одержання плівок використаний метод термічного випаровування свинцю в умовах надвисокого вакууму при тиску залишкових газів, що не перевищував 10^6 Па. Товщину плівок визначали за зсувом резонансної частоти п'єзокварцового датчика, розміщеного в потоці пари металу. Плівки різної товщини отримували шляхом послідовного допилення матеріалу. Опір плівок вимірювали двохзондовим методом. Для дослідження розмірних залежностей питомого опору невідпалених плівок при неперервному їх напиленні використали ЕОМ, з оригінальним програмним забезпеченням,

під'єднану до цифрового виходу В7-34А. Структуру плівок досліджували методами просвічуючої електронної мікроскопії та електронографії.

Дослідження структури показали, що в умовах малої швидкості нанесення матеріалу плівки (не більшої за 0,1 нм/сек) і низькотемпературного відпалу ($T_{\text{відп}}=370$ К) можна отримати однорідні полікристалічні зразки з ґраткою, аналогічною до ґратки масивного свинцю, ізотропні в площині плівки без нерівноважних фаз. Середнє значення лінійних розмірів кристалітів D у площині, паралельній до підкладки було в межах від 35 до 45 нм.

Отримані розмірні залежності питомого опору та ТКО пояснено в межах моделі полікристалічного шару неоднорідної товщини. Знайдено параметри переносу носіїв струму в плівці та здійснено оцінку середньої амплітуди неоднорідностей її поверхні. Вивчено можливості отримання електропровідних шарів металів товщиною 2–5 нм шляхом попереднього нанесення на підкладку шару сурфактанту (плівок германію товщиною 0,2–3 нм). Показано, що наявність такого підшару суттєво змінює характер росту плівки на початкових стадіях росту плівок. Експериментально встановлено залежність порогу протікання струму в таких системах від товщини підшару. Дані структурних досліджень показали, що середні лінійні розміри кристалітів у плівках, нанесених на підшар сурфактанту, менші за лінійні розміри кристалітів у плівках, нанесених на чисті діелектричні підкладки. У межах вище наведених моделей обчислені параметри переносу носіїв струму в таких системах.

Аномальная зависимость силы трения от давления в фрикционной системе с металлокластерным покрытием

Пилявский В.С., Ковтун Г.А.

Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины, Киев, Украина

Впервые исследовано влияние тонкопленочного покрытия кластерных соединений оксидов молибдена Mo(6+) с переходными металлами Cu (2+), Sn (2+) на зависимость силы трения от давления.

В эксперименте при скольжении со смазкой плоские поверхности образцов (диски из стали 45 и серого чугуна СЧ20) нагружали тремя сферическими инденторами из твердой стали ШХ15. На поверхности образцов предварительно формировали инденторами кольцевой желобок при трении в режиме качения.

Покрытие на поверхности образцов наносили трибохимическим способом из глицеринового раствора комплексных соединений переходных металлов Cu (2+), Sn (2+) и комплексов гептамолибдата аммония с лимонной кислотой [1].

Эксперимент проводили в диапазоне давлений 1-50 МПа при

скоростях скольження 0,1-1,5 м/с. В качестве модельной смазки применяли синтетическое моторное масло SHELL (SAE 5W-40).

Обнаружено, что в отсутствие покрытия сила трения монотонно возрастает с ростом давления. При наличии покрытия в начальном диапазоне давлений наблюдается рост силы трения, при некотором критическом значении давления происходит резкое снижение силы трения, а при дальнейшем увеличении давления сила трения снова монотонно увеличивается. Величина эффекта снижения трения при критическом давлении зависит от скорости скольжения.

Обнаруженный эффект объяснен резонансной локализацией энергии возмущения в поперечных сдвиговых волнах, генерируемых на границе вязкая жидкость - упругое покрытие. При движении инденторов со скоростью равной скорости поперечных волн происходит не вдавливание, а выпучивание границы полупространства под сжимающей нагрузкой [2]. В такой ситуации создаваемые нагрузкой упругие волны несут нагрузку на собственном гребне без передачи энергии трения в объем образца.

Установленный нами эффект немонотонной N-образной зависимости силы трения от давления позволяет реализовать в фрикционных системах отрицательную обратную связь, обеспечивающую устойчивость движения при флуктуациях давления.

1. Андреев В.Н., Никитин С.Е., Климов В.А. и др. // *Физика твердого тела*, **41**(7), сс. 1323-1328 (1999).
2. Гольдштейн Р.В. // *Соросовский образовательный журнал*, **11**, сс. 123-127 (1996).

Точкові дефекти у кристалах кадмій телуриду легованого золотом при низьких температурах

Перкатюк І.Й., Ваньчук В.Б., Коломиєць У.Я.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Велика зацікавленість у вирощуванні і дослідженні монокристалів телуриду кадмію викликана перспективністю застосування цього матеріалу для виготовлення високоефективних приладів оптоелектроніки. Золото – важлива домішка в CdTe, оскільки виступає в ролі активатора флуоресценції, служить матеріалом для створення омичних контактів. Оскільки експлуатація приладів, виготовлених на основі CdTe, здійснюється в основному при кімнатних та нижчих температурах, то необхідними є знання низькотемпературних електричних характеристик кристалів.

Якщо кристали, відпалені при високих температурах швидко охолодити, то концентрація атомних дефектів збережеться, однак,

електронні рівноваги будуть відповідати вже низьким температурам. Виходячи з цього, нами, на основі квазіхімічного моделювання розроблено алгоритм розрахунку та одержано аналітичні вирази для визначення концентрації вільних носіїв заряду та переважаючих атомних дефектів у кристалах CdTe:Au відпалених при високих і охолоджених до низьких температур (4,2–300 К). Уточнено значення констант рівноваги квазіхімічних реакцій для низьких температур.

Побудовані баричні та температурні залежності холлівської концентрації носіїв заряду та атомних дефектів у CdTe:Au для температур нижчих кімнатної.

Знайдено значення парціального тиску пари кадмію, що відповідає інверсії типу провідності.

Показано, що відповідальними за р-тип провідності кристалів CdTe:Au є однозарядні вакансії Кадмію V_{Cd}^- і домішкові атоми Ауруму Au_{Cd}^- . В області максимального тиску пари кадмію за електронну провідність відповідальні двократно йонізовані міжвузлові атоми Кадмію Cd_i^{2+} . Інші дефекти помітно не впливають на вміст носіїв заряду. При температурах нижчих кімнатної зростають концентрації нейтральних дефектів за рахунок зменшення концентрації йонізованих. При цьому хід температурних кривих суттєво залежить від тиску пари кадмію, при якому був здійснений відпал. При температурах рідкого гелію, концентрація носіїв заряду стає надзвичайно низькою (порядку 10^6), незалежно від тиску пари кадмію, при якому був здійснений відпал.

Вплив термообробки і електронного опромінення на елементний склад поверхні MgO.

Поплавський О.П., Бойчук В.М.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна.*

Методом оже-електронної спектроскопії досліджено елементний склад поверхні плівок MgO, отриманих різними технологічними методами, а також монокристалів.

В плівках нанесених ВЧ іонно-плазмовим розпиленням спостерігається порушення стехіометрії елементного складу в сторону надлишку Mg.

При термообробці і електронному опроміненню відбувається дисоціація поверхні плівок MgO і металізація поверхні. Монокристали MgO є радіаційно стійкими.

Проведено розрахунок кількісного елементного складу поверхні тонких плівок і монокристалів MgO.

Довгочасові релаксації провідності у тонких плівках CdTe

Попович В.Д., Шкумбатюк Т.П., Вірт І.С.

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
Дрогобич, Україна*

Однією з головних проблем матеріалу CdTe і датчиків на його основі є нестійкість параметрів, яка здебільшого викликана присутністю різних структурних неоднорідностей. Це приводить до погіршення властивостей детекторів.

У цій роботі досліджувалась часова еволюція темної провідності зразків як чистого, так і легованого хлором CdTe з питомим опором в межах 10^3 – 10^9 Ом·см. Досліджувані тонкі плівки отримувались лазерним осадженням на підкладки Al₂O₃. Усі вимірювані зразки мали форму прямокутних паралелепіпедів розмірами 6×2×0,0005 мм³. Золоті або індієві контакти термічно осаджувались на їх протилежних широких гранях. Величина прикладеного електричного поля знаходилася в межах 0–100 В/см. Опір зразків вимірювався з часовим інтервалом в 1 с за допомогою цифрового мультиметра, сполученого з персональним комп'ютером.

Усі вивчені зразки можуть бути поділені на дві групи. Для першої не було виявлено жодних нерівноважних процесів, що свідчить про високу якість таких плівок. Для другого виду зразків зниження питомого опору після динамічного збудження в більшості випадків добре описується емпіричним співвідношенням $\rho(t) = At^{0.7} + \rho_{\infty}$ і він виходить на насичення протягом декількох хвилин. Крім того, експериментально криві $\rho(t)$ деяких з цих зразків містять піки – як максимуми, так і мінімуми. Наявність нестабільностей не залежить від полярності прикладеного поля чи виду контактів. Варто також відзначити, що при вивченні нестационарної фотопровідності таких зразків виявлялися ефекти поляризації, якщо їх освітити власним світлом.

Ми вважаємо, що спостережувана просторова і часова нестабільність електричних властивостей деяких зразків CdTe спричинена наявними в цих кристалах структурними неоднорідностями. Модуляція прикладених електричних полів протяжними дефектами (двійниками, границями зерен, дефектами упаковки та ін.) і неоднорідностями розподілу домішки викликає процеси поляризації і значно впливає як на процеси темної, так і фотопровідності. Досліджено також вплив умов вирощування на кристалічну якість одержуваних плівок.

Вплив розмірних ефектів на електрофізичні властивості плівок інтерметалічних сполук

Присяжнюк В.І.

Львівський національний університет ім.І.Франка, Львів, Україна

Вплив розмірних ефектів на електрофізичні властивості досліджувався на плівках бінарних сполук системи Gd-Fe. Дані плівки отримували методом термічного випаровування у вакуумі полікристалічної шихти відповідного складу. Товщину плівок визначали за допомогою оптичного інтерферометра. Температура підкладок становила 300-500 К. В результаті проведених досліджень встановлено, що на величину електровідності і термоелектрорушійної сили суттєво впливають багато факторів, зокрема це товщина плівок, методика одержання і температура підкладки. В той же час температурна обробка плівок після отримання, а також їх часова витримка при однакових умовах на протязі 1-3 років не приводять до суттєвих змін електрофізичних властивостей, що вказує на те, що характер процесів розсіяння у досліджуваних плівках залишається незмінним. В нашому випадку електропровідність аморфних плівок визначалася трьома видами розсіяння носіїв струму: електрон-фононне розсіянням, впливом розмірних ефектів (товщини плівок ставали співмірними з довжинами вільного пробігу електронів) і розсіянням носіїв на границях зерен. Тому суттєвий вплив на електрофізичні властивості мали структурні особливості плівок (зокрема той факт, що при різних умовах осадження одержувались аморфні, аморфно-кристалічні чи полікристалічні плівки).

Структурні перетворення в тонких шарах бінарних сполук типу РЗМ-Fe

Присяжнюк В.І., Миколайчук О.Г.

Львівський національний університет ім.І.Франка, Львів, Україна

Тонкі плівки бінарних сполук типу РЗМ-Fe ($GdFe_2$, Gd_2Fe_{17}) отримували методом термічного випаровування у вакуумі полікристалічної шихти відповідного складу. Для структурних досліджень на сколи NaCl і KCl осаджувались плівки товщинами 500-600 Å. Товщину плівок визначали за допомогою оптичного інтерферометра. Температура підкладок змінювалась в межах 300-500 К. Структурні дослідження плівок проводились на електронному мікроскопі УЭМВ-100К. Термічна стійкість та кінетика кристалізації аморфних конденсатів досліджувалась безпосереднім нагрівом їх в колоні електронного мікроскопу (швидкість нагріву 5-30 К/хв).

Встановлено, що при кімнатних температурах підкладок

формується аморфні плівки, при $T_{\text{п}}=300-500$ К – аморфно-кристалічні, а при $T_{\text{п}}>500$ К полікристалічні. Проведено розшифровку кристалічної структури конденсатів, одержаних при різних температурах підкладок. Кристалізація аморфних плівок має гетерогенний характер.

В полікристалічних плівках $\text{Gd}_2\text{Fe}_{17}$ спостерігалась присутність двох фаз $\text{Gd}_6\text{Fe}_{23}$ і $\alpha\text{-Fe}$. В плівках, отриманих при температурі підкладки >500 К, встановлено наявність 3 фаз: гексагональна фаза $\text{Gd}_2\text{Fe}_{17}$ зі структурним типом $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$, ромбоєдрична фаза $\text{Gd}_2\text{Fe}_{17}$ зі структурним типом $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ та гексагональної фази GdFe_5 зі структурним типом CaCu_5 . Плівки сполуки GdFe_2 формуються у характерній для масивного стану GdFe_2 кубічній структурі з гранецентрованою граткою.

Домінуючі власні точкові дефекти у плюмбум телуриді

Прокопів В.В. (мол.)

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

В роботі запропоновані моделі кристалохімічних реакцій, які описують процеси двотемпературного відпалу кристалів селеніду свинцю. Одержано аналітичні вирази, що добре описують експериментальні залежності концентрації носіїв струму (n) та температури термодинамічного n - p -переходу від температури відпалу (T) і парціального тиску пари селену (P_{Se_2}) при відпалі кристалів PbSe у парах халькогену. Встановлено умови формування кристалів селеніду свинцю із заздалегідь заданими електричними параметрами.

Методами термодинаміки і кристалохімії описано процеси випаровування та осадження з парової фази тонких плівок PbSe . Одержані узагальнені рівняння, які встановлюють зв'язок між концентрацією носіїв заряду (n), інверсійною (n - p -перехід) температурою ($T_{\text{п}}^*$) в тонкоплівковому матеріалі і температурою випаровування наважки ($T_{\text{в}}$), тиском пари складових компонентів (P_{Se_2}), температурою конденсації ($T_{\text{п}}$). На основі співставлення експериментальних результатів з теоретичними розрахунками зроблено висновок про переважаючий вид та зарядовий стан власних атомних дефектів у тонких плівках PbSe при вирощуванні з парової фази методом гарячої стінки.

Опис процесів дефектоутворення у бездомішкових кристалах кадмій телуриду методом термодинамічних потенціалів

Прокопів В.В.¹, Фочук П.М.², Горічок І.В.¹, Вержак Є.В.²,
Писклинець У.М.¹

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна;

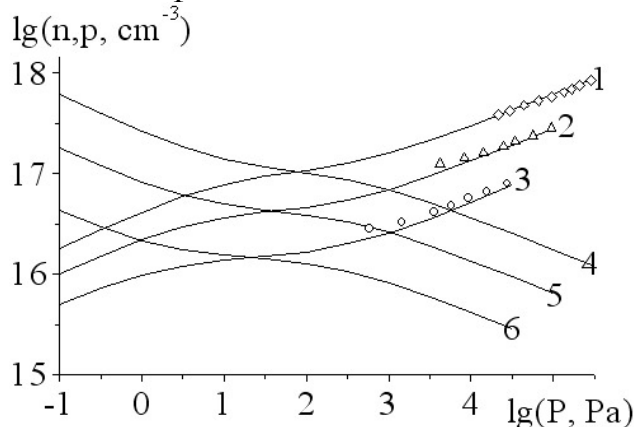
²Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

Точкові дефекти визначають основні електричні та фотоелектричні властивості напівпровідникових матеріалів. Тому важливою задачею матеріалознавства є визначення концентрації дефектів, та встановлення їх впливу на параметри кристалів.

В даній роботі методом термодинамічних потенціалів з використанням теоретично розрахованих енергетичних параметрів дефектів розраховано дефектну структуру бездомішкових кристалів кадмій телуриду.

Побудовані залежності холлівської концентрації носіїв заряду та атомних дефектів у CdTe від технологічних факторів двотемпературного відпалу (температури відпалу T , парціального тиску пари компоненту P_{Cd}). Приклад такої залежності наведено на рисунку.

Встановлено, що в матеріалі n -типу провідності домінуючим донорним дефектом, є двократно заряджений міжвузловий атом кадмію Cd_i^{2+} . В матеріалі p -типу провідності при температурах $T = 970$ К і вище домінує однозарядна вакансія кадмію V_{Cd}^- , а при $T < 970$ К – двозарядна вакансія кадмію V_{Cd}^{2-} . Для всіх значень температури відпалу T та парціального тиску пари кадмію P_{Cd} домінуючі дефекти є зарядженими. Концентрації нейтральних дефектів є на один-два порядки нижчими ніж концентрації заряджених дефектів.



Залежність концентрації електронів та дірок від парціального тиску пари кадмію. Лінії – розрахунок, точки експеримент (O – $T = 970$ К, Δ – $T = 1070$ К, \diamond – $T = 1170$ К). 1, 2, 3 – n ($T = 1170, 1070, 970$ К). 4, 5, 6 – p ($T = 1170, 1070, 970$ К).

Апробація теоретичних співвідношень термічного коефіцієнту опору для систем з різним типом розчинності

Проценко І.Ю., Чорноус А.М., Шпетний І.О.

Сумський державний університет, Суми, Україна

Проведення експериментальних комплексних досліджень структурно-фазового стану, дифузійних процесів, електрофізичних властивостей в двошарових плівках з різним типом розчинності (Ni/V, Ni/Cr, Ni/Co, Co/Cr), термостабілізованих в температурному інтервалі до $T_B=900\text{K}$ дозволило встановити кореляцію експериментальних та розрахункових значень термічного коефіцієнту опору (ТКО) на основі теоретичних співвідношень моделі Р.Дімміха, макроскопічного підходу та формули сплавів [1].

Отримані результати показали, що формула для температурного коефіцієнту опору плівкового сплаву [1] може бути використана для розрахунку величини ТКО двошарових плівок у тому випадку, коли компоненти плівок мають достатньо високу розчинність, а максимальна температура термообробки забезпечує рівномірний розподіл концентрації атомів двох металів по всьому об'єму плівкового зразка. Якщо товщини окремих шарів у системі з металів з різко відмінними електрофізичними властивостями є такими, що після відпалювання у процесі взаємної дифузії частина об'єму одного шару залишається не задіяною в утворенні твердого розчину (наприклад, плівки Ni/V при співвідношенні концентрацій $c_{Ni}/c_V > 2,84$), то формула для ТКО сплавів незадовільно описує експериментальні результати. Теоретичні моделі для ТКО двошарових плівок (модель Р.Дімміха та макроскопічний підхід) найкраще описують експериментальні результати, якщо плівки після термообробки зберігають індивідуальність шарів (система Cr/Co), або, коли електрофізичні властивості металів окремих шарів дуже близькі і у процесі взаємної дифузії у таких зразках не утворюється високоомний твердий розчин (система Ni/Co). У випадку двошарових плівок, у яких компоненти окремих шарів мають різко відмінні електрофізичні властивості та у процесі взаємної дифузії утворюються високоомні тверді розчини (системи Ni/V, Ni/Cr) розрахункові величини ТКО якісно відповідають експериментальним результатам лише коли концентрація одного з компонентів системи значно більша за концентрацію іншого. При таких співвідношеннях концентрацій матеріал з більшою концентрацією не повністю розходиться на утворення високоомних твердих розчинів. Тоді ми маємо справу з тим, що частково зберігається індивідуальність шарів, а шар металу, незадіяний в твердотільній реакції шунтує опір плівки вцілому.

1. Лобода В.Б., Пирогова С.М., Проценко С.І. Структура та

електрофізичні властивості тонких плівок сплаву Ni – Cu в температурному інтервалі 300-700 К // *Вісник Сумського державного університету. Серія фізика, математика, механіка, 3-4, с. 74-83 (2001).*

Поведінка дефектного гематиту в гетерогенних реакціях

Процький Д.В., Татарчук Т.Р.

Інститут природничих наук, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м.Івано-Франківськ, Україна

Відомо, що без знання природи та концентрації дефектів кристалічної структури, а також їх впливу на властивості напівпровідникових матеріалів неможливе отримання кристалів з наперед заданими властивостями. В даній роботі досліджувався вплив домішок M_2O ($M=Li, Na, K$) на хімічні властивості напівпровідникового ферум(III) оксиду та його поведінку в кислому середовищі.

Синтез дефектного гематиту проводився при температурі 1073 К протягом 2 годин в атмосфері сухого очищеного повітря. Концентрації домішок M_2O становили $0,01 \div 0,1$ моль/1 моль Fe_2O_3 . За допомогою фотоколориметричного методу (визначення ступеня переходу іонів Fe^{3+} в розчин) аналізувалася взаємодія отриманих зразків (в залежності від кількості та природи розчинених у матричній сполуці домішок) з водним розчином хлоридної кислоти (з масовою часткою HCl 18,3%). Встановлено, що реакційна здатність гематиту, легованого домішками Na_2O та K_2O , є вищою, а гематиту з домішкою Li_2O – нижчою, порівняно із власною реакційною здатністю гематиту (рис.1).

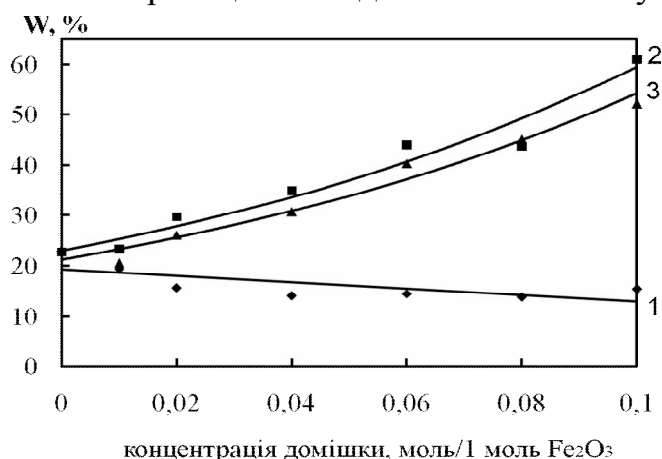
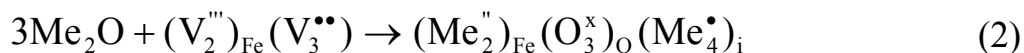
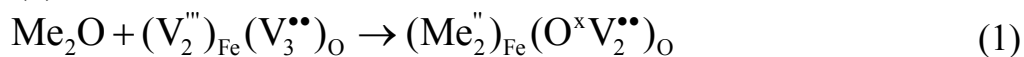


Рис.1. Ступінь розчинення (w) ферум(III) оксиду в залежності від вмісту та природи домішок (1 – Li_2O , 2 – Na_2O , 3 – K_2O).

Механізм введення домішок в структуру гематиту пояснюється із залученням поняття антиструктура, яка є основою кристалоквазіхімічної моделі і являє собою систему катіонних та аніонних вакансій: $Fe_2O_3 \rightarrow (V_2''')_{Fe}(V_3^{**})_O$. Розглядаються два шляхи процесу входження домішок в структуру матриці – стехіометрія по металу (1) та стехіометрія

по оксигену (2):



Отримані в роботі результати дозволять виробити рекомендації по керуванню властивостями напівпровідникових матеріалів.

Хімія поверхні фотокаталітично активних TiO_2/ZnO плівок

Пташко Т.С., Смірнова Н.П., Єременко Г.М., Туров В.В., Фесенко Т.В.

Інститут Хімії Поверхні, НАН України, Київ, Україна

Багато робіт присвячено використанню композитів на основі TiO_2 в процесах фоторозкладу органічних речовин. Перебіг фотохімічних реакцій за участю фотокаталізатору залежність від фазового складу, структури, ступіню кристалічності, стану поверхні каталізатора, його активних центрів.

В даній роботі золь-гель методом з використанням органічного темплату синтезовано оптично прозорі (90-95%), мезопористі TiO_2 та TiO_2/ZnO плівки і порошки, які містили від 0 до 10 ат. % Zn. Отримані зразки досліджено UV-Vis, XRD, SEM, FT-IR, NMR, LDI методами. За результатами адсорбції - десорбції азоту визначено, що зразки мають мезопористу структуру. Збільшення ширини забороненої зони в порівнянні з об'ємним TiO_2 характерне для нанорозмірного анатазу. РФА аналіз TiO_2/ZnO (0-5 ат.%Zn) плівок свідчить про наявність однієї кристалічної фази (анатаз), а збільшення вмісту домішки призводить до появи нової фази – титанату цинку.

Вплив домішки цинку на кислотно-основні властивості поверхні визначали за адсорбцією індикатора Гаммета – n-диметиламіноазобензолу. Знайдено, що збільшення вмісту іонів цинку підвищує кислотність поверхні, головним чином – за рахунок збільшення концентрації Бренстедівських кислотних центрів.

За даними оптичних спектрів поглинання метиленового блакитного (МБ) адсорбованого на плівках TiO_2/ZnO спостерігається значний гіпсохромний зсув основної смуги барвника, що свідчить про наявність ефекту метахромазії на поверхні легованих плівок, величина якого залежить від концентрації домішки ZnO та корелює з гідрофільністю поверхні за результатами вимірювання крайового кута змочування.

Фотокаталітичну активність плівок досліджено в реакції фоторозкладу органічного барвника МБ під дією ультрафіолетового світла. Під час опромінення, інтенсивність смуг поглинання, характерних для даного барвника, зменшувалась, і не спостерігалась поява нових, що свідчить про повну мінералізацію барвника без утворення забарвлених проміжних продуктів. Метод LDI дозволив визначити проміжні продукти

фоторозкладу та побачити різницю в перебігу реакції фоторозкладу в залежності від наявності домішки ZnO. Показано, що найвищу фотоактивність має плівка з вмістом іонів цинку 1 ат.%, яка характеризується найвищою кислотністю та супергідрофільними властивостями.

Розмірні ефекти у тонких плівках PbSe/KCl

Рогачова О.І., Водоріз О.С.,

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна

Мета роботи - дослідження впливу товщини монокристалічних тонких плівок PbSe на їх гальваноманітні властивості.

Об'єкти дослідження - епітаксіальні плівки PbSe різної товщини ($d=5-400$ нм), що були вирощені методом термічного випаровування у вакуумі стехіометричних кристалів p -PbSe на підкладки KCl при температурі 520 ± 10 К. Для захисту від окиснення плівки були покриті шаром EuSe товщиною ~ 20 нм. Вимірювання електропровідності σ та коефіцієнта Холла R_H проводили в інтервалі температур 80-300 К, і на основі цих вимірювань розраховували рухливість носіїв заряду μ , а також степеневі коефіцієнти b у залежностях $\mu \sim T^b$

Було встановлено, що у плівках PbSe спостерігається p -тип провідності при товщинах, менших ніж $d \cong 30$ нм. після чого має місце інверсія типу провідності з p на n . Причиною цього явища може бути часткове ревіпаровування селена з нагрітої підкладки в процесі конденсації, внаслідок чого у тонкоплівковому стані створюється залишок свинцю. У плівках товщиною $d > 10$ нм характер температурних залежностей кінетичних параметрів такий же як у масивних кристалах PbSe: при зростанні температури має місце зниження електропровідності та рухливості носіїв заряду при незначній зміні коефіцієнта Холла, що характерно для вироджених напівпровідників. При менших товщинах спостерігається зростання σ та μ в інтервалі температур 80-200 К, що можна пов'язати із зростанням концентрації дефектів у плівках на перших стадіях росту і, відповідно, із зростанням внеску розсіяння на дефектах.

На основі температурних залежностей кінетичних коефіцієнтів були побудовані товщинні залежності властивостей при фіксованих температурах. Встановлено, що збільшення товщини плівок приводить до зростання не тільки σ і μ , але і степеневого коефіцієнта b , що свідчить про те, що в епітаксіальних плівках PbSe має місце класичний розмірний ефект, пов'язаний із внеском у кінетичні коефіцієнти дифузного розсіяння на поверхнях плівки. Починаючи з $d \sim 300$ нм, усі кінетичні коефіцієнти перестають змінюватися при подальшому збільшенні товщини плівки,

тобто класичний розмірний ефект вже не має місця. У товстих плівках значення рухливості носіїв заряду та степеневого коефіцієнта b у залежності $\mu \sim T^b$ практично співпадають із значеннями μ та b у масивних кристалах PbSe шихти, що свідчить про структурну досконалість плівок.

Вплив добавок Ві та електронних пучків на структурні та електронно-дефектні процеси в некристалічних плівках GeS

Романюк Р.Р.¹, Миколайчук О.Г.²

¹*Західний науковий центр НАН України і МОН України, Львів, Україна*

²*Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів, Україна*

Вивчено поведінку спектрального положення та форми краю оптичного поглинання плівок a-GeS унаслідок введення домішок Ві та дії на конденсати електронного пучка. Тонкі плівки складів $(\text{GeS})_{1-x}\text{Bi}_x$ ($x = 0; 0.01-0.15$) отримували методом дискретного випаровування дрібнодисперсної шихти у вакуумі 10^{-4} Па на підкладки із кварцу та скла при $T_{\text{п}} = 293\text{K}$. Опромінення зразків здійснювали розфокусованим пучком електронів у колоні мікроскопу ЭМ-9 з флюенсом електронів $\Phi = 10^{13} \text{ см}^{-2}$.

На основі експериментальних результатів отримано спектральні залежності коефіцієнта оптичного поглинання плівок, які свідчать, що добавки Ві вказаних концентрацій зсувають край оптичного поглинання в бік менших енергій фотонів, а значення показника оптичного поглинання збільшується. Дія електронного пучка приводить до протилежних змін в оптичних властивостях об'єктів, а саме - зміщення краю поглинання в область більших енергій ($\sim 0.06-0.08 \text{ eV}$) та розширення оптичної енергетичної щілини. Добавки Ві приводять до появи на краю фундаментального поглинання плівок a-GeS в області 1.8-1.9 eV ділянок зі слабкою залежністю коефіцієнта поглинання від енергії фотонів. Ширина цих ділянок залежить від концентрації добавки, а дія електронного опромінювання сприяє розділенню смуг на цих ділянках.

Отримані результати дають можливість зробити висновок, що добавки Ві в аморфну матрицю GeS приводять до мікро- та наногетерогенності структури атомної системи з утворенням комплексів на основі Bi_2S_3 . Електронне опромінювання стимулює процес кластеризації атомів в аморфній матриці, в тому числі і за рахунок локального нагріву при дії електронного пучка. Запропоновані основні закономірності та особливості трансформації локалізованих станів в енергетичній щілині шляхом уведення домішок та дії електронних пучків. Розвинуто іонізаційно-рекомбінаційні моделі, які враховують перебудову енергетичного спектру локалізованих станів в плівках внаслідок добавок Ві і дозволяють пояснити спостережувані зміни оптичних характеристик об'єктів.

Результати розширюють фундаментальні уявлення про структурні та електронно-дефектні процеси в некристалічних твердотільних системах при введенні контрольованих домішок та дії опромінювання і можуть служити підставою для доповнення та розробки моделей щодо адекватного описування неупорядкованого стану речовини.

Утворення і активація дефектів в плівках $A^{IV}B^{VI}$ при напilenні

Салій Я.П., Прокопів В.В. (мол.), Фреїк І.М.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Метою роботи було запропонувати адекватну модель процесів дефектоутворення в плівках $A^{IV}B^{VI}$ при вирощуванні з парової фази і на її основі аналітично представити технологічні залежності електрофізичних параметрів плівок.

Вивчення залежності концентрації дефектів у плівках халькогенідів свинцю і олова від температури осадження потребує однозначного вибору моделі опису експериментальних температурних залежностей холівської концентрації і рухливості вільних носіїв заряду. У роботі розглянуто можливі варіанти такого опису, що базуються на квазіхімічних реакціях з використанням констант, що враховують додатково ентропію процесу, а не тільки його ентальпію. Вибір моделі і її адекватність підтверджено узгодженістю між собою величин підгоночних параметрів, отриманих з емпіричних залежностей методом найменших квадратів, як для концентрації так і рухливості вільних носіїв заряду, а також близькістю розрахованих ентальпій процесів до представлених іншими авторами.

Визначено залежності концентрації рівноважних електрично активних власних точкових дефектів у плівках плівках халькогенідів свинцю і олова, вирощених методом “гарячої стінки” без додаткових джерел халькогену чи металу, від температури осадження на основі експериментальної температурної залежності холівських концентрації і рухливості вільних носіїв заряду. Розраховано ентропії та ентальпії процесів утворення власних точкових дефектів.

Особливості електронної польової емісії нанокompозитних плівок $SiO_x(Si)$ після пробою електричним полем

Семененко М.О., Євтух А.А.

Нанокompозитні плівки $SiO_x(Si)$ ($x \approx 1,2$) товщиною 60 нм, які були осаджені на плоску поверхню c-Si (КЭФ-4,5/100) методом PE CVD, перед

вимірами попередньо формували відповідно до запропонованої методики м'якого пробою [1]. У якості формувального аноду використовували матриці кремнієвих вістер із високою структурованістю поверхні. Типові криві ВАХ зразків представлені на рис. 1а.

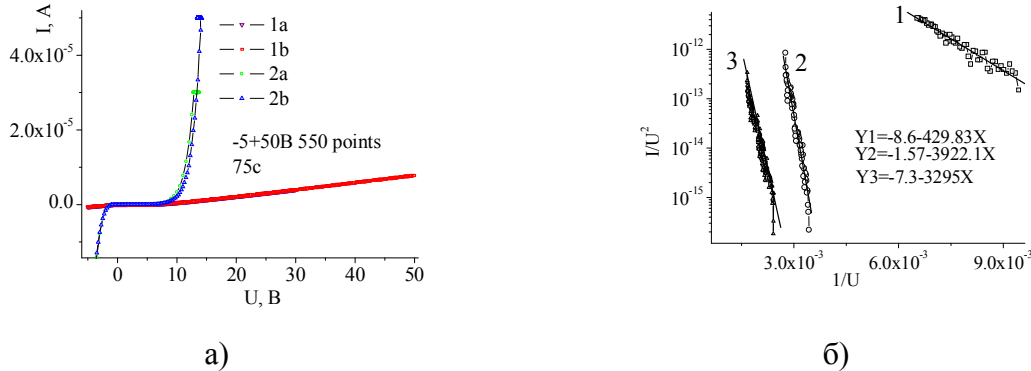


Рис. 1. а) – контактні ВАХ плівок $\text{SiO}_x(\text{Si})$; б) емісійні ВАХ $\text{SiO}_x(\text{Si})$.

Із рис. 1а видно, що криві 1а-1б до пробою відрізняються від кривих 2а-2б після пробою по значенням прикладених напруг в декілька разів. Послідовні багаторазові виміри ВАХ зразків показують стабільність проходження електричного струму. Криві ВАХ електронної польової емісії у вакуум для зразків до та після формовки представлені на рис. 1б.

Проводячи якісний аналіз отриманих емісійних кривих ВАХ зразків із рис. 1б видно, що крива до формовки (крива 1) та емісійні криві після формовки (криві 2,3) мають різні нахили, що свідчить про зміну значення виразу $\phi^{3/2}/\beta$. На нашу думку, існує два можливих пояснення результатів: 1) після процесу формовки в плівці $\text{SiO}_x(\text{Si})$ ($x \approx 1,2$) утворилися провідні канали із роботою виходу, яка відрізняється від середнього значення роботи виходу усієї плівки; 2) у результаті формовки відбувся локальний пробій плівки із утворенням отворів різних форм (ерозія поверхні). На виступах цих кратерів відбувається локальне підсилення електричного поля, яке, в свою чергу впливає на емісійну картину. Так як додаткові дослідження морфології поверхні не показали зміни поверхні плівки після пробою було припущено, що в результаті локального м'якого пробою плівки у місцях контакту із формувальним електродом при протіканні струму відбулося термічне розкладання $\text{SiO}_x(\text{Si})$ плівок на $\text{SiO}_2 + \text{Si}$ складові. І тому утворилися внутрішні кремнієві вістря в діелектричній матриці.

1. Evtukh A., Litovchenko V., Semenenko M., Yilmazoglu O., Mutamba K., Hartnagel H.L. and Pavlidis D. Formation of conducting nanochannels in diamond-like carbon films // *Semicond.Sci.Technol.*, 21, pp. 1326-1330 (2006).

Формирование и релаксация поляризации в тонких пленках легированного полистирола

Сергеева А.Е., Федосов С.Н., Ревенюк Т.А.

ОНАИТ, Одесса, Украина

В оптоэлектронике наряду с нелинейными оптическими кристаллами все чаще применяют тонкие полимерные пленки, легированные сильно полярными молекулами хромофора с целью получения недорогих материалов, которые, обладая высокой оптической нелинейностью, легко могут подвергаться обработке при изготовлении приборов и устройств. Вместе с тем, данные о формировании и релаксации поляризованного состояния в *guest-host* полимерах отрывочны и противоречивы. Учитывая это, целью работы было изучение закономерностей формирования поляризации и ее релаксации в таких системах в изотермических и термостимулированных условиях. В качестве модельной системы использованы пленки полистирола (ПС), легированного молекулами хромофора ДР1.

Аморфные пленки толщиной порядка 20 мкм с концентрацией ДР1 от 0,5 до 2,5 % получали из смеси чистого ПС и молекул ДР1, растворенных в хлороформе. Путем сравнения экспериментальных и теоретических изотермических токов была доказана применимость к исследуемой системе принципа суперпозиции. Показано, что одинаковое поляризованное состояние может быть получено при различных комбинациях времени и температуры, что качественно доказывает применимость для данной системы концепции универсального внутреннего температурно-зависимого времени.

Методами токов термостимулированной деполяризации (ТСД) и диэлектрической спектроскопии показано, что разрушение поляризованного состояния соответствует широкому спектру времен релаксации, причем выше температуры стеклования применима модель Вильямса-Ландела-Ферри, а при более низких температурах – модель Аррениуса. Применение преобразования Хамона позволило расширить диапазон исследованных частот в инфранизкочастотную область до 10^{-5} Гц.

Установлено, что кинетика роста потенциала при постоянном зарядном токе соответствует модели Архипова-Руденко-Феррейры, на основании которой удалось найти подвижность, время захвата носителей и коэффициент выброса захваченных зарядов из ловушек.

Сравнение контактной электризации с коронно-разрядовой выявило существенные преимущества второго метода. На основе многофакторного эксперимента установлены наилучшие условия электризации и сформулированы практические рекомендации по режимам зарядки.

Адгезія металевих плівок на полімерних матеріалах після обробки в низькотемпературній плазмі

Соловійова О.М.

ОНАХТ, м. Одеса, Україна

Дана робота присвячена вивченню модифікації полімерних матеріалів у плазмі тліючого розряду з метою одержання високої адгезії металевих плівок на полімерах та працездатної композиції метал-полімер.

Основна проблема полягає в тому, що при низьких температурах конденсації отримати адгезійно міцну композицію метал-полімер неможливо. Вивчався вплив режимів обробки поверхні полімерів на адгезію вакуумних конденсатів металів та змочування поверхні, структурні та фазові перетворення на поверхні полімерів та їх вплив на формування адгезійного контакту метал-полімер.

Обробку проводили плазмою тліючого розряду в різних атмосферах, нагрівом та витримкою при температурі нагріву, полум'ям кисневого пальника, рентгенівськими променями та електронами з енергією до 10 кеВ.

Вивчались підкладки з полііміду, поліетилену високого та низького тиску, полістиролу, поліпропілену, лавсану та фторопласту. Зміна поверхневої енергії спостерігалась за допомогою визначення крайового кута змочування поверхні полімеру водою. Адгезія металевих плівок до полімеру вимірювалась методом нормального відриву. Структурні та фазові перетворення на поверхні спостерігались за допомогою метода БКПВВ (багатократного повного внутрішнього відбиття).

Металеві плівки наносили термічним випаровуванням металів в вакуумі. Обробку полімерів проводили в плазмі залишкової атмосфери повітря та в гелії при тиску 0,13...130 Па. Полімерні підкладки розміщували у негативному світінні тліючого розряду по схемі споживання з ізольованим катодом на металевому утримувачі. Густина струму визначалась його густиною на катоді. Нагрів підкладок проводили як у камері, так і в повітрі, для контролю температури використано термопару хромель-копель.

Було показано, що тривалий нагрів "псує" поверхню, отриману після обробки плазмою, що пов'язано з дифузією легких фракцій з об'єму в поверхневий шар та загибеллю поверхневих радикалів, рухливість яких зростає при збільшенні температури. Поверхня полімеру зміцнюється при плазмовій обробці. Все це дозволяє забезпечити адгезійний контакт з металевою плівкою порівняний з когезійною міцністю полімеру у відсутності термічного нагріву полімерних підкладок.

Структурні і фазові перетворення на поверхні полімерів та їх вплив на формування адгезійного контакту метало-полімерних структур

Соловійова О.М.

ОНАХТ, м. Одеса, Україна

За допомогою метода БКПВВ (багатократного повного внутрішнього відбиття) вивчали структурні та фазові перетворення на поверхні полімерів під впливом низькотемпературної плазми. Вивчались підкладки з поліімиду, поліетилену високого та низького тиску, полістиролу, поліпропілену, лавсану та фторопласту.

Інфрачервоні спектри відбиття, отримані на спектрофотометрі UR – 10 у діапазоні $400...4000\text{ см}^{-1}$, що відповідало довжинам хвиль $2,5...25\text{ мкм}$. Ефективна товщина шару складала для поліетилену високого тиску, наприклад, $0,623...6,228\text{ мкм}$ при $n = 1,526$. Вивчення спектрів БКПВВ показало, що під дією плазми тліючого розряду поверхня полімера аморфізується, при цьому збільшується питомий об'єм полімеру. При збільшенні тривалості обробки ступінь кристалічності знову зростає і наближається до вихідної на необробленій поверхні. Швидке охолодження тонкого приповерхневого шару після припинення дії розряду приводить до "заморожування" аморфної фази. Розходження в питомому об'ємі розплавленого і кристалічного полімера при швидкому охолодженні приводить до значних внутрішніх напружень, реалізація яких викликає розтріскування поверхні.

Відбувалось збільшення концентрації ненасичених зв'язків на обробленому в плазмі тліючого розряду полімері, що можна пояснити їхнім утворенням внаслідок взаємодії двох радикальних центрів у сусідніх полімерних ланцюгах з переносом атома водню (поліетилен).

Експериментальні дані свідчать, що окислювання в плазмі тліючого розряду не є чинником, що визначає високі адгезійні властивості полімеру, модифікованого в плазмі розряду.

При обробці полімерів в плазмі тліючого розряду відбувається аморфізація поверхні і збільшення питомого об'єму. Під дією окислення утворюються окисли низькомолекулярних продуктів та їх видалення завдяки розпиленню; збільшується кількість полярних груп C=O та C-OH в полімерному ланцюзі на поверхні. Це супроводжується збільшенням поверхневої енергії полімерів (зменшенням крайового кута змочування) і, відповідно, зростанням адгезії металевих плівок до полімеру, - поверхня полімеру зміцнюється при плазмовій обробці.

Самовпорядкування поверхні плівок As_2S_3

Сопінський М.В., Минько В.І., Індутний І.З., Литвин О.С., Шепелявий П.Є.

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

Осаджені у вакуумі плівки халькогенідних склоподібних напівпровідників (ХСН) схильні до фото-, термостимульованих змін їх характеристик, причому фото- і термочутливість таких шарів залежить від умов їх формування. В даній роботі проведені дослідження оптичних характеристик та морфології поверхні шарів As_2S_3 , нанесених з допомогою термічного випаровування у вакуумі і скісного осадження на скляні та кремнієві підкладки. Швидкість осадження становила 1-2 нм/с, кут нахилу між нормаллю до підкладки і потоком випаровуваної речовини становив $\beta=70-80^\circ$, товщини осаджених плівок 1-3 мкм.

Еліпсометричні багатокутові виміри використовувались для визначення показника заломлення плівок та аналізу їх анізотропності. Встановлено, що значення показника заломлення в таких плівках є меншими ніж в нормально осаджених плівках ($\beta=0^\circ$). Крім того, еліпсометричні вимірювання свідчать про наявність анізотропії показника заломлення в площині плівки. Це вказує на колоноподібну будову плівки з кутом нахилу колон, відмінним від прямого.

Атомно-силова мікроскопія засвідчила відмінність морфології поверхні таких плівок порівняно з плівками, осадженими під прямим кутом: спостерігається квазіперіодична граткова структура гребені якої орієнтовані перпендикулярно напрямку парового потоку. Висота гребенів цієї граткової структури становила до 60 нм, просторова частота біля 3800 мм^{-1} , період $\sim 260 \text{ нм}$. Ступінь впорядкованості поверхневої структури залежить також і від підкладки, на яку осаджується плівка: попереднє нанесення на скляну підкладку полікристалічної хромової плівки приводить до більш вираженого самовпорядкування поверхні осадженої плівки ХСН.

Спостережуваний ефект можна пояснити впливом поверхневих напруг, які грають важливу роль в самоорганізованому впорядкуванні наноструктур на мезоскопічних просторових шкалах (декілька нанометрів - сотні нанометрів) [1]. Як відомо, As_2S_3 плівки характеризуються стискуючими механічними напружками, [2]. Тому поверхневий рельєф може бути сформований в результаті дії сильних стискуючих напруг, направлених упродовж тангенціальної компоненти напрямку підльоту парової фази.

1. Sander D. // *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 7(1), pp. 51-57 (2003).
2. Трунов М.Л. и др. // *ЖНИПФИК*, 36 с. 384 (1991).

Фотокаталітичне окиснення текстильних барвників на мезопористих титано-кремніземних плівках

Суровцева Н., Еременко А., Смирнова Н., Фесенко Т.

Інститут Хімії Поверхні, НАН України, Київ, Україна

Акридинові, ксантенові, тиазинові, трифенілметанові і інші барвники, які поглинають видиме світло і мають яскраве забарвлення, викликають величезний науковий і технічний інтерес завдяки їх використанню в хімічних і біологічних процесах, лазерній техніці, оптичній обробці інформації, створенні світлостійких систем, в текстильній промисловості і т.д. Разом з цим, барвники є одним з найпоширеніших забруднювачів навколишнього середовища унаслідок їх стійкості і тому неефективної природної біодеградації. Більшість з них є водорозчинним. Гетерогенний фотокаталіз використовується як альтернатива по відношенню до традиційних низькоефективних методів очищення забрудненої води, таким як флокуляція, адсорбція активованим вугіллям або біоочищення.

Механізм фотокаталітичної дії полягає у фотоіндукованому перенесенні електрона між барвником і нанорозмірним фотокаталізатором під дією УФ або видимого опромінювання. Дослідження фотостійкості адсорбованих барвників, разом з розумінням процесів і механізмів фотокаталітичної дії гетерогенного носія молекул, має велике значення для контролю оптичних характеристик плівкових матеріалів, коли органічний барвник, включений в неорганічне скло, наприклад, в перебудованих лазерах, люмінесцентних концентраторах сонячної енергії. Раніше нами вперше були зафіксовані спектри випалювання тонкоструктурної флуоресценції адсорбованих вуглеводів при селективному лазерному збудженні в області 00- переходу при низькій температурі, і знайдені фотоперетворення адсорбатів, що важливо для створення систем з високою густиною запису інформації.

В даній роботі вивчено процес фотоокиснення барвника акридинового жовтого (АЖ) під дією опромінення УФ- та видимим світлом в присутності фотокаталітичноактивних пористих плівок TiO_2 і $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ і плівки SiO_2 , що використовується для порівняння.

Пористі плівки TiO_2 , $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ і SiO_2 були отримані золь-гель методом. Для отримання прекурсора плівок TiO_2 проводили гідроліз тетраізопропоксида титана в присутні темплату і хлорводневої кислоти. Для отримання $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ плівок проводили спільний гідроліз тетрабутоксида титана і татраетоксисилана в присутні темплата. В якості темплату використовували Pluronic P123. Плівки наносили на скляну підкладку за dip-coating методикою. Термічна обробка плівок проводилася при 350°C та 500°C . Поверхня плівок розрахована з ізотерм адсорбції-десорбції парів гексана і складає $600\text{--}700\text{ м}^2/\text{гр}$. Середній розмір пор,

розрахований із малокутового розсіяння рентгенівських промінів, складає 8-20 нм. Титано-кремнеземні плівки та плівки TiO_2 складаються із наночасток анатаза з середнім розміром 10-15 нм.

Відповідь на питання про механізм деструкції барвника на поверхні фотокаталізатора під дією УФ опромінювання дає дослідження спектрів поглинання і кінетики фотовипалювання барвника на поверхні плівок в поєднанні з мас-спектрометричним контролем продуктів розкладання барвника.

Ефективність фоторозкладання МГ падає в ряду $TiO_2 > TiO_2/SiO_2(10\text{вес.}\% TiO_2) > SiO_2$.

Дефектна підсистема і властивості твердих розчинів Pb–Sb(Bi)–Te, Pb–Sb(Bi)–Se, Sn–Sb(Bi)–Te

Ткачик О.В.

Фізико-хімічний інститут Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Халькогеніди свинцю і олова – перспективні матеріали, що широко використовуються у приладових структурах інфрачервоної техніки, а також у термоелектричних перетворювачах енергії [1]. Тверді розчини на їх основі за рахунок зміни фізико-хімічних властивостей значно розширюють можливості практичного застосування.

У роботі проведено комплексне дослідження властивостей твердих розчинів у системах Pb(Sn) – Bi(Sb) – Te, Pb – Bi(Sb) – Se – Te, визначено їх області гомогенності, запропоновано кристалоквазіхімічні рівняння сполук і визначено домінуючі механізми легування та утворення твердих розчинів.

Так, зокрема, встановлено, що за умови насичення телуromом вісмут у кристалах $PbTe\langle Te \rangle$: Bi займає вакансії у катіонній підґратці, обумовлює зменшення концентрації дірок, конверсію провідності з p- на n-тип і подальший ріст концентрації електронів [2].

Показано, що якщо легування вісмутом телуриду олова $SnTe\langle Te \rangle$: Bi до (1-1,5) ат. % Bi здійснюється за механізмом заповнення катіонних вакансій, то вже при більшому вмісті Bi має місце процес комплексоутворення з наступним виділенням фази Bi_2Te_3 [3].

У системах $PbSe\langle Se \rangle$: Bi і $PbSe\langle Pb \rangle$: Bi виявлено амфотерну дію домішки вісмуту. Показано, що якщо у першому випадку вісмут заміщує катіонні вакансії з утворенням вільних електронів, то у випадку n-PbSe – аніонні вакансії і виявляє акцепторну дію. Встановлено, що донорна дія вісмуту у p-PbSe компенсується зарядженими вакансіями свинцю у катіонній підґратці [3].

1. Абрикосов Н.Х., Шелимова Л.Е. *Полупроводниковые материалы на*

- основе соединений $A^{IV}B^{VI}$* . Наука, М. 194 с. (1975).
2. Фреїк Д.М., Ткачик О.В., Межиловська Л.Й. Кристолоквасіхімічний зміст домішки вісмуту у плюмбум телуриді // *Фізика і хімія твердого тіла*, 7(2), сс. 303-306 (2006).
 3. Фреїк Д.М., Ткачик О.В., Іванишин І.М. Фізико-хімічні властивості і кристолоквасіхімічні формули твердих розчинів $\text{SnTe-Sb}_2\text{Te}_3(\text{Bi}_2\text{Te}_3)$ // *Фізика і хімія твердого тіла*, 7(3), сс. 533-539 (2006).
 4. Фреїк Д.М., Чобанюк В.М., Ткачик О.В. Кристалохімічні моделі амфотерної дії домішки Ві у кристалах PbSe // *Фізика і хімія твердого тіла*, 7,(1), сс. 88-92 (2006).

Мессбауерівські дослідження розупорядкування магнітної мікроструктури плівок ЗІГ, імплантованих іонами He^+

Федорів В. Д., Коцюбинський В. О., Куровець В. В., Мокляк В. В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

У роботі розглядається трансформація магнітної мікроструктури приповерхневого шару епітаксійних плівок залізо-ітрієвого гранату (ЗІГ) після імплантації іонами (II) He^+ з енергією 100 кеВ ($D = 1 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$). II призводить до спотворення обмінної взаємодії та появи ряду магнітонеєквівалентних позицій для тетра (d)- та октакоординованих (a) іонів заліза, що зумовлює значні труднощі при інтерпретації експериментальних даних конверсійної електронної мессбауерівської (КЕМ) спектроскопії про магнітну мікроструктуру приповерхневого шару II плівок ЗІГ. Застосовувалася методика відновлення функції розподілу ефективного магнітного поля (ЕМП) на ядрі запропонована в [1].

Аналіз отриманих результатів показав наявність у вихідній плівці ряду магнітонеєквівалентних позицій d -координованих іонів заліза (рис.1). Зафіксовано компоненти КЕМ спектру з $H_{\text{еф}}$ проміжним порівняно із значеннями, що відповідають ЕМП на ядрах Fe^{57} в a - та d -координації. Виявлено, що при II спостерігається першочергове руйнування надобмінних зв'язків між іонами заліза в d -оточенні. Спостерігався лінійний ріст відносного вмісту дублетної компоненти спектру при зростанні дози II. Значення квадрупольного розщеплення парамагнітного дублету $\Delta \approx 2,15 \text{ мм/с}$ вказує на зміну валентного стану заліза $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$. Встановлено появу при II іонів Fe^{3+} , які формують складову спектрів з $H_{\text{еф}} \approx 220 \text{ кЕ}$ і є проміжним етапом переходу з магнітовпорядкованого стану у парамагнітний.

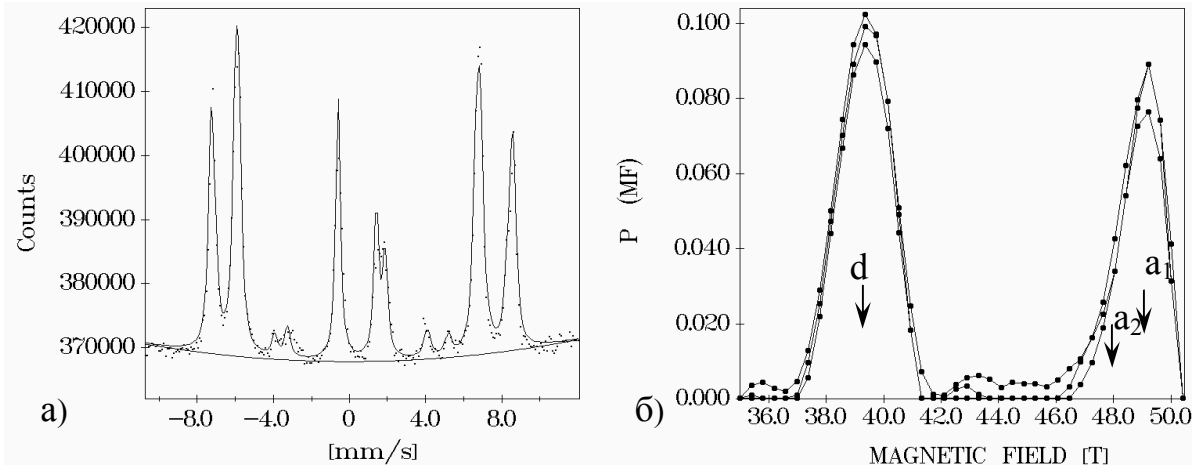


Рис. 1. а) КЕМ спектр неімплантованої плівки ЗГ, зйомка в зовнішньому магнітному полі напруженістю 3 кЕ; б) функція розподілу надтонкого поля на ядрах Fe^{57} .

1. Hesse J., Rubartsch A. J. Phys. E.: Sci. Instr. 7 (1974) 526.

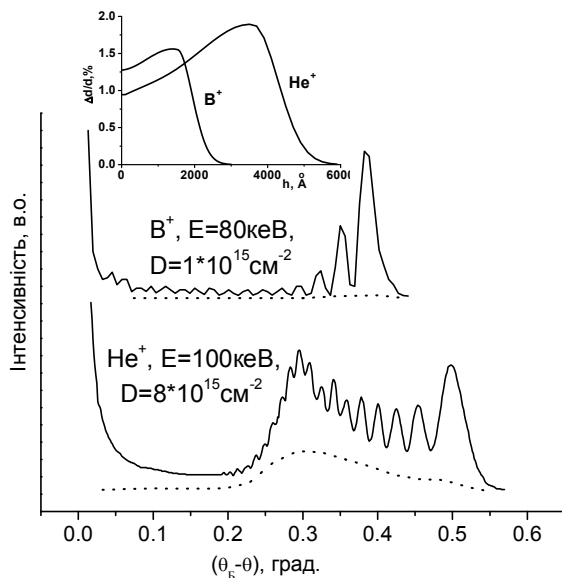
Кристалічна структура приповерхневих шарів монокристалів ГГГ, імплантованих легкими іонами

Федорів В.Д., Яремій С.І., Яремій І. П.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Іонна імплантація, як метод, що дає можливість цілеспрямовано змінювати кристалічну (а, відповідно, і магнітну) структуру приповерхневих шарів, широко використовується при модифікації ферит-гранатових плівок. Метою наших досліджень було вивчення змін в кристалічній струк-

турі приповерхневих шарів, імплантованих легкими іонами (He^+ та V^+).



Для усунення впливу механічних напруг, які виникають за рахунок різниці в сталих ґратки плівки і підкладки, а також за рахунок різниці в їх термічних коефіцієнтах, об'єктом дослідження були вибрані монокристали гадоліній-галієвого гранату (ГГГ). Дані монокристали імплантувалися іонами He^+ ($E = 100$ кеВ, $D = 1 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{16}$ $см^{-2}$) та іонами V^+ ($E = 80$ кеВ, $D = 1 \cdot 10^{14} - 1 \cdot 10^{16}$ $см^{-2}$), і досліджувалися методом

двокристалльної рентгенівської спектрометрії.

Суттєві відмінності в структурі приповерхневих шарів ГГГ, при їх імплантації іонами He^+ та B^+ видно вже з різниці між їх кривими дифракційного відбивання. В першому випадку спостерігається значно інтенсивніше дифузне розсіяння рентгенівських променів від радіаційних дефектів в область додаткової осциляційної структури (ДОС). Результатом цього є піднімання лінії фону ДОС (див. рис.) та необхідність врахування дифузного розсіяння при розрахунках.

Як показали розрахунки, профілі деформації приповерхневих шарів ГГГ в межах вище зазначених доз є однотипними (див. вставку рис.), з поступовим зростанням відносної максимальної деформації і деформації на поверхні, та практично незмінною товщиною порушеного шару. За результатами рентгеноструктурного аналізу та моделювання процесу іонної імплантації за допомогою програми SRIM-2003 можна зробити висновок, що при імплантації легкими іонами для невисоких доз руйнування структури ГГГ відбувається у процесі набору дози, як результат накопичення точкових дефектів з наступним їх зв'язуванням у комплекси. Зауважимо, що при радіаційному дефектоутворенні, при вище вказаних режимах, значну роль відіграють ефекти, пов'язані з електронними енергетичними втратами.

Субструктурные изменения при кристаллизации сверхбыстрозакалённой ленты $\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат. %)

Фирстов С.О., Еременко А.Л., Школьный В.К.

*Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины,
Киев, Украина*

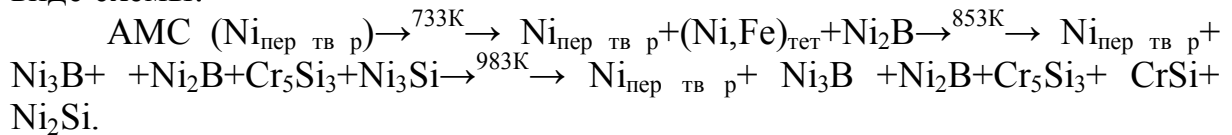
В данной работе была предпринята попытка рассмотрения эволюции структуры сверхбыстрозакалённых материалов с точки зрения наследственной структуры полученной из расплава, который состоит уже из кластеров, фактически готовых центров кристаллизации [1].

В данной работе исследовались субструктурные изменения сверхбыстрозакалённого сплава $\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат. %) при отжиге.

Исследовалась сверхбыстрозакалённая лента $\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат.%) марки СТЕМЕТ-1301 полученная методом спиннингования. Лента подвергалась температурной обработке в электропечи в защитной атмосфере с последующим остыванием на воздухе. При помощи установки высокотемпературного дифференциального анализа (ВДТА) проводилось термографирование [2] со скоростью нагрева 50К/мин. Электронномикроскопические исследования образцов проводились на электронном микроскопе JEM-100СХ.

На термограмме ВДТА сверхбыстрозакалённой ленты

$\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат. %) наблюдаются два отчетливых экзотермических пика при $T_1=785\text{K}$ и $T_2=881\text{K}$. Первый пик характеризуется выраженным изгибом, который может интерпретироваться как отдельная стадия кристаллизации. В результате проведенных исследований установлено, что в сверхбыстроохлажденном сплаве $\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат. %) уже существуют готовые центры кристаллизации- кластеры. В процессе нагрева (до температуры первого пика на термограмме, без видимого всплеска энергии) электроннографически фиксируются такие фазы: перенасыщенный твердый раствор никеля, $(\text{Ni,Fe})_{\text{тет}}$, Ni_2B . При первом пике на термограмме фаза $(\text{Ni,Fe})_{\text{тет}}$ исчезает, и выделяется ещё один борид- Ni_3B , а также силициды Cr_5Si_3 и Ni_3Si . Второй пик на термограмме ВДТА соответствует рекристаллизации и интенсивному росту фаз. При этом фаза Ni_3Si исчезает, а появляются CrSi и Ni_2Si . Данный процесс можно представить в виде схемы:



1. Майборода В.П., Шпак А.П., Куницкий Ю.А. *Структурные аспекты теории плавления и затвердевания*. Академперіодика, Киев. (2002).
2. Берг Л.Г. *Введение в термографию*. изд-во АН СССР, Москва (1961).

Фізико-хімічні та електронні властивості твердих розчинів $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Zn}_x\text{Mn}_y\text{Te}$

Фрасуняк В.М.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

Багатокомпонентні тверді розчини на основі халькогенідів ртуті посідають важливе місце серед напівпровідників, що застосовуються в інфрачервоній техніці, НВЧ-електроніці, сенсорних системах. Поряд з удосконаленням технології отримання добре відомих напівпровідників цієї групи, досліджуються нові об'ємні та плівкові матеріали, в яких вибором компонентного складу можна модифікувати властивості, зміцнити хімічні зв'язки у твердому розчині, покращити механічні властивості і позитивно вплинути на стабільність робочих характеристик приладів на їх основі.

В роботі наведено результати комплексних досліджень властивостей твердих розчинів $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Zn}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ ($0 < x \leq 0,15$; $0 < y \leq 0,15$). Кристали отримані синтезом вихідних компонентів з наступною направленою кристалізацією злитка. Компонентний склад зразків визначався за результатами вимірювання їхньої густини і статичної магнітної сприйнятливості. Металографічні дослідження не виявили у зразках включень інших фаз.

Результати дослідження мікротвердості (Н) зразків показали, що зі

збільшенням вмісту як Zn так і Mn у твердому розчині величина H зростає, що характерно для однофазних твердих розчинів в області гомогенності. Це може свідчити про зміцнення зв'язків у твердому розчині, зменшення енергії дислокацій на одиницю довжини, покращення структурної досконалості кристалів.

Електрофізичні властивості досліджених кристалів в інтервалі температур 80-300 К і в магнітних полях до 1 Т визначаються електрично активними дефектами і неконтрольованими домішками. Вміст останніх у сплавах, в основному, залежить від чистоти марганцю. Термообробка зразків у парах компонентів дозволяє змінювати тип провідності і отримувати матеріали певного складу з низькими ($n_{77K} \sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$, $p_{77K} \sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$) концентраціями і високими рухливостями ($\mu_n \sim 10^5 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$) носіїв заряду.

За результатами дослідження спектрів поглинання в інтервалі температур 80-300 К визначено ширину забороненої зони та її залежність від компонентного складу та температури.

Використовуючи експериментальні результати електрофізичних і оптичних характеристик та методику моделювання параметрів багатокомпонентних твердих розчинів, встановлені функціональні залежності параметрів зонної структури твердих розчинів $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Zn}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ від компонентного складу та температури.

Застосування теорії вільного об'єму до аморфних телуридів Ga

Цалий В.З.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

Застосування концепції вільного об'єму дозволило наближено описати на молекулярному рівні структурно – чутливі закономірності у стеклах та їх розплавах, а також встановити зв'язок між різними властивостями склоподібних систем. Одним з основних параметрів цієї концепції є величина відносної частки флуктуаційного вільного об'єму (f_g): $f_g \ln(1/f_g) = \Delta\alpha T_g$ де $\Delta\alpha$ - стрибок об'ємного коефіцієнта термічного розширення при температурі склування T_g [1].

Попередньо синтезовані сплави різної стехіометрії в аморфний стан переводились методом спінінгування розплаву. Гартування здійснювалося від температур на 50° вищих за температури ліквідусу. Для дилатометричних досліджень (Q-Derivatograph) отримані стрічки пресувалися в таблетки.

Характеристики аморфних сплавів системи Ga-Te

	Ga ₁₅ Te ₈₅	Ga ₂₀ Te ₈₀	Ga ₂₅ Te ₇₅	Ga _{28,57} Te _{71,43}
$f_g \times 10^3$	1,6671	3,4442	6,3011	8,2970
$H \times 10^{-8}$, Па	7,190	6,127	5,083	4,115
$E_h \times 10^{20}$, Дж	3,4230	3,3113	3,1677	3,1381
$V_h \times 10^{30}$, м ³	47,605	54,042	63,389	76,254
$\chi \times 10^2$, ГПа ⁻¹	1,4855	3,1988	6,4296	9,7408
$r_f \times 10^{10}$, м	1,7457	1,8945	2,0606	2,2441
μ	0,413	0,384	0,353	0,336
КМУ	0,844	0,824	0,804	0,793
$H/T_g \times 10^7$, Па/К	0,186	0,145	0,113	0,0875

Аналіз і порівняння з відповідними величинами для типових халькогенідних склоподібних напівпровідників значень мікротвердості (H) та параметрів концепції вільного об'єму: енергії утворення (ліквідації) мікропустот (E_h), їх об'єму (V_h) і радіусу (r_f), коефіцієнтів Пуассона (μ), ізотермічної стисливості (χ) і коефіцієнта молекулярної упаковки (КМУ) – свідчать, що зі збільшенням вмісту Ga загальна структура розрихлюється за рахунок появи додаткового конформаційного вільного об'єму, зберігається металева складова зв'язків, формується трьохвимірна сітка зв'язків, розриви хімічних зв'язків відсутні.

1. Сандитов Д.С., Бартенев Г.М. Физические свойства неупорядоченных структур. Наука, Новосибирск. (1982).

Термічна стабільність та кінетика кристалізації аморфних стрічок системи In-Te

Цалий В.З.

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Чернівці, Україна*

Попередньо синтезовані сплави різної стехіометрії в аморфний стан переводились методом спінінгування розплаву ($V_{\text{охол.}} \sim 10^5 \text{K/c}$). Отримувались стрічки товщиною 10-25мкм і шириною 0,5-5мм. Диференціально – термічний аналіз (ДТА) проводився при швидкості нагріву 10К/с. Рентгенофазовий аналіз відпалених в околі температур кристалізації здійснювався на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3 в $\text{Cu}_{K\alpha}$ випромінюванні.

Особливістю кривих ДТА сплавів із вмістом 20 і 25 ат.% In є наявність двох екзо ефектів в області температур силювання (T_g). На деяких зразках (не всіх) складом $\text{In}_{28,57}\text{Te}_{72,43}$ (стехіометрія In_2Te_5) також спостерігається такий ефект. Методом виключення можливих типів

релаксаційних процесів у даних матеріалах встановлено, що найбільш імовірною причиною появи двох екзоэффектів в області T_g є наслідок розщеплення α -максимуму (α_1 і α_2) за рахунок формування гетерофазної (в значенні: поява нового типу структурних одиниць) структури.

Концентраційна зміна $T_g = T_{\alpha_1}$ для 15; 20; 25 ат.% In підпорядковується лінійному закону: $T_{\alpha_1}(x) = 301,7 + 4,41x$. Значення T_g для $In_{28,57}Te_{72,43}$ різко відхиляється від лінійної залежності в меншу сторону. Отримане по цій залежності значення T_g для $In_{28,57}Te_{72,43}$ рівне 427,7К і на кривій ДТА для цього складу попадає в область початку кристалізації. Тому не виключена ситуація, що цей ефект структурної релаксації маскується процесом кристалізації (а можливо, і є причиною кристалізації). Зміна T_{α_2} також підпорядковується лінійному закону: $T_{\alpha_2}(x) = 260,9 + 5,43x$ і дані прямі перетинаються в околі складу $In_{40}Te_{60}$ (478К), що свідчить про виродження одного з процесів релаксації і може трактуватися як можливість формування однорідної структури при вмісті індію 40 ат.%.

Результати рентгенофазового аналізу сплавів, відпалених в околі температур екзоэффектів, підтверджують висновки, що у сплавах зі вмістом In понад 15 ат.% змінюється топологія розташування структурних одиниць і формується гетерофазна структура.

Крім того, зафіксовано дві нових метастабільних фази з примітивною кубічною ґраткою ($a = 7,37 \pm 0,04 \text{ \AA}$ та $a = 10,7 \text{ \AA}$). Подібні фази спостерігались при кристалізації аморфних плівок In_2Te_3 [1], однак їх утворення пояснювалось ревіпаруванням Te ($In_{2+x}Te_3$).

1. Сокол Л.А., Косевич В.М., Барвинок А.Д. *Физика и химия обработки материалов*, 3, сс. 25-29 (1982).

Оксидные пленки на поверхности стали и их роль в формировании адгезионного контакта при осаждении конденсационных покрытий

Чебан Т.В., Береговая О.М., Костржицкий А.И.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г.Одесса, Украина

Одной из основных проблем при выдаче рекомендаций по внедрению технологий металлизации малоуглеродистых сталей было решение двух взаимоисключающих задач. Первая – очистка поверхности сталей от различных загрязнений, препятствующих формированию прочного адгезионного контакта. Вторая – наличие оксидных пленок на поверхности и поиск оптимальных режимов обработки с учетом возможного дополнительного образования оксидов в процессе обработки.

При термическом нагреве образцов стали в атмосфере остаточных

газов на ее поверхности происходит взаимодействие материала подложки с остаточным кислородом. Результат – кроме процессов очистки поверхности от макрозагрязнений, фиксируется формирование дополнительных оксидных слоев. При этом толщина оксида, его структура и фазовый состав, некоторые электрофизические свойства определяются и зависят от температуры нагрева стали и времени прогрева.

Анализируя один из возможных механизмов формирования адгезионного контакта, предположим, что прогрев стали в вакууме в атмосфере остаточных газов может сопровождаться двумя конкурирующими процессами на поверхности: дополнительным окислением железа при взаимодействии с кислородом. Этот процесс является конкурирующим процессу окисления, а суммарный результат обоих процессов выразится либо в увеличении, либо в уменьшении толщины оксида во времени. Экспериментальная проверка закономерностей кинетики восстановления оксидных пленок на поверхности железа показала, что уменьшение толщины оксида α (толщина пленки оксида) при отжиге в атмосфере инертного газа происходит по линейному закону.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования и предлагаемая трактовка закономерностей протекания окислительно-восстановительных процессов в системе «подложка-оксид» при нагреве в вакууме позволяют сделать некоторые обобщения в плане прогнозирования ожидаемого механизма формирования адгезионного контакта при нанесении различных покрытий на малолегированную сталь. Получение качественной с точки зрения адгезии металлопродукции с защитными покрытиями при низких температурах возможно только при замене обычной вакуумной технологии на ионно-плазменную.

Микроструктура пленок δ - Bi_2O_3

Черненко И.М., Дуда В.М., Часовский К.В.

Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск, Украина

Мы уже сообщали о возможности получения методом реактивного магнетронного распыления пленок Bi_2O_3 с метастабильной δ -фазой [1]. Цель настоящей работы – исследование микроструктуры таких пленок с помощью просвечивающего электронного микроскопа ЭММА. Исследовались пленки толщиной от 30 Å до 3000 Å, полученные двумя различными способами: изменением режимов распыления и путем ионно-плазменного травления толстых.

Электроннооптические изображения поверхности пленок δ - Bi_2O_3 , полученные при увеличении в 20000-50000 раз, независимо от толщины и показывают, что размер зерен не превышает ~200 нм. Дифрактограммы

таких пленок имели от 4 до 8 колец. При уменьшении диаметра электронного пучка в режиме микродифракции также наблюдались дифракционные кольца, а от некоторых участков пленок появлялись точечные рефлексы, которые несимметрично располагались на дифракционных кольцах. Это свидетельствует о том, что в пленках в основном существуют зерна размеров, меньше диаметра сфокусированного электронного пучка (~100 нм).

Изменение режимов получения пленок (уменьшение скорости осаждения) приводило к получению пленок, состоящих из двух фаз – аморфной и δ -фазы. Электроннооптические исследования показывают, что область с аморфной структурой имеет равномерную яркость, тогда как поликристаллическая область имеет вид мозаики, состоящей из поликристаллических блоков с заметно различающимся контрастом. Дифрактограммы от аморфной фазы представляют собой два заметно размытых кольца, указывающих на наличие только ближнего порядка. Электроннографические исследования после хранения пленок δ - V_2O_3 в вакууме в течение года показали переход практически всех образцов в аморфную фазу, что свидетельствует о важной роли степени нестехиометрии по кислороду на формирование фазового состава пленок. Можно полагать, что со временем в вакууме часть кислорода покидает кристаллическую решетку, а структура при этом испытывает фазовые превращения. Это также свидетельствует о том, что δ -фаза является более кислородосодержащей, чем аморфная фаза.

1. Черненко І. М., Часовський К. В., Катков В. Ф. Стабілізація δ -фази плівок V_2O_3 при 300 К. // *Фізика і хімія твердого тіла*, **3**,(3), сс. 531-534 (2002).

Пространственная дисперсия компонент продуктов лазерной эрозии соединений CuSbS_2

Чучман М. П., Шуайбов А.К., Качер И.Э. Риган М.Ю.

Ужгородский национальный университет, г. Ужгород, Украина

Исследовано соотношение концентраций атомов меди и ионов серы Cu / S^+ при движении лазерной плазмы на основе соединения CuSbS_2 от мишени с одного до семи миллиметров. Построена схема атомизации материала мишени, соответствующая полученным экспериментально результатам. Соотношение Cu / S^+ изменяется от 1/0.2 до 1/0.7. Показано, что даже без присутствия внешнего химически активного газа в лазерной плазме могут проходить изменения соотношения концентраций составляющих ее атомарных частиц на расстояниях от мишени, где

конденсация паров маловероятна. Эта особенность на наш взгляд обусловлена в первую очередь особенностями атомизации мишени при воздействии инфракрасного импульсного лазерного излучения. Распад содержащихся в плазме кластеров, молекул и радикалов скорее всего вызывает изменение соотношения атомарных частиц. Данное явление необходимо учитывать при формировании тонких пленок и наноструктур многокомпонентных соединений.

До питання про вивчення інтенсивності іонообмінних процесів на границі метал – електроліт

Шалигін О.В., Калінков О.Ю., Тіщенко В.М.

*Одеська національна академія харчових технологій, кафедра фізичної і колоїдної хімії,
Одеса, Україна*

Згідно з сучасним уявленням про механізм та структуру електроннообмінних та іонообмінних процесів, що протікають на границі розподілу фаз (тверда поверхня – рідина): термодинамічна ймовірність, швидкість та характер розвитку визначаються станом подвійного електричного шару ПЕШ. В рамках цієї наукової роботи ми розглядаємо варіант математичного модельного прогнозування будови ПЕШ задля подальшої оцінки вагових втрат металевого матеріалу внаслідок протікання електрохімічних іонообмінних процесів на твердій металевій поверхні. Класичні електрохімічні експрес-методи передбачають розрахунок вагових втрат матеріалу, при протіканні поверхневих електрохімічних процесів, за принципом інтегральної апроксимації. Так при проведенні класичних потенціодинамічних випробувань, які вважаються найбільш об'єктивними і дозволяють здійснювати розрахунки електрохімічних параметрів та напівшвидкісного критерію протікання поверхневих процесів розчинення матеріалів, передбачається, що під поляризаційним впливом знаходиться вся поверхня матеріалу. Але, як виявляється на практиці, – це не завжди так. Згідно з класичними уявленнями про розвиток поверхневих процесів внаслідок примусового зсуву потенціалу виникає значний градієнт концентрації реагентів, що призводить до залучення в електрохімічних реакціях всіх активних іонів в ПЕШ. Причому вважається, що вся поверхня поляризованого зразку приймає участь в іонообмінних процесах під впливом зовнішньої поляризації. Подібне реалізується при значному зсуві потенціалу в відповідний бік і не завжди реалізується при невеликих зсувах потенціалів. Загальні втрати маси металу, які розраховують гравіметрично, не характеризують дійсну швидкість розчинення металу в осередку активного розчинення. Інтегральне дослідження таких систем не завжди об'єктивно, тому що ми маємо справу зі складною багато-електродною системою, що

являє собою кінцеву кількість осередків розчинення (анодів) та один великий катод. Становище ускладнюється ще тим, що швидкість іонообмінних процесів на обох поверхнях змінюється з часом. Важливо, також, встановити основні закономірності протікання електрохімічної іонообмінної реакції в анодних осередках та іншій частині зразка що контактує з електролітом. Складність, також, полягає в відсутності експериментальних та розрахункових методів визначення струмів, що стікають з реальних осередків не дозволяє розрахувати істину швидкість розчинення металу в діючих пітингах. Реально пов'язати електрохімічні і електрофізичні поверхневі параметри з геометрією ПЕШ, можна, використовуючи результати виміру електрохімічної гетерогенності поверхні. Подібний підхід дозволяє отримати формулу яка враховує геометричні параметри ПЕШ і пов'язує їх з характеристиками, які можна вимірювати безпосередньо.

Подальший розвиток подібної моделі, з визначенням необхідних параметрів експериментальним шляхом, дозволить отримати напівемпіричну модель процесу локального розчинення металу в електроліті і дозволить здійснювати оцінку кінетики процесів локального руйнування.

Ик-спектроскопия пленок полиэтилена высокого давления, модифицированных молекулами фуллерена C₆₀

Шпилевский Э.М.¹, Левшунова Е.В.¹, Довбешко Г.И.²

¹*Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

²*Института физики НАН Украины, Украина*

Интерес к изучению фуллеренсодержащих полимеров обусловлен тем, что органические полимеры представляют собой внутримолекулярные донорно-акцепторные комплексы, которые являются удобными матрицами для введения молекул фуллерена. Фуллерены, обладающие большей энергией сродства к электрону, чем акцепторные фрагменты многих полимерных молекул, могут образовывать комплексы с переносом заряда [1].

Исследуемые образцы ПЭВД – C₆₀ были получены методом пропитки пленок ПЭВД (марка ПЭВД-15803-020, производства РБ) в растворе C₆₀ в толуоле (1,4 мг/мл). Содержание фуллерена в пленке варьировалось путем изменения времени пропитки (0,5 и 3 ч).

Оптическая диагностика исследуемых образцов проводилась с помощью Фурье-спектрометра IFS66 Bruker в диапазоне 500-1500 см⁻¹, соответствующем активным колебаниям ПЭВД и C₆₀.

Спектры исследуемых образцов ПЭВД – C₆₀ достаточно хорошо отображают характерные для фуллерена C₆₀ полосы поглощения: 528 – T_{1u}(1), 577 – T_{1u}(2) и 1182 см⁻¹ – T_{1u}(3). О наличии колебания T_{1u}(4) C₆₀ 1428

см⁻¹ в вышеуказанных спектрах можно судить по уширению полосы поглощения ПЭВД. Сравнение спектра пропускания чистого фуллерена C₆₀ со спектрами композитов выявило существенный сдвиг и сужение полос поглощения C₆₀. Подобный результат уже был получен ранее при исследовании композиционных образцов поли (2,6-диметил)-фениленоксида (ПФО) с C₆₀ в работе [2], в которой сдвиг (0,5 см⁻¹) колебательных полос фуллерена объяснён химическим воздействием и образованием комплекса ПФО-C₆₀. В нашем случае сдвиг полос составляет 5 см⁻¹, что позволяет уверенно говорить о взаимодействии фуллерена с матрицей полиэтилена высокого давления.

Полимерная матрица оказывает более сильное влияние на деформационные колебания (575 и 526 см⁻¹) молекулы фуллерена C₆₀. При сравнении спектров пропускания материалов ПЭВД – C₆₀ и чистого ПЭВД наблюдаются различия, вызванные наличием фуллерена в полимерной матрице. Положение линий ПЭВД в спектрах образцов ПЭВД – C₆₀ остается неизменным, однако для некоторых из них наблюдается изменение полуширины.

Таким образом, взаимодействие молекул фуллерена с полимерной матрицей в материалах ПЭВД – C₆₀ проявляется в сдвиге и изменении полуширины колебательных линий. Полимерная матрица оказывает сильное влияние на деформационные колебания (522 и 572 см⁻¹) молекулы C₆₀ (сдвиг в коротковолновую область, сужение линий).

1. Шпилевский Э.М., Шилагарди Г., Ахремкова Г.С. Механические и трибологические свойства полиэтилена высокого давления, модифицированного фуллеренами // *Фуллерены и фуллереноподобные структуры*. Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, сс. 218-228 (2005).
2. Гладченко С.В., Полоцкая Г.А., Грибанов А.В., Згонник В.Н. Исследование твердофазных композиций полистирол-фуллерен // *Журнал технической физики*, 72(1), сс. 105-109 (2002).

Частота коливань поперечної оптичної моди в некристалічних плівках бінарних халькогенідів

Т.М. Щурова¹, М.Д. Савченко¹, О.Б. Кондрат¹, І.І. Опачко¹,
Ю.Ю. Попович², В.М. Рубіш³

¹Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна

²Інститут електронної фізики НАНУ, Ужгород, Україна

³Ужгородський науково-технологічний центр ІПРІ НАНУ, Ужгород, Україна

У даній роботі розрахована частота коливань поперечної оптичної вітки ($\omega_{\text{TO}}^{\text{теор}}$) для некристалічних халькогенідних плівок. Розрахунок проведений в рамках формалізму методу лінійної комбінації атомних

орбіталей [4]. Частота $\omega_{TO}^{теор}$ розраховувалась за формулою

$$\omega_{TO}^{теор} = \sqrt{k\alpha_c^3 / d_{сер}^4 M_x} / 2\pi,$$

де $k = 48,4 \text{ eV} \times \text{нм}^2$ коефіцієнт перерахунку для GeS_2 і $k = 43,4 \text{ eV} \times \text{нм}^2$ коефіцієнт перерахунку для інших матеріалів; α_c - ковалентність зв'язку; $d_{сер}$ - середня міжатомна відстань; M_x - енергетичний еквівалент атомної маси халькогена.

Результати розрахунку і відповідні експериментальні дані, визначені по спектрам комбінаційного розсіювання світла ($\omega_{TO}^{екс}$), наведені в Таблиці. Аналіз результатів показав, що для більшості досліджуваних матеріалів відхилення частоти $\omega_{TO}^{теор}$ від частоти $\omega_{TO}^{екс}$ не перевищує 1,5 %.

Таблиця

Матеріал	As_2S_3	As_2Se_3	Sb_2S_3	Bi_2S_3	GeS_2
$\omega_{TO}^{теор}, \text{см}^{-1}$	345	230	275	240	342
$d_{сер}, \text{нм}$	0,228	0,240	0,250	0,256	0,217
$\omega_{TO}^{екс}, \text{см}^{-1}$	340	227	290	239	342
Джерело	1	1	1	2	3

Обговорюється можливість розрахунку вищевказаним методом частоти ω_{TO} гомеоплярних зв'язків і вплив на ω_{TO} варіацій довжини різних зв'язків і валентних кутів, а також придатність даного методу для розрахунку частоти $\omega_{TO}^{теор}$ складних халькогенідних матеріалів.

1. Rubish V., Yurkin I., Malesh V., et al. // *Proc. SPIE*, **2648**(530) (1995).
2. Кондрат О. Б., Попович Н.І, Довгошей М.В., та ін. У даному збірнику.
3. Мотт Н., Девіс Э. *Электронные процессы в некристаллических материалах*. Мир, М. 2. сс. 513 (1982).
4. Harrison W.A., *Elementary Electronic Structure*. New Jersey, London, Singapore, Shanghai, etc: World Scientific Publishing Co. (2004.)

Особливості процесів дефектоутворення і фізико-хімічні властивості нестехіометричного телуриду германію

Юрчишин Л.Д.¹, Бабушак Г.Я.¹, Жуковський П.В.²

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Івано-Франківськ, Україна

²Люблінський технічний університет, Люблін, Польща

Інтерес до напівпровідникових сполук $A^{IV}B^{VI}$ пов'язаний із широким використанням у термоелектричних перетворювачах енергії, фотоприймачах [1]. Вони також є цікавими з теоретичних позицій у зв'язку

із особливими фізико-хімічними властивостями, пов'язаними із відхиленнями від стехіометричного складу. У цьому відношенні найбільшу увагу привертає телурид германію $\text{Ge}_{1-x}\text{Te}_x$ із широкою областю гомогенності. Телурид германію являє собою вироджений напівпровідник р-типу ($x=0,503 - 0,515$ при 600 К) із значною концентрацією носіїв струму ($p=(0,4-2,5) \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$) [2].

Весь комплекс фізико-хімічних властивостей $\text{Ge}_{1-x}\text{Te}_x$ визначається природою, зарядовим станом і концентрацією власних точкових дефектів та їх комплексів. У роботі методами квазіхімічних рівнянь утворення дефектів та кристалоквазіхімічних формул виконано аналіз дефектної підсистеми у кристалах $\beta\text{-GeTe}$ в межах області гомогенності із врахуванням зміни валентності Ge від 2 до 4.

Акцепторний вплив у $\text{Ge}_{1-x}\text{Te}_x$ пов'язаний із вакансіями у катіонній підгратці. При цьому відсутність германію обумовлює перехід двох s-електронів із валентної зони в зону провідності з одночасним “витісненням” чотирьох електронів з кристалу (два s і два p). Електронні р-стани телуру при цьому залишаються у валентній зоні і тому у ній з'являються дві дірки [2]. Із ростом відхилення від стехіометричного складу на бік телуру має місце зменшення коефіцієнта термо-е.р.с. і збільшення питомої електропровідності через ріст концентрації основних носіїв.

1. Абрикосов Н.Х., Порецкая Л.В., Скуднова Е.В., Шалимова Л.Е. *Полупроводниковые соединения, их получение и свойства*. Наука, М. 177 с. (1967).
2. Коржуев М.А. *Теллурид германия и его физические свойства*. Наука, М. 103 с. (1986).

Epitaxial growth and oxygen nonstoichiometry of magnetron-sputtered conductive $\text{LaNiO}_{3-\delta}$ thin films

Lisauskas V., Vengalis B., Šliužienė K., Pyragas V.

Semiconductor Physics Institute, Vilnius, Lithuania

Mixed valence LaNiO_3 is known as a conductive binary oxide exhibiting metallic-like conductivity in a wide temperature range. Oxygen-saturated highly conductive LaNiO_3 films are frequently used as electrodes in various device structures containing ferroelectric, ferromagnetic and high T_c superconducting layers. However, it is well known that oxygen nonstoichiometry induced by film annealing under reduced oxygen pressure may result increase of film resistance by several times.

$\text{LaNiO}_{3-\delta}$ thin films ($d = 0.1 \div 0.2 \mu\text{m}$) were grown heteroepitaxially by dc magnetron sputtering onto lattice-matched NdGaO_3 substrates. Oxygen content in the films was varied in a wide range ($x = 0 \div 0.5$) by their annealing at $T_{\text{ann}} =$

300÷500 °C either in vacuum or pure oxygen. Resistance versus temperature of the films with various oxygen content ($\delta = 0\div 0.5$) was measured in a wide temperature range (300÷700 K). The metal-insulator (M–I) transition has been indicated for the films with δ increasing. Presence of composition-dependent energy gap has been indicated for oxygen-deficient films with $\delta \geq 0.25$.

Photochemical generation of Ag nanoparticles on the mesoporous TiO₂/ZnO films

Manujlov E.¹, Gtatyuk Yu.¹, Smirnova N.¹, Eremenko A.¹, Guobienė A.²,
Tamulevicius S.²

¹*Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences, Kyiv, Ukraine*

²*Institute of Physical Electronics of Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania*

The preparation of nanocomposite made of oxide films containing nano-sized semiconductor or metal particles allows system with peculiar optical (third order nonlinear optical effects, selective optical absorption and reflection), electrical and photocatalytic properties. The addition of noble metals to a semiconductor enhances charge separation that results in improvement of their photocatalytic activity in the environmental important redox processes.

This work devoted to photochemical deposition of Ag nanoparticles on mesoporous TiO₂ and TiO₂/ZnO (0.5 - 5 at. % ZnO) film from [Ag(NH₃)₂]NO₃ solution followed by heat treatment at 20-550°C.

TiO₂/ZnO films with metal nanoparticles distributed on the surface were characterized by XRD, AFM and UV-Vis spectroscopy (Fig.1).

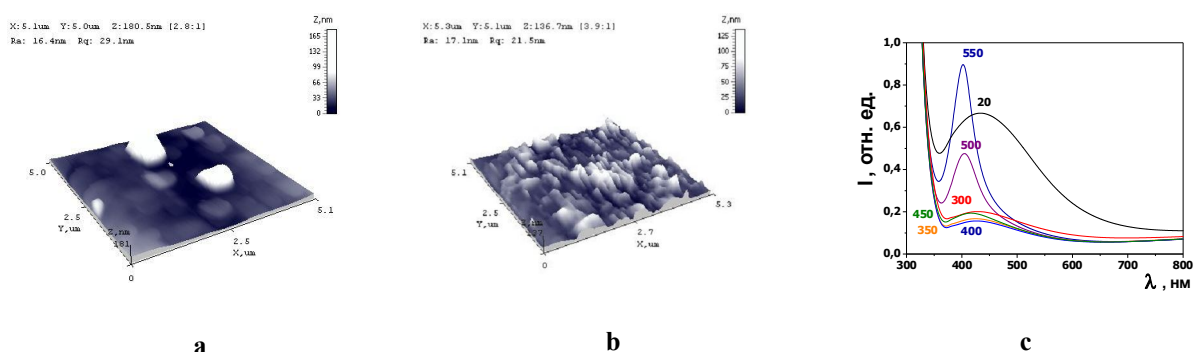


Fig. 1. 3D AFM images of Ag/TiO₂/ZnO films surface: a) after Ag photodeposition, b) after heat treatment at 500°C, c) absorption spectra changes of Ag/TiO₂/ZnO films with temperature.

For as-prepared Ag/TiO₂/ZnO films (AFM image a) non-homogeneous distribution of Ag nanoparticles with low intensive broad band at 450nm in absorption spectra was observed.

After heat treatment smaller particles oriented along one direction were obtained (Image b). These particles give intensive plasmon resonance peak at

400 nm, which is characteristic for particles with narrow size distribution. Photocatalytic activity of Ag/TiO₂/ZnO films estimated in the process of Rhodamine B dye molecule degradation was maximal for Ag/TiO₂/ZnO films after heat treatment at 550°C.

Some optical and photoelectrical properties of thin layers PVP-As₂S₃

Meshalkin A.¹, Andriesh A.¹, Caraman M.², Buzurniuc S.¹,
Bivol V.¹, Robu S.², Verlan V.¹

¹*Center of Optoelectronics of Institute of Applied Physics, Academy of Sciences of Moldova
Chisinau, Moldova*

²*State University of Moldova, Chisinau, Moldova*

Thin films of composite materials have been investigated by numerous authors. The main aims of investigations are elaborating new composite materials, based on chalcogenide and polymer materials and optical, photoelectrical characterization of this material. Spin coated composite films have demonstrated similar properties as vacuum deposited films but spin-coating is cheaper compare to other thin film deposition methods.

Composites, based on polymer, such as polyvinylpyrrolidone (PVP), and on arsenic sulfide As₂S₃ were successfully synthesized by the sol-gel process. Thin films of this composite were deposited on different substrates such as optical glass, polyethyleneterephthalate and monocrystalline silicon wafer by spin-coating technique. The samples were obtained with the thickness in the range of 0,6 μm to 4 μm. The content of As₂S₃ was maintained within the limit of 1 – 90 wt.% of the polymer PVA. The variations of the concentration of As₂S₃ and the transmission spectra were studied for determination of optical band gap.

The optical transmission measurements proved the optical band gap (E_g^{opt}) increase with decreasing arsenic sulfide (As₂S₃) in composite material. It was shown that As₂S₃ component increasing in the polymer composition leads to shifting of absorption edge to the long wavelength side. Beginning from the concentration of 6%-10% and more the optical gap is equal to 2,4 ± 0,05 eV. This coincides with literature data for optical gap of films and bulk samples of As₂S₃. It means that molecular structure of dissolved chalcogenide substance in polymer remains the same as in pure initial chalcogenide.

Thin layers PVP-As₂S₃ are photosensitive in longitudinal direction. The photocurrent in researched samples is 1-2 order less than in amorphous layers of arsenic sulfide with similar thickness. Photosensitivity prevails in the field of energy 2,15-1,85 eV with maximum at 1,9-1,95 eV. The photocurrent depends on thickness of layers polymer – arsenic sulfide is observed at initial illumination 1500 Lux at thickness 2-3 μm. The slow relaxation of a photocurrent was found both during the initial moment of sample illumination

and at deenergizing illumination. Average duration of process of photocurrent growth and decay is about several seconds.

The investigation of electrical and photoelectrical properties of thin photoconductive films made out of copolymers of N-vinylcarbazole with higher alkenes

Robu S., Dementiev I., Miticov D., Andries I.

Moldova State University, Chisinau, Moldova

In recent scientific literature a lot of attention is being paid to organic semi-conductors, made out of polyvinylcarbazole or N-vinylcarbazole (VC) copolymers with alkylmethacrylates. Such materials are widely applied in optoelectronics and electrophotography.

With the purpose of improvement of physical-mechanical and photoelectrical characteristics, new organic photoconductors based on N-vinylcarbazole copolymers with higher alkenes (such as octene-1 (OC-1) and hexadecene-1 (HD-1)) were elaborated and investigated. Copolymers were synthesized using radical polymerization method. The sensitization was realized by electron accepting compounds (such as 2,4,7-trinitrofluorenone or tetracyanoethylene) and photochromic spiropyran materials (PCM).

The investigations were carried out on thin photoconductor films (PSF), obtained from 10 % copolymer solutions also containing 15 % sensitizer and 6-12 % PCM. The films were prepared by layering the solutions on flexible metallized basis (Cr, Ni) with specific surface resistance $10^3 \text{ Ohm}/\square$ and on glass substrate, covered with SnO_2 , with specific resistance of $80 \text{ Ohm}/\square$. The films were dried in a dust-free chamber in the presence of air and in a vacuum drying oven at 40°C . Film thickness varied from 1.0 to 3.0 μm .

The study of PSF photosensitivity was carried out in electrophotographic mode according to potential drop during the illumination by integral 100 lux light. The results showed that PSF made out of copolymers VC:OC-1 and VC:HD-1 possess electrophotosensitivity greater than $10^{-2} \text{ lux}^{-1}\text{s}^{-1}$ in the temperature range of $20\text{-}80^\circ\text{C}$. Photosensitivity region ranges from 400 until 700 nm, while its band width at 0.7 level from maximum constituted 480-580 nm. Contact and non-contact investigation methods showed that PSF dark resistance is about $10^{14} \text{ Ohm}\cdot\text{cm}$.

Synthesized photopolymers can be used in the development, on their basis, of single-layer and double-layer photothermoplastic media for analog and holographic relief image registration.

Electronic structure of tin oxide films

Shcherba I.D.¹, Dobrjanska L.O.², Jatcyk B.M.³

¹*Institute of Techniques, Pedagogical of Academy, Krakow, Poland*

²*Lviv National University by Ivan Franko, Lviv, Ukraine*

³*University of Forestry and Wood Technology, Lviv, Ukraine*

We present experimental results of electronic structure investigations of SnO₂ films by X-ray emission spectroscopy and X-ray photoelectron spectroscopy methods wherein X-ray O K α -emission spectra for these materials are reported for the first time. The O 2p electron band shifts toward the upper edge of the valence band when oxygen vacancies increase, but, at the same time, the distance on the binding energy scale from the O 2p band centered to the Fermi level remains constant. The O 2p valence electron band is broader on the higher binding energy side for oxides having more oxygen vacancies.

Electronic sensor based on Nb₂O₅ electrochromic thin films

Skatkov L.¹, Gomozov V.²

¹*PCB "Argo"*

²*National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute", Kharkov, Ukraine*

As it was reported in [1], the operation of a electronic sensor with semiconductor oxide layer is based on the variations in oxide electric resistance caused by the changes in surface concentration of the of the adsorbate charged molecules in the latter.

Application of an oxide layer with electrochrome properties as a semiconductor permits to visualize adsorption processes on the adsorbate/oxide contact thanks to the observed variations in oxide colors. The paper studies the operations mechanism of the electronic device based on electrochrome Nb₂O₅ films, both in polycrystalline and amorphous states.

It is shown that such oxide is extremely sensitive to the presence of adsorbate molecule, which results in dramatic changes in electric resistance and optic adsorption factor of oxide layers. It has been found that the observed variations in niobium pentoxide physical properties are reversible, and the mechanism of such variations has been investigated.

The model of electronic sensor based on electrochrome films of niobium pentoxide has been proposed.

1. Sensor Update, **9**, p. 226 (2001).

The valence band in the case of thin films of RNi_5 ($\text{R} = \text{Ce, Y, La}$) compounds

Daniela Todoran, Radu Todoran

North University of Baia Mare, Baia Mare, Romania

The paper presents the evaluation by optical methods of the valence band shape in the case of inoxidized thin films of RNi_5 ($\text{R}=\text{Ce, Y, La}$) compounds. The results were correlated with those obtained by XPS spectroscopy for the same compounds yet not as thin films but bulk. We used thin layers with insular (discontinuous) structure and thickness lower than 40nm because of the presence of a number of surface states much higher than in the case of thin layers.

The determinations of the optical reflectance for the 1-10 eV domain lead to the determination of significant optical functions by the Kramers-Kronig formalism (n – index of refraction, k – absorption optical coefficient, ε_1 – real part of dielectric permittivity, ε_2 – imaginary part of dielectric permittivity). The values of these functions for the domain studied show the properties of the distribution function of the state density in the valence band (VB) for energies higher than the Fermi energy.

The particularities of the $\varepsilon_2(\hbar\omega)$ function are conditioned by the probability of optical transitions of the electrons on the free levels in the vicinity of the Fermi level E_F and correspond to the maximums of the state density function. We noticed a good correlation with the results obtained by the XPS method for bulk compounds as well as the presence of specific energetic characteristic features.

1. L. van Hove // *Phys. Rev.*, 89, 1189, (1953).
2. R. Schepis. et al. // *Thin Solid Films*, 99, (1994).

Thin film TiO_2/CdS heterojunctions for visible light photocatalysis

Zhukovskiy M.¹, Gtatyuk Yu.¹, Smirnova N.¹, Eremenko A.¹, Guobiené A.², Tamulevicius S.²

¹*Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences, Kyiv, Ukraine*

²*Institute of Physical Electronics of Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania*

In recent years, application to environmental cleanup has been one of the most active areas in heterogeneous photocatalysis. That is inspired by the potential application of TiO_2 -based colloids, powders and especially films for the total destruction of organic pollutants. Coupled semiconductor photocatalysts provide an interesting way to increase the efficiency of a photocatalytic process by increasing of charge separation and extending of energy range of photoexcitation for the system.

This presentation reports on synthesis of mesoporous TiO₂ films doped with CdS via assembling of thiourea stabilised CdS nanoparticles on fired at 400 or 500°C titania coatings.

To obtain porous coatings, three-block copolymer of ethylene and propylene oxides was introduced into the precursor for film deposition at the preparation stage. Titania films with incorporated CdS nanoparticles were characterized by X-ray diffraction, AFM and UV-Vis spectroscopy. Photocatalytic activity of TiO₂/CdS films was estimated in the process of Cr^{VI} to Cr^{III} photoreduction in the presence of EDTA as electronodonor.

Thermal treatment conditions during TiO₂ films formation influences significantly on surface morphology of the coatings and thus CdS particles size and distribution. As it was demonstrated by utilizing AFM technique surface roughness of TiO₂ film decreases from 105,3 nm to 4,7 nm after calcination at 400 and 500°C, respectively owing to crystallization and sintering growth of anatase crystallites. This lead to homogeneous distribution of CdS particles (800 nm) on TiO₂ (500°C) surface which are agglomerates of smaler nanoparticles, taking into account absorption edge position in UV-Vis spectra of the TiO₂/CdS films. The absorption edge of TiO₂ films is shifted to long wavelength region when it modified with nanoparticles and is extended to about 450 nm by the deposition of CdS large particles.

Thus the use of TiO₂/CdS films extend the region of TiO₂ light sensitivity that is very profitable in photocatalysis.

СЕКЦІЯ 3 (усні доповіді)
НАНОТЕХНОЛОГІЇ І НАНОМАТЕРІАЛИ, КВАНТОВО-
РОЗМІРНІ СТРУКТУРИ

8-11 травня 2007 р.

SESSION 3 (oral)
NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS,
QUANTUM-SIZE STRUCTURES

May, 8-11, 2007

Двозарядна домішка у сферичній квантовій точці

Бойчук В.І., Білинський І.В., Лешко Р.Я.

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
 Дрогобич, Україна*

Бурхливий розвиток гетероструктур в останні десятиріччя привів до того, що вдалося створити велику кількість фізичних об'єктів і виявити явища, які раніше або не вивчалися, або розглядалися чисто теоретично. На даний час стало можливим досліджувати двозарядні домішки у квантових точках.

Розв'язано варіаційну задачу для знаходження енергії основного стану двозарядної домішки, що розташована у центрі сферичної квантової точки (КТ), використовуючи наближення ефективної маси. Потенціал на межі поділу середовищ вибрано скінченим і нескінченим.

Для такої системи записано гамільтоніан, використовуючи координати Хіллерааса ($s = r_1 + r_2$, $t = r_1 - r_2$, $u = r_{12}$):

$$\mathbf{H} = -\frac{\partial^2}{\partial s^2} - \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial u^2} - 2\frac{s u^2 - t^2}{u s^2 - t^2} \frac{\partial^2}{\partial s \partial u} - 2\frac{t u^2 - s^2}{u t^2 - s^2} \frac{\partial^2}{\partial u \partial t} - \frac{4s}{s^2 - t^2} \frac{\partial}{\partial s} - \frac{2}{u} \frac{\partial}{\partial u} - \frac{4t}{t^2 - s^2} \frac{\partial}{\partial t} - \frac{4Zs}{s^2 - t^2} + \frac{1}{u}.$$

Для зручності обчислень введено систему одиниць: $\hbar = 1$, $e = 1$, $m^* = 1$, $\varepsilon = 1$.

Пробну хвильову функцію вибрано у вигляді лінійної комбінації функцій

$$\Psi = \sum_{mnp} c_{mnp} \varphi_{mnp}(s, u, t),$$

де $\varphi_{mnp}(s, t, u) = f_1 f_2 \exp(-\alpha s) s^m t^{2n} u^p,$

$$f_1 = \frac{s+t}{2} - a, \quad f_2 = \frac{s-t}{2} - a.$$

Конкретні обчислення проведено для структури CdS/скло і

$\beta - Hg/CdS$. Для першої структури при розмірах КТ $a \geq 46E$ і більше отримано монотонну зміну значення енергії при зростанні радіусу КТ, наприклад, $E = -2.79 eV$ при $a = 46E$, $E = -2.86 eV$ при $a = 300E$, а при малих радіусах ($a \leq 30E$) одержуються великі додатні значення енергії. Для другої структури при малих радіусах КТ одержано енергію електронів, яка дорівнює енергії двозарядної домішки для масивного CdS .

Аналіз температурної залежності провідності ниткоподібних кристалів твердого розчину Si-Ge

Буджак Я.С., Дружинін А.О., Островський І.П., Когут Ю.Р.

Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

В ниткоподібних кристалах (НК), як і в тонких плівках, при певних умовах може спостерігатися просторове квантування, тому може існувати залежність кінетичних властивостей від діаметра кристала (d). Щоб така залежність спостерігалась діаметр кристала повинен задовольняти наступній умові:

$$d \leq \frac{1.65 \cdot 10^{-6}}{\left(\pi \frac{m^*}{m_0} T\right)^{1/2}}, \quad (1)$$

де m_0 – маса вільного електрона, а m^* – ефективна маса дірки.

Кристали такого діаметру є надзвичайно тонкими, тому для їх синтезу і дослідження необхідно застосовувати спеціальні технології, в т.ч. нанотехнології.

В даній роботі досліджувалась провідність легованих і компенсованих невідроджених ниткоподібних кристалів р-типу провідності твердих розчинів Si-Ge, діаметр яких не завжди відповідає умові (1). Тому в більшості випадків їх можна вважати масивними. Провідність таких кристалів описується наступною формулою:

$$S = S_0 e n_0(E_A, N_A, N_D T) u_D(T) \exp\left(-\frac{E_A}{kT}\right). \quad (2)$$

В цій формулі S_0 – розмірний фактор зразка, e – заряд електрона, E_A – енергія іонізації акцепторів, N_A і N_D – концентрація легуючих акцепторів та донорів відповідно, $u_D(T)$ – дрейфова рухливість дірок, $n_0(E_A, N_A, N_D, T)$ – функція відповідних аргументів, яка описана в роботі [1], k – постійна Больцмана, T – температура кристалу.

В даній роботі в середовищі MathCAD за допомогою регресивного аналізу експериментальних даних був обґрунтований метод, який дає можливість визначити всі важливі параметри, що входять у формулу (2), використовуючи експериментальні температурні залежності провідності

кристала в широкому інтервалі температур (4,2 – 360К).

1. Буджак Я.С., Лопатинський І.Є. *MathCAD в теорії термодинамічних та кінетичних властивостей кристалів*. Львів. Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”. 187с. 2002.

Теоретичні та експериментальні дослідження трансформації форми SiGe nanoострівців

Валах М.Я.¹, Джаган В.М.¹, Литвин О.С.¹, Красильник З.Ф.²,
Новиков А.В.², Юхимчик В.О.¹, Яремко А.М.¹

¹Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

²Інститут фізики мікроструктур РАН, Н.Новгород, Росія.

Останніми роками інтенсивно досліджуються GeSi nanoострівці, які формуються згідно механізму Странського-Крастанова в процесі молекулярно-променевої епітаксії германію на Si (SiGe) підкладки. Змінюючи їх розміри, форму, щільність та компонентний склад можна “конструювати” структури з необхідними параметрами для нанoeлектронних приладів.

В даній роботі досліджена залежність форми острівців від їх компонентного складу, величини поверхневої енергії і температурного коефіцієнта розширення та типу буферного шару. Як показали дослідження, на початковому етапі формуються пірамідальні острівці з прямокутною або квадратною основою, які в процесі подальшого росту можуть трансформуватися в куполоподібні острівці. Такі трансформації відбуваються за рахунок зменшення енергії масиву nanoострівців.

Повна енергія острівця складається з двох частин: $E = E_s + E_r$ (1), де E_s - сумарна зміна енергії поверхні і інтерфейсу, внаслідок формування острівця; E_r - зміна пружної енергії 2D-шару в результаті його релаксації при 2D-3D переході. Аналіз рівняння (1), показав, що енергія є складною функцією як латеральних розмірів (s , t), висоти h , кута нахилу бічних граней Θ , так і фізичних параметрів - об'ємного тензора напружень c_b і поверхневих енергій граней острівця γ_e та підкладки γ_s . Для знаходження мінімуму повної енергії острівця був проведений числовий аналіз рівняння (1) при варіюванні різних фізичних параметрів. В результаті було показано, що мінімум енергії острівця виникає при певних значеннях γ_e , γ_s , x (компонентного складу) та T .

Експерименти показали, що можливі і зворотні переходи від куполів до пірамід. Такі трансформації спостерігалися нами в двох випадках: при термічному відпалі зразків і при обробці зразків у водневій ВЧ-плазмі.

Таким чином, в даній роботі показана можливість опису спостережуваної в експерименті трансформації GeSi nanoострівців з однієї форми в іншу залежно від розмірів острівців і температури епітаксії.

Використана модель передбачає наявність локальних мінімумів поверхневої енергії острівців, що відповідають певним кристалографічним площинам і визначають ту або іншу форму острівця.

Треки в аморфных слоях SiO₂ на Si, облученных ионами высоких энергий

Власукова Л.А., Комаров Ф.Ф., Ювченко В.Н.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Для создания системы наноразмерных каналов в SiO₂ можно использовать облучение структуры SiO₂/Si быстрыми ионами. Высокий уровень электронных возбуждений при прохождении быстрых ионов в твердом теле приводит к образованию скрытых треков. Это области модифицированного материала в виде цилиндров диаметром 5-20 нм с измененной плотностью и деформированными химическими связями, вкрапленные в неповрежденную матрицу. В областях скрытых треков химической обработкой могут быть вытравлены наноразмерные каналы, в которых электрохимическими или золь-гельными методами могут быть сформированы нанопроволоки или кристаллиты из металлов, полупроводников, люминофоров или композиций этих материалов.

Скрытые треки, индуцированные в термическом диоксиде кремния при облучении высокоэнергетическими ионами, исследовались с помощью сканирующей электронной микроскопии после химической обработки структур SiO₂/Si в разбавленных растворах фтористоводородной кислоты. В облученных быстрыми ионами слоях SiO₂ на кремниевых подложках сформированы каналы диаметром 10-15 нм с соотношением длина/диаметр до 22. На базе модели термического пика для аморфного SiO₂ рассчитаны радиус и время существования расплавленной фазы в области трека для девяти типов ионов с массой от 20 (Ne) до 209 а.е.м. (Bi) и энергиями от 6 до 710 МэВ. Проведено сравнение расчетных данных с результатами травления.

Імпедансні дослідження електропровідності нестехіометричних шпінелей складу Li_{0.5}Fe_{2.5-x}Ti_xO₄ (0<x<1)

Гасюк І.М., Угорчук В.В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Літієві залізовмісні шпінелі, допійовані немагнітними катіонами, викликають значний інтерес як можлива альтернатива діоксиду титану, кобальтиту літію та літій-марганцевих шпінелей в якості катодних матеріалів для літій-іонних джерел струму. Спільним недоліком означених

систем є їх низька електропровідність. Цей недолік можна усунути додаванням струмопровідних добавок, але це приводить до зменшення "ефективного" робочого об'єму катодної речовини. Тому постає проблема створення принципово нових катодних високопровідних матеріалів, вирішення якої має на меті отримання речовини, що забезпечить вищий ступінь "гостьового" навантаження і одночасно характеризуватиметься більшими значеннями питомої ємності та енергії.

В нашій роботі в досліджено частотну залежність електропровідності нестехіометричної шпінелі складу $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.4}\text{Ti}_{0.1}\text{O}_4$ отриманої за традиційною керамічною технологією.

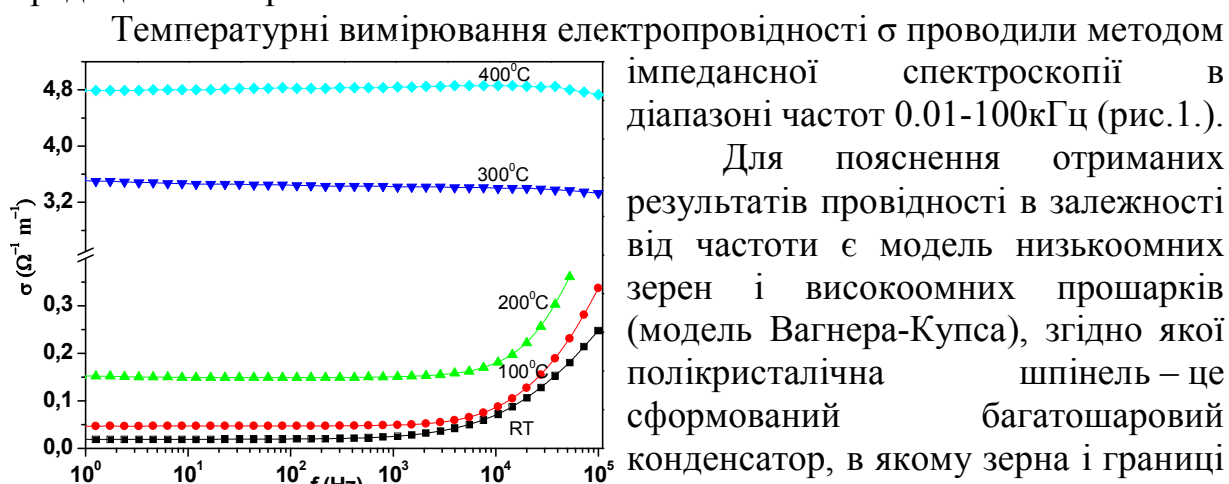


Рис. 1. Криві залежності σ від частоти та температури для $x = 0.1$

Таким чином, завдяки частковому заміщенню літій-залізної шпінелі іонами Ti^{4+} та відповідним синтезом зразків отримано високопровідну катодну речовину для літій-іонних джерел струму.

Структурні особливості заміщення літій-залізної шпінелі алюмінієм

Гасюк І.М., Депутат Б.Я., Яремій І.П.

Прикарпатський національний університет імені В. Стефаника,
Іваго-Франківськ, Україна

Одним з найбільш перспективних матеріалів для збереження енергії в літєвих джерелах струму являються шпінельні структури з загальною формулою $Li_{0,5}Fe_{2,5}O_4$. При синтезі наведених систем використовуються відносно недорогі і водночас екологічно безпечні на всіх стадіях виготовлення і експлуатації матеріали. Та незважаючи на всі переваги даних структур, існує ряд недоліків, основним з яких є наявність в їхньому складі іонів Fe^{2+} , що негативно впливає на процеси інтеркаляції – деінтеркаляції іонів літію.

Як один із способів вирішення даної проблеми, у роботі пропонується проведення часткового заміщення іонів заліза іонами алюмінію.

Синтез зразків $Li_{0,5}Al_xFe_{2,5-x}O_4$ ($x = 0,1; 0,3; 0,6; 0,8; 1,0$), проводився за стандартною керамічною технологією з суміші порошоків оксидів та гідроксидів металів марки ЧДА.

Після термічної обробки при температурі $1000^{\circ}C$ було отримано зразки двох типів: загартовані у воді та охолодженні з пічкою в атмосфері повітря.

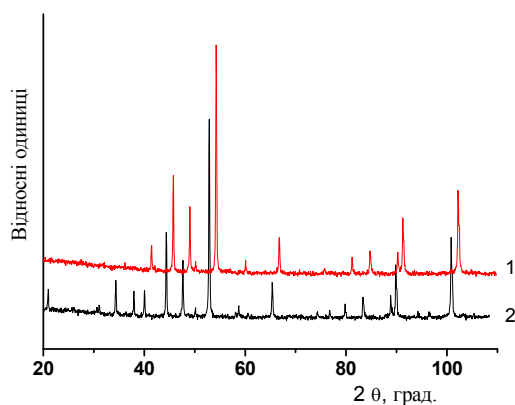


Рис. 1. Дифрактограми зразків складу $Li_{0,5}Fe_{2,4}Al_{0,1}O_4$: 1 – гартований, 2 – не гартований. (Зміщення піків здійснено для кращого бачення відмінностей одержаних дифрактограм)

дозволить підвищити ефективний об'єм робочої речовини літєвих джерел струму на основі фероалюмінату літію.

Рентгеноструктурний аналіз показав, що заміщення іонів заліза іонами алюмінію в структурі $Li_{0,5}Fe_{2,5}O_4$ приводить до надструктурного впорядкування 1:3 іонів Li:(Fe, Al) (що відповідає просторовій групі $P4_13$) для негартованих зразків, і відсутності впорядкування для гартованих зразків (просторова група $Fd3m$) (рис. 1).

Передбачається, що збереження надструктурного впорядкування в октапідгратці при заміщенні заліза на іони із стабільною валентністю,

Домішкові стани у сферичних квантових точках та антиточках

Головацький В., Фрінок О.

Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, Чернівці, Україна

Квантові точки (КТ) залишаються одним з найбільш інтенсивно досліджуваних класів низкорозмірних систем. Особлива привабливість цих структур полягає у тому, що енергетичні рівні носіїв заряду (електронів, дірок) володіють властивостями рівнів реальних атомів, а їх положення визначається формою, розмірами та складом наносистем. Таким чином існує можливість впливу на енергії випромінювальних переходів.

Наявність зарядженої домішки в КТ змінює не тільки енергетичний спектр локалізованих електронів та дірок, але і дипольний момент випромінювальних переходів, оскільки змінює розподіл густини ймовірності знаходження носіїв заряду. У випадку квантових антиточок (КАТ) локалізовані стани квазічастинок відсутні. Якщо в центрі сферичної КАТ знаходиться заряджена домішка, то внаслідок кулонівського притягання можливе існування зовнішніх поверхневих локалізованих станів квазічастинок.

У даній роботі виконано дослідження спектрів та хвильових функцій локалізованих станів електронів та дірок у сферичних КТ і КАТ, що описуються відповідно прямокутними потенціальними ямами і бар'єрами при наявності центрально розміщеної зарядженої домішки.

У рамках наближення ефективних мас отримано точні розв'язки рівняння Шредінгера, що виражаються через лінійну комбінацію функцій Уіттекера. Отримано залежності енергій розмірного квантування електронів та дірок у КТ та КАТ, побудованих на основі кристалу $Al_xGa_{1-x}As$ у присутності донорної чи акцепторної домішки. Побудовано розподіл густини ймовірності знаходження носіїв заряду у наносистемі.

Рентгеноспектральне дослідження електронної структури продуктів карбонізації полівініліденфториду на наночастинках диоксиду кремнію

Димарчук В.О.,¹ Огенко В.М.,² Голдун О.В.,² Дубровина Л.В.,²

Волков С.В.,² Зауличний Я.В.,¹ Хижун О.Ю.¹

¹*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ, Україна*

²*Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України, Київ, Україна*

При термічному розкладі полімерів можуть формуватися

різноманітні вуглецеві структури: активоване вугілля, молекулярні сита, фулерени, нановолокна тощо. В даній роботі вуглецеві наноструктури одержували карбонізацією полівініліденфториду (ПВДФ) в матриці із високодисперсного диоксиду кремнію з розміром частинок не вище 80 нм. Розчини ПВДФ використовували в якості дисперсного середовища для отримання гелів, після висушування котрих отримували “прекомпозит” карбонізації – частинки SiO_2 , що покриті ПВДФ. Карбонізацію здійснювали при $750\text{ }^\circ\text{C}$ в атмосфері аргону. Після карбонізації “прекомпозитів” були отримані вуглецеві матеріали, котрі є перспективними для використання в якості молекулярних сит.

Для вивчення електронної структури і особливостей хімічного зв'язку продуктів карбонізації ПВДФ на частинках SiO_2 застосовували метод рентгенівської емісійної спектроскопії. Для частинок диоксиду кремнію, вкритих продуктами карбонізації ПВДФ, були отримані рентгенівські емісійні $\text{SK}\alpha$ - і $\text{OK}\alpha$ -смуги, що відображають енергетичний розподіл валентних електронних станів p -симетрії, відповідно, атомів вуглецю та кисню. Результати досліджень свідчать про те, що форма $\text{SK}\alpha$ -смуги емісії у продуктах карбонізації ПВДФ на частинках SiO_2 нагадує таку вуглецевих волокон з домішками інших вуглецевих структур, в той час як форма $\text{OK}\alpha$ -смуги відповідає такій для вихідних частинок диоксиду кремнію. Цей факт, а також те, що навіть при слабких режимах роботи рентгенівської трубки спектрометра РСМ-500, що використовувався для дослідження вищевказаних смуг емісії, спостерігалось суттєве зменшення інтенсивності $\text{SK}\alpha$ -смуги в процесі повторних записів її форми, свідчить про слабкий хімічний зв'язок атомів кисню наночастинок SiO_2 з продуктами карбонізації ПВДФ на їх поверхні.

Вплив умов одержання на морфологію і фрактальну структуру $\text{Y-ZrO}(\text{OH})_2$ та Y-ZrO_2

Кравчик К.В., Пашкова О.В., Білоус А.Г.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського, Київ, Україна

Система гідроксидів цирконію та ітрію має велике практичне значення, так як являється найбільш ефективним прекурсором для синтезу стабілізованого диоксиду цирконію [1,2]. Останній широко використовується в якості вихідної сировини для одержання цирконієвої кераміки. За звичай гідроксидні прекурсори отримують методом осадження із розчинів, який не завжди дозволяє одержати слабкоагломеровані наночастки оксиду цирконію, що є основною передумовою отримання високощільної кераміки. Однак, не зважаючи на це, в літературі не досліджено процеси агрегації та агломерації частинок що утворюються в процесі осадження при зміні умов осадження

гідроксидів. Відомо, що будь-який синтез відбувається в нерівноважних умовах. Тобто, в залежності від мольного співвідношення реагуючих компонентів, процес самоорганізації часток осаду, які утворюються в процесі осадження, може відбуватися по різному.

Тому метою даною роботи стало дослідити морфологічні особливості частково стабілізованих гідроксиду та диоксиду цирконію, ступень їхньої агрегації та агломерації при різних мольних співвідношеннях реагуючих компонентів і термообробки.

Методом мало кутової рентгенографії проводили дослідження порошоків частково стабілізованих гідроксиду та диоксиду цирконію. Розподіл агрегованих часток після відпалу при 870К визначали на приладі Sympatec Particle analyzer HELPS 348. Розмір часток визначали методом просвічуючої електронної мікроскопії (ПЕМ) на електронному мікроскопі JEM 100СХІІ фірми JEOL.

В результаті проведених досліджень показано, що при осадженні системи гідроксидів цирконію та ітрію утворюються фрактально-організовані ксерогелі. В ксерогелях і нанодисперсних оксидах визначено трьох- та дворівнені фрактальні структури відповідно. Показано, що в залежності від умов осадження (в залежності від мольного співвідношення реагуючих компонентів) змінюється послідовність типів фрактальної агрегації ксерогелів при переході з другого на третій розмірний рівень. На третьому рівні при еквімолярному співвідношенні реагуючих компонентів характерна масово-фрактальна агломерація, для нееквімолярного співвідношення – поверхнево-фрактальна. Показано, що зміна умов осадження суттєво впливає на агломерацію часток гідроксидів цирконію та ітрію при нагріванні. Визначена кореляція: умови осадження – тип фрактальної агломерації – технологічні властивості порошоків.

1. Янагида Х. *Тонкая химическая керамика*. М.: Металлургия. 276с. (1986).
2. Luo J., Almond D. P // *J. Am. Ceram. Soc.* V. **83**(7). P. 1703-1708 (2000).

Квантоворозмірні структури ZnSe отримані методом PAVPE

Коваленко О.В., Тищенко В.В.¹

Дніпропетровський національний університет, Дніпропетровськ, Україна

¹*Інститут фізики НАН України, Київ, Україна*

Методом фотостимульованої газофазної епітаксії (photo-assisted VPE - PAVPE) на підкладках GaAs (100) зрощені квантоворозмірні структури у вигляді квантових точок ZnSe. На підставі даних електронної мікроскопії, рентгенодифракційного аналізу та екситонної спектроскопії було встановлено, що квантові точки здатні до певної

самоупорядкованості. Вона вбачається в тому, що радіуси квантових кульок мають тяжіння до двох величин $R^L = 36,6 \div 41,2$ нм та $R^S = 3,5 \div 4,0$ нм (відповідно L та S компоненти).

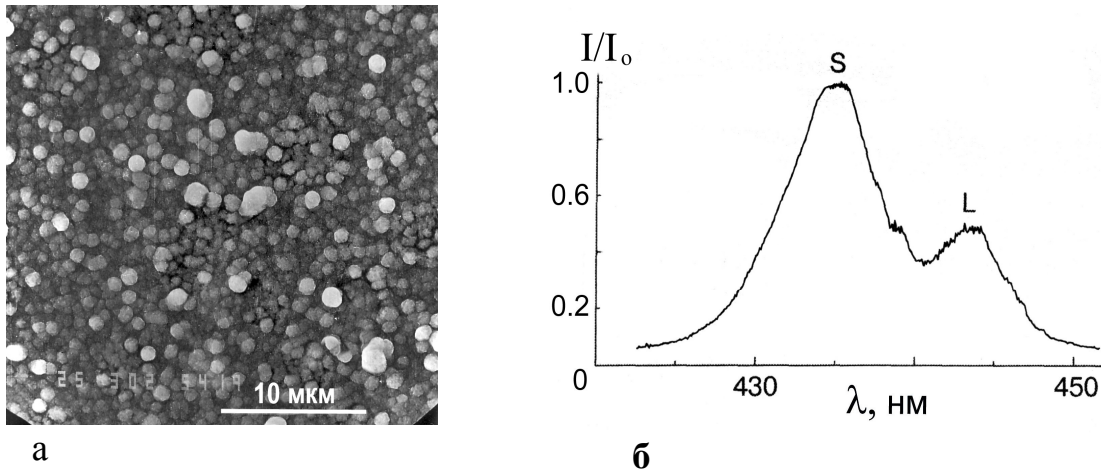


Рис. 1. Морфологія поверхні (а) та спектр екситонної фотолюмінесценції нанокристалів ZnSe (б) на підкладках GaAs (100).

Радіуси кульок були розраховані завдяки апроксимації даних рентгенодифракційного аналізу біля лінії відбиття (111) нанокристалів ZnSe на підкладках GaAs (100). Розміри саме цих кульок визначають спектр екситонної фотолюмінесценції квантових точок ZnSe.

В роботі проведені розрахунки щодо відповідності положення максимумів фотолюмінесценції обумовлених випромінюванням вільних екситонів L та S компонент (Рис. 1.) розмірам квантових кульок. Проведені також розрахунки щодо залежності енергії забороненої зони нанокристалів ZnSe в залежності від розмірів квантових кульок.

МПЕ-формування систем монокристалічних наноутворень Si на оксидованій плівці SiO₂

Козирев Ю.М.¹, Рубежанська М.Ю., Дмитрук Н.В., Суший А.В.

Лисенко В.С., Литвин П.М.

¹*Інститут хімії поверхні НАНУ, Київ, Україна
Інститут фізики напівпровідників НАНУ, Київ, Україна*

Шляхом епітаксійного осадження молекулярного потоку кремнію на хімічно окислену аморфну поверхню SiO₂ при температурі підкладки 750 °С в установці молекулярно-променевої епітаксії (МПЕ) «Катунь» в умовах надвисокого вакууму одержані системи нанокластерів Si. Метод дифракції швидких електронів, який застосовувався для контролю *in situ* стану поверхні, дозволив зафіксувати момент переходу від аморфної структури до виникнення монокристалічних тривимірних наноутворень, яким відповідала поява надструктурних 3D-рефлексів дифракційної

картини [1]. Вимірювання за допомогою атомної силової мікроскопії показали, що нанокластери Si з розмірами (20-30)×(100-200) нм мають фасети (113) з переважною орієнтацією вздовж основного напрямку підкладки Si(100) [110] (рис. 1).

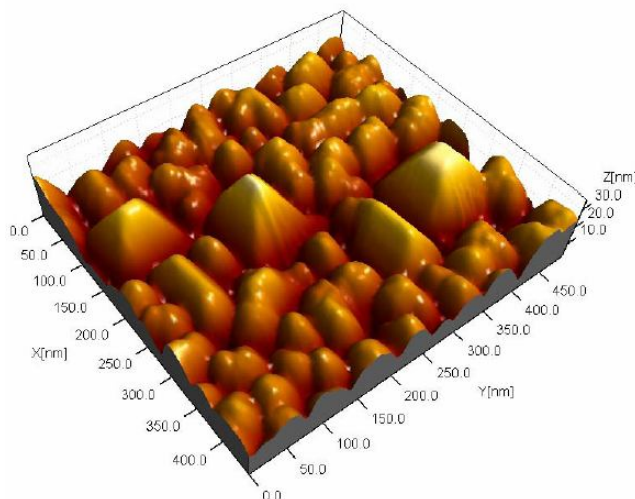


Рис. 1. АСМ зображення поверхні SiO₂ після експонування потоком Si.

Оскільки умови жодного з відомих механізмів формування тривимірних нанокластерів при гетероепітаксійному рості (Франка-ван дер Мерве, Странського-Крастанова та Фольмера-Вебера) у даному випадку не виконуються, природа виникнення таких наноутворень є предметом дискусії. На наш погляд, у першому наближенні можна вважати, що формування таких систем пов'язано з взаємодією молекулярного потоку Si з динамічним проміжним шаром SiO_x, який може утворюватися з високим ступенем вірогідності, що підтверджується Оже-аналізом наноплівки. Існування цього проміжного шару SiO_x спостерігалось також за динамікою дифрактограм початкових стадій епітаксійного росту таких структур.

1. Dadykin A.A., Naumovets A.G., Kozyrev Yu.N., Rubezhanska M.Yu., Lytvyn P.M., Litvin Yu.M. Field and Photo-field Electron Emission From Self-Assembled Ge-Si Nanoclusters with Quantum Dots // *Progress in Surface Science*. **74**.- pp. 305-318 (2003)

Дослідження фотолюмінісцентних властивостей легованих нанопорошкових матеріалів оксиду цинку

Котлярчук Б.К.¹, Миронюк І.Ф.³, Попович Д.І.^{1,2}, Середняцький А.С.¹

¹Інститут прикладних проблем механіки і математики імені Я. Підстригача,
Львів, Україна

²НУ "Львівська політехніка" Львів, Україна

³Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна

Оксид цинку є одним з основних матеріалів сучасної газової

сенсорики, метрологічні характеристики якого, визначаються, в першу чергу його кристалічною структурою, складом та електрофізичними властивостями. На даний час практично відсутні комплексні дослідження можливостей підвищення чутливості і селективності ZnO при реєстрації газів за рахунок цілеспрямованої модифікації властивостей нанопорошкових матеріалів та застосування нових методів аналізу, зокрема, люмінесцентного [1].

Дана робота присвячена експериментальним дослідженням особливостей фотолюмінесценції нанопорошкового ZnO ($d \sim 40 \div 60$ нм) легованого домішками Zn, Cu, Mn, Al, Ti, Cr (~ 1 ат.%). Легування проводилося методом лазерного напилення тонкої плівки ($h \sim 5$ нм) легуючого матеріалу на нанопорошок в процесі його інтенсивного перемішування в вакуумі ($p \sim 10^{-6}$ Торр). У подальшому, шляхом імпульсного лазерного ($\lambda = 1,06$ мкм, $\tau = 10 - 15$ нс) відпалу, здійснювалася імплантація і активація легуючої домішки в нанопорошок.

Для вихідного ZnO при кімнатній температурі спостерігалась інтенсивна ультрафіолетова ($\lambda_{\max} = 385$ нм, УФЛ) та жовто-оранжева люмінесценції ($\lambda_{\max} = 605$ нм, ЖОЛ) і слабке випромінювання в зеленій області спектру ($\lambda_{\max} = 515$ нм, ЗЛ). При легуванні домішкою Zn інтенсивність ЖОЛ дещо зменшилася, очевидно, із-за зменшення кількості міжвузлових атомів кисню, що відповідають за таке свічення. Аналогічне зменшення інтенсивності ЖОЛ в порівнянні з нелегованим матеріалом та поява нового максимуму свічення з $\lambda_{\max} = 535$ нм спостерігається при легуванні Cu, Cr і Ti. При цьому для ZnO:Ti появляється ще і ЗЛ з $\lambda_{\max} = 550$ нм, що може бути наслідком формування в нанопорошку частинок TiO₂. Легування оксиду цинку Al і Mn веде до помітного підвищення інтенсивності як ЖОЛ так і ЗЛ, що може бути ефективно використано для підвищення чутливості реєстрації газів.

Б.К.Котлярчук, І.Ф.Миронюк, Д.І.Попович, А.С.Середницький, Одержання нанопорошкових окисних матеріалів та дослідження їх люмінесцентних властивостей. Фізика і хімія твердого тіла. №3, Т.7, ст.490-494, 2006.

Використання оптичного Фур'є-перетворення для дослідження процесів структурної релаксації та кристалізації наноструктурних та аморфних плівок

Куницький Ю.А., Смик С.Ю.

Технічний центр НАН України, Київ, Україна

При дослідженні плівки аморфного сплаву Ni₅₀Nb₅₀, отриманої методом гартування з рідкого стану, прямими електронно-

мікроскопічними у разі нагріву до 720 К змін у структурі плівки порівняно з початковим станом не було виявлено. Аналіз електронограм показав, що при 755 К з'являються дифракційні лінії слабкої інтенсивності від кристалічних фаз. Порівняно з дифракційними лініями, що спостерігаються за вищих температур, для ліній електронограм при 755 К характерна більша ширина, що може свідчити про наявність напружень у зразку. Ізотермічна витримка плівки при 755 К призводила до підсилення інтенсивності дифракційних кілець. Розрахунок міжплощинних відстаней дає змогу припустити одночасне виділення фаз Ni, NiNb, Ni₃Nb та Nb. Подальше нагрівання спричинює зникнення аморфної матриці. В окремих місцях на кільцевих електронограмах з'являються інтенсивні точкові рефлекси, що свідчать про утворення крупних кристалітів.

Для відповідних температур відпалу сплаву було розраховано за методикою Фур'є-аналізу ізочастотні діаграми та залежності напрямів головних осей анізотропії $\Delta(\Delta)$ від довжини хвилі Δ просторових неоднорідностей, які характеризують кореляцію в напрямках осей анізотропії різних частин спектра та діапазон кутів розорієнтації $\Delta\Delta$ ізочастотних діаграм. Для початкового стану (300 К) і відпалу сплаву до 755 К та витримці за цієї температури впродовж 7 хв, кореляція в напрямках головних осей анізотропії коротко- ($\Delta < 80$ нм) та довгохвильових ($\Delta > 120$ нм) частин спектра практично відсутня. Кут розорієнтації ізочастотних діаграм $\Delta\Delta = 150^\circ$. Стани, відповідні нагріву до 720 та 815 К, характеризуються наявністю сильної кореляції в орієнтації ізочастотних діаграм, що описує різні рівні будови матеріалу, значення $\Delta\Delta$ не перевищує 40° .

Запропонований механізм отриманих залежностей передбачає те, що внаслідок надшвидкого охолодження в матриці аморфного матеріалу утворюються високі гартувальні напруження. Релаксація напружень відбувається через пластичну деформацію. Однак внаслідок неоднорідності густини, складу й напруженого стану пластична деформація матиме неоднорідний характер. Тому надлишкові напруження у плівці визначатимуться ступенем неоднорідності пластичної деформації різних мікрооб'ємів матеріалу. Характеристикою цієї неоднорідності можуть бути різниці за формою та орієнтацією ізочастотних діаграм, які описують різні рівні будови матеріалу. Аналіз форми та орієнтації ізочастотних діаграм вказує на вищий рівень напружень у початковому аморфному стані плівки порівняно зі станом, отриманим після нагрівання до 720 К. Незначна рухомість атомів за температури 300 К ускладнює процес релаксації напружень.

Будь-яке підвищення рухомості атомів або дефектів матеріалу спричинює спрямовану структурну релаксацію. Такий процес має кооперативний характер і виникає деяка «текстурованість» у мікрооб'ємах матеріалу. Аналіз залежностей $\Delta(\Delta)$ для плівки, відпаленої до 720 К,

показує, що перебудовуються, як правило, довгохвильові моди. При цьому величина та напрям такої перебудови визначаються будовою й кількістю короткохвильових мод.

Поєднання традиційних методів дослідження наносистем разом із методикою дослідження структури на основі оптичного Фур'є-перетворення дає можливість визначити особливості будови різних рівнів неоднорідностей матеріалу, а також характер їхньої зміни в процесі релаксації та кристалізації аморфного сплаву. Структурна релаксація визначається в основному спектром короткохвильових мод.

Размерные и частотные зависимости оптического коэффициента поглощения тонких металлических пленок

Курбацкий В.П., Коротун А.В., Погосов В.В., Васютин Е.В

Запорожский национальный технический университет, Запорожье, Украина

Стремительный рост исследований островковых или сплошных тонких пленок обусловлен чрезвычайной важностью их свойств как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Подобные объекты обладают особыми физическими свойствами. Необходимость исследования физики явлений, происходящих с ограниченными системами, продиктована их важнейшими практическими применениями во многих областях науки и техники, например, таких как физическая электроника и микроэлектроника, оптика, магнетизм. Более того, исследования должны приблизить современные технологии к практической возможности создания материалов с заданными свойствами.

В данной работе теоретически исследуются оптические и размерные характеристики тонкой металлической пленки, толщина которой порядка фермиевской длины волны электронов. Потенциальный профиль для электронов моделируется прямоугольным ящиком конечной глубины. На пленку падает монохроматическая плоская волна с поляризацией, соответствующей перпендикулярному к поверхности направлению электрического поля. Поглощение излучения такой системой имеет особенности, которые объясняются размерными эффектами [1].

При указанных предположениях получена формула для коэффициента поглощения тонких металлических пленок в инфракрасной области спектра, при выводе которой учтены размерные осцилляции энергии Ферми [2]. Для пленок алюминия и золота рассчитаны размерные и частотные зависимости коэффициента поглощения, согласующиеся с результатами экспериментов [3].

1. Wood D.M., Ashcroft N.W. // *Phys. Rev. B* **25** P. 6255 (1982).
2. Pogosov V.V., Kurbatsky V.P., Vasyutin E.V. // *Phys. Rev. B* **71** P. 195410 (2005).

3. Drysek J., Czapla A. // *Phys. Rev. Lett.* 58 P. 721 (1987).

Квантово-хімічне дослідження поверхневих сполук на кремнеземі

Кукуєва В.В., Кирилов О.А.

Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, Черкаси, Україна

Вивчення вільних радикалів, адсорбованих на поверхні дисперсних твердих тіл викликає суттєвий інтерес, оскільки дозволяє з'ясувати ряд принципових питань, що стосуються механізму адсорбції і каталізу, а також одержати інформацію про електронну структуру молекул. Дослідження в цій царині мають важливе значення у зв'язку з використанням високодисперсних систем у багатьох технологічних процесах, де поверхня, у залежності від конкретних умов, виступає ініціатором або стабілізуючою матрицею у вільно-радикальних реакціях. Разом з тим, умови і механізм генерації, а також будова вільних радикалів, що утворюються на поверхні кремнеземистих сорбентів, що мають різні поверхневі групи, а також містять хімічно в'язані з поверхнею молекули, до теперешнього часу недостатньо досліджені. З метою дослідження електронної будови поверхневих сполук проведені квантово-хімічні розрахунки шляхів деструкції деяких важливих радикалів з поверхні кремнезему.

Шлях деструкції	$E_{\text{розр. зв.}}, \text{eV}$
$(\text{OH})_3\text{Si}\cdot + \text{NH}_2\cdot$	0,173
$(\text{OH})_2\text{Si}\cdot + \text{NH}_2\cdot$	0,038
$\text{NH}\cdot + \text{H}\cdot$	0,10
$(\text{OH})_3\text{Si}\cdot + \text{NH}\cdot$	0,22
$(\text{OH})_3\text{Si}\cdot + \text{NH}\cdot\text{-CH}_3\text{-CH}_2$	0,27
$(\text{OH})_3\text{Si}\cdot + \text{CH}_2\cdot\text{-CH}_3$	0,24

Енергія розриву зв'язку між поверхнею кремнезема та аміногрупою в 1,4 рази менша ніж аналогічна енергія між поверхнею та етильним радикалом. Отже частинка $\text{NH}_2\cdot$ легше відщеплюється ніж радикал $\text{CH}_2\cdot\text{-CH}_3$. Крім того, також імовірно утворення цієї частинки в газовій фазі при взаємодії радикалу $\text{NH}\cdot$ з атомом гідрогену. Таким чином, за допомогою квантово-хімічних розрахунків можна з'ясувати послідовність елементарних стадій у повному механізмі процесу.

Получение и электрические свойства наноразмерных пленок полианилина

Мазарчук И.А., Сукач А.В., Тетеркин В.В., Григорьев Н.Н.,
Ворощенко А.Т., Лукьяненко В.И.

Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Киев, Украина

Квазиодномерные органические полупроводники интенсивно исследуются на протяжении последнего времени в связи с огромными возможностями их практического использования в молекулярной и оптоэлектронике. Изучение механизмов переноса заряда приобретает при этом важное значение с точки зрения понимания работы устройств на основе органических полупроводников.

Пленки полианилина были получены на очищенных стеклянных подложках с помощью химической окислительной полимеризации методом многослойного (layer-by-layer) осаждения. К существенным преимуществам указанного метода относятся: а) возможность использования подложек любой формы, б) отсутствие зависимости времени нанесения пленок от площади подложек, в) возможность изготовления пленок достаточно высокого качества в лабораторных условиях без применения специального дорогостоящего оборудования. В качестве исходного мономера использовался гидрохлорид анилина, а окислителя – персульфат аммония, растворенные в водно-спиртовых растворах, содержащих 0.54 М HCl. Нелегированные пленки полианилина (PANI-EB) имели толщину 10-15 нм.

Исследовалась проводимость на постоянном токе свежеприготовленных пленок в интервале температур 77-300 К. В качестве контактов использовалась In-Ga эвтектика. Изучалась анизотропия электропроводности в плоскости слоев и в перпендикулярном направлении. Измерения планарной проводимости проводились на двух парах взаимно перпендикулярных контактов. Установлено, что ВАХ имеют степенной характер зависимости $I \sim U^n$, где n изменяется от 1.0 при температуре 295 К до 1.3 при 77 К для одной из пар контактов, а также от 1.0 до 1.8 для другой пары. При этом анизотропия электропроводности увеличивается от $\sigma_1/\sigma_2 = 3$ при 295 К до $\sigma_1/\sigma_2 = 16$ при 77 К. Найдено, что в интервале температур 110-295 К проводимость имеет прыжковый характер, а экспериментальные зависимости $\sigma(T)$ удовлетворительно линеаризуются в моттовских координатах $\ln \sigma - T^{-1/4}$. При более низких температурах наблюдалось отклонение от указанной зависимости. Экспериментальные данные анализируются в рамках существующих моделей проводимости наноразмерных пленок полианилина.

Лазерные диоды на многослойных, асимметричных квантоворазмерных гетероструктурах в оптическом диапазоне 0,7-3 мкм.

Манак И.С., Ушаков Д.В., Белявский В.С.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Создание лазеров на диапазон 0,7 – 3 мкм с широким плоским спектром усиления является актуальным, так как в указанном участке спектра имеются окна прозрачности атмосферы и волоконных световодов, что делает излучатели перспективными для волоконно-оптических линий связи и передачи информации, систем мониторинга окружающей среды и лазерной светодальнометрии, особенно в случае разработки дальномеров рефрактометров – рефрактометров.

Поставленная задача может быть решена в многослойных асимметричных квантоворазмерных гетероструктурах, активные слои которых отличаются толщиной, компонентным составом, порядком размещения относительно друг друга и эмиттеров. Выравнивание суммарного коэффициента волноводного усиления гетероструктуры в широком спектральном интервале достигается созданием условий неоднородного возбуждения квантовых ям.

Активные слои гетероструктур состояли из материалов GaInPAs и GaInAsSb в диапазонах 0,7 – 0,9 мкм и 2 – 3 мкм соответственно. Параметры активных и барьерных слоев подбирались так, чтобы согласовывались постоянные решетки, был прямозонный полупроводник и ширина запрещенной зоны соответствовала межзонным переходам в нужном спектральном диапазоне. При расчете зонной энергетической диаграммы напряженных гетероструктур учтены эффекты смешения зон, в частности уровни энергии и волновые функции валентной зоны рассчитаны в приближении четырехзонного кр-метода.

В работе проведена оптимизация уровней возбуждения квантовых ям с целью получения широкого и практически плоского спектра волноводного усиления, который в зависимости от состава активной области полупроводниковой гетероструктуры вирируется в диапазоне значений 70-300 нм.

Инжекционные лазеры на основе соединений GaAlAs GaInPAs и GaInAsSb с широким плоским спектром волноводного усиления позволяют реализовать двухчастотные модули в случае стыковки их с волокном, в котором нарезаны две брэгговские решетки, либо непрерывно перестраиваемые в широкой полосе частот излучатели при использовании внешних дисперсионных элементов.

Розсіювання носіїв струму у 2D-структурах на основі халькогенідів свинцю

Никируй Л.І., Михайльонка Р.Я., Терешкун В.І.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Вивчення низькорозмірних структур розпочалося на початку 70-их років минулого століття Есакі та Тцю. В останні роки низькорозмірні структури стали об'єктами чисельних експериментальних та теоретичних досліджень. Серед різних бінарних сполук привертають особливу увагу халькогеніди свинцю PbS, PbSe та PbTe завдяки їх широкому практичному застосуванню в якості ефективних термоелектричних та фоточутливих матеріалів інфрачервоної області оптичного спектру. Найбільш перспективними на сьогодні можна вважати нанокристалічні тонкоплівкові технології: отримані такими методами плівки володіють унікальними властивостями. Так, результати робіт Рогачової, Дрессельхауза та ін. [1] вказали на можливість істотного збільшення термоелектричної добротності цих матеріалів через створення багатошарових структур з квантовими ямами.

Оптимізація кінетичних характеристик пов'язана насамперед із детальним вивченням транспортних явищ. Для об'ємних кристалів халькогенідів свинцю такі явища добре вивчені. Однак, при переході до 2D-структур ситуація змінюється. Відомо, що електронна підсистема зазнає відчутних змін коли довжина вільного пробігу носіїв стає співрозмірною довжині хвилі де-Бройля. Рух електрона при цьому квантується в одному напрямку, що у свою чергу змінює властивості системи. По цій причині непримінимими стають підходи, які використовувалися у об'ємних кристалах. Хвильова функція електрона при достатньо високій потенціальній ямі може бути представлена у

вигляді: $\psi = \left(\frac{2}{Ld}\right)^{1/2} e^{ik_x r} \sin \frac{\pi a}{L}$ (тут L – ширина квантової ями, d – область

взаємодії, k_x – хвильовий вектор електрона в площині ями, r – координата, a – товщина). При цьому, як показано в [2], можна вважати, що $\tau_{2D}/\tau_{3D} = 2ka/3\pi$. На основі даного формалізму досліджено рухливність носіїв заряду у 2D-структурах на основі халькогенідів свинцю залежно від зміни товщини a .

Робота частково фінансується ДФФД МОН України (проект № 14.1/028)

1. Rogacheva E.I., Tavrina T.V., Nashchekina O.N., Grigorov S.N., Nasedkin K.A., Dresselhaus M.S., Cronin S.B. Quantum size effect in IV-VI quantum wells // *Appl.Phys.Lett.*, **80**(15), pp. 2690-2692 (2002).

2. Пшенай-Северин Д.А., Равич Ю.И.. Расчет подвижности и термоэлектрической эффективности многослойных структур с квантовыми ямами // *ФТП*, **36(8)**, сс. 974-680 (2002).

Эффективная теплопроводность наполненных полимерных композитов

Новиков В.В., Дмитриева Н.О.

Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина

На сегодняшний день одной из главных задач при конструировании и создании новых материалов становится задача прогнозирования свойств полимерных материалов. Наибольшее распространение для прогнозирования свойств полимерных материалов получили формулы, полученные на основе моделей Максвелла, Льюиса – Нильсена и модели эффективной среды [1]. Однако результаты, полученные этими моделями не показывают достаточно хорошее согласование с экспериментальными данными.

Получение наполненного полимера в реальных условиях приводит к тому, что толщина пристенного слоя оказывает влияние на эффективные свойства композита. Нужно отметить, что адекватной модели, которая бы описывала влияние кластеризации частиц наполнителя, а именно фрактальные структуры композита и влияние межфазного слоя на эффективную теплопроводность композита на сегодняшний день не существует.

Опираясь на идеи метода ренормгрупповых преобразований и теорию фракталов, для описания влияния межфазного слоя на эффективную теплопроводность была предложена фрактальная модель структуры композита и полиэдр Вороного [2].

В работе была определена эффективная теплопроводность наполненных полимерных композитов с хаотической структурой. Построен полиэдр Вороного для определения теплопроводности агрегированных частиц наполнителя. Проведен анализ влияния межфазного слоя и размера частиц наполнителя на эффективную теплопроводность композита. Для моделирования структуры композита со случайным распределением фаз использованы фрактальные множества полученные на основе прямоугольных решеток. Полученные результаты показывают достаточно хорошее согласование расчетов с экспериментальными данными [3].

1. Progelhof R.C., Throne J.L., Ruetsch R.R. // *Pol. Eng. and science*, Vol.16, N9, (1976).
2. Novikov V.V. "Physical properties of fractal structures" // in the book, edited by Stuart A. Rice, Guest editors: William T. Coffey and Yuri P.

- Kalmykov, (2006).
3. De Araujo F.F.T., Rosenberg H. M. // *J. Phys. D: Appl. Phys.* **9**, N3, P. 665 (1976)

Вплив поверхні квантової точки InAs/GaAs на ширину її оптичної щілини

Пелешак Р.М., Даньків О.О., Пелешак Б.М., Угрин Ю.О.

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
Дрогобич, Україна*

Для побудови нових оптоелектронних приладів на квантових точках та покращення їх робочих характеристик необхідно знати електронну структуру квантової точки (КТ) [1]. Електронна структура, властивості та характеристики матеріалів на основі гетеросистем з КТ залежать від геометричного розміру та форми КТ, що дозволяє використовувати одну й ту ж напівпровідникову гетеросистему для побудови приладів з істотно відмінними вимогами до активної області.

При розрахунку спектру носіїв заряду в КТ необхідно враховувати вплив напружень, спричинених неузгодженням постійних ґраток матеріалів КТ і підкладки, а також поверхні квантової точки на положення електронних та діркових енергетичних рівнів. В даній роботі пропонується метод опису електронних та діркових станів у напружених квантових точках InAs/GaAs з врахуванням цих факторів.

В основі методу досліджень є рівняння Шредінґера з деформаційним потенціалом, знайденим з рівняння рівноваги для випадку сферичної та циліндричної симетрій.

В результаті проведених розрахунків встановлено, що із збільшенням розміру квантової точки InAs як сферичної, так і циліндричної симетрій електронні та діркові рівні монотонно понижуються, а ширина оптичної щілини зменшується. При цьому швидкість спаду більша у квантових точках циліндричної симетрії.

Показано, що енергія основного стану електронів і дірок та ширина оптичної щілини у напруженій квантовій точці сферичної симетрії більша за відповідні значення у циліндричній квантовій точці. Вплив деформаційних ефектів на ширину оптичної щілини більш виражений для сферичних квантових точок, ніж для циліндричних.

Встановлено, що вплив поверхні КТ InAs/GaAs виявляється у енергетичному підвищенні електронних і діркових рівнів та збільшенні енергії основного оптичного переходу на ~ 42 меВ.

1. Леденцов Н.Н., Устинов В.М., Шукин В.А., Копьев П.С., Алфёров Ж.И., Бимберг Д. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры. Обзор // *ФТП.* **32**(4), сс. 385-410 (1998).

Роль синергетики у перерозподілі дефектів у напружених 2D-гетеросистемах

Пелешак Р.М., Кузик О.В., Станько М.Г.

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
Дрогобич, Україна*

Самоорганізація індукованих дефектів, які взаємодіють один з одним через поле деформації пружного континууму, досліджувалась раніше в ізотропних твердих тілах [1]. Останнім часом широке використання у мікроелектронних приладах знайшли гетероструктури з напруженими квантовими ямами. В даній роботі розраховано самоорганізований концентраційний профіль точкових дефектів, які взаємодіють один з одним та з атомами кристалу через поле деформації, у напружених тришарових 2D-гетеросистемах.

Вважалося, що в кристалічній системі із внутрішнім напруженим шаром, що зазнає деформації стиску за рахунок неузгодження параметрів ґраток контактуючих матеріалів, точкові дефекти розподілені з середньою концентрацією N_{d0} . Для знаходження просторового перерозподілу точкових дефектів розв'язувалась самоузгоджена система рівнянь для деформації середовища $U(x)$ та концентрації дефектів $N_d(x)$.

Показано, що в середині гетероструктури спостерігається зростання концентрації точкових дефектів відносно її середнього значення N_{d0} , і, навпаки, біля границь напруженого шару кількість дефектів зменшується. В цілому, число дефектів у напруженому шарі $InAs$ зменшується на 10-80% порівняно з його середнім значенням. При зменшенні ширини внутрішнього напруженого шару кількість точкових дефектів (міжвузлових атомів) в ньому зменшується відносно середнього значення. Самоузгоджений перерозподіл точкових дефектів у гетероструктурі визначається деформацією ґратки, яка зумовлена як неузгодженням параметрів ґраток контактуючих матеріалів, так і просторовим перерозподілом точкових дефектів.

Встановлено, що при перевищенні певної критичної концентрації дефектів N_{dc} самоорганізаційні ефекти призводять до появи немонотонної координатної залежності параметра деформації кристалічної ґратки внутрішнього шару поблизу гетеромежі. При значеннях просторово-однорідної концентрації дефектів $N_{d0} < N_{dc}$ немонотонний характер цієї залежності зникає.

1. Емельянов В.И., Панин И.М. // *ФТТ*. **39**(11), сс. 2029-2035 (1997)

Селективні процеси при знижених коефіцієнтах стаціонарної конденсації

Перекрестов В.І., Корнющенко Г.С., Космінська Ю.О.

Сумський державний університет, Суми, Україна

У переважній більшості технологічних задач щодо формування вакуумних конденсатів із тими чи іншими фізичними властивостями вирішуються проблеми селективності, що викликані необхідністю вибору з можливої різноманітності структурно-фазових станів необхідного оптимального варіанта. На сьогодні формування високопоруватих тривимірних наноструктур (наприклад, поруватого кремнія), в основному, базується на хімічному травленні попередніх кристалів. Як показали проведені в роботі дослідження, в умовах, наближених до фазової рівноваги в системі плазма-конденсат відбувається поатомне "будівництво" мікро- і наноструктур різної "архітектури", наприклад, у вигляді слабо пов'язаних один з одним кристалів, стовбчатих або тривимірних лабіринтових шарів. Подібного виду конденсати можуть використовуватися в якості різних наноструктур, а також елементів сенсорної техніки, ультратонких фільтрів, каталізаторів і т.д. Поряд з цим систематизовані результати досліджень, пов'язані з формуванням шарів при знижених коефіцієнтах конденсації, вітсутні, що визначає цей науковий напрямок як достатньо перспективну нанотехнологію. У цьому випадку механізми структуроутворення шарів в основному визначаються не колективними процесами в термодинамічній системі пар-конденсат, а "індивідуальними можливостями" установаження адатомом з ростовою поверхнею граничних досить міцних хімічних зв'язків, причому реалізація цих зв'язків у значній мірі залежить від локального структурно-фазового стану ростової поверхні, що може визначать просторово розподілені структурну й фазову селективності.

На основі ефекту пустотілого катода і з використанням схрещених електричних і магнітних полів та зворотних дифузійних потоків були розроблені розпилювальні пристрої, які в подальшому були використані для реалізації умов наближення до фазової рівноваги в системі плазма-конденсат. Загальною характеристикою розпилювальних пристроїв є опромінення ростової поверхні потоками іонів або електронів, які збільшуються пропорційно підведені до розпилювача потужності. Це стимулює перехід адатомів в парову фазу і тим самим наближає систему плазма-конденсат до рівноваги. Показано, що „архітектура” шарів визначається положенням критичної енергії по відношенню до ефективних енергій зв'язку конденсуємих атомів на моносхідцях різних кристалографічних площин кристалів, що ростуть.

Одномірні гауссівські флюктуації спін-орбітальної взаємодії і статична електропровідність квантового напівпровідникового дроту

Рувінський М.А.

*Прикарпатський національний університет ім.В.Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

У зв'язку з досягненнями сучасних технологій актуальними стають дослідження низькорозмірних систем, в яких яскраво виявляються ефекти квантування електронного енергетичного спектра і спін-орбітальної взаємодії. Завдяки останній народжується нова галузь твердотільної електроніки, названа "спінтронікою", з якою пов'язують надії на створення нових електронних приладів і нових пристроїв для квантових обчислень на основі управління спіновою ступінню вільності носіїв заряду. Існуючі технології не виключають можливості впливу різноманітних флюктуацій у квазіодновимірних системах наноелектроніки.

У даній роботі досліджено вплив можливих одномірних гауссівських флюктуацій спін-орбітальної взаємодії для об'ємного нецентроінверсного напівпровідника A_3B_5 за механізмом Дрессельхауза [1] на статичну електропровідність вздовж квантового дроту при відсутності і наявності зовнішнього магнітного поля, спрямованого вздовж осі дроту. Розглянуто модель [2] дроту з поперечними розмірами, обмеженими за товщиною одномірною потенціальною ямою з нескінченно високими стінками і за шириною – параболічним потенціалом. Одномірну гауссівську флюктуацію вважаємо збуренням, що спричинює квантові переходи у трансляційному русі вздовж осі дроту із зміною (або без зміни) орієнтації спіну носія струму. Для невиродженої статистики носіїв струму рухливість електрона $u_n \propto T^{-1/2}$. У граничному випадку сильного магнітного поля і низьких температур $u_n \propto T^{-1/2} H^{-2}$. Отримані температурні і магнітні залежності статичної електропровідності вздовж напівпровідникового квантового дроту внаслідок одномірних гауссових флюктуацій при розсіянні з поворотом або без повороту спіну електрона суттєво відрізняються від випадку розсіяння без зміни орієнтації спіну, зумовленого випадковим полем гауссових флюктуацій товщини дроту [2].

1. Efros A.I., Rashba E.I. *Phys. Rev. B.*, **73**, p. 165325-1 (2006).
2. Рувинский М.А., Рувинский Б.М. // *ФТП*, **39**(2), с. 247 (2005).

Високороздільна Х-променева діагностика структурної анізотропії багат шарових InGaAs/GaAs(100) структур з ланцюгами квантових точок

Слободян М.В., Кладько В.П., Стрельчук В.В., Мачулі В.Ф.

Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, НАНУ, Київ, Україна

Значний науково-практичний інтерес представляють багат шарові структури з ланцюгами квантових точок (КТ) InGaAs/GaAs, вирощених методом молекулярно-променевої епітаксії. Цікавим є те, що під час росту таких структур реалізується анізотропний механізм розподілу деформацій відносно кристалографічних напрямків типу $\langle 110 \rangle$, що призводить в свою чергу до анізотропії структурних характеристик матеріалу і має значний вплив на характер розсіяння Х-променів. Це дає змогу застосувати високороздільну Х-променеву дифрактометрію (ВРХД) для дослідження структурних особливостей таких матеріалів та отримання їх технологічних та структурних параметрів.

В даній роботі ми представляємо результати дослідження методом ВРХД структурної анізотропії в 17-періодній $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}/\text{GaAs}(100)$ надгратці (НГ) з ланцюгами КТ. Вимірювання проводилась в геометрії дифракції на відбивання для двох взаємо перпендикулярних напрямків площини розсіяння $[1-10]$ та $[110]$ (відповідно, перпендикулярно та паралельно до напрямку ланцюгів КТ).

Для даних структур спостерігалась аномальна поведінка кривих дифракційного відбиття (КДВ), а саме розщеплення когерентних сателітів, які відповідають періодичності надгратки в напрямку росту. Пояснення розщеплення наявністю латеральних модуляцій складу [1] помилкове, оскільки даний ефект є азимутально незалежним. Така поведінка КДВ пояснюється формуванням в НГ структурі двох областей з різними періодами.

Крім того на мапах оберненого простору ми спостерігали дві системи латеральних сателітів, одна з яких була нахилена відносно іншої на кут $30^\circ \pm 2.5^\circ$. Латеральні сателіти є результатом дифузного розсіяння Х-променів від латерально впорядкованих КТ, а нахил однієї з систем вказує на нахилений вертикальний ріст ланцюгів КТ в одному з періодів. Варто відмітити, що латеральні сателіти спостерігались тільки для площини дифракції $[1-10]$, вказуючи на анізотропію у впорядкуванні КТ.

Проведені розрахунки на базі динамічної теорії дифракції Х-променів та фур'є-аналіз підтвердили запропоновану модель та дали змогу отримати структурні параметри досліджуваного зразка.

1. Srinivasan T., Singh S.N., Tiwari U., Sharma R.K., Muralidharan R., Sridhara Rao R.V., Balamuralikrishnan R., Muraleedharan K. // *J. Cryst. Growth.* **280**, P. 378 (2005).

Особливості формування квазістаціонарних станів квазічастинок у відкритих КТ, КД, КП.

Ткач М., Сеті Ю., Войцехівська О, Довганюк М.

Чернівецький національний університет, Чернівці, Україна

Квазістаціонарні спектри електронів у відкритих наногетеросистемах почали вивчатись лише декілька років тому [1]. Спектри електронів у квантових точках, дротах і плівках вивчалися у морелі ефективних мас та прямокутних потенціалів методом S – матриці розсіювання. Хоча основні закономірності квазістаціонарних спектрів і були виявлені але сама теорія справедлива при умові, що потенціальні бар'єри є достатньо потужними, бо лише в цьому випадку отримуються положення резонансних рівнів і півширини смуг, як відповідних полюсів S – матриці. Залишилися не з'ясовані кілька важливих питань теорії спектрів квазічастинок у наногетеросистемах.

Перше принципове питання : як стаціонарний спектр електрона у закритій багатосаровій наносистемі, переходить у квазістаціонарний спектр відповідної відритої наносистеми. Друге парадоксальне питання: чому зменшення потенціального бар'єру, яке викликає розширення квазістаціонарних смуг у граничному переході приводить до безмежного часу життя, тобто до відсутності півширини.

У пропонованій роботі проаналізовано еволюцію стаціонарного спектру електрона в закритих квантових точках, дротах і плівках, та показано як змінюється розподіл ймовірності перебування електрона у наносистемах у залежності від величини зовнішніх шарів-ям. Встановлено, що цей розподіл має квазілоренцівський характер як і неперервний розподіл у відкритих системах.

Показано, що при низьких потужностях бар'єрів відкритих наносистем квазістаціонарні стани відповідають не квазізв'язани, а квазівільним частинкам і тому спектри отримують всі ознаки стаціонарності [1].

Електронна будова нанопорошків діоксиду молібдену з гранецентрованою кубічною структурою

Хижун О.Ю., Бекеньов В.Л., Солонін Ю.М.

*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
Київ, Україна*

За допомогою методів рентгенівської емісійної спектроскопії (РЕС) та рентгенівської фотоелектронної спектроскопії (РФС) досліджена електронна структура нанопорошків оксиду молібдену MoO_x ($x = 1,9$) з гранецентрованою кубічною (ГЦК) граткою. Для порівняння вивчена

також електронна структура звичайної орторомбічної модифікації триоксиду молібдену. Для ГЦК- $\text{MoO}_{1,9}$ нанопорошків та орторомбічного MoO_3 оксиду були досліджені РФ-спектри валентних електронів та РЕ ОК α -смуги. Зонні розрахунки ГЦК диоксиду молібдену були виконані з використанням лінеаризованого методу приєднаних плоских хвиль в наближенні повного потенціалу (ЛППХ-ПП). За допомогою вищевказаного методу були отримані загальна та парціальні щільності валентних $\text{O}p$ -, $\text{O}s$ -, $\text{Mo}d$ -, $\text{Mo}p$ - та $\text{Mo}s$ -станів і розраховані теоретичні РЕ ОК α - та $\text{Mo}L\beta_{2,15}$ -смуги для ГЦК- MoO_2 . В роботі досягнуто хорошого узгодження результатів експериментального РЕС- і РФС-дослідження електронної структури кубічного диоксиду молібдену, а також теоретичних зонних розрахунків вказаної сполуки методом ЛППХ-ПП. Результати експериментального дослідження оксидів молібдену свідчать про появу додаткової прифермієвської підсмуги на РФ-спектрах валентних електронів при переході від орторомбічного MoO_3 до ГЦК- $\text{MoO}_{1,9}$ оксиду. ЛППХ-ПП-розрахунок свідчить, що вказана підсмуга на РФ-спектрі диоксиду молібдену з ГЦК-граткою формується майже виключно за рахунок $\text{Mo}4d(e_g)$ -станів. Результати теоретичних зонних ЛППХ-ПП-розрахунків та рентгеноспектральних досліджень свідчать про наявність сильної гібридизації $\text{O}2p$ - та $\text{Mo}4d$ -станів у диоксиді молібдену з ГЦК-структурою.

Влияние γ -иррадиации на структур GaAs/GaAlAs с тремя квантовыми ямами

Шарибаев М.Б.

Каракалтакский Государственный университет имени Бердаха, Нукус Узбекистан

Методом низкотемпературной фотолюминесценции (НТ ФЛ $T=4,2$ и $T=77$ К) исследовались качество эпислоя GaAs и структуры GaAs/GaAlAs с тремя квантовыми ямами. Эпитаксиальные слои GaAs и структуры GaAs/GaAlAs с тремя квантовыми ямами выращивали металлорганическим методом.

Возбуждение фотолюминесценции производилось аргоновым (Ar) и гелий-неоновым (He-Ne) лазером. После γ -иррадиации уменьшены фотолюминесцентные спектры подложки арсенид-галлия и структуры с квантовыми ямами. Этот эффект объясняется созданием неизлучающих центров после γ -иррадиации [1]. Отношения интегрированных полос после иррадиации (I_ϕ) к этому как и в выращенных образцах (I_0) приблизительно -10^{-2} для I_1 и I_2 полос, и I_ϕ/I_0 – приблизительно $-0,5$ для I_4 полос. Разность в I_ϕ/I_0 отношениях для различных полос говорит, что приведение фотолюминесценции интенсивностей при иррадиации не просто сбор к созданию неизлучающих центров, а также связаны с родными дефектами

[2]. Другие пики, расположенные в 1.8425, 1.6972 и 1.5889 эВ, для КЯ₁, КЯ₂ и КЯ₃ (673, 730.4 и 780.4 нм соответственно) связаны с n=1 электроном в тяжелой дырке, при экситоном переходе [3]. По спектрам экситонных линий были идентифицированы природа дефектов как в эпислое так и на границе раздела. Полуширина максимума интенсивности этих полос равна 14, 20, 7 мэВ в T=4,2 К соответственно. Не имелось никаких изменений в характеристиках рекомбинации квантовых ямах (интенсивности и полуширины) после γ -иррадиации до дозы $2 \cdot 10^9$ рад. Это показывает высокую стойкость структуры GaAs/GaAlAs с тремя квантовыми ямами.

1. K.J. Peernik, D. Sun, D.W. Treat, and B.P. Bour, Differential Al-Ga interdiffusion in AlGaAs/GaAs and AlGaInP/GaInP heterostructure // *Appl. Phys. Lett.*, **66**(26), pp. 3597-3599 (1995).
2. D. Pons and J.S. Bourgoin, Irradiation-induced defects in GaAs// *J.Phys. C, Solid State Phys.*, **18**(20), pp. 3839-3871 (1985).
3. L. Pavesi, M. Guzzi, Photoluminescence of Al_xGa_{1-x}As alloys// *J. Appl. Phys.*, **60**(10), pp. 3781-3784 (1994).

Особливості зародкоутворення при осадженні плівок PbTe на монокристали ВаF₂ методом гарячої стінки

Шеремета Т.І.¹, Прокопенко І.В.¹, Литвин П.М.¹, Литвин О.С.¹,
Водоп'янов В.М.², Бахтінов А.П.², Слин'ко Є.І.²

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ, Київ, Україна
Інститут проблем матеріалознавства ім. Францевича НАНУ, Чернівецьке відділення, Чернівці, Україна

Розуміння та контроль механізмів зародкоутворення при осадженні тонких плівок на поверхню твердого тіла надзвичайно важливі для розвитку технології напівпровідникових низькорозмірних систем, зокрема структур із квантовими точками (КТ). Важливим є не тільки можливість вирощувати КТ однакового розміру, але й їх впорядкування на поверхні, що і визначається ранніми стадіями росту. Метою даної роботи було виявлення закономірностей утворення наноострівців (НО) PbTe на стадії зародкоутворення.

PbTe осаджувався на свіжі сколи монокристалу ВаF₂ методом гарячої стінки, в умовах, близьких до термодинамічної рівноваги. Слід зауважити, що режими осадження підбирались так, щоб потік конденсату був молекулярний і реєвипаровування телуру було відсутнє.

Як показали наші дослідження поверхні зразків методом атомно-силової мікроскопії відповідний набір температурних параметрів осадження дозволяє реалізовувати різні механізми росту НО: пошаровий ріст – механізм Франка Ван-Дер-Мерве (ФМ), острівцевий ріст – механізм Фольмера-Вебера (ФВ) та «змішаний» механізм росту Странскі-

Крастанова (СК) [1].

Відомо, що умови росту визначаються температурою підкладки T_p та швидкістю росту плівки, а характеристики матеріалу визначаються критичною температурою фазового переходу між зрідженою і щільною фазою адсорбату, активаційним бар'єром дифузії і десорбції адатома [2]. Виходячи з цього та з наших експериментальних результатів ми пропонуємо для обговорення доповнену теоретичну модель кінетики епітаксійного росту на етапі зародкоутворення на базі відомої теорії Фольмера-Вебера [3].

1. Sheremeta T.I., Prokopenko I.V., Lytvyn P.M. at al. // *Functional materials*, **14** (1), (2007).
2. Дубровский В.Г., Цырлин Г.Э. // *ФТП*, **39**(11), сс. 1312-1319 (2005).
3. Хирс Дж.П., Хруска С.Дж., Паунд Г.М. Теория образования зародков при осаждении на подложку // *Монокристаллические пленки (под ред. З.Г. Пинскера)*. М.: Мир. сс. 15-43 (1966)

Кореляційні зміни структури та коерцитивної сили нанокристалітних тонкоплівкових структур РЗМ-Ме-Ge

Яцишин Б.П.¹, Фреїк Д.М.¹, Гореленко Ю.К.², Миколайчик О.Г.²,
Байцар Г.С.²

¹*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

²*Львівський національний університет, Львів, Україна*

Формування структури наноструктурних плівок з аморфних конденсатів має свої особливості, пов'язані з першопочатковими термодинамічними умовами росту матеріалу. Структура, електропровідність та часова стабільність їх параметрів відіграють важливу роль у визначенні якості тонких плівок при створенні електронних приладів різного функціонального призначення.

Встановлено, що аморфним конденсатам $Fe_{33}Ge_{67}$ відповідає невелике значення коерцитивної сили. Заміщення атомів перехідного d-металу на РЗМ (Y, La, Sc), а також збільшення швидкості росту плівки та накладання електричного поля під час конденсації приводить до зменшення величини коерцитивної сили. Мікрокристалічним плівкам відповідають більші значення коерцитивної сили, причому на графіку товщинної залежності коерцитивної сили визначена область критичних значень товщин плівок, після яких величина магнітної характеристики зростає. Нагрівання та термоциклювання мікрокристалічних плівок у докристалізаційному діапазоні температур приводить до пониження величини коерцитивної сили.

Проведення співставлення величини коерцитивної сили та

розрахованого у залежності від режиму напilenня розміру кластерів вказує на основну причину змін магнітних властивостей аморфних конденсатів – відмінність умов конденсації матеріалів, що приводить до зміни відстаней між атомами заліза та порушень обмінної взаємодії в підсистемі заліза

Паралельно такі зміни пов'язуються з впливом атомів заміщення, що приводять до еволюції зонної структури (у ширині забороненої зони та у густині локалізованих станів на рівні Фермі при великому вмісті напівпровідника та у глибині перекриття зон при великому вмісті перехідного металу), які в основному визначаються випадковістю упаковки, розподілом елементів у ближньому оточенні тощо. На вагомість останніх факторів вказують зміни функцій радіального розподілу при напilenні одного матеріалу у різних термодинамічних режимах осадження (швидкість росту конденсату, густина потоку пару), а також зміна їх електрофізичних та магнітних характеристик при різних умовах отримання (в тому числі при конденсації в електричних та магнітних полях).

Investigation of the current transmission mechanism in structures with silicon and germanium quantum dots

Begun E.V., Kaganovich E.B., Manoilov E.G., Svechnikov S.V., Sachenko A.V.

Lashkarev Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

In the recent 15 years intensive studies of electroluminescence in visible range of spectrum at room temperature on heterojunction silicon, germanium mono- (c-Si, c-Ge) / nano- (nc-Si, nc-Ge) structure are performed. Performances are conventional that for visible radiation in such structures respond the quantum-size nanocrystals (NCs) of Si, Ge. The aim of the paper is formation of structures with Si, Ge quantum dots (QDs) and analysis of their volt-ampere characteristics (VACs).

Photoluminescent films containing quantum-sized Si, Ge NCs are formed by pulsed laser deposition (PLD) from the back flow of particles of an erosive torch on c-Si-substrate, located in a plane of a target, in Ar atmosphere that allows to receive NCs separation on sizes. The beam of YAG:Nd³⁺ laser ($\lambda=1.06 \mu\text{m}$, $t_p=8 \text{ ns}$, $E_p=2-20 \text{ J/cm}^2$, $f=25 \text{ Hz}$) scanned a target [1, 2]. We used targets of composition Si+Ge, Si+Ge+Au, Si+Al, Ge+Al, Ge+Au in definite ratio. The sizes of NCs varied in the range from 2 to 10 nm and were determined by the irradiation energy of target, distance between the substrate and target, gas pressure in the chamber and doping by atoms of metals (Au, Al).

VACs of structures Al/n-Si/(Si NCs-Al₂O₃)/Al, Al/n-Si/(Ge NCs-SiO₂)/Al, Al/n-Si/(GeNCs-Al₂O₃)/Al were measured in dark at T=300K on the automated plant. The applied voltage from a source of a dc current had digital

management and was controlled by the digital voltmeter. The ranges of applied voltage and currents were 0-10 V and $5 \cdot 10^{-11}$ - $1 \cdot 10^{-2}$ A accordingly. The voltage was changed with a step of 0.1 V, the step duration was 5 s and interval between them was 200 ns.

VACs of the examined structures reveal rectifying character. Experimental VACs correlate with their theoretical dependences describing the processes of direct tunneling of charge carriers between Si (Ge) NCs through SiO₂ (Al₂O₃) barriers. The decrease of large not quantum-size Si (Ge) NCs amount allowing for their separation by sizes leads to leakage currents suppressing, whereas the usage of Al₂O₃ matrix provides increasing of tunneling current because of Si (Ge) NCs amount increase.

1. Структура фотолюмінесцентних плівок нанокристалічного кремнію, одержаних методом імпульсного лазерного осадження / П.М. Литвин, О.С. Литвин, І.В. Прокопенко, Е.Б. Каганович, І.М. Кізяк, Е.Г. Манойлов // **Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології**. **1(2)**, сс. 601-610 (2004).
2. Э.Б. Каганович, Э.Г. Манойлов, Е.В. Бегун / Фотолюминесценция германиевых квантовых точек, сформированных импульсным лазерным осаждением // *ФТП*. **41(2)**, сс. 177-181 (2007)

Electrical Properties Dependence on Structure in Nanocrystalline Silicon thin Films Produced by RF Sputtering

Cerqueira M.F.¹, Baidus N.V.¹, Semikina T.V.², Adriaenssens G.A.³

¹*Depart. de Física, Universidade do Minho, Braga, Portugal*

²*Institute of Semiconductor Physics of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine*

³*Halfgeleiderfysica, Departement Natuurkunde, K.U. Leuven, Belgium*

Solids made out of nano(micro)particles have physical properties different from those of the bulk material due to electronic or vibrational confinement effects, and also due to surface effects. Nanocrystalline silicon (nc-Si:H) has attracted considerable attention, due to a higher electrical conductivity of this material compared to amorphous silicon, while preserving the inexpensive method of preparation. The electrical conductivity, and other physical properties relevant for many applications, is strongly influenced by the thin film microstructure.

In this work we study nanocrystalline silicon thin films with different nanocrystal sizes and crystallinity produced by reactive r.f. magnetron sputtering. For the structural characterization, we used X-ray diffractometry (XRD), and Raman spectroscopy. For the electrical study, a conventional steady state conductivity set-up was used. The electrical conductivity and the charge transport mechanisms in the nc-Si:H thin films are studied in the dark and under illumination. The influence of technological conditions on the nanocrystal

formation processes as also on the electrical behaviour is discussed as also the temperature behavior of the dark- and photoconductivity as a function of the sample structure.

Memory Properties of Silicon Nitride Based Structures with Embedded Silicon Nanocrystals

Horvath Zs.J., Basa P., Jaszi T., Pap A. E., Nagy K., Szullxi P., Szaby T., Dobos L., Pйcz B., Tyth L.

Hungarian Academy of Sciences, Research Institute for Technical Physics and Materials Science, Budapest, Hungary

In this work the electrical and memory behaviour of MIS (metal-insulator-semiconductor) structures with Si nanocrystals (ncs) or nanocrystalline Si (nc-Si) layer, embedded in a Si₃N₄ layer or between a SiO₂ and a Si₃N₄ layer, have been studied. The SiO₂ layer has been grown by a chemical method using HNO₃. Si₃N₄ and nc-Si layers have been deposited by low pressure chemical vapour deposition (LPCVD) at 830 °C and 0.27 mbar using NH₃ and/or SiH₂Cl₂, respectively. For electrical measurements Al capacitors have been formed by evaporation and photolithography. The structures have been studied by memory window and retention, and memory hysteresis measurements.

Memory window width of 1.3 V and 2.0 V has been achieved for charging pulses of ±9 V and ±10 V, 100 ms, respectively. The extrapolated memory window after 10 years is about 15% of its initial value.

Acknowledgements. This work has been partially supported by the European Commission through project called SEMINANO under the contract NMP4-CT-2004- 505285, and by the Hungarian Scientific Research Fund under Grant No. T048696.

Obtaining of Nanomembranes and Nanomaterials by Pore-Filling Polymer of template

Palistrant N.¹, Kravets L.², Bivol V.¹, Robu S.¹, Barbu N.¹, Crasovschi V.¹

¹*Institute of Applied Physics, Academy of Sciences of Moldova, Chisinau, Moldova*

²*Joint Institute for Nuclear Research, Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Dubna, Russia*

The pore-filling polymer of template technique has been used for obtaining nanomembranes and new nanomaterials with non linear properties. The poly(ethylene terephthalate) track membranes (PET TM) were used as templates for investigations. These membranes were obtained by irradiation of polymer films by krypton ions accelerated in a cyclotron with the energy

~ 3 MeV/nucleon and subsequent chemical etching of the tracks of these particles up to obtaining the pores of the required size using standard procedure [1]. The polymeric compositions were obtained by radical copolymerization of styrene and butylmethacrylate (in ratio of 50:50 mol %) and styrene, butylmethacrylate and 4-aminostyrene (in ratio of 20:50:30 mol %) as described in [2]. Toluene was used as a solvent for dissolving the polymeric compositions. The concentration of polymeric compositions in the solvent was varied from 0.5 to 20 %. The membranes were filled with the polymeric compositions on a device of “meniscus” type using the technique [3] then the samples were subjected to centrifuging. Finally the membranes are dried up in a stream of air at elevated temperatures. The investigations of surface and transport properties of the novel composite membranes were carried out. The surface morphology researches by means of scanning electronic microscopy had been shown that the polymer layer on a membrane surface is uniform and homogeneous. The significantly decreasing of the effective pore diameter (up 60 %) and changing of water contact angle had been revealed. It was also obtained that depending on the concentration of polymeric compositions in the solvent it is possible to form both nanotubules and nanowires. Such type nanomembranes can be used for creation of chemical and optical sensors. As well as the nanomaterials can be used for creation of electronic nanodevices.

1. Flerov G.N. // *Vestnik Akademii Nauk SSSR*. 4, P.35 (1985).
2. Palistrant N., Meinhard H., Grau P., Bivol V., Robu S. // *SPIE Proceeding, Canada*. 5582, P 452 (2004).
3. Bivol V.V., Robu S.V., Prisacari A.M., Meshalkin A.Yu., Vlad L.A., Karaman M.I. // *High Energy Chemistry*, 40, P. 178 (2006).

Structure and Properties of Fully Coordinated Bubble Silica Molecules

Polischuk O.V., Sidorenko I.G., Lobanov V.V.

Institute of Surface Chemistry of National Academy of Sciences, Kyiv, Ukraine

The fields of science and technology connected with preparation and application of crystalline and amorphous silica forms are of great interest nowadays. The problem of production of new materials on the basis of this silica forms is especially actual now.

The matter properties essentially change, when transiting from macrostructures to nanosize ones. Therefore the studying of silica nanoparticles and derived systems increasingly draws attention of scientists. Silica nanoparticles should have new important properties different from those of bulk silica similarly to fullerenes and carbon nanotubes.

In this communication the results of theoretical calculations on the properties of fully coordinated bubble silica molecules $(\text{SiO}_2)_N$ ($N = 20, 24, 28,$

32, 60) are shown. The structural elements of both these molecules and crystalline and amorphous silica modifications are silica-oxygen tetrahedra.

The choice of N is conditioned by keeping the ratios of

$$2e = 3v,$$

$$2e = \sum_n n f_n,$$

in the structure of these molecules, where e denote number of edges, v – number of vertices, f_n – number of n -sided faces (or rings). The Si–Si distance is believed to be the edge length. Provided the N quantities are accepted all silica atoms of silica molecules designed lie on the spheres with definite radii.

The calculations have been carried out by means of density-functional theory method, the B3LYP exchange-correlation functional and 6-31G** basis set being used.

The correlations obtained allowed us to determine the main factors responsible of the stability of these silica species. They are as follows: a) the deviation degree of O–Si–O angles from tetrahedral; b) formation of a conjugated system of disiloxane bonds.

The results of calculations indicate a thermodynamic possibility of the existence of such molecules. If the number of structural units increases, the specific binding energy of the molecules examined decrease monotonously and asymptotically approximate the value of ~ 13 eV.

Preparation and Characterization of the Ordered Mesoporous Metal Oxide thin Films and Nanocomposite Based on

Telbiz G., Goncharuk V., Ermokhyna N., Defranoux C.¹,
Litvyn O.², Manoryk P.

Institute of Physical Chemistry NASU, Kyiv, Ukraine

¹*SOPRA S.A., Bois Colombes, France*

²*Institute of Semiconductor physics NASU, Kyiv, Ukraine*

Self-assembled mesostructured oxide thin films are potential candidates to replace non-porous silicon oxide as the standard insulating layers in microelectronics: the large porosity reduces the dielectric constant of the material compared to silicon oxide, whilst does not modify the high thermal stability, the good mechanical properties, the low ion contents and the additional properties that have made silicon oxide the ultimate material for insulating layers.

Mesostructured oxide films of different compositions have attracted very much attention for their potential large impact in fabricating nano-engineered high performing materials. Examples are ultra-low dielectric films, low refractive index materials and optical and electrochemical sensors. Other interesting applications for self-assembled mesostructured oxide films are gas sensors and separation membranes. In this perspective it is important to achieve

a macroscopically uniform orientation of the pores with engineered properties in terms of organization and surface control. Reproducibility of the results requires a deep understanding of the overall process and to set up a fabrication apparatus allowing a high control of the preparation conditions.

Mesostructured silica and titanium films was obtained via evaporation-induced self-assembly a deposition process. Thin films (200-500 nm) of surfactant-templated mesoporous oxide had been prepared on the glass substrate by a spin-coating method.

We describe the preparation and compositional analysis of thin-film coatings prepared using sol-gel techniques. Analyses of these systems were based on XRD, AFM, FTIR, and Elipsometry porosimetry data.

The structural evolution of the film during thermal treatment was checked by FTIR and XRD data. The possible applications of the synthesized film as sensing membranes for chemical sensor devices and matrixes for guest–host nanocomposites have been evaluated.

Optical Properties of InAs Nanocrystals Formed in Silicon by Ion-Beam Synthesis

Vlasukova L.¹, Komarov F.¹, Milchanin O.¹, Mudryi A.², Ivaniukovich A.²

¹*Belarusian State University, Minsk, Belarus*

²*Solid and Semiconductor Physics Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

We have studied the synthesis of InAs nano-sized crystalline precipitates in silicon by means of the implantation of As⁺ (245 keV, 5x10¹⁶ cm⁻²) and In⁺ (350 keV, 4.5x10¹⁶ cm⁻²) at 500 ° C and effects of post-implantation annealing at 900 ° C for 45 min. RS and PL techniques were used to characterize the implanted layers.

RS data give a proof for the synthesis of InAs precipitates in the Si matrix. The presence of crystalline silicon peaks in spectra gives evidence concerning the crystalline state of the silicon matrix after the (As+In) high-fluence implantation at 500°C. The characteristic LO- and TO-bands for crystalline InAs at 234 and 217 cm⁻¹ [1] are observed both for the as-implanted and annealed samples, confirming the formation of InAs directly during the implantation. RS spectrum of annealed sample shows a part of the implanted impurity occupying the regular sites in the lattice of silicon.

The broad PL band at 0.988 eV with narrow lines at high-energy tail is registered in PL spectra of the annealed samples. That band may be attributed to the InAs nanocrystals or donor-acceptor pair recombination between In (acceptor) and As (donor) occupying the substitutional sites in Si lattice. The nature of that signal is discussed.

1. Landölt M., Börnstein J. Series "Numerical data and functional relationships in science and technology": Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, V.22a:642.V. 22b:20. (1989).

СЕКЦІЯ 3 (стендові доповіді)
НАНОТЕХНОЛОГІЇ І НАНОМАТЕРІАЛИ, КВАНТОВО-
РОЗМІРНІ СТРУКТУРИ

11 травня 2007 р.

SESSION 3 (posters)
NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS,
QUANTUM-SIZE STRUCTURES

May, 11, 2007

Вплив адсорбованих субмоношарових плівок празеодиму та самарію на електронно-адсорбційні характеристики грані (100) кристала вольфраму

Андросюк А.М., Бородчук А.В.

Львівський національний університет імені Івана Франка, кафедра фізичної та біомедичної електроніки, Львів, Україна

В даній роботі методом контактної різниці потенціалів досліджено зміни роботи виходу плівок празеодиму та самарію, адсорбованих на поверхні (100) кристала вольфраму в широкому діапазоні концентрацій адсорбату і температур прогріву підкладки.

В результаті досліджень виявлено, що адсорбція празеодиму та самарію відбувається спільно з процесами перебудови поверхні підкладки. В нашому випадку існує суттєва залежність ступеня реконструкції поверхні від температури прогріву адсорбованих плівок. Результатом реконструкції є погіршення термічної стабільності плівок, що є характерним для ряду інших рідкісноземельних елементів (Dy, Ho, Tb, Gd, Nd). Також з ростом температури підкладки до 1000 К змінюється (підвищується) мінімальне значення роботи виходу адсорбційних систем Pr-W(100) та Sm-W(100). При адсорбції цих елементів ступінь реконструкції поверхні вольфраму (100) є різною, про що свідчить відмінність змін величини роботи виходу. Виявлені зміни електронних властивостей поверхні (100) вольфраму при адсорбції самарію та празеодиму пояснено на основі уявлень про роль обмінної взаємодії у формуванні загальної енергії зв'язку адатома з поверхнею. Також, на нашу думку, значним є вплив частково заповнених поверхневих електронних станів досліджуваних елементів, які в значній мірі визначають характеристики обмінної взаємодії.

Отримання та дослідження стабілізованих нанокристалів апатиту, активованого іонами рідкісно-земельних елементів

Бабаєвська Н.В., Крижановська О.С.

*НТК “Інститут монокристалів”, Інститут монокристалів НАН України,
Харків, Україна*

Останнім часом сполуки зі структурою апатиту та апатити, активовані іонами рідкісно-земельних елементів ($Me_{10}(ZO_4)_6X_2$), мають великий інтерес у якості люмінесцентних матеріалів для оптичної кераміки та для світлоконвертуючих покриттів. Розвиток технології виробництва люмінесцентної нанокераміки потребує вміння контролювати розмір, форму та фазовий склад кристалічних матеріалів. Властивості нанокристалічних сполук є предметом багатьох суперечок, які пов'язані з нанорозмірним ефектом та особливістю люмінесцентного випромінювання. Через це вплив умов синтезу на фізичні та хімічні властивості нанокристалічних фосфорів є актуальним питанням.

Нанокристалічні стабілізовані фторапатити кальцію (ФАП), активовані іонами Eu^{3+} , Tb^{3+} , Ce^{3+} були отримані методом осадження з водних розчинів. У якості стабілізатору була використана поліакрилова кислота. Зразки були проаналізовані методами рентгенівської дифракції, скануючої електронної мікроскопії та використовуючи елементний аналіз. Було показано, що протягом синтезу нанокристалічних ФАП, було неможливо уникнути формування домішкової фази CaF_2 (розмір частинок 30-50 нм). Було встановлено, що монофазний полікристалічний номінально чистий ФАП та ФАП, активований іонами РЗ, можна отримати при $pH=4.7$ та $T=90$ °С. Розмір нанокристалічних блоків зразків сягав 15-50 нм. Параметри елементарної комірки змінювались з концентрацією активатора: $a = 9.376-9.450$, $c = 6.863-6.872$. Аналіз морфології показав, що нанокристали ФАП мають голчасту або пластинчасту форму, розміром 100-600 нм у довжину. Вивчається вплив концентрації активатора та режимів відпалення на люмінесцентні властивості отриманого матеріалу.

Адсорбционные позиции атомов серебра на поверхности пленки в форме нанотрубки

Балабай Р.М., Рябчиков Д.В., Степанюк А.Н.

Криворожский государственный педагогический университет, Кривой Рог, Украина

Представлен расчет из первых принципов свойств основного состояния цилиндрической изолированной нанотрубки C_{16} с двумя атомами Ag на поверхности с использованием объединенных методов молекулярной динамики и теории функционала электронной плотности в самосогласованном псевдопотенциальном поле.

Исследовались положения атомов Ag, возможные в процессе роста кластеров на тонкой пленке в форме нанотрубки: у атомов углерода, вдоль стороны шестичленного кольца, формирующего поверхность, и в центре кольца.

Получены значения полной энергии системы, сечения распределения электронной плотности и его объемные проекции, используя авторскую компьютерную программу. (например рис 1)

Сравнение результатов демонстрирует энергетическую выгодность позиционирования атомов серебра вдоль стороны шестичленного кольца и в центре кольца.

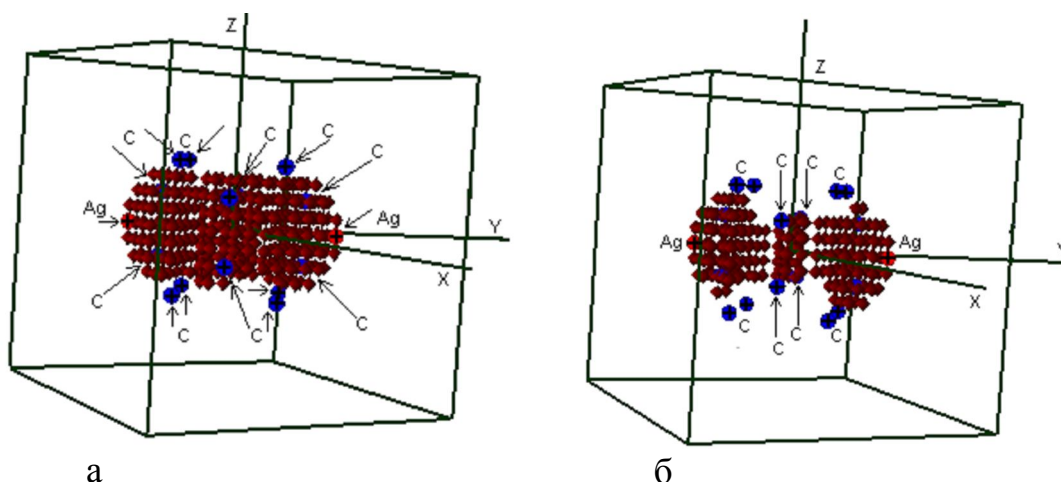


Рис. 1 Объемные проекции распределения электронной плотности: в диапазоне значений от 0.8 до 0.9 (а), в диапазоне значений от 0.9 до 1 (б) – для позиций атомов серебра вдоль стороны шестичленного кольца.

Проявление спин-орбитального взаимодействия в квантовой яме Si/Si_{0.87}Ge_{0.13}/Si p-типа.

Беркутов И.Б., Комник Ю.Ф., Андриевский В.В., Миронов О.А.¹, Волл Т.¹

Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины, Харьков, Украина

¹*Department of Physics, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, United Kingdom*

Изучены магнотоквантовые и квантово-интерференционные эффекты двумерного газа дырок в квантовой яме Si/Si_{0.87}Ge_{0.13}/Si в диапазоне температур 33 мК – 10 К в магнитных полях до 11 Т. В сильных магнитных полях $B > 1.5$ Т на магнитополевых зависимостях сопротивления образцов наблюдаются осцилляции Шубникова – де Газа и квантовый Холл эффект. В слабых магнитных полях ($B < 1.5$ Т) вначале наблюдается крутой рост положительного магнитосопротивления (МС), которое затем переходит в отрицательное; в результате, на кривой МС в слабых магнитных полях образуется максимум (Рис. 1).

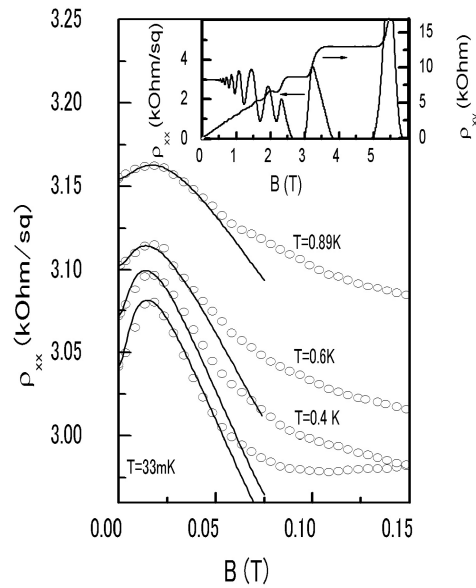


Рис. 1

В условиях слабой локализации дырок появление максимума на кривых МС связано с конкурентным вкладом в суммарную квантовую поправку слагаемых, имеющих разный знак [1]. Первое слагаемое отвечает триплетному спиновому состоянию (суммарный спин $j=1$), а второе – синглетному состоянию ($j=0$). С ростом магнитного поля вначале подавляется интерференция дырок в синглетном спиновом состоянии на сопряженных траекториях. Это приводит к повышению МС с ростом поля, поскольку с такой интерференцией связано уменьшение сопротивления в нулевом магнитном поле. При дальнейшем увеличении магнитного поля начинает подавляться интерференция сопряженных волн, находящихся в триплетном состоянии и появляется отрицательное МС.

Найденное при анализе квантовых поправок время спин-орбитальной релаксации позволяет определить величину спинового расщепления, возникающего в изученной гетероструктуре под влиянием неоднородного возмущающего потенциала, связанного с возникновением асимметричной потенциальной ямы при образовании гетероструктуры (модель Рашбы [2]).

1. Альтшулер Б.Л. , и др. // *ЖЭТФ*, 81, С. 768 (1981).
2. Рашба Э.И. , Шека В.И. // *ФТТ*_1, сб. статей II, С. 162 (1959).

Влияние внешнего электрического поля на форму малых частиц Ві

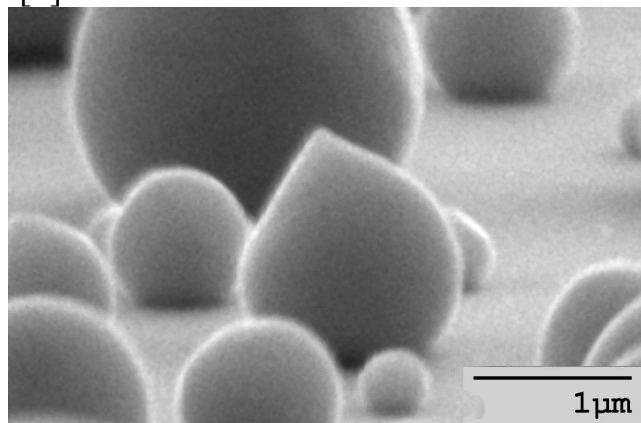
Богатыренко С.И., Крышталь А.П., Гладких Н.Т.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

Формирование островковых конденсатов как путем роста из газовой фазы, так и при распаде сплошных пленок исследуется уже более 40 лет.

Хорошо известно, что при росте островков через жидкую фазу на невзаимодействующих подложках и в условиях, когда сведены к минимуму все сторонние факторы и силы, частицы имеют форму, близкую к равновесной, т.е. сферическую. Однако современные технологии часто требуют анизотропии свойств и формы нанообъектов, что стимулирует исследования формирования пленок в условиях направленного внешнего воздействия, например, электромагнитного. В основном такие исследования проводятся для ионных и щелочно-галогидных кристаллов, в то время как для пленок металлов авторам известны лишь исследования влияния внешнего продольного электрического поля на коалесценцию частиц в процессе роста островков.

В настоящей работе приводятся результаты исследований влияния внешнего, поперечного по отношению к подложке, электрического поля на форму частиц сформировавшихся при плавлении сплошных пленок висмута на кремниевой подложке. Выбор системы обусловлен широким ее применением в современной микро и нано электронике. Система препарировалась путем конденсации в вакууме пленки висмута толщиной 100нм на подложку монокристаллического кремния. После конденсации система Bi/Si нагревалась до температуры плавления висмута и охлаждалась до комнатной температуры при приложенном внешнем электрическом поле напряженностью 6.5кв/см. Обнаружено заметное отклонение формы островков висмута от равновесной. Наблюдаемое явление объясняется эффектом электрострикции в рамках классической электродинамики [1].



1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.. *Электродинамика сплошных сред*. М: Наука, (1982).

Прямое определение заряда наночастиц модифицированного CdS в водном растворе

Борук С.Д., Дремлюженко С.Г., Юрийчук И.Н., Давыдюк Ю.Н., Пивен Н.Г.
Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича, Черновцы, Украина

Регулирование свойствами и устойчивостью дисперсных систем является актуальной проблемой, имеющей большое теоретическое и практическое значение. Согласно теории ДЛФО взаимодействие частиц определяется соотношением сил молекулярного притяжения и электростатического отталкивания. При взаимодействии частиц небольшого размера и массы решающую роль имеет именно электростатическое взаимодействие частиц. Для целенаправленного регулирования свойств данных систем необходимо проводить прямое определение заряда частиц дисперсной фазы. Однако классические физико-химические методы определения электрокинетического потенциала для таких систем неприменимы, в связи с тем, что не удастся фиксировать частиц с помощью микроскопа, или ультрамикроскопа.

Нами были проведены прямые измерения электрокинетического потенциала наноразмерных частиц модифицированного CdS методом геля электрофореза. Суть метода заключается в том, что образец дисперсной системы, содержащей окрашенные частицы, помещают в слой гелеподобного вещества, которое находится под постоянным напряжением. Для контроля параллельно наносится образец системы, для которой возможно альтернативное определение знака и заряда частиц дисперсной фазы. Сравнивая направление и скорость движения частиц можно определить знак и значение заряда наноразмерных частиц.

Для проведения экспериментальных исследований необходимо применять гели, не имеющие жесткой структуры. Так, при использовании агаровых гелей, движение частиц наблюдается только в начальный момент времени. При достижении определенной степени деформации движение замедляется. При увеличении напряжения происходит разрушение структуры геля частицами. Хорошо себя зарекомендовал полиакриламидный гель, что позволяет рекомендовать его для проведения эксперимента.

Енергетичний спектр полярона у плоских наногетеросистемах вюрциту *AlN/GaN/AlN* із квантовою ямою скінченної та нескінченної глибини

Борусевич В.А., Вороняк Л.Я.

*Дрогобицький державний педагогічний університет ім. Івана Франка,
 Дрогобич, Україна*

Високочастотна ефективність та сильний атомний зв'язок що

характерні *GaN* роблять цей матеріал привабливим в якості бази для створення надійних високопотужних приладів, які здатні працювати в екстремальних навколишніх умовах. Останні досягнення отримані в технологіях вирощування гетероструктур, на основі *GaN*, де в якості обмежувачого матеріалу використовується кристал *AlN*, а також створення лазерного діоду на основі *GaN* стимулювали нову хвилю зацікавленості у нітридах. У цих гетеросистемах з гексагональною симетрією оптичні фонони відіграють домінуючу роль при дослідженні процесів розсіювання енергії завдяки різниці аніонних та катіонних мас. Залишаються недостатньо дослідженими проблеми, що стосуються залежності закону дисперсії поляронів від основних параметрів системи.

У даній роботі досліджується енергетичний спектр полярона квазідвовимірних гетеросистем вюрциту *AlN/GaN/AlN* в залежності від хвильового вектора. Розглядаються моделі гетероструктур з нескінченним та скінченним потенціалом на межі поділу середовищ. Обчислення проводились за допомогою двох методів: теорії збурень та варіаційного методу Лі-Лоу-Пайнса. Визначено середню швидкість полярона. Обчислено енергію зв'язку полярона та його ефективну масу як функцію хвильового вектора. Проведено порівняння одержаних результатів з даними інших авторів.

Електричні властивості нанокмпозитних плівок $\text{SiO}_2(\text{Si})$ отриманих плазмохімічним осадженням

Братусь О., Горбанюк Т., Євтух А.

Інститут Фізики Напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна

Структури метал – діелектрик напівпровідник (МДН), які містять кремнієві нанокристали в діелектричній матриці, викликають особливий інтерес через їх унікальні властивості. Вивчення електричних властивостей таких структур є важливим для наноелектронних приладів, таких як одноелектронні транзистори та елементи енергонезалежної перепрограмовуємої пам'яті. В даній роботі проводилися дослідження електричних властивостей МДН структур з тонкими нанокмпозитними плівками $\text{SiO}_2(\text{Si})$ в якості діелектрика, отриманих плазмохімічним осадженням з парогазової фази і послідуочим відпалом. Надлишок кремнію в нестехіометричних плівках SiO_x ($x < 2$) задавався співвідношенням газових реагентів $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$ при осадженні. Відношення газового потоку змінювалося від 1,05/1 до 17,5/1, що приводить до зміни x від 1,92 до 1,34. Після осадження плівок SiO_x проводився термічний відпал при $T = 1100^\circ\text{C}$ протягом 30 хвилин для преципітації надлишкового кремнію в нанокристали в матриці SiO_2 .

Проводилися дослідження вольт – фарадних (С - V) і вольт –

амперних (I - V) характеристик МДН структур з плівками SiO_x та нанокompозитними плівками $\text{SiO}_2(\text{Si})$. C - V і I - V виміри аналізувались на основі структурної і електронної модифікації плівки SiO_x і її трансформацію в $\text{SiO}_2(\text{Si})$ індукваного термічним відпалом. Плівки SiO_x після осадження характеризуються провідністю за механізмом Пула - Френкеля. Проходження струму через нанокompозитні плівки $\text{SiO}_2(\text{Si})$ характеризується стрибковою провідністю, яка обумовлена прямим тунелюванням між нанокристаллами. Аналіз C - V вимірів МДН структур з нанокompозитними плівками $\text{SiO}_2(\text{Si})$ проводився з використанням еквівалентної схеми, в якій паралельно до ємності діелектрика підключалась ємність нанокристалів. Вплив ємності нанокристалів приводить до зменшення ємності в області акумуляції поверхні напівпровідника. Величину накопленого заряду і його знак визначали зі зсуву C - V характеристик.

Тонкая структура электроннолучевых покрытий хрома

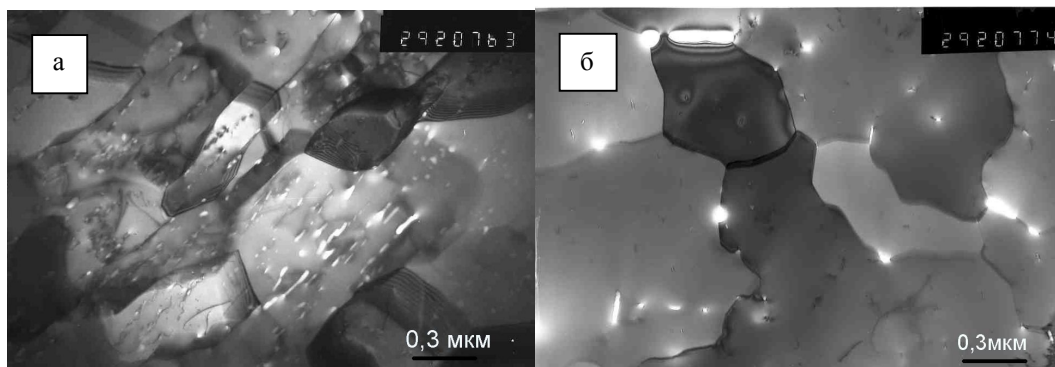
Бродниковский Н.П., Зыкова Е.В., Дубиковский Л.Ф., Даниленко Н.И.,
Самелюк А.В.

Институт проблем материаловедения им.И.Н.Францевича НАНУ, Киев, Украина

В последнее время было установлено, что в хромовых покрытиях может быть достигнута чрезвычайно высокая твердость, которую связывают с нанодисперсностью кристаллической структуры и упрочняющим влиянием примесей внедрения (N, O, C).

В настоящей работе исследована тонкая структура хромовых покрытий, полученных электронно-лучевым распылением на подложки с градиентом температуры (100- 500 °С) в безмасляном вакууме $1 \cdot 10^{-6}$ Тор. Толщина покрытий составляла 10-50 мкм.

Данные изучения изменения структуры хромовых покрытий, нанесенных при различных температурах подложки, полученных с помощью ПЭМ, представлены на рисунке. При температуре подложки 150°С (рис.а) размер зерна колеблется в пределах 0,3-1 мкм. Из-за низкой растворимости примесей внедрения в хrome поглощение азота и кислорода приводит к выделению частиц второй фазы. Выделения второй фазы наблюдаются преимущественно внутри зерен. Повышение температуры подложки до 500 °С приводит к увеличению размера зерен до 0,6-2 мкм (рис. б). Частицы второй фазы увеличиваются с 0,015 до 0,05 мкм. Выделение их происходит как в объеме зерна, так и по границам. Значения размеров зерен, установленных с помощью ПЭМ коррелируют с размерами диаметров столбов, которые наблюдаются на изломах конденсатов с помощью РЭМ [1].



Результаты исследования микротвердости показали, что твердость определяется размером зерна, пористостью и дисперсным упрочнением.

1. Бродниковский Н.П., Зыкова Е.В., Дубиковский Л.Ф. и др. Междунар. конф. "Современное материаловедение: достижения и проблемы", Тез.докладов, 26-30 сентября 2005, Киев, Украина, с.754-755 (2005).

Нанокompозити Fe₂O₃/SiO₂ з магнітними властивостями.

Гаєва М.В., Богатирьов В.М., Абрамов М.В.

Інститут хімії поверхні НАН України, Київ, Україна

Стрімкий розвиток сучасних інформаційних та медичних технологій призвів до необхідності створення нових приладів з використанням найновітніших досягнень фізики та хімії. Найголовнішим напрямком у розвитку електроніки, оптоелектроніки, лазерної техніки та ін., є використання нанотехнологій та наноматеріалів. Відомо, що специфічні удосконалення матеріалів можливі лише тоді, коли вони виготовлені з компонентів, хімічні, структурні, морфологічні характеристики яких досконало вивчено.

Метою цієї роботи є дослідження властивостей нанорозмірних магніточутливих матеріалів Fe₂O₃/SiO₂, використовуючи такі методи, як: вібраційна магнітометрія, термогравієметричний метод, рентгено-фазовий аналіз, радова електронна мікроскопія.

Зразки нанокompозиту кремнезем-маггеміт (γ-Fe₂O₃) отримували шляхом гомогенізації в ізопропіловому спирті (ІПС) заздалегідь визначеної кількості пірогенного кремнезему та ацетилацетонату заліза (ІІІ) (Fe(асас)₃), з подальшою поетапною термообробкою від 150 °С до 400 °С. На рисунку 1 наведена дифрактограма γ-Fe₂O₃ зразку, отриманого з розчину ІПС. Використання тетраклориду карбону, як розчинника, призводить до формування немагнітної фази – гематиту (α - Fe₂O₃).

Методом вібраційної магнітометрії отримані криві намагнічування

та часні петлі гістерезису (рисунок 2). Вимірювання проводились при кімнатній температурі та частоті коливань 325 Гц. Намагнічуваність нанокompозиту $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ становить ~ 2.5 відн.од..

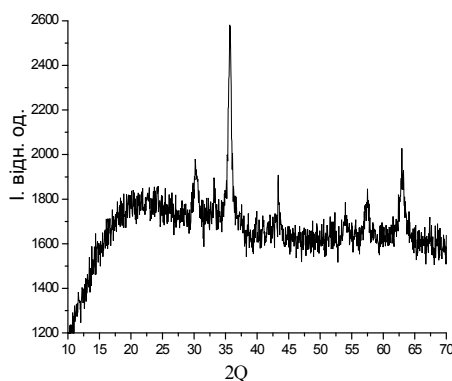


Рис. 1. Дифрактограма нанокompозиту $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

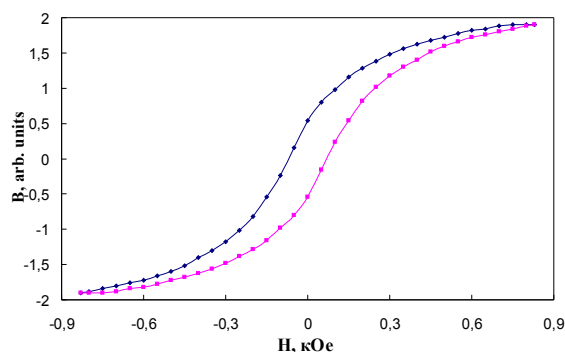


Рис. 2. Петля гістерезису системи $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$

Методом термоокислювальної деструкції $\text{Fe}(\text{асас})_3$, в присутності кремнезему, отримали магнітний нанокompозит $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ з розміром наночастинок 30,1 нм. Дослідили вплив співвідношення компонентів на магнітні властивості системи.

Вплив заміщення магнію на імпедансні та електрохімічні властивості $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ шпінелі.

Гасюк І.М., Кайкан Л.С., Морушко О.В., Грабко Т.В.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Шпінельні системи з іонно-електронною провідністю є перспективними матеріалами у застосуванні їх в якості катодного матеріалу для електрохімічних джерел струму завдяки можливості цілеспрямованої зміни провідності системи і межах однофазності її структури. Заміщення в шпінелі $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ іонів тривалентного заліза двовалентним магнієм супроводжується утворенням катіонних вакансій як у тетра- так і в октапідгратках. Наявність великої кількості катіонних вакансій понижує енергію активації дифузії в системі і, таким чином, інтенсифікує процеси інтеркаляції-деінтеркаляції літію.

В роботі досліджувались шпінелі загального складу $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5-y}\text{Mg}_y\text{O}_4$, де $y=0; 0,1; 0,3; 0,6; 0,8; 1,0$, синтезовані керамічним методом з суміші порошків оксидів та гідроксидів металів. На основі дослідження імпедансних годографів систем графітовий електрод /зразок/ графітовий

електрод розраховані значення іонної провідності та коефіцієнта Варбурга для кожного зразка. На основі електрохімічних досліджень із розрядних кривих було отримано значення ступеня впровадження літію в структуру. На рис.1 показано залежності провідності σ і ступеня впровадження іонів літію x від складу.

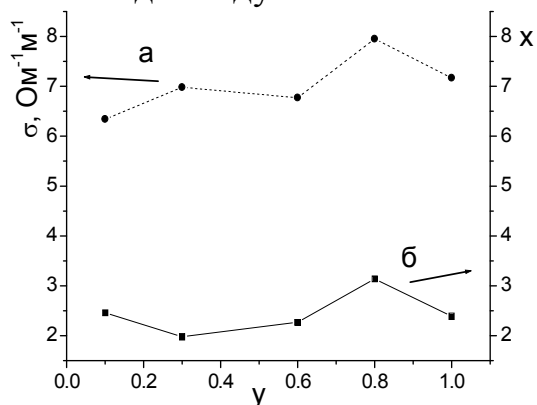


Рис. 1. Залежність провідності (а) і ступеня впровадження літію (б) від складу.

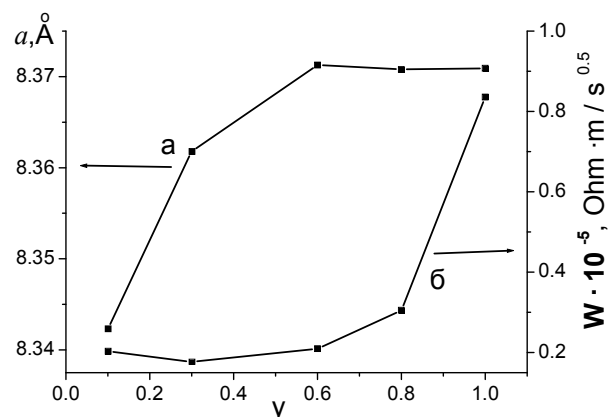


Рис. 2. Залежність сталої ґратки (а) та зміна коефіцієнта Варбурга (б) від складу.

Зміна сталої ґратки a шпінелі, отриманої на основі рентгеноструктурних досліджень, та коефіцієнта Варбурга W (рис. 2) свідчать про те, що із збільшенням вмісту магнію активізуються дифузійні процеси, що відбуваються в основному за вакансійним механізмом, що, в свою чергу, говорить про збільшення вкладу іонної провідності в досліджуваних системах.

Вплив температури спікання на провідні властивості системи $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$

Гасюк І.М., Галігузова С.А.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Шпінельні системи з іонно-електронною провідністю є перспективними матеріалами при застосуванні їх у якості катодного матеріалу для електрохімічних джерел струму завдяки стійкості кристалічної структури при значних концентраціях впровадження літію. Крім того, хімічні джерела струму циклічного типу роботи на основі $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ повинні характеризуватися і стабільними електрохімічними характеристиками протягом великого числа циклів заряду-розряду, що в значній мірі визначає збереження електронного стану матеріалу атомів.

Провідні та діелектричні властивості катодного матеріалу $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ в значній мірі визначають внутрішній опір джерела, тому були проведені дослідження частотних залежностей дійсного та комплексного опору

речовини. Для цього будувалася двоелектродна конденсаторна система на основі графітових електродів та прошарку, яким служила спечена таблетка вказаного складу двох режимів термообробки (1000°C та 1200°C).

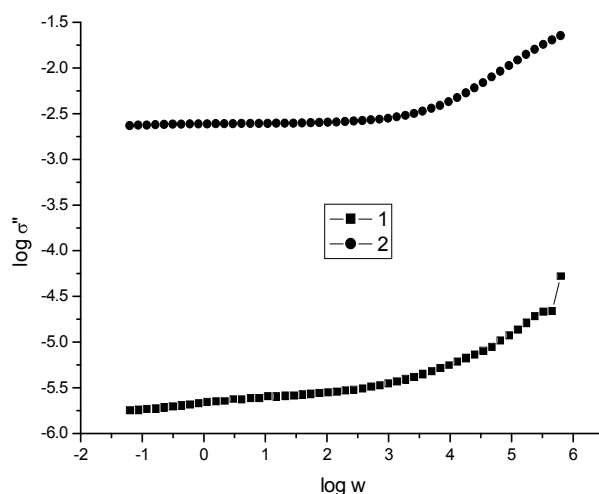


Рис. 1 Залежність дійсної частини провідності від частоти. $\sigma_1=2,53 \cdot 10^{-6}$, а $\sigma_2=0,002456$

За даними частотних залежностей $\rho' = \rho''(\omega)$; $\rho'' = \rho'(\omega)$, де ω - частота, вхідного сигналу розраховувались частотні залежності дійсної та уявної частини комплексної провідності $\sigma^* = \sigma' + i\sigma''$.

Із рис.1 видно, що із збільшенням температури спікання зразків провідність системи зростає на декілька порядків, де $\sigma_1=2,53 \cdot 10^{-6}$, а $\sigma_2=0,002456$. Спостерігається краща провідність у зразку з термічною обробкою 1200°C (гартований у воді).

Оптическая диагностика Ge/Si наноструктур с квантовыми точками

Гацкевич Е.И.¹, Ивлев Г.Д.¹, Володин В.А.², Двуреченский А.В.²,
Ефремов М.Д.², Никифоров А.И.², Якимов А.И.²

¹Институт электроники НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия

Исследовано воздействие излучения рубинового лазера на Ge/Si гетероструктуры с Ge_xSi_{1-x} квантовыми точками (КТ). Образцы выращивались методом молекулярно-лучевой эпитаксии на Si (100). Ge_xSi_{1-x} квантовые точки, сформированные на Si подложке при температуре 573 К, покрывались слоем Si. Изучались наноструктуры, включающие один или четыре слоя КТ. Структуры имели кэп-слой толщиной 0,15 или 0,3 мкм. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии КТ имели поперечные размеры порядка 10 нм и высоту 1нм при их плотности $4 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$.

Лазерний імпульс ($\lambda=694$ нм) мав приблизително гауссову форму з шириною по полове висоте 80 нс. Неравномерність розподілення енергії в лазерному пятні діаметром 4,5 мм не перевищала $\pm 5\%$. Зразки облучалися одним или несколькими лазерными імпульсами. Плотність енергії облучення варіювалася від 0,8 до 1,6 Дж/см². Методи оптичного зондування поверхні и оптичної пирометрії використовувалися для дослідження змінення стану облучаємої поверхні *in situ*. Дзучення стану нанокластерів до и после лазерного впливу проводилося методом спектроскопії комбінаційного розсіяння (КР). Спектри КР вимірялися при комнатній температурі з використанням комп'ютеризованої установки на основі DFS-52 спектрометра (ЛОМО, Санкт-Петербург). Для збудження КР вживався Ar^+ лазер ($\lambda=514,5$ нм). Використовувалася геометрія зворотного розсіяння, падаюче випромінювання було поляризоване вздовж кристаллографічного напрямку $\langle 100 \rangle$, розсіяний промінь детектувався в напрямку $\langle 010 \rangle$. Параметр x визначався з аналізу інтенсивностей КР на Ge-Ge и Ge-Si зв'язках. Напруження в КТ визначалися з аналізу положень піків КР з використанням отриманого композиційного параметра x .

Дані спектроскопії КР показують, що один или несколько імпульсів з енергією вище 0,9 Дж/см² призводять до змінення складу $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$ КТ, а також величини приведенних механічних напружень в них.

Робота підтримана РФФІ (грант № 06-02-81001) и частічно БРФФІ (проект Ф06Р-110).

Енергетичний спектр квазічастинок у тунельно зв'язаних квантових точках вздовж еліптичного квантового дроту

Головацький В.А., Гуцул В.І.

Чернівецький національний університет ім.Ю.Федьковича, Чернівці, Україна

Швидкий розвиток технологій вирощування напівпровідникових наногетеросистем привів до інтенсифікації їх теоретичного та експериментального досліджень. Це зумовлено перспективами практичного використання цих наноструктур в електронних приладах нового покоління. Теоретичною основою для конструювання таких приладів є теорія спектрів розмірного квантування носіїв заряду у низькорозмірних системах.

У даній роботі у наближенні ефективної маси виконано розрахунок енергетичного спектра електрона у двох тунельно зв'язаних квантових точках (КТ) GaAs розташованих вздовж еліптичного квантового дроту $\text{Al}_{0,4}\text{Ga}_{0,6}\text{As}$, поміщеного у діелектричне середовище. На основі точних розв'язків рівняння Шредінгера побудовані залежності енергетичного спектра наносистеми від співвідношення півосей еліпса, геометричних

розмірів КТ та товщини бар'єру між ними. Показано, що даний спектр складається з серій рівнів, які відповідають парним та непарним станам електрона, які мають різну поведінку при зміні еліптичності дроту. У випадку виродження еліпса у коло, величини енергії парних та непарних станів збігаються. У випадку однакових розмірів КТ всі енергетичні рівні наносистеми розщеплюються. Величина розщеплення зростає із зменшенням товщини бар'єру. Показано, що на залежностях енергетичного спектра наносистеми від розміру однієї КТ, при постійній величині іншої, існують області антикросінгу, у яких відбувається зміна локалізації електронів. Отриманий енергетичний спектр у граничному випадку збігається із відповідним спектром, що отриманий у роботі [1].

1. Galeriu C. , Lew Yan Voon L.C., et al // *Comp.Phys.Com.* **157**, 147 (2004).

Енергетичні стани електрона в квантовій точці еліпсоїдальної форми

Гольський В.Б., Кубай Р.Ю., Лукін Р.І.

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
Дрогобич, Україна*

Протягом останнього десятиліття квантові точки (КТ) є центральним об'єктом дослідження фізики твердого тіла. В багатьох теоретичних роботах КТ моделюють квантовою ямою сферичної форми. Але як наведено в роботі [1] експериментальне спостереження КТ *InAs* в матриці *GaAs* показує, що квантові точки арсеніду галію представляють собою сплюснуті дископодібні кластери еліпсоїдальної форми. В роботі [2] було зроблено спробу дослідження таких КТ в наближенні нескінченної потенціальної ями у формі сплюсненого сфероїда. Така модель може бути використана для нанокристалів досить великого розміру. Так для гетероструктури *InAs/GaAs*, об'єм квантової точки повинен становити порядку 1 мкм^3 .

У дані роботі знайдено енергетичний спектр електрона в КТ сфероїдальної форми з врахуванням скінченного розриву зон на межі середовищ. Гамільтоніан системи, записаний в наближенні ефективної маси, має вигляд:

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2} \nabla \frac{1}{m} \nabla + U(\xi, \eta, \varphi), \quad (1)$$

$$\text{де } U(\xi, \eta, \varphi) = \begin{cases} 0, & \xi \leq \xi_0 \\ U_0, & \xi > \xi_0 \end{cases}, \quad m - \text{ ефективна маса частинки,}$$

$\xi_0 = \text{const}$ – визначає поверхню сфероїда.

Задачу розв'язано у сфероїдальних координатах, які дали можливість розділити змінні. Знайдено вигляд хвильової функції та обчислено енергію

основного та збуджених станів КТ сфероїдальної форми. Конкретні обчислення проведені для структур *InAs/GaAs* та *InAs/скло*. Показано, що для об'ємів порядку 100 нм^3 різниця між енергією основного стану, обчисленою в наближенні нескінченної потенціальної ями, та скінченною потенціальною ямою складає більше 500 меВ . Також показано, що при зменшенні анізотропії форми КТ з врахуванням реального розриву зон на межі середовищ, появляються додаткові енергетичні стани, чого не відбувається при розв'язку задачі в наближенні нескінченної потенціальної ями.

1. Зегря Г.Г., Константинов О.В., Матвеевцев А.В. // *ФТП*. 37, сс. 334-338 (2003).
2. Leon H., Marin J.L., Riera R. // *Physica E.*, 27, pp. 385-396 (2005).

Поверхностные моды в ансамбле малых частиц

Гречко Л.Г., Гончарук Ю.С., Куницкая Л.Ю.

Институт химии поверхности НАН Украины, Киев, Украина

Для многих разделов физики, химии и тонкопленочной электроники представляет интерес исследование электродинамического отклика ансамбля наночастиц, находящихся на границе раздела фаз различной природы. Результаты подобных исследований могут быть использованы в оптической спектроскопии для исследования многослойных гибридных тонкопленочных систем, а также супрамолекулярных объектов.

В работе установлены закономерности влияния подложки на степень поляризуемости и оптические свойства наночастиц сферической формы. Получено выражение для тензора поляризуемости α_{ij}^m для случая нахождения одной и двух сферических наночастиц различных размеров (R_1 и R_2) над диэлектрической подложкой (ϵ_s). При отсутствии затухания в приближении Лоренцовских частотных зависимостей диэлектрических функций шара и подложки получены выражения для поверхностных мод сферы радиуса R_i , расположенной вблизи подложки на расстоянии h_i . Установлены частотные зависимости поляризуемости сферических наночастиц, находящихся вблизи подложки. Найдено выражение для сил осцилляторов резонансных мод сферической частицы.

Установлено, что дипольные взаимодействие наночастицы с подложкой приводит к расщеплению и сдвигу одночастичного резонанса. При этом, в общем случае, возникают четыре новых резонансных поверхностных моды, которые отличаются друг от друга как по частоте, так и по оптической активности (величиной сил осцилляторов). Проведена оценка степени трансформации спектра оптического поглощения $D(\lambda)$ при изменении размеров и формы наночастиц, находящихся на различных

расстояниях от подложки. Определено изменение интенсивности поглощения $D(\lambda)$, частотный сдвиг пика $D(\lambda)$ для наночастиц эллипсоидальной формы в зависимости от ориентации большой оси эллипсоида по отношению к направлению внешнего поля E_0 по сравнению с наночастицами сферической формы той же природы.

Рассчитано сечение экстинкции $Q_{ext}(\lambda, q)$ света наночастицами серебра с оболочкой из оксида серебра Ag_2O , которые находились в мезопористой кремнеземной матрице. Установлено, что уменьшение толщины оксидного слоя приводит к возрастанию поглощения электромагнитного излучения поверхностными плазмонами наночастиц серебра и сдвигу пика оптического поглощения в коротковолновую область.

Показано, что изучение подобных электродинамических эффектов представляет интерес для неразрушающего контроля, а также преобразования самого электромагнитного излучения. Результаты исследования могут быть использованы при изучении гигантского комбинационного рассеяния, исследовании; расщепления, сдвига и аномального возрастания пиков поглощения ЭМИ в металлических многослойных наночастицах, аномального возрастания сечения внешнего фотоэффекта на наночастицах и кластерах, при изучении оптическими методами наночастиц, адсорбированных на границе раздела фаз или биологической клетки, а также при теоретическом моделировании процессов образования разнообразных супрамолекулярных структур и электродинамического отклика этих структур на внешнее электромагнитное поле, исследовании аномально больших скоростей коагуляции наночастиц в коллоидных растворах; взаимодействия наночастиц золота, серебра с раковыми опухолями и т.п.

Потенціал сил зображення між близько розділеними розмірно-квантованими плівками металу.

Горайчук Т.В., Ільченко Л.Г.

Інститут хімії поверхні НАН України, Київ, Україна

Просторово-обмежені структури, такі як квантові точки, квантові ями, тонкі плівки є дуже важливими для розвитку мікроелектроніки. Відомо, що об'ємні характеристики просторово-обмежених структур, такі як енергія споріднення, енергія Фермі, робота виходу та ін. суттєво відрізняються від відповідних характеристик необмежених структур завдяки ефекту розмірного квантування.

Висота тунельного бар'єру h є основним параметром, що визначає показник згасання хвильових функцій електронів, які проходять через тунельний бар'єр. Коли тунельний проміжок L малий і напруга U є

низькою, залежність тунельного струму від вакуумного проміжку можна вважати рівною наближено $J \approx \frac{U}{L} \exp\left(\frac{A\bar{h}^{3/2}}{L}\right)$ [1], де $A = 1,025(eV)^{-1/2} A_0^{-1/2}$, а \bar{h} середня висота бар'єру між двома напівобмеженими електродами. В роботі [2] показано, що висота потенціального бар'єру $V(x)$ у вакуумному проміжку між двома металами формується потенціалом сил зображення, який визначається електронною структурою металів. Розрахована висота потенціального бар'єру у вакуумному проміжку L значно більша, ніж висота потенціального бар'єру у випадку класичного розгляду металів. Її збільшення зі збільшенням відстані L ($L \ll 2\text{нм}$) узгоджується з експериментальними даними.

В даній роботі потенціальний бар'єр $V(x)$ між близько розділеними розмірно-квантованими (РК) плівками металу розрахований, використовуючи метод функцій Гріна нелокального рівняння Пуасона[3]. Показано, що врахування електронної структури РК плівок металу дозволяє усунути розриви потенціалу сил зображення на межі поділу середовищ плівка металу /вакуум/ плівка металу.

Проведені дослідження показали, що висота потенціального бар'єру $h(L,d)$ у вакуумному проміжку визначається електронною структурою РК плівок металу, концентрацією електронів n та їх ефективною масою і є немонотонною функцією товщини плівки d . Така немонотонна залежність висоти потенціального бар'єру призводить до розмірної залежності тунельних характеристик просторово обмежених систем.

1. Simmons J.G. // *J. Appl.Phys.* 35, P. 2472 (1964).
2. П'ченко Л.Г. and Goraychuk T.V. // *Surface Sci.* 478, pp. 169-179 (2001).
3. П'ченко Л.Г., Goraychuk T.V. // *Ultramicroscopy.* 95, p. 67-73 (2003).

Імпедансні характеристики води після контакту з триметилсилільованими наночастинками кремнезему

Джура У.Я., Мандзюк В.І., Миронюк І.Ф.

*Прикарпатський національний університет ім. В.Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

Вода являє полімерну трьохмірну систему, в якій слабкі, у порівнянні з хімічними, міжмолекулярні водневі зв'язки безперервно перебудовуються в результаті теплових флуктуацій. Встановлено, що при контакті води з твердим тілом її молекули у приповерхневому шарі впорядковуються, утворюючи квазімірні структури, та змінюються її властивості. Зокрема, досліджуючи властивості води на границі з гідроксилільованою та триметилсилільованою поверхнею SiO_2 методом

ЯМР ^1H виявлено, що найбільший збурюючий вплив на воду проявляється у випадку наявності гідрофобного $[-\text{Si}(\text{CH}_3)_3]_n$ покриття, причому нанорозмірні частинки триметилсилільованого кремнезему демонструють не тільки відсутність “фобності” при контакті з водою, а навпаки – “прилипають” до її поверхні і викликають поляризацію молекул води в шарі значно більшої товщини, ніж при взаємодії з гідроксилітованим (гідрофільним) кремнеземом.

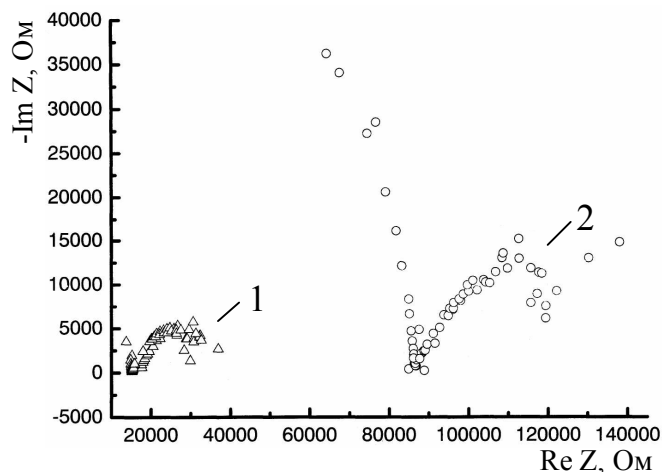


Рис. 1 Діаграми Найквіста дистильованої (1) і структурно-модифікованої (2) води

Метою даної роботи є дослідження кінетики перебігу електродних процесів в електрохімічних системах на основі дистильованої та структурно-модифікованої (після взаємодії з триметилсилільованим кремнеземом) води.

Після контакту із кремнеземом спостерігається зменшення ємності подвійного електричного на межі розділу “електрод-вода” та радикальну зміну діаграм Найквіста (рис. 1).

З отриманих даних випливає, що “модифікована” вода володіє суттєво вищим (6-8 разів) питомим опором та характеризується більшим енергетичним адсорбційним бар’єром, що, ймовірно, зумовлено, кластерною будовою “модифікованої” води.

Моделивання аморфних сплавів Zr-Cu

Джафаров Е.Я., Мельник О.Б., Куницький Ю.А.¹

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ, Україна

¹*Технічний центр НАН України, Київ, Україна*

Розроблено методику для визначення парних потенціалів міжатомної взаємодії на основі пешопринципних розрахунків (метод FLAPW) повної енергії кристалічних структур. З використанням отриманих у такий спосіб потенціалів методом молекулярної динаміки (МД) досліджений процес склування в сплавах Zr-Cu при гартуванні з рідкого стану. За результатами

МД моделювання встановлені концентраційні залежності фізичних характеристик (температури склування T_g , густини, пружних модулів, коефіцієнтів дифузії) аморфних сплавів (АС) Zr-Cu і визначені склади з найбільшою схильністю до аморфізації (СА). Встановлено зв'язок СА з особливостями атомного упорядкування в АС. Показано, що зручним параметром для прогнозування концентраційної залежності температури склування є щільність пакування атомів.

Оптичні властивості золотих 1D і 2D наноструктур, отриманих методом голографічної літографії на плоских діелектричних та провідних підкладках

Дмитрук М.Л., Маєва О.І., Мамикін С.В., Мінько В.І., Коровін О.В.,
Соснова М.В.

Інститут фізики напівпровідників НАНУ, Київ, Україна

Останнім часом структури з просторово-періодичною діелектричною проникністю (фотонні кристали (ФК)) привертають все більшу увагу як з точки зору фундаментальних досліджень, так і з точки зору їх практичного використання (сенсори, детектори та ін.). Одне з явищ, що спостерігається в структурах ФК таких, наприклад, як металеві (Au, Ag) наночастинки та нанодропи, осаджені на різні діелектричні або провідні підкладки, є поверхневий плазмонний резонанс (ППР). Цей ефект супроводжується резонансним підсиленням електричного поля в околі наночастинки, яке чутливе до фізичних (хімічних) властивостей матеріалу, що оточує наночастинку (нанодріт). Нами були виготовлені 1D (Au-нанодропи у вигляді дифракційної ґратки) та 2D (впорядковані ансамблі Au – наночастинок у вигляді біґраток) структури ФК методом голографічної літографії. Для реєстрації ППР були використані спектри пропускання (T)

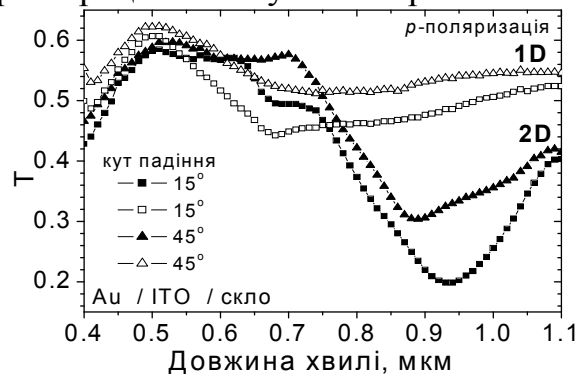


Рис. 1. Спектри пропускання p -поляризованого світла для 1D і 2D ФК структур; товщина шарів: $d_{Au}=20\text{нм}$, $d_{ITO}=150\text{нм}$.

та відбивання (R) світла 1D, 2D структур на діелектричних (скло) та провідних (ITO) підкладках Рис.1. Для підсилення та оптимізації ППР, а

також з метою керування чутливістю ФК пристроїв (сенсорів) було проведене моделювання їх оптичних (спектральних і кутових) характеристик (R,T), використовуючи диференціальний формалізм [1], з урахуванням збудження плазмонно-хвильоводних поляритонів і впливу геометричних параметрів структури (глибина, період та форма перерізу нанодротів, товщини активних шарів). Геометрично-статистичні характеристики структур отримані методом атомно-силової мікроскопії. Порівняння експериментальних спектрів з розрахованими дозволяють визначити як оптимальні геометричні параметри для збільшення чутливості пристроїв (сенсорів), так і надійно оцінити внесок різноманітних складових у ефект ППР.

1. Chandezon J., Dupius M.T., Cornet G., Maystre D. // *JOSA* 72, p. 839 (1982).

Дослідження впливу домішок у розчині на морфологію та фазовий склад нанокристалічних покриттів фторапатита кальцію

Дорошенко А.Г., Савін Ю.М.

НТК “Інститут монокристалів” НАН України, Харків, Україна

Фторапатит (Fap, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) і гідроксиapatит (Hap $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$) кальцію є неорганічною складовою кісткової тканини. Тому Fap і Hap використовують як біоактивне покриття імплантів [1, 2]. Перспективним методом одержання апатитних покриттів є біоміметичний метод (що базується на принципах біологічної мінералізації) [3, 4]. Ріст кристалів дуже чутливий до присутності навіть невеликих концентрацій інших іонів і молекул у розчині, які впливають не тільки на швидкість росту, але на форму й напрямок росту кристалів.

Метою роботи є визначення основних закономірностей й механізмів впливу органічних (амінокислота - O-Phospho-DL-Serine (P-serine)) і неорганічних (Pb^{2+} і Cd^{2+}) домішок у водяному розчині системи $\text{CaCl}_2 - \text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{NaOH} - \text{NaF} - \text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$, розчинених у ростовому середовищі, на параметри росту, морфологію та текстуру Fap покриттів.

Виявлено якісно різний вплив іонів металів на процеси росту покриттів. Для примесних іонів свинцю, що перебувають у розчині з концентрацією $1,25 \times 10^{-5}$ моль/л, спостерігається прискорення росту покриття, що, імовірно, обумовлено зниженням межфазної поверхневої енергії в системі зародок-розчин при адсорбції іонів свинцю на щаблі росту кристалітів. Установлено, що іони свинцю збільшують кристалличность покриттів, а P-serine - зменшує. Найбільший вплив на текстуру покриттів роблять домішки кадмію. Зі збільшенням концентрації

інгібуючих домішок значно зростає пористість покриттів. В рамках ленгмюрівської моделі адсорбції розраховано величини ефективної концентрації активних ростових положень, $S_{\text{эфф}}$, для концентрацій домішок $1,25 \times 10^{-5}$ моль/л: $S_{\text{эфф}}(\text{Cd}) = 0,08$; $S_{\text{эфф}}(\text{Pb}) = -0,72$; $S_{\text{эфф}}(\text{P-serine}) = 0,183$. Для іонів кадмію й P-serine реалізується звичайний ефект блокування домішками активних ростових положень. Встановлено, що величина константи "спорідненості" для P-serine становить $K_{\text{эфф}}(\text{P-serine}) = 18374,5$ L/mol, а для іонів кадмію - $K_{\text{эфф}}(\text{Cd}) = 6743,9$ L/mol.

1. Eun-Jung Lee, Su-Yeon Chae, Hyoun-Ee Kim // *J. Am. Ceram. Soc.* **89**(5), pp. 1748–1751 (2006).
2. Крыжановская А.С., Коровникова Н.И., Савин Ю.Н., Толмачев А.В. // *Поверхность*. 10, сс. 110-112 (2003).

Получение гетеронаночастиц на основе сформированных ансамблей квантовых точек ZnO на поверхности коллоидных частиц SiO₂.

Ермолаева Ю.В., Толмачев А.В.

*НТК Института монокристаллов «Институт монокристаллов» НАН Украины,
Харьков, Украина*

В последнее десятилетие проявляется значительный интерес к разработке принципиально нового класса функциональных оптических материалов на основе упорядоченных ансамблей нанокристаллов полупроводников (квантовых точек). Оксид цинка является хорошо известным широкозонным полупроводником ($E_g = 3,36$ эВ) с высокой энергией связи экситона (60 мэВ) и интенсивной люминесценцией в УФ-области при комнатной температуре. Этот полупроводник в низкоразмерном состоянии (в виде квантовых точек, например) рассматриваются как один из самых многообещающих материалов для создания высокоселективных сенсоров, светоизлучающих элементов для УФ лазеров и светодиодов.

В связи с этим авторами представленной работы была разработана технология получения упорядоченных ансамблей квантовых точек ZnO на поверхности нанотемплат (коллоидных частиц SiO₂), т.е. формирование гетеронаночастиц типа «ядро-оболочка». Для этого на первом этапе кристаллизацией из раствора были получены нанокристаллы ZnO заданного размера (2-10 нм) с малой дисперсией по размерам < 15%, а также методом, описанным Штобером и Финком, монодисперсные сферической формы коллоидные частицы SiO₂ (120 нм, распределение по размерам < 10%). Для упорядоченного концентрирования квантовых точек на поверхности нанотемплаты, поверхность наночастиц SiO₂ модифицировали с помощью бифункциональных молекул, которые

образуют на поверхности специальным образом расположенные реакционные центры, обеспечивая тем самым химическую привязку нанокристаллов ZnO. Была показана возможность контролирования степени заполнения поверхности нанотемплаты квантовыми точками ZnO.

Размеры, морфологию, фазовый состав полученных структур определяли с помощью методов электронной микроскопии и рентгеновской дифракции. Были исследованы оптические свойства полученных гетеронаночастиц, показаны проявления квантово-размерных эффектов упорядоченных ансамблей квантовых точек ZnO на поверхности нанотемплаты из коллоидных частиц диоксида кремния.

Влияние отжига на микромеханические свойства сверхбыстроокалённых лент на основе Ni и Co.

Фирстов С.О., Еременко А.Л., Школьный В.К., Горбань В.Ф.

*Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины,
Киев, Украина*

Одним из современных методов исследования микромеханических свойств аморфных материалов является микроиндентирование с записью диаграмм нагружение - разгружение. Анализ кривых индентирования позволяет определять не только твёрдость материала, но и модуль Юнга, характеристику пластичности λ .

В данной работе исследовалось влияние отжига на микромеханические свойства сверхбыстроокалённых лент на основе Ni и Co. Объектом исследования в данной работе были сверхбыстроокалённые ленты состава $\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат. %) (СТЕМЕТ[®] 1301) и $\text{Co}_{67,3}\text{Fe}_{10,1}\text{Si}_{16,2}\text{B}_{6,4}$ (ат. %), полученные методом спинингования. Ленты подвергались температурной обработке в защитной атмосфере. Температурная обработка образцов $\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат. %) проводилась при температурах $T_{3\text{ТО Ni}}=733\text{K}$, $T_{2\text{ТО Ni}}=853\text{K}$ и $T_{3\text{ТО Ni}}=983\text{K}$ с выдержкой 10 минут с последующим остыванием на воздухе. Отжиг образцов $\text{Co}_{67,3}\text{Fe}_{10,1}\text{Si}_{16,2}\text{B}_{6,4}$ (ат. %) проводили при температурах $T_{1\text{ТО Co}}=733\text{K}$, $T_{2\text{ТО Co}}=773\text{K}$, $T_{3\text{ТО Co}}=843\text{K}$, $T_{4\text{ТО Co}}=853\text{K}$, и $T_{5\text{ТО Co}}=888\text{K}$ с выдержкой 10 минут с последующим остыванием на воздухе. Микромеханические свойства данных образцов определяли с помощью автоматического индентирования с записью диаграмм нагружения - разгружения.

В исходном состоянии ленты $\text{Ni}_{68,7}\text{Cr}_{6,7}\text{Si}_{8,1}\text{B}_{13,8}\text{Fe}_{2,7}$ (ат. %) и $\text{Co}_{67,3}\text{Fe}_{10,1}\text{Si}_{16,2}\text{B}_{6,4}$ (ат. %), имеют твёрдость 8,9 ГПа. Модуль Юнга ленты на основе Ni 80-85 ГПа, на основе Co 68-70 ГПа. Максимальное значение твёрдость никелевого сплава ($H=13,8$ ГПа) имеет при температуре отжига 853K, а кобальтового сплава ($H=13,4$ ГПа) при 773K.

Отношение H/E для данных материалов изменяется от 0,054 до 0,135. Результаты, экспериментально полученные при индентировании плёнок на основе Ni и Co, близки к значениям теоретической твёрдости ($H_{\text{теор}} \approx 0,14-0,16 E$), которая определяется как максимальная твёрдость материала, которая может быть достигнута при условии, что напряжение, вызывающее пластическое течение в материале под индентором, соответствует теоретической прочности на сдвиг этого материала.

Моделирование электронного переноса в КНИ-МОП-транзисторах на основе метода Монте-Карло

Жевняк О.Г., Галенчик В.О., Борздов В.М., Борздов А.В., Рухленко Д.А.

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск

Заметный прогресс, достигнутый в настоящее время в технологии создания КНИ-структур (кремний-на-изоляторе), порождает необходимость в разработке численных моделей и программных средств расчета электрофизических свойств и электрических характеристик КНИ-МОП-транзисторов [1, 2]. Метод кинетического моделирования Монте-Карло как для МОП-транзисторов, изготовленных по стандартной МОП-технологии, так и для КНИ-МОП-транзисторов является эффективным средством для изучения электронного переноса в этих приборах, позволяющим учесть тот факт, что каналы этих транзисторов являются слоистыми электронными системами [3–5].

В настоящей работе разработаны модель электронного переноса в КНИ-МОП-транзисторах с произвольной толщиной проводящего слоя кремния, а также алгоритмы расчета электрического поля и кинетических параметров, характеризующих электронный перенос в исследуемых транзисторах. Основная задача, решенная нами, была связана с оценкой влияния на величину дрейфовой скорости электронов в канале транзистора его толщины. Рассматривались транзисторы с длиной канала 0.5, 0.25 и 0.1 мкм и шириной канала, выращенного на изолирующем окисле, 10, 20 и 100 нм. Толщина защитного окисла предполагалась бесконечной. Полученные в результате моделирования методом Монте-Карло значения дрейфовой скорости для КНИ-МОП-транзисторов сравнивались с аналогичными, рассчитанными для стандартного МОП-транзистора. В частности, показано, что влияние толщины проводящего слоя кремния на перенос электронов становится заметным при величинах 100 нм и менее.

1. Omura Y., Nakashima S., Izumi K., and Ishii T. // *IEEE Trans. Electron Dev.* **40**, P. 1019 (1993).
2. Esseni D., Mastrapasqua M., Celler G. K., Fiegna C., Selmi L., and Sangiorgi E. // *IEEE Trans. Electron Dev.* **48**, P. 2842 (2001).

3. Борздов В. М., Жевняк О. Г., Комаров Ф. Ф., Галенчик В.О. *Моделирование методом Монте-Карло приборных структур интегральной электроники*. Мн, (2006).
4. Duncan A., Ravaioli U., and Jakumeit J. // *IEEE Trans. Electron Dev.* **45**, P. 867 (1998).
5. Palestri P., Esseni D., Eminente S., Fiegna C., Sangiorgi E., and Selmi L. // *IEEE IEDM*. P. 605 (2004).

Залежність особливостей електронної структури різних нанорозмірних атомно-структурних модифікацій вуглецю від їх розмірів

Звезда С.С., Зауличний Я.В., Солонін Ю.М.

*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
Київ, Україна*

Методом ультрам'якої рентгенівської емісійної спектроскопії проведено дослідження електронної структури фулеренів, оніонів і багатостінних вуглецевих нанотрубок різних діаметрів, одержаних з використанням каталізаторів і без їх участі (рис. 1).

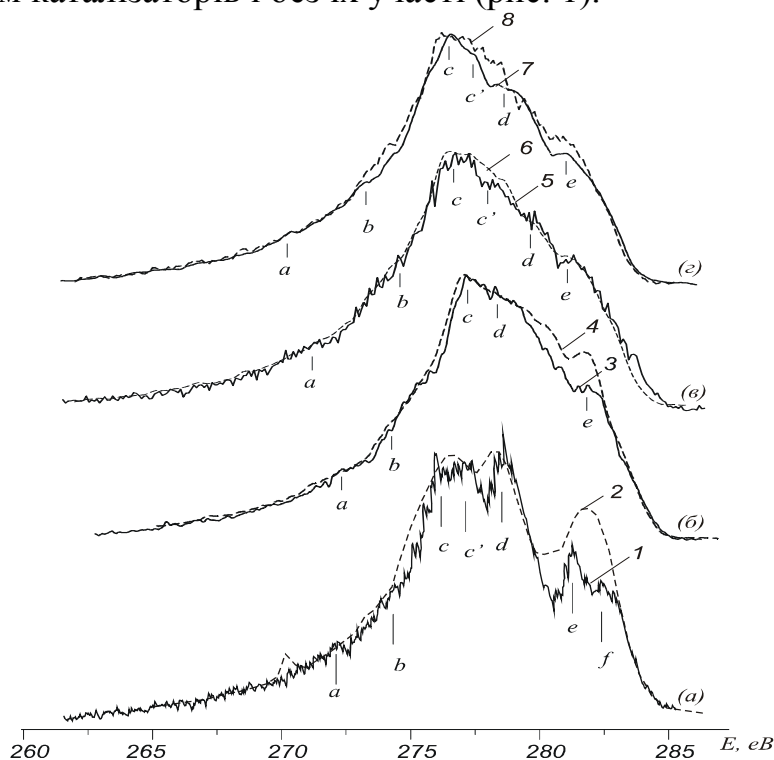


Рис. 1. Емісійні рентгенівські смуги фулериту C_{60} (1), C_{70}^* (2), оніонів (3) та терморозширеного графіту (4), нанотрубок діаметром 4 нм (5), нанотрубок діаметром 140 нм (6), каталітичних нанотрубок діаметром 20 нм (7), каталітичних нанотрубок діаметром 70 нм (8).

*Jun Kawai, Muneyuki Motoyama. СК-V X-ray emission spectra of C_{70} with comparison to C_{60} . // *Phys. Rev. B.* **47**, P. 12988-12991 (1992).

Встановлено, що енергетичний перерозподіл Sp -станів в вуглецевих наноматеріалах внаслідок зменшення їх розмірів спостерігається в областях енергій, які відповідають π -станам і зумовлений зміною ступенів перекриття Sp_z -орбіталей.

Показано, що в ряду C_{60} - C_{70} -оніони-нанотрубки зменшуються відмінності в ступенях π -перекриття Sp_z -орбіталей всередині та зовні кривих атомних поверхонь з sp^2 -гібридними зв'язками, а також знижується вклад в енергію зв'язку змішаних $\sigma+\pi$ -зв'язуючих станів всередині фулеренів, оніонів і нанотрубок.

Виявлено, що в ряду фулерени-оніони-нанотрубки при переході до об'єктів з більшими діаметрами ступені звуження SK_a -емісійних смуг зростають, особливо тоді, коли крім зміни в π -перекриттях, в цих наноматеріалах збільшується кількість розірваних зв'язків, завдяки наявності кінців, країв, а також дефектів-вакансій, яких в оніонах та нанотрубках значно більше, ніж в фулеренах.

Нові фотокаталізатори: гетероструктури CdS з бісхіноціаніновим барвником

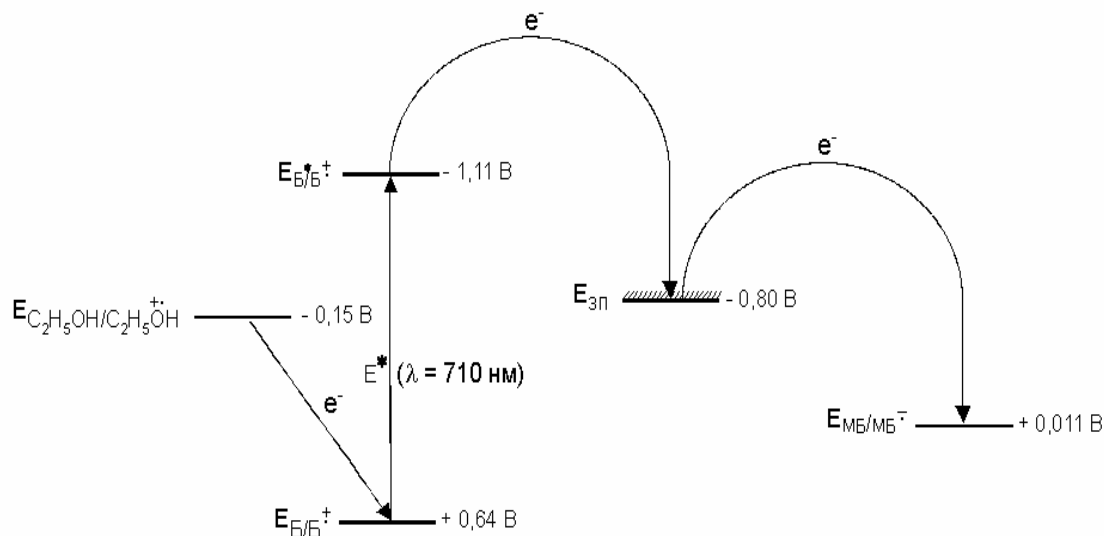
Кобаса І.М., Кондратьєва І.В.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

Одним із пріоритетних завдань фотокаталізу є пошук високоактивних фотокаталізаторів, функціонування яких забезпечило б ефективно та економічно доцільне проведення тих чи інших практично важливих процесів. Дослідження в цьому напрямку показали перспективність конструювання систем, які складаються з напівпровідника-матриці й нанесеного на неї барвника-сенсibilізатора.

Одержано нові матеріали з розширеним спектральним діапазоном світлочутливості шляхом створення гетероструктур із напівпровідника (CdS) і сенсibilізатора (барвника (Б) із класу бісхіноціанінових), захищеного від дії розчинника плівкою поліепоксипропілкарбазолу (П).

Визначена залежність активності таких композитних фотокаталізаторів від кількісного складу, проведена оцінка енергетики фотокаталітичних систем на основі цих гетероструктур і розглянуті можливі механізми їх фотокаталітичної дії. Виконаний аналіз результатів дає підставу зробити висновок, що підхід до створення світлочутливих матеріалів, який полягає в поєднанні в один блок напівпровідникового каталізатора й сенсibilізатора, захищеного полімером від розчинення, має загальний характер і може застосовуватися з використанням різних за природою напівпровідників і барвників-сенсibilізаторів.



Енергетична діаграма фотокаталітичної системи на основі гетероструктур П/Б/CdS і схеми електронних процесів, які проходять під час опромінення реакційної суміші видимим світлом

Фотопроецесы в пленках карбазолсодержащих молекулярных комплексов с фуллеренами.

Кобус Е.С.¹, Дмитренко О.П.¹, Кулиш Н.П.¹, Булавин Л.А.¹, Белый Н.М.¹, Прилуцкий Ю.И.¹, Заболотный М.А.¹, Студзинский С.Л.¹, Гринько Д.А.², Барабаш Ю.М.³, Шлапацкая В.В.⁴

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина;

²Институт физики полупроводников имени В.С. Лашкаръова НАН Украины, Киев, Украина;

³Институт физики НАН Украины, проспект Науки, Киев, Украина;

⁴Институт физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины, Киев, Украина

Пленки карбазолсодержащих полимеров являются материалами, высокими термопластическими свойствами, и широко используются для записи информации и других задач, требующих применения эффективных светочувствительных сред. При этом важную роль в изменении фотогенерации носителей заряда и квантовых выходов в образовании кулоновски связанных электронно-дырочных пар играют энергетические параметры и пространственная структура молекулообразующих комплексов с переносом заряда. Величина окисления карбазолсодержащих полимеров зависит от вводимых электроноакцепторных добавок, создающих молекулярные комплексы, параметрами энергетической структуры которых является разность между значениями сродства к электрону молекул акцептора и потенциалом ионизации молекулами донора, которые являются определяющими в протекании фотопроецесов.

В данной работе изучалось оптическое поглощение, фотолюминесценция, фотопроводимость пленочных образцов молекулярных комплексов поливинилкарбазола (ПВК) и поли-N-эпоксипропилкарбазол (ПЭПК) с фуллеренами C_{60} . При этом пленки молекулярных комплексов были получены методом осаждения и "полива" при различном содержании компонент учитывая возможность сшивки полимеров при их окислении добавками. В работе исследовалось влияние радиационных повреждений полимеров при их высокоэнергетическом облучении электронами ($E_e = 1,8$ МэВ) с различными флюэнсами.

С ростом концентрации фуллеренов наблюдаются сенсбилизация излучения, которая сопровождается увеличением фотолюминесценции и фотопроводимости в области более высоких длин волн при незначительном влиянии бомбардировки ионизирующими частицами вплоть до доз поглощения 4,0 МГр. Полученные результаты объясняются изменениями в пространственной структуре комплексов, влияющих на начальное расстояние и степень переноса заряда, а также миграцию экситонов.

Мікро- та наноструктура аморфних плівок системи Ge-Se

Ковтуненко В.С.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Дослідження різних аморфних речовин і, зокрема, халькогенідів становить одну з найбільш привабливих областей фізики конденсованого стану, яка інтенсивно розвивається [1]. Нині стан теоретичних і експериментальних досліджень в цій області можна охарактеризувати як етап інтенсивного аналізу різних факторів формування аморфних речовин, їх стабільності та взаємозв'язку структури й властивостей. При цьому більшість результатів дослідження аморфних халькогенідів вказують на можливість формування в них вираженої ієрархії структурних неоднорідностей. Вивченню таких неоднорідностей на мезоскопічному рівні на сьогодні приділяється значна увага [2]. В той же час практично недослідженими лишаються процеси утворення неоднорідностей нанометрового масштабу, які, тим не менше, можуть суттєво впливати на експлуатаційні параметри функціональних елементів із аморфних халькогенідів. Тому в даній роботі на прикладі халькогенідів германію методами електронної мікроскопії досліджено вплив хімічного складу та технологічних параметрів конденсації на закономірності формування нано- та мікронеоднорідностей аморфних плівок.

Більшість аморфних плівок Ge-Se в тій або іншій мірі містять просторову флуктуацію густини у вигляді своєї „зернистості” мікроструктури. При цьому області вищої густини – це окремі утворення

округлої форми із середніми розмірами 20 – 50 нм, обрамлені ділянками нижчої густини із середньою шириною 5 – 15 нм. Враховуючи просторовий масштаб таких структурних особливостей, ми пропонуємо їх віднести до наноструктурної неоднорідності (або до нанонеоднорідності) аморфних плівок. Така наноструктура, швидше всього, є наслідком зародкового механізму формування плівок на початкових стадіях їх конденсації.

Отримані результати вказують на те, що в формуванні загального амплітудного контрасту електронно мікроскопічних зображень аморфних плівок селенідів германію беруть участь кілька факторів. Основними із них є відмінності товщини локальних ділянок плівок, їх нанопористість та наномасштабні флуктуації густини.

1. Elliott S.R. *Physics of amorphous materials*. Longman Scientific and Technical, London: 481 p. (1990).
2. Малиновский В.К., Суровцев Н.В. Неоднородность в нанометровом масштабе как универсальное свойство стекол // Физика и химия стекла. **26**(3), С. 315-321. (2000).

Ферромагнітні рідини на основі нанокompatитів магнетиту: синтез та стабілізація

Коров'яно О.О., Ситник М.С., Халавка Ю.Б., Фейчук П.І., Щербак Л.П.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

Сучасні досягнення нанохімії відкрили нові можливості для широкого використання магнітних наноструктур в медицині, фармацевтичній хімії, біотехнології, мікроелектроніці та інших галузях. Проте, актуальними залишаються питання розробки оптимальних умов синтезу, коригування виду та концентрації стабілізаторів й розробка нових більш досконалих методів синтезу окремих груп наноструктур.

В даній роботі розроблено методику синтезу ферромагнітних розчинів наноструктур на основі магнетиту. Для синтезу використано кристалогідрат $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (ч.д.а.), сіль Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ч.д.а.), амоній гідроксид 20% (ч.д.а.), олеїнову кислоту (ч.д.а.), органічні розчинники – гексан, гептан, етанол.

Ферромагнітні наноструктури Fe_3O_4 осаджували пропусканням газоподібного аміаку через свіжоприготовлені водні розчини вказаних солей Fe(II) та Fe(III). Отриманий осад екстрагували олеїновою кислотою із киплячих водних розчинів з наступним багаторазовим вимиванням стабілізатора дією абсолютизованого етанолу. Отримані ферромагнітні рідини екстрагували органічними неполярними розчинниками (гексан, гептан).

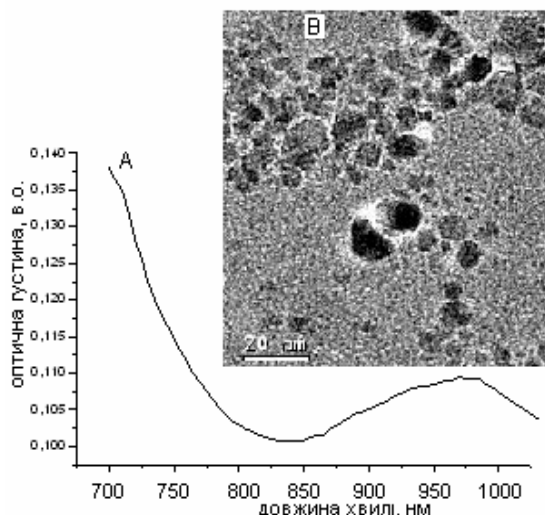


Рис.1. А – оптичний спектр поглинання розчину наночастинок Fe_3O_4 стабілізованих олеїною кислотою в гептані. В – фотографія частинок Fe_3O_4 , стабілізованих в гексані за даними ПЕМ.

Оптичну густину розчинів вивчали за допомогою фотометра КФК-3 в області довжин хвиль 600-1100 нм. Оптичні спектри поглинання отриманих колоїдних феромагнітних розчинів Fe_3O_4 характеризуються максимумом поглинання в області 970-980 нм.

За даними просвічуючої електронної мікроскопії отримані частинки мають розміри близько 10-15 нм. Як видно з рис. 1 В, різні форми проекції частинок (квадратна, ромбічна, шести-кутна) вказують на октаедричну будову частинок, що характерна для магнетиту.

Синтез оксидних наноматеріалів методом золь-гель-автоспалювання.

Копаєв О.В., Кушніренко І.М., Вилка І.Я.

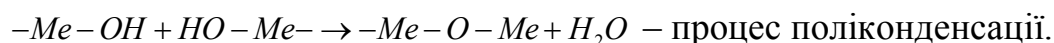
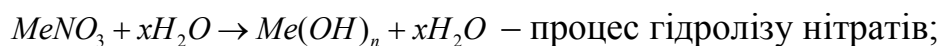
*Прикарпатський національний університет ім. В.Стефаника, Івано-Франківськ,
Україна*

Застосування нанотехнологій при одержанні оксидів металів, які володіють рядом унікальних властивостей, у даний час дуже актуальне. В якості магнітних носіїв, вони дозволяють у кілька разів збільшити швидкодію та об'єм запам'ятовуючої інформації. В залежності від свого хімічного складу, вони можуть застосовуватись як адсорбенти, чи каталізатори у хімічному виробництві. Нанопорошки також перспективні у керамічному виробництві. Феритові сердечники для радіоелектроніки, пористі фільтри та ін. володіють більш високими експлуатаційними характеристиками ніж вироби із звичайних порошоків.

У даній роботі реалізовується новий метод отримання феритових порошоків, котрий ми назвали золь-гель-автоспалювання (ЗГА). Нами розроблено хімічну технологію одержання нанорозмірних частинок, про

що свідчать результати електронної мікроскопії. Нікель–алюмінієві ферити складів $NiAl_tFe_{2-t}O_4, t = 0,50; 0,60; 0,66; 0,68; 0,74$ були отримані золь–гель методом, який заснований на сумісному осадженні металів з нітратних розчинів лужними реактивами до рН = 7, з подальшим використанням самопоширеного високотемпературного синтезу (СВС). Утворення фериту відбувалося при горінні ксерогелю, який утворився внаслідок процесу поліконденсації. Високотемпературний синтез починався самовільно при температурі 135–140°C і тривав протягом кількох хвилин.

Реакції синтезу феритів методом ЗГА можна представити в такий спосіб:



За даними рентгеноструктурного аналізу синтезовані матеріали методом ЗГА мали кристалічну структуру мінералу шпінелі. Хімічний склад матеріалу контролювався за допомогою рентгенівського спектрометра ARL 9800 XP.

Метод ЗГА дозволяє знизити енерговитрати на синтез та підвищити однорідність матеріалу, тому що стадія утворення феритової фази відбувається без підведення тепла із зовні, за рахунок внутрішніх теплових ефектів хімічних реакцій, які при цьому протікають. Разом з тим значно скорочується час синтезу. Даним методом можна отримувати наноматеріали різноманітного хімічного складу з високими фізико–хімічними властивостями.

Влияние размеров поверхностной наноструктуры на фотопроводимость аморфных пленок селена

Кочкин П.О., Клименко В.В.

Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск, Украина

Аморфные пленки селена, активированные ртутью, обладают уникальными фотоэлектрическими свойствами – спектральной памятью неравновесных значений проводимости, концентрации и подвижности носителей заряда, термо-эдс, контактной разности потенциалов [1]. Объяснение этих свойств было дано М.И.Корсунским на основе выдвинутой им в 1963 году гипотезы о существовании в исследованных пленках особого класса примесных центров – долгих ловушек (удерживающих центров), которые представляют собой макроскопические образования, состоящие из сотен тысяч атомов, и с энергетической точки зрения – потенциальную яму, окруженную кулоновским барьером, т.е. по современной терминологии – квантовые точки. Характер фотопроводимости (аномальная, остаточная положительная или отрицательная) определяется параметрами потенциальной функции этих

удерживаючих центрів [2].

В настоящей работе приведены исследования кинетики фотопроводимости в спектральном интервале 0,35 – 2,5 мкм тонких (~0.2мкм) аморфных пленок селена, подвергнутых воздействию паров ртути. В процессе такого воздействия на поверхности пленки образовывался островковый слой ртути с активационной зависимостью проводимости. Величина проводимости поверхностного слоя и ее энергия активации зависели от размера островков, который измерялся электронно-микроскопическим методом и мог изменяться в пределах 1- 100 нм.

На основе проведенных измерений кинетики фотопроводимости и ее температурной зависимости были определены параметры потенциальной функции квантовых точек – высота барьера, энергия связи и ширина потенциальной ямы. Получено удовлетворительное согласие между шириной ямы и средним размером поверхностной наноструктуры. Этот результат свидетельствует в пользу островковой модели аномальной фотопроводимости.

1. Корсунский М.И. *Аномальная фотопроводимость и спектральная память в полупроводниковых системах*. Наука, М.: (1978).
2. Корсунский М.И, Клименко В.В. Влияние параметров потенциальной функции У-центров на характер фотопроводимости аморфного селена // *ФТТ*, **15**(3), С. 710 (1973).

Вплив поляризації на енергію електрона, дірки та екситона сферичних наногетеросистем Si/SiO_2 та $\beta - HgS/CdS$

Кубай Р.Ю., Шевчук І.С., Гольський В.Б.

*Дрогобицький державний педагогічний університет ім. Івана Франка,
Дрогобич, Україна*

Сучасний стан розвитку експериментальних досліджень наногетеросистем напівпровідників і діелектриків дозволяє створювати їх з усе вищою якістю. Проте дуже важко отримати неоднорідну систему із стрибкоподібною зміною всіх фізичних параметрів на межі поділу. До таких основних параметрів можна віднести: роботу виходу, ефективні маси електронів (дірок), діелектричні проникності середовищ тощо. Зацікавленість до дослідження ефектів поляризації на енергію заряджених частинок у наногетеросистемах зумовлена можливістю управління зонним спектром цих структур, а отже, і їх властивостями.

Теоретичний розгляд особливостей явищ, що виникають на межах поділу середовищ, свідчить, що у гетероструктурі завжди існує проміжний шар, в якому діелектрична проникність змінюється від її значення для одного напівпровідника (діелектрика) до відповідного значення для іншого кристалу [1, 2].

У даній роботі для сферичних гетероструктур Si/SiO_2 та $\beta-HgS/CdS$ у наближенні ефективної маси для невироджених зон обчислено енергію електрона та дірки з врахуванням взаємодії частинок з поляризаційними зарядами на межі поділу. Виявлено, що у структурах, де діелектрична проникність матриці менша, ніж у квантовій точці, врахування поляризації веде до збільшення ефективної забороненої зони, що слід брати до уваги при детальному описі спектрів міжзонного поглинання чи люмінесценції. Після проведення розрахунків та аналізу даних приходимо до висновку, що послідовне врахування поляризаційних впливів добре пояснює значне збільшення енергії зв'язку екситону в цих гетероструктурах порівняно з масивними кристалами Si чи $\beta-HgS$ відповідно. При цьому збільшення енергії утворення екситону за рахунок електрон- та дірково-поверхневої взаємодії виявляється слабшим, ніж зменшення внаслідок підсилення електрон-діркової взаємодії в цих гетеросистемах у порівнянні з об'ємними напівпровідниками.

1. Nakamura T. // *J. Phys. Soc. Japan.* **52**(3), P. 973-980 (1983).
2. Бойчук В.И., Кубай Р.Ю. // *ФТТ.* **43**(2), С. 226-232 (2001)

Структура, форма та морфологія частинок порошків Ni та Cu

Луцик А.Ю.

Фізико-механічний інститут імені Г.В. Карпенка, Львів, Україна

Останнім часом значно зріс інтерес до вивчення та використання дрібнодисперсних порошків в плівковій електроніці, порошковій металургії та мікромеханіці. Простежується тенденція до використання порошків з усе меншими розмірами частинок і, відповідно, якісно новими властивостями. Однак, це вимагає розробки нових технологій одержання порошків і нових методик їх діагностики.

Нами вивчались порошки Ni, які отримували методом водневого окрихчення з наступними перемелюваннями і порошки Cu, отримані карбонільним відновленням у водні. Фазово-структурний аналіз проводився на дифрактометрі ДРОН-3. Розмір, форма і гранулометричний склад вивчались з використанням растрового електронного мікроскопа (РЕМ-200) в режимі реєстрації вторинних електронів, а також в просвічуючому електронному мікроскопі (УЕМВ-100К) з використанням тонких (5 нм) колодієвих підкладок. Морфологія частинок вивчалась на просвічуючому електронному мікроскопі з використанням вугільно-платинових реплік і забезпеченням роздільності в 4 нм. Фракційний склад та питома поверхня частинок вивчались методом седиментаційного аналізу, а фракціонування порошків проводилось седиментаційним осадженням.

Рентгенографічно виявлено чітку кристалічну структуру порошків, а також наявність в порошках залишкових окислів в кількості біля декількох відсотків. Виявлено, що в залежності від розмірів частинок дещо змінюється їх форма і морфологія. Частинки порошків Ni мають, в основному, осколкову форму з рихлою поверхнею. Виявлено схильність частинок Ni об'єднуватися в досить крупні агрегати. Порошки Cu формуються за дендритоподібним механізмом. Окремі частинки краплеподібної форми з гладкою поверхнею об'єднані в більш крупні дендритні утворення. Побудовано залежності розподілу частинок за розмірами для фракціонованих методом седиментаційного осадження порошків, а також побудовано залежності питомої поверхні частинок від фракційного складу порошків.

Мікрокапсулювання рідких модифікаторів з допомогою високодисперсного кремнезему

Луців В.С., Курта О.С.

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

У шинній промисловості при виробництві автомобільних шин на ряду з основним компонентом—гумою, використовується ще близько десяти різноманітних добавок—модифікаторів, стабілізаторів, пігментів, емульгаторів, пластифікаторів та ін. На відміну від основного компоненту — гуми, сумарний вміст перелічених вище добавок знаходиться в межах 1–5 %.

Об'єктом даного дослідження є одна з таких добавок, а саме модифікатор адгезії кордів до гуми MR, з наступним хімічним складом: 50% резорцину та 50% гексаметоксиметилмеламіну. За нормальних умов це дуже в'язка рідина світлокоричневого кольору з температурою плавлення 60 – 65 °С та температурою кипіння 280 °С.

Завданням даного дослідження було приготування випускної форми модифікатора адгезії, яка б задовільняла наступні умови:

даний модифікатор повинен бути порошкоподібною або гранульованою речовиною (визначається технологічними умовами отримання гуми);

легкотранспортабельним та стійким при зберіганні;

мінімальний вміст та невисока ціна наповнювача

температура топлення (розм'якшення) отриманого порошку або гранул повинна знаходитися в межах 80–90 °С (визначається технологічними умовами отримання гуми).

Для переведення вихідного модифікатора у порошкоподібний стан було проведено ряд досліджень по підборі підходячого наповнювача. В

якості наповнювачів було використано як наступні індивідуальні речовини: біла сажа БС-120, технічний аеросил ТА, гідроксокарбонат магнію так і їх різні комбінації. Результати проведених дослідів показали, що найкраще всім вищепереліченим умовам задовільняє комбінація наступного складу: МР – 57%, БС-120 – 30%, ТА – 13%. Позитивний результат отримання необхідної випускної форми модифікатора був підтверджений промисловими випробуваннями.

Термогравіметричні дослідження нанопористого вуглецю

Магомета О.В., Яблонь Л.С., Рачій Б.І.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Високі вимоги до властивостей нанопористого вуглецю при його використанні в якості електродного матеріалу для суперконденсаторів стимулюють дослідження впливу технологічних параметрів на дані властивості (розміри пор, розподіл пор за розмірами, густина, провідність і т.п.) [1, 2]. Особливо важливими є дослідження характеристик нанопористого вуглецю безпосередньо в процесі його отримання з вихідної сировини (фруктові кісточки, шкарлупа кокоса), яке було здійснене нами шляхом моніторингу зміни маси і тепла при нагріванні досліджуваних зразків в температурному інтервалі 20-900 °С. Для проведення досліджень використовувались кісточка абрикосів та шкарлупа кокоса як до, так і після їх карбонізації при тиску (~ 10 атм.). Диференціальний термічний аналіз та термогравіметрія досліджуваних зразків здійснювались на дериватографі системи Паулік – Паулік – Ердей при швидкості нагрівання ~ 10°С/хв.

Аналіз отриманих залежностей дає підстави стверджувати, що при відносно невисоких температурах (120-125 °С) для некарбонізованих матеріалів відбувається зменшення маси зразка на ~ 20 % внаслідок видалення сорбованих форм води; при цьому на диференціально-термічній кривій спостерігається ендотермічний ефект.

При подальшому зростанні температури в інтервалі 220-700 °С має місце виділення тепла для всіх досліджуваних зразків, про що свідчить монотонне зростання відповідних диференціально-термічних кривих, причому максимуми всіх кривих практично співпадають. Очевидно, при даних температурах відбувається утворення пор, остаточно і найбільш інтенсивне формування яких має місце при температурі, що відповідає максимуму відповідної кривої.

Важливо також відмітити, що для вугілля, отриманого з кісточок абрикоса, відпаленого при тиску 10 атм. на диференціально-термічній кривій спостерігається два максимуми екзотермічного ефекту при температурах 540 і 670 °С, що, ймовірно, пов'язано з перебудовою та

стабілізацією в системі утворених пор.

1. Григорчак І. І. Молекулярні накопичувачі енергії: основні засади та новітні напрямки технологій // *Вісник Прикарпатського університету. Математика. Фізика. Хімія.* 1, С.5-18 (2000).
2. Будзуляк І.М., Остафійчук Б.К., Мерена Р.И. и др. Модификация свойств активированного углерода, используемого в конденсаторостроении // *Электрохимическая энергетика.* 6(2), С.97-101 (2006).

Вплив лазерного опромінення на термодинаміку процесу інтеркаляції іонів літію в С-модифікований кремнезем

Мандзюк В.І.

*Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника,
Івано-Франківськ, Україна*

В останній час виник великий інтерес до проблеми отримання нанодисперсних матеріалів, оскільки їх використання в літєвих джерелах електричної енергії зумовлює підвищення енергетичних параметрів. З метою покращення питомої ємності і питомої енергії джерел живлення на основі С-модифікованих нанокompatитів діоксиду кремнію проводилось лазерне опромінення катодних матеріалів протягом 1, 2, 3 і 5 хв. Тривалість та енергія імпульсу становили 10 нс і 0,015 Дж відповідно.

Встановлено, що для опромінених зразків, на відміну від неопромінених [1], залежність ЕРС E від ступеня інтеркаляції x є немонотонною. Крім того, на залежностях $E-x$ відсутні горизонтальні ділянки в усьому досліджуваному x – інтервалі, які можуть свідчити про утворення двофазного стану системи “господар - гість”.

Показано, що зміни ентропії ΔS процесу впровадження літію в нанокompatити від ступеня інтеркаляції для всіх матеріалів є немонотонними у всьому температурному інтервалі (25 – 55°C) термодинамічних досліджень. Спостерігається також загальна тенденція до зменшення величини ΔS при зростанні температури.

Встановлено, що ріст температури призводить до більш “ідеальної” поведінки системи “інтеркалат - інтеркалянт”, яка пов’язується із зменшенням зміни ентропії. Такий характер поведінки, ймовірно, зумовлений перерозподілом “гостьових” іонів в структурі матеріалу - “господаря”, внаслідок якого відбувається заповнення вакантних позицій для іонів літію при вищих температурах.

Із отриманих результатів слідує, що лазерне опромінення, в основному, призводить до погіршення енергетичних характеристик досліджуваних матеріалів. Можна стверджувати, що, регулюючи інші параметри опромінення – тривалість імпульсу та енергію в імпульсі,

найбільш оптимальним режимом модифікації для всіх зразків є проведення процедури на протязі 2 хв. Однією із можливих причин зменшення наведених характеристик є зменшення питомої поверхні досліджуваних нанокompatитів, викликане опроміненням. Показано, що збільшення часу опромінення призводить до зменшення питомої поверхні досліджуваних матеріалів.

1. В.І. Мандзюк, І.Ф. Миронюк, Б.К. Остафійчук, І.І. Григорчак. Термодинамічні властивості електрохімічного кола $\text{Li} / \text{LiBF}_4$ (γ -бутиролактон) / SiO_2 // *Фізика і хімія твердого тіла*, 5(4), сс. 767-773 (2004).

Гетеронаночастицы типа «ядро – оболочка» на основе диоксида кремния

Матвеевская Н.А., Толмачев А.В.

*НТК Институт монокристаллов “Институт монокристаллов НАН Украины”,
Харьков, Украина*

Создание новых материалов на основе наноразмерных структур является одной из актуальной задач современного материаловедения в связи с перспективами широкого использования таких материалов для детектирования ИК-излучения, создания на их основе высокоселективных биологических и химических сенсоров, новых высокоселективных катализаторов [1-2].

Целью работы является получение и изучение свойств гетеронаночастиц на основе диэлектрического ядра из диоксида кремния и оболочки из металлического золота, платины и палладия.

Методом самосборки в растворе получены гетеронаночастицы на основе монодисперсных сферической формы наночастиц диоксида кремния с широким спектром размеров диэлектрического ядра (средний диаметр 40, 120, 350 нм) и различной толщиной проводящей металлической оболочки Au, Pt и Pd (отдельные кластеры металла, 3, 5 нм).

Экспериментально установлено, что на поверхности диэлектрического ядра из диоксида кремния формируется поликристаллическое покрытие из нанокристаллов Au, Pt и Pd с гранцентрированной кубической решеткой. Нанокристаллы металла в гетеронаночастицах закреплены на поверхности диэлектрического ядра в виде кластеров, что обуславливает их высокую реакционную способность.

Показана возможность контролируемой концентрации нанокристаллов на поверхности нанотемплат из диоксида кремния. Концентрирование нанокристаллов на поверхности темплаты дает возможность избежать нежелательных процессов агломерации наночастиц

с уменьшением удельной поверхности катализатора и увеличить вероятность протекания всех стадий каталитического процесса.

Изучена возможность применения гетеронаночастиц как катализаторов в окислительно-восстановительных реакциях, установлено, что гетеронаночастицы обладают высокой каталитической активностью за счет каталитической активности нанокластеров золота. Каталитическая активность определяется количеством нанокристаллов металла на поверхности кремнезема, размерами и структурой поверхности гетеронаночастиц.

1. Halas N. // *Optics and Photonics News*. P. 26 (2002).
2. Oldenburg S. J., R. D. Averitt, Westcott S. L. et al. // *J. Chem. Phys.* 111. P. 4729 (1999).

Екситон у подвійній квантовій точці в електричному полі

Маханець О.М., Довганюк М.М., Жаркой В.П.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна

Експериментальні дослідження спектрів люмінесценції систем з подвійною квантовою точкою свідчать про те, що вони можуть утворювати елементарний квабіт і служити базовими елементами квантового комп'ютера [1].

У пропонованій роботі досліджується наногетросистема, що складається з двох напівпровідникових квантових точок, розташованих у циліндричному квантовому дроті. Квантові точки тунельно зв'язані між собою шаром-бар'єром скінченої висоти і ширини. Зрозуміло, що спектральні характеристики екситона в такій системі суттєво залежатимуть від "прозорості" потенціального бар'єра, яку можна контролювано змінювати електричним полем постійної напруженості.

Задача про енергетичний спектр та хвильові функції невзаємодіючих електрона і дірки в такій наносистемі розв'язується точно в наближенні ефективних мас з використанням умов неперервності хвильової функції та потоку густини ймовірності на всіх межах поділу наногетросистеми.

Оскільки енергія кулонівської взаємодії між електроном та діркою значно менша від енергії розмірного квантування цих квазічастинок, то екситонне рівняння Шредінгера зручно розв'язувати методом теорії збурень, в якому діагональний матричний елемент оператора збурення на хвильових функціях невзаємодіючих електрона і дірки визначає енергію зв'язку екситона в наногетросистемі.

У роботі досліджено залежності енергії зв'язку та екситонного збудження від геометричних параметрів наногетросистеми та напруженості електричного поля.

1. Fujisawa T., Hayashi T. , Cheong H.D. et al // *Physica E*, 21, P. 1046 (2004).

Оптические свойства гетерогенных сред, содержащих наночастицы Au и Cu

Минченкова О.В., Леонтьев А.В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Гетерогенные пленки на основе кластеров металлических наночастиц, взвешенных в оптически прозрачных диэлектрических матрицах, представляют большой интерес для разработки нового поколения устройств интегральной оптики и оптоэлектроники [1]. Такие среды характеризуются аномально высоким коэффициентом преломления [1] и нелинейным откликом на воздействие фемтосекундного лазера [2].

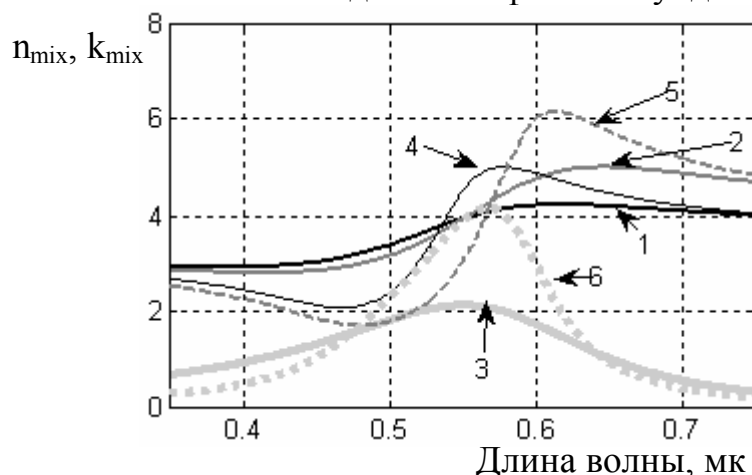


Рис. 1. Показатели преломления (1, 2, 4, 5) и поглощения (3, 6) матрицы Al_2O_3 , содержащей наночастицы меди (1, 2, 3) и золота (4, 5, 6) для различных удельных объемов: $N=0.25$ (1, 4), $N=0.35$ (2, 3, 5, 6).

Разработана программа расчета диэлектрической функции смеси, показателя преломления и поглощения в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Программа содержит базу данных по оптическим функциям металлических наночастиц и диэлектрических матриц; предусмотрена возможность задания удельного объема наночастиц, их радиуса, флуктуационного параметра и концентрации атомов матрицы. Ниже на рисунке приведены рассчитанные значения коэффициентов преломления и поглощения для матрицы Al_2O_3 , содержащей наночастицы золота и меди.

Для одной и той же матрицы величина показателя преломления и поглощения, различаются в зависимости от сорта и объемной доли внедренных наночастиц.

1. Ораевский А.Н., Проценко И.Е. // *Квантовая электроника.*, **31**(3),

с. 252 (2001).

2. Takeda Y., Kishimoto N. // *Nuclear Instruments and methods in Physics Research. B.* **206**, p. 620 (2003).

Проводимость нанокompозитов с фрактальной структурой

Новиков В.В., Нежевенко Е.А., Новиков А.В.

Одесский Национальный Политехнический университет

В связи с широким применением наполненных полимерных материалов (нанокompозитов), в том числе и электропроводящих нанокompозитов, актуальной является задача прогнозирования их свойств.

В качестве модели хаотической структуры композита исследуется объемная в трехмерном случае (плоская в двумерном) решетка, состоящая из узлов и соединяющих их связей, каждая из которых с вероятностью p_0 принадлежит проводящему компоненту. Различались две конфигурации: проводящие связи формируют соединяющее множество (СМ), связывая противоположные стороны решетки вдоль направления протекания; несоединяющее множество (НСМ) - соединяющего кластера нет. При переходе НСМ в СМ образуется бесконечный кластер, являющийся фракталом [1].

Вычисление эффективной проводимости проводилось для двухкомпонентной среды: проводимость первого компонента равна $\sigma_1 = 1$, проводимость второго $\sigma_2 = 10^{-x}$, где $1 < x < 10$. Расчет проводился для всех вариантов концентрации проводящих связей при наличии в решетке СМ. Для решеток с общим количеством связей, большим 25, проведено хаотическое распределение связей (метод Монте-Карло), а с количеством связей, меньшим 25, проведен перебор всех возможных комбинаций расположения проводящих и непроводящих связей. Нами введены решетки с упорядоченным распределением связей, когда в центре решетки из проводящих связей находились решетки меньших размерностей из непроводящих связей (типа «прямоугольник в прямоугольнике» для плоских решеток или «куб в кубе» для объемных решеток). Для решеток с упорядоченным распределением связей со всеми вариантами значений размерности вложенных решеток вычислено значение проводимости [2].

Полученные результаты позволяют обосновать следующую схему вычисления эффективной проводимости композита: проводимость композита, содержащего СМ, со случайным распределением связей, равна проводимости композита с упорядоченным распределением связей (типа «прямоугольник в прямоугольнике» или «куб в кубе»), умноженной на вероятность принадлежности проводящей связи СМ.

1. Novikov V. V. “Physical properties of fractal structures”, p.203 in the book “Fractals, diffusion and relaxation in disordered complex systems” / Edited

by Stuart A. Rice - John Wiley & Sons, New York-Chichester- Brisbane-Toronto-Singapore, (2006).

- Новіков В.В., Нежевенко Е.А., Компьютерное моделирование проводимости композитов с хаотической структурой // *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*. 1, (2006).

Полимеризация фуллеренов C_{60} при радиационных повреждениях

Павленко Е.Л., Дмитренко О.П., Кулиш Н.П., Булавин Л.А.,
Прилуцкий Ю.И., Белый Н.М., Грабовський Ю.Е.,
Погорелов А.Е., Шлапацкая В.В.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

При нарушениях двойных С - С связей на каркасе молекул фуллеренов в результате образования четырехзвенного циклоподсоединения осуществляется полимеризация молекул C_{60} посредством создания между ними объемного взаимодействия. В зависимости от направления ковалентных межмолекулярных связей возможно преобразование ГЦК фазы C_{60} к тетрагональной, орторомбической либо ромбоэдрической структуре. Присутствие этих структур влияет на дифракционную картину интерференционных отражений, которая может изменяться в зависимости от характера полимеризации. Кроме того, существенным образом трансформируется спектр комбинационного рассеяния света, что заметно при высоких температурах и давлениях. Структурные изменения, а также модификация оптических свойств, отражающих перестройку электронных и колебательных спектров при облучении ионами и электронами для молекулярных кристаллов изучены недостаточно, поэтому не установлено, какие фазы являются предпочтительными при полимеризации вследствие внесения радиационных повреждений.

В данной работе пленки C_{60} , полученные при вакуумной конденсации на подложках с кремния и нержавеющей стали, облучались высокоэнергетическими электронами ($E_e=1,5$ МэВ) и ионами аргона в тлеющем разряде ($E=1,5$ кэВ) при различных флюэнсах. Были изучены спектры рентгеновской дифракции, рамановские спектры, фотолюминесценция и спектры показателя преломления, коэффициента экстинкции, оптической проводимости.

Особенностью интерференционных отражений в интервале доз поглощения (1-16) МГр, при электронном облучении, как в случае облучения ионами является появление дополнительных дифракционных пиков, свидетельствующих о полимеризации фуллеренов за счет образования их димеров. При этом радикальная перестройка

колебательных мод отсутствует, хотя электронная структура претерпевает существенные изменения.

Оптические свойства фуллеренов с карбидообразующими металлами

Попенко В.И., Дмитренко О.П., Кулиш Н.П., Булавин Л.А., Стащук В.С., Прилуцкий Ю.И., Белый Н.М., Погорелов А.Е., Шлапацкая В.В.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

Изучение систем фуллеренов со щелочными металлами показывает разнообразие их свойств, включая возможность изменения типа проводимости в зависимости от образуемых соединений. Изготовление пленок с другими металлами указывает на образование различных кристаллических фаз, формируемых на основе решетки фуллеренов. Особенно эффективным является внедрение в фуллереновую матрицу карбидообразующих металлов, например, титана. Предполагается, что при создании таких систем имеет место гибридизация электронных состояний компонент, что сопровождается даже разрушением фуллеренов. До сих пор неизвестно, какая природа взаимодействия с фуллеренами реализуется при внедрении карбидо- и некарбидообразующих металлов, не определены возможные равновесные и метастабильные фазовые состояния систем фуллерен-металл, а также не изучены процессы полимеризации фуллеренов в присутствии металлов.

В данной работе изучены пленки Cu-C_{60} , Ti-C_{60} , которые были нанесены на фуллереновую подложку путем вакуумного осаждения компонент с различных источников, а также пленки Ag-C_{60} при послойном напылении составляющих. Были исследованы кристаллическая структура, колебательные спектры, фотолюминесценция и оптическая проводимость полученных пленок в исходном состоянии, после длительного отжига и электронного облучения с различными дозами поглощения.

Для системы Cu-C_{60} с разным содержанием меди сохраняется кристаллическая структура ГЦК фазы C_{60} . При этом мнимая компонента диэлектрической проницаемости в основном сохраняет положения пиков, обусловленных межзонными переходами, кроме области энергетической щели. Кристаллические, как и оптические свойства, для систем Ag-C_{60} и, особенно, Ti-C_{60} изменяются существенным образом, указывая на образование дополнительных структурных фаз и перестройку электронных энергетических состояний. Полученные результаты свидетельствуют, что карбидообразующие металлы способствуют полимеризации фуллеренов и созданию новых соединений, структура которых отличается от кристаллических фаз фуллеренов, модифицируя взаимодействия Ван-дер-Ваальса между молекулами C_{60} .

Електропровідність нанопористого вуглецю в електрохімічних системах накопичення енергії

Рачій Б.І., Магомета О.Д., Будзуляк І.І.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Внутрішній опір являється однією з основних характеристик електрохімічних конденсаторів, що працюють за принципом заряду – розряду подвійного електричного шару, так як його величина істотно впливає на ефективність використання накопиченої конденсатором енергії. Зменшення внутрішнього опору можливе як за рахунок введення електропровідної добавки в матеріал електроду [1], так і шляхом підбору вихідної сировини та відповідних технологій її обробки, що і було предметом наших досліджень. В якості об'єктів досліджень використовувались фруктові кісточки та шкоролупа кокоса, з яких шляхом гідротермальної обробки при високому тиску отримували нанопористе вугілля для електродів суперконденсаторів. Крім того, отриманий активований вуглець піддавався додатковій високотемпературній обробці для отримання оптимального розподілу пор за розмірами. Як видно з табл.1 гідротермальна обробка природної органічної сировини при високому тиску з наступною високотемпературною модифікацією дозволяє отримувати електродний матеріал для суперконденсаторів, який за своїми параметрами значно кращий за аналогічний матеріал, отриманий з фенолформальдегідних смол. Очевидно, зменшення внутрішнього опору пов'язане з високою густиною отриманого матеріалу, а ємність відповідних електрохімічних конденсаторів визначається величиною питомої поверхні, яка закладена самою природою вихідної сировини.

Таблиця 1

Характеристики нанопористого вуглецю та електрохімічних конденсаторів типорозміру “2525”, сформованих на його основі

Вихідний матеріал	Питома ємність, F	Внутрішній опір, Ω	Насипна густина, г/см^3
Кісточка абрикоса	183	0,09	0,488
Кісточка вишні	190	0,1	0,505
Шкоролупа кокоса	184	0,12	0,696
Фенолформальдегідна смола	125	0,13	0,323

1. Будзуляк І.М., Остафійчук Б.К., Мерена Р.И., и др. Модифікація

свойств активированного углерода, используемого в конденсаторостроении // *Электрохимическая энергетика*. 6(2), с. 97-101 (2006).

Діелектричні властивості наноматеріалів на основі халькогенідних стекел

Рубіш В.М., Гуранич П.П.¹, Гуранич О.Г., Горіна О.В., Добош М.В.¹, Гомоннай О.О.¹, Риган М.Ю.

*Ужгородський науково-технологічний центр ІПРІ НАНУ, Ужгород, Україна,
¹Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна*

У даній роботі приведені результати досліджень температурних залежностей діелектричної проникності (ϵ) і тангенса кута діелектричних втрат ($\text{tg}\delta$) стекел системи $\text{As}_2\text{S}_3\text{-SbSI}$ та наноструктур на їх основі. Дослідження проводилися в інтервалі температур 77-500 К і діапазоні частот $10^5\text{-}10^7$ Гц.

При неізотермічному нагріванні склоподібних зразків з вмістом SbSI 53-97 мол.% на залежностях $\epsilon(T)$ та $\text{tg}\delta(T)$ виявлені аномалії, температурне положення яких залежить від хімічного складу, швидкості нагрівання та частоти вимірювального поля. Ці аномалії зв'язані з переходом стекел в полярний стан і наступною їх кристалізацією. Кристалізація стекел супроводжується різким зростанням ϵ і $\text{tg}\delta$. При цьому температурне положення аномалій діелектричних параметрів досить добре співпадає з температурами початку і максимуму кристалізації, визначеними з кривих диференціально-термічного аналізу.

Перехід стекел в полярний стан пов'язаний із структурною перебудовою і утворенням в їх матриці нанорозмірних потрійних структурних угруповань, наділених сегнетоелектричними властивостями. Структура фази, яка виникає при цьому, відповідає структурі кристалічного SbSI.

Досліджено вплив режимів відпалу на діелектричні властивості досліджуваних матеріалів. Встановлено, що підвищення температури і часу відпалу приводить до зростання діелектричної проникності. Величина ϵ закристалізованих стекел досягає значень 50-70 одиниць, а її температурний коефіцієнт в інтервалі 293-450 К складає $0,02\text{-}0,04\text{ K}^{-1}$, що свідчить про можливість одержання в даній системі сегнетоситалів із заданими параметрами. На залежностях $\epsilon(T)$ і $\text{tg}\delta(T)$ закристалізованих зразків в ділянці температур 275-290 К виявлені максимуми. При підвищенні температури і часу відпалу вони стають більш вираженими і зсуваються в область температур, близьких до температури фазового переходу монокристалічного SbSI. Це свідчить про наявність у закристалізованих стеклах системи $\text{As}_2\text{S}_3\text{-SbSI}$ розмитого фазового переходу, параметри якого залежать від хімічного складу та режимів

термообробки.

Моделювання методом Монте-Карло рівноважного стану при синтезі бінарної сполуки

Салій Я.П., Фреїк І.М.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

З розвитком сучасних технологій значний фундаментальний і практичний інтерес становлять проблеми фазових переходів в наносистемах. Так експерименти з отримання об'ємних нанокристалічних систем з аморфних сплавів свідчать про можливість реалізації довготривалого метастабільного стану в результаті зародкоутворення, коли процес фазового переходу затримується на початковій стадії.

В роботі розроблено нову комп'ютерну модель для дослідження термодинаміки розпаду бінарної сполуки в тривимірних наносистемах у результаті фазового переходу першого роду шляхом моделювання вакансійної дифузії методом Монте-Карло. Модельною системою була бінарна сполука з кристалічною структурою типу NaCl, характерною для кристалітів з іон-іонною взаємодією. Для моделювання вакансійної дифузії в жорсткій кубічній ґратці з однією вакансією застосовано алгоритм Метрополіса. Допускалися стрибки іона у вакантний вузол як з першої так і з другої координаційних сфер. Взаємодія між атомами вважається парною, до уваги беруться лише найближчі іони, взаємодія з вакансією відсутня. По трьох осях застосовано періодичні граничні умови Борна-Кармана.

Отримано рівноважну фазову діаграму для модельної системи з короткодіючим потенціалом. Проаналізовано залежність рівноважної концентрації твердого розчину на межі з областю впорядкованої фази скінчених розмірів від геометрії міжфазної межі. Встановлено взаємозв'язок між розміром і формою частинки сполуки в рівновазі з розчином при фіксованій температурі.

Електронна енергетична структура кристала AlN, розрахована на змішаних функціях

Сиротюк С.В.¹, Краєвський С.Н.², Кинаш Ю.Є.¹

¹*Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра напівпровідникової електроніки, Львів, Україна*

²*Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

Електронний енергетичний спектр кристала шукаємо з рівняння Шредингера $(T + V(\mathbf{r}))\Psi_{k\alpha}(\mathbf{r}) = E_{k\alpha}\Psi_{k\alpha}(\mathbf{r})$, (1)

у якому $T = -\nabla^2/2$ є оператором кінетичної енергії, V - потенціал,

який діє на електрон у кристалі, Ψ є власний вектор, а E власне значення енергії в точці \mathbf{k} зони Брилюена в енергетичній зоні номер α . Хвильову функцію електрона в кристалі шукаємо в змішаному базисі:

$$\Psi_{k\alpha}(\mathbf{r}) = \sum_t \sum_{\mathbf{d}} a_{kt\mathbf{d},\alpha} |\mathbf{k}t\mathbf{d}\rangle + \sum_{\mathbf{G}} a_{\alpha}(\mathbf{k} + \mathbf{G}) |\mathbf{k} + \mathbf{G}\rangle, \quad (2)$$

де a - варіаційні коефіцієнти розкладу за Блоховими станами серцевини

$|\mathbf{k}t\mathbf{d}\rangle$ та плоскими хвилями $|\mathbf{k} + \mathbf{G}\rangle$. Тут $t = \{nlm\}$ є квантовими числами станів серцевини, \mathbf{d} - координати атома в елементарній комірці, \mathbf{G} - вектор оберненої ґратки, φ - хвильові функції електронів серцевини атома.

Таблиця 1.

Значення енергій електронів у кристалі AlN у точках Γ , X та L першої зони Брилюена, eВ.

Рівень	MB	LDA	EXX	LDA-GW	EXX-GW	Exp
$\Gamma 1v$	-15.30	-14.81, -15.16 -15.10, -14.74	-14.59, -14.95 -14.85, -14.86	-17.00	15.32	
$\Gamma 15v$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\Gamma 1c$	5.01	4.27, 4.03, 4.20	5.99, 5.76, 5.66	6.00	5.98	
$\Gamma 15c$	13.81					
$X 1v$	-13.23					
$X 3v$	-4.26					
$X 5v$	-1.52					
$X 1c$	5.30	3.27, 3.16, 3.20, 3.24	5.18, 5.08, 5.03	4.90	4.89	5.11
$X 1c$	9.95					
$X 3c$	15.04					
$L 1v$	-13.72					
$L 1v$	-4.99					
$L 3v$	-0.42					
$L 1c$	8.40	7.25	8.58			
$L 1c$	11.39					
$L 3c$	12.70					

Тут MB – значення енергій, отримані нами з 869 плоскими хвилями та 6-ма локалізованими сумами Блоха (2), LDA – теорія функціонала локальної електронної густини. EXX – точний обмінний потенціал. LDA-GW та EXX-GW – теорія збурення у методі функції Гріна, де нульовими наближеннями є результати LDA та EXX, відповідно.

Вплив процесів синтезу і зовнішніх обробок на поглинання та люмінесценцію нанокристалів CdS

Скобеєва В.М., Сминтина В.А., Тюрин А.В., Малушин М.В.

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, Одеса, Україна

Нанокристали (НК) сполук A_2B_6 мають практичний інтерес у якості

активних матеріалів для оптичних, оптоелектронних та сенсорних приладів. В залежності від типу застосування виникає необхідність в синтезі наноматеріалів з відповідними властивостями. Так, для створення люмінесцентних хімічних і біологічних сенсорів необхідним є чутливість люмінесцентних характеристик до зовнішніх факторів, що залежить від технології виготовлення (параметрів процесу синтезу, типу стабілізатора) та властивостей НК. На відміну від стабілізаторів, що звичайно використовуються для отримання НК сполук A_2B_6 методом колоїдної хімії, в даній роботі при синтезі НК CdS застосований водний розчин желатини [1]. Желатина відноситься до полімеру із вмістом сильно полярних груп, які мають комплексоутворювальні властивості по відношенню до іонів перехідних металів і тому можуть вигравати певну роль у формуванні міжфазної границі НК-матриця.

В результаті досліджень встановлено слідуєчі закономірності:

залежність зарядового стану поверхні НК сульфїду кадмію від співвідношення компонентів реакції їх синтезу;

ефективність стабілізуючої здатності желатини залежить від рН розчину і визначається константами кислотної та основної диссоціації аміних і карбоксильних груп желатини, а саме: оптимальними умовами при надлишку іонів сірки в розчині є $pH < 7$, а при надлишку іонів кадмію - $pH > 7$; середній розмір НК сульфїду кадмію залежить від співвідношення компонентів реакції. Надлишок іонів кадмію зменшує подальший ріст зародків НК.

В синтезованих НК, які мають середній розмір 1,5-3,0 нм спостерігаються дві хвилі люмінесценції з $\lambda_{\text{макс}} = 520-540$ і 690-720 нм, причому найбільш чутливою до впливу зовнішніх факторів (адсорбція молекул води, УФ-опромінення, термічна обробка) є довгохвильова смуга люмінесценції, що свідчує про локалізацію центрів світіння на поверхні НК.

1. Воронцова М.М., Скобеєва В.М., Сминтина В.А. // *Журнал фізичних досліджень*, 8(1), с. 89 (2004).

Методы формирования островковых наноструктур d-Me, MeO – полупроводник.

Сладкопєвцев Б.В., Томина Е.В., Лапенко А.А.

*Кафедра неорганической химии Воронежского Государственного Университета,
Воронеж, Россия*

На сегоднєшний день вєсьма перспективним являється создание сплошных и островковых структур d-металлов и их оксидов на полупроводниковых подложках, которые могут служить каталитическими центрами как при синтезе органических материалов, так и при

термическом окислении самого полупроводника.

С целью исследования возможного каталитического влияния нанесённых металлов и их оксидов на процесс окисления необходимо создать локальные островки размером в несколько десятков нанометров. Для создания данных структур были использованы методы электротермического реактивного испарения и электровзрыва проводника из соответствующего металла. В качестве d-металлов использовались железо и вольфрам, структуры с оксидом ванадия (V) были получены путём нанесения расплавленного оксида ванадия на медную и железную проволоку с последующим испарением. Полупроводниковой подложкой служили пластины кремния. Напыление проводилось как при атмосферном давлении кислорода, так и при пониженном (до 10^{-2} торр).

Полученные структуры были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа. Результаты показали, что для получения островковых структур целесообразно использовать метод электровзрыва в вакууме, достаточном для переноса металла от источника к подложке. Меняя напряжение, подаваемое на проводник, его толщину и расстояние между подложкой и металлической проволокой можно изменять размеры и форму образующихся структур. Методом электротермического испарения получают в основном сплошные плёнки.

Также в процессе работы были исследованы абсолютные размеры, плотность нанесения, форма и характер распределения частиц по поверхности подложки в зависимости от условий получения структур. В частности для оксида ванадия (V) было выявлено, что плотность нанесения больше для образцов, полученных электровзрывным синтезом из оксида ванадия, нанесённого на железную проволоку, и она составила около 10 мкм^{-2} ; для образцов, полученных аналогичным образом из оксида ванадия на медной проволоке, плотность составила $1,1 \text{ мкм}^{-2}$, что может быть связано со свойствами самого материала-носителя.

Самоорганизационное упорядочение в наноконденсатах

Соболь О.В., Куницкий Ю.А.¹, Куницкая Л.Ю.², Барабаш М.Ю.¹

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

¹*Технический центр НАН Украины, Киев, Украина*

²*Институт химии поверхности НАН Украины, Киев, Украина*

Развитие нанотехнологии связано с использованием явлений основанных на новых и зачастую не характерных свойствах материалов. К их числу относится процесс самоорганизация структуры на различных уровнях в материалах, формирующихся под интенсивным воздействием радиационного фактора при облучении, в том числе и процесс упорядочения в приповерхностной области конденсатов при

формировании покрытий из ионно-плазменных высокоэнергетических потоков. Такие самоорганизованные структуры проявляют уникальные свойства, увеличенную термическую стабильность и радиационную стойкость в результате повышения степени равновесности при упорядочении.

В основе процесса самоорганизации лежит принцип подчинения, в соответствии с которым при достижении критического значения системой ее дальнейшее поведение контролируется одним или несколькими переменными, называемыми параметрами порядка.

Сверхбыстрая закалка, характерная для термализации энергии осаждаемых частиц при конденсации из высокоэнергетических ионно-плазменных потоков, является эффективным способом изменения структуры. Формирование метастабильного структурного состояния обуславливает появление нелинейных процессов, определяющих бифуркационную природу размерных эффектов, что сопровождается спонтанным изменением свойств конденсированных материалов.

Полученные в работе методом конденсации из ионно-плазменных потоков (магнетронная и триодная схемы распыления) при средней энергии пленкообразующих частиц, составляющих несколько электронвольт, покрытия на основе твердых растворов $(Ti, W)B_2$ показали высокую склонность к самоорганизации структуры. Управляющими факторами самоорганизации в этом случае являются: высокоэнергетические (имеющие значительное число тройных стыков и не имеющих дальнего порядка в расположении атомов) границы кристаллитов и энергия деформации. Высокая свободная энергия границ зерен конденсатов (из-за большого числа оборванных связей и наличия примесных атомов, концентрация которых превышает среднюю по объему) приводит к появлению под действием структурных напряжений пространственного упорядочения в виде ячеистой структуры (близкой по форме к правильному шестиугольнику).

Для описания этих процессов предложены модели базирующиеся на поэтапной трансформации структуры упорядочения, протекающей с увеличением масштабного фактора [1-3].

1. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Самойленко З.А. *Самоорганизация структуры в материалах различной природы*. Академперіодика, К.: 167 с. (2002).
2. Шпак А.П., Черемской П.Г., Куницкий Ю.А., Соболев О.В. *Кластерные и наноструктурные материалы*. Академперіодика, К.: т. 3, (2005).
3. Шпак А.П., Соболев О.В., Черемской П.Г., Куницкий Ю.А., Стеценко А.Н. Применение метода малоуглового рентгеновского рассеяния для исследования кинетики упорядочения в наноструктурных конденсатах // *Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии*. 4(2), сс. 413–428 (2006).

Синтез нанорозмірних часток та плівок системи $\text{PbTi}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_3$ та їх властивості

Солопан С.О., В'юнов О.І., Білоус А.Г.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського, Київ, Україна

Тверді розчини на основі систем PbTiO_3 - PbZrO_3 (PZT) широко застосовуються в техніці та мікроелектроніці як в об'ємному, так і в плівковому вигляді [1-3]. Основним недоліком PZT матеріалів є висока температура синтезу ($1000\text{ }^\circ\text{C}$), яка призводить до випаровування свинцю у вигляді оксиду PbO і до деградації п'єзоелектричних властивостей цих матеріалів. Тому останнім часом для синтезу застосовують золь-гель метод, що дозволяє знизити температуру та отримати нанорозмірні частки та плівки. Як відомо, для золь-гель синтезу цих матеріалів зазвичай використовують алкоксиди металів [4], синтез яких є складним, а синтезовані реагенти чутливі до вологи, що потребує спеціальних умов (інертна атмосфера впродовж синтезу), а також суттєво ускладнює отримання однофазного продукту. Можливим шляхом при вирішенні цієї проблеми є використання хлоридів, які є більш дешевими і синтез з їх використанням можна проводити при більш м'яких умовах.

Метою нашої роботи було вивчення особливостей синтезу нанорозмірних часток та плівок твердих розчинів системи $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ золь-гель методом з використанням TiCl_4 , ZrOCl_2 , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ в якості вихідних реагентів.

Дослідження умови синтезу проводили використовуючи диференційно-термічний, рентгенофазовий аналізи та ІЧ спектроскопію. Нанесення плівок проводили за допомогою приладу Spin coater SCI-20. Уточнення параметрів елементарної комірки та координат атомів однофазного продукту проводили по методу Рітвельда. Визначення розмірів часток проводили за допомогою скануючого електронного мікроскопу JSM-T20 (JEOL, Японія). Морфологію поверхні плівок досліджували за допомогою електронного силового мікроскопу Nanoscop 3000 Digital Instruments. Електрофізичні властивості кераміки синтезованої на основі отриманих нанорозмірних часток та плівок вимірювали в широкому частотному діапазоні методом імпедансної спектроскопії, використовуючи аналізатор імпедансу 1260 Impedance/gain-phase Analyzer (Solartron).

Золь-гель методом проведено синтез твердих розчинів (PZT) складів $\text{PbZr}_{0,2}\text{Ti}_{0,8}\text{O}_3$, $\text{PbZr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47}\text{O}_3$, $\text{PbZr}_{0,6}\text{Ti}_{0,4}\text{O}_3$. За допомогою рентгенофазового аналізу було встановлено, що процес утворення однофазного продукту починається при $500\text{ }^\circ\text{C}$, однак повне вигорання органічних компонентів в системі за даними ІЧ спектроскопії відбувається при $800\text{ }^\circ\text{C}$.

Використовуючи отримані дані, було підібрано органічні розчинники та умови синтезу, використання яких дало змогу отримати тонкі плівки. Проведено дослідження морфології поверхні плівок. Також було отримано нанорозмірні частки, з яких спечено керамічні зразки та досліджено їх діелектрична проникність та тангенс кута діелектричних втрат в широкому частотному та температурному інтервалах. На основі отриманих керамічних зразків досліджено вплив складу твердого розчину та симетрії елементарної комірки на положення максимуму діелектричної проникності та п'єзоелектричний ефект. Проведено порівняльний аналіз електрофізичних властивостей кераміки, отриманої з використанням наночасток, і плівок.

1. Cross, L. E. // *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, P. 2525-2532 (1995).
2. Tressler J. F., Alkoy S., Newnham R.E. // *Journal of Electroceramics.* **2(4)**, P.257-272 (1998).
3. Kim W.S., Ha S.M., Park H.H., Kim C.E. // *Thin Solid Films*, 1999 V.355–356, P.531-535. M. P. Pechini, U.S. Patent, July, 1967, № 330697.

Адсорбція радіонуклідів комплексами фероціанідів

Стасюк І.В., Мисакович Т.С., Стеців Р.Я., Краснов В.О.

Інститут фізики конденсованих систем НАН України, Львів, Україна

Сорбційні властивості природних мінералів можна суттєво покращити хімічним модифікуванням їх поверхні, коли глинисті матеріали є матрицею для нанесення синтетичних матеріалів високої ефективності. Найбільш ефективними сорбентами для сорбції радіоізоотопів цезію та стронцію є фероціанідні сорбенти (синтетичні матеріали на основі фероціанідів заліза (III), нікелю (II), міді (II) та інших металів або їх сумішей). За сорбційними параметрами вони багатократно переважають відомі синтетичні сорбенти на основі силікагелю та кремнезему. Дослідженню адсорбції на таких матеріалах і присвячена дана робота.

На основі квантово-хімічних розрахунків (метод *ab-initio*) досліджено адсорбцію іонів цезію, стронцію, уранілу наноструктурами фероціанідів при врахуванні присутності молекул води та гідроксогруп. Досліджено структуру комплексу $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, а також її зміни при адсорбції радіонуклідів. Знайдено рівноважні конфігурації системи адсорбат-адсорбент. Одержано детальну інформацію про розподіл зарядів і відстаней. Показано, що присутність гідратної оболонки зменшує величину енергії реакції, причому ураніл слабше зв'язується з фероціанідом ніж стронцій та цезій.

Гідрофобне покриття полідиметилсилоксану на поверхні ZrO_2/SiO_2 нанокompозиту

Сулим І.Я., Борисенко М.В.

Інститут хімії поверхні НАН України, Київ, Україна

Дана робота присвячена синтезу стійкого кремнійорганічного гідрофобного покриття на поверхні цирконійвмісного кремнезему та дослідженню особливостей процесу його термодеструкції.

Як об'єкти дослідження були вибрані ПМС-1000 (полідиметилсилоксан (ПДМС) з середньою молекулярною вагою 7960 й ступенем полімеризації 105) та зразки кремнезему з різним вмістом діоксиду цирконію (2,4 – 16,5 мас.%). Нанесення діоксиду цирконію на поверхню високодисперсного кремнезему (А-300) проводили методом рідинофазного модифікування з використанням розчину ацетилацетонату цирконію у чотирьоххлористому вуглеці. Розмір синтезованих наночастинок ZrO_2 складав ~ 20 нм у матриці SiO_2 . Адсорбцію ПДМС на поверхню А-300 та $ZrO_2/A-300$ проводили з розчину гексану (5, 8, 10, 20 і 40 мас.% ПДМС).

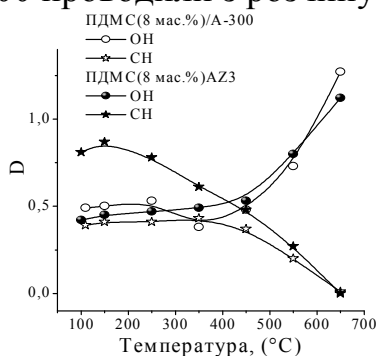


Рис. 1. Залежність D ІЧ-смуг О-Н та С-Н від температури для ПДМС/А-300 та ПДМС/ $ZrO_2/A-300$ при $C_{\text{ПДМС}} = 8$ мас.% на повітрі.

Методами термогравіметрії, диференціального термічного аналізу та ІЧ – спектроскопії досліджено залежність зміни оптичної густини (D) смуг поглинання валентних коливань зв'язків С-Н (2979 см^{-1}) та $\equiv SiO-H$ (3750 см^{-1}) від температури прокалення зразків в атмосфері повітря. Встановлено, що нанорозмірний ZrO_2 підвищує термостійкість диметилсилільного покриття на поверхні SiO_2 на $100 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 1).

Вимірювання крайового кута змочування (θ) при різних температурах прогрівання зразків застосували для дослідження гідрофільно-гідрофобних властивостей ZrO_2/SiO_2 нанокompозиту з адсорбованим шаром ПДМС різної товщини (рис. 2). Показано, що присутність діоксиду цирконію в кремнеземній матриці надає стійких гідрофобних властивостей в інтервалі температур $100-500 \text{ }^\circ\text{C}$ при вмісті

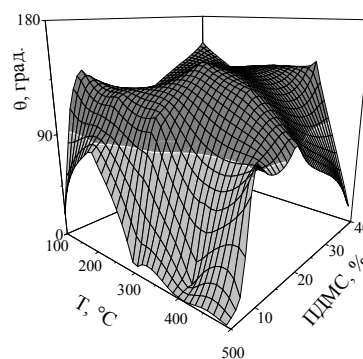


Рис. 2. Залежність крайового кута змочування від кількості адсорбованого ПДМС і температури.

ПДМС 10-40%.

Моделирование заполнения уровней подзон квантово-каскадных лазерных структур

Ушаков Д.В., Манак И.С.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В последнее время ведутся интенсивные исследования по созданию полупроводниковых квантово-каскадных лазеров (ККЛ) на сверхрешетках, работающих в среднем и дальнем инфракрасном диапазоне [1–4]. На базе ККЛ возможно массовое производство компактных, надежных источников света, которые могут быть использованы в высокоточном химическом анализе для нахождения областей загрязнения в атмосфере, открытой оптической связи в области телекоммуникации и локации.

К настоящему времени диапазон генерируемых длин волн квантово-каскадных лазеров занимает отдельные полосы в области от 3 мкм до 83 мкм [1–4]. Однако, высокая стоимость технологических процессов требует детальных предварительных теоретических исследований спектральных характеристик ККЛ и проведения численного моделирования их физических свойств.

В настоящей работе предложена эффективная методика моделирования оптоэлектронных свойств квантовокаскадных сверхрешеточных структур. Алгоритм расчета ККЛ включает в себя следующие этапы: решение уравнения Шредингера и определение уровней энергии и волновых функций, расчет матричных элементов дипольных переходов, вычисление скоростей рассеяния на оптических фононах и электрон-электронного рассеяния, определение квазиуровней Ферми для соответствующих энергетических подзон из системы замкнутых балансных уравнений.

1. Faist J., Capasso F., Sivco D. L., Sirtori C., Hutchinson A.L., Cho A.Y. // *Science*. **264**, pp. 553–556 (1994).
2. Scamarcio G. , Capasso F., Faist J., Sirtori C., Sivco D.L., Hutchinson A.L., Cho A.Y. // *Appl. Phys. Lett.* **70**. P. 1796–1798 (1997)
3. Faist J., Tredicucci A. , Capasso F., Sirtori C., Sivco D.L., Baillargeon J.N., Hutchinson A.L., and Cho A.Y. // *IEEE J. Quantum Electron.* **34**, pp. 336–343 (1998).
4. Ajili L., Scalari G., Hoyler N. // *Appl. Phys. Lett.* **87**, pp. 141107-1 – 141107-3 (2005).

Електрон-фононна взаємодія у тришаровій двоємній сферичній наногетеросистемі HgS/CdS/HgS/CdS

Фартушинський Р.Б., Сеті Ю.О., Войцехівська О.М.

Чернівецький національний університет, Чернівці, Україна

Загальна теорія електрон-фононної взаємодії у закритих складних квантових точках вже розроблена. Зокрема, отримано енергії та здійснено квантування обмежених та інтерфейсних коливань. Однак теорія перенормування електронного спектру внаслідок взаємодії з фононами детально розроблена тільки для найпростіших закритих квантових точок.

Відсутність до цього часу теорії електрон-фононної взаємодії у відкритих квантових точках пояснюється математичними труднощами, зумовленими ненормованістю хвильових функцій електрона у відкритих системах та квазістаціонарністю спектру. Щоб уникнути цих труднощів, пропонується розглянути складну наногетеросистему (яма-бар'єр-яма), вміщену у зовнішнє середовище. В такому випадку при достатньо великій товщині зовнішньої потенціальної ями властивості закритої системи мало відрізнятимуться від відповідних властивостей відкритої квантової точки.

Аналітичні та комп'ютерні розрахунки виконувалися для закритої наносистеми HgS/CdS/HgS/CdS, яка переходить у відкриту наносистему HgS/CdS/HgS, коли товщина зовнішньої потенціальної ями HgS прямує до безмежності. Фононний спектр отриманий в межах моделі діелектричного континууму. Показано, що фононний спектр закритої системи містить дві подвійні гілки обмежених фононів та шість гілок інтерфейсних фононів, які вироджуються у чотири гілки, коли товщина другої потенціальної ями прямує до безмежності.

Електронний спектр у закритій сферичній квантовій точці отримано, виходячи з наближень ефективної маси та прямокутних потенціальних ям.

За допомогою методу функцій Гріна виконано розрахунок перенормованих енергій електронних рівнів, локалізованих в околах резонансних квазістаціонарних станів. Також шляхом розрахунків отримано парціальні вклади всіх типів фононів у зсув резонансного рівня.

Особливості електронної структури нанопорошків BaTiO₃

Фоя О.О., Зауличний Я.В., Бекеньов В.Л.

*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
Київ, Україна*

Методом ультрам'якої рентгенівської спектроскопії отримані ОК α і TiL α емісійні смуги від нанопорошків BaTiO₃ перовскітної модифікації з різною дисперсністю. Ці смуги відображають розподіл валентних Ор- та Tisd-електронних станів. Також виконані розрахунки FLAPW методом

зонної структури, густини електронних станів та карт розподілу електронних щільностей для кристалу ВаТіО₃.

Експериментальні дослідження хімічно чистих порошків з питомими поверхнями $S_{\text{пит}}=2$ та $40 \text{ м}^2/\text{г}$, які відповідають 500 і 24.9 нм сферичним частинкам, виявили істотні зміни лише в ОК α -смузі. А саме в нанопорошку вона вужча на $0.5 \div 0.9 \text{ еВ}$ ніж в грубому на рівнях, які перевищують половинне значення максимальної інтенсивності. При цьому її короткохвильовий контур змістився в високоенергетичний бік на $0.5 \div 0.9 \text{ еВ}$.

З розрахованої карти електронної щільності видно, що в ВаТіО₃ існують лише Ті-О зв'язки. Це пояснює менше значення розщеплення ОК α -смуги титаната барію при зменшенні розміру, ніж в ТіО₂, де найменша відстань між атомами кисню становить $0.25327 \text{ нм} < 2\text{RO}^{2-}$. Крім того, на відміну від диоксида титану в титанаті барію у високоенергетичний бік перерозподіляються також і Тіd-стани.

Якщо припустити, що ОК α -смуга зміщена на величину енергії зв'язку О1s-рівня, прямопропорційна розподілу заселеності валентних Ор-електронів, то перехід від 500нм до 24 нм нанопорошка ВаТіО₃ буде супроводжуватись зростанням внутрішньої енергії на величину порядку 10%.

Дослідження лазерної десорбційної йонізації піридоксину на поверхні пористого кремнію та квантових точок Si/Ge

Шмиголь І.В., Водяницький А.І., Покровський В.О., Козирев Ю.М.

Інститут хімії поверхні НАН України, Київ, Україна

Нещодавно, на основі методу MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization) було розроблено новий метод безматричної м'якої лазерної десорбційної йонізації для аналізу низькомолекулярних

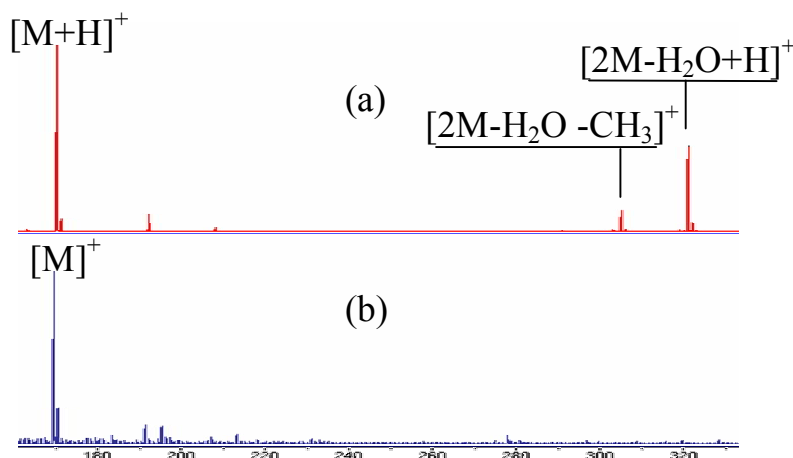


Рис. 1. Мас-спектри вітаміну В₆ з квантових точок (а) та з поверхні пористого кремнію (b).

біомолекул. В даному DIOS (Desorption Ionization On porous Silicon) підході використовується наноструктурований пористий кремній з різним діапазоном розміру пор [1]. Крім DIOS методу зараз стрімко розвивається новий підхід м'якої лазерної десорбційної йонізації на поверхні квантових точок Si/Ge [2].

В даній роботі було проведено мас-спектрометричне дослідження лазерної десорбційної йонізації піридоксину на поверхні пористого кремнію та квантових точок Si/Ge. Розчин піридоксину (10^{-9} моль/л) наносили безпосередньо на поверхню зразків пористого кремнію та квантових точок без попередньої пробопідготовки.

Було встановлено, що йонізація піридоксину на поверхні пористого кремнію відбувається шляхом виходу електрона $[M]^+$ ($m/z=169$) з молекули аналіту і в меншій мірі шляхом протонування $[M+H]^+$ ($m/z=170$), а з квантових точок – виключно шляхом протонування (Рис. 1).

Крім того, для мас-спектру з квантових точок характерною є поява крім молекулярного йону піків з $m/z=305$ та $m/z=321$, які інтерпритовано нами як асоціати $[2M-H_2O-CH_3]^+$, $[2M-H_2O+H]^+$ відповідно.

1. Wei, J.; Buriak, J. M.; Siuzdak, G. // *Nature*, **399**, pp. 243-246 (1999)
2. Abstracts of the 53rd Annual Conference on Mass Spectrometry, pp. 272-273 (2005).

Preparation and optical properties of selenium nanoparticles embedded in polymer films

Kuchmiy S.Ya.¹, Stroyuk A.L.¹, Raevskaya A.E.¹,

Dzhagan V.M.², Valakh M.Ya.², Zahn D.R.T.³, Schulze S.³

¹*Pysarzhevski Institute of Physical Chemistry of Nat. Acad. Sci. of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

²*Lashkarev Institute of Semiconductor Physics of Nat. Acad. Sci. of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

³*Institut für Physik, Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, Germany*

Optical properties of aqueous colloidal solutions and gelatin films with Se nanoparticles (NPs) synthesized via the acidic decomposition of sodium selenosulfate have been characterized. The ageing of the colloidal Se NPs at elevated temperatures results in the augmentation of their average size from 25-60 to 150-250 nm due to the Ostwald ripening, accompanied by the crystallization of NPs into the trigonal modification, formation of the surface plasmon resonance bands in the absorption spectra of the colloidal solutions, and the enhancement of the luminescence of Se NPs. Factors governing the position and intensity of absorption and emission bands of Se NPs both in solutions and gelatin films have been discussed. It has been found that, depending on the synthesis conditions, the band gap of Se NPs varies from 1.44 to 1.85 eV, while the luminescence band maximum position can be shifted from 2.1 to 1.8 eV.

It has been shown that the deposition of CdS or CdZnS onto the surface of Se NPs results in the formation of “core-shell” Se/CdS and Se/CdZnS nanostructures. A transition $\text{CdSe}_x\text{S}_{1-x}$ layer between the selenium core and sulfide shell has been detected by means of the Raman spectroscopy. It has been shown that Se core removal from the Se/CdZnS nanostructures by chemical etching results in the formation of mesoporous carcass conglomerates as large as 30-50 nm consisting of separate 3-5 nanometer CdZnS nanocrystals.

Amorphous chalcogenide-metal multilayers

Voynarovych I.¹, Takach V.², Chereschnya V.¹, Pynzenik V.¹, Makauz I.¹,
Chernovych M.¹

¹*Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine*

²*University of Debrecen, Debrecen, Hungary*

The nano-scale technologies provide new possibilities of creating materials and devices with peculiar characteristics for micro- and optoelectronics. Stability of nanostructured systems strongly depends on the changes of thermodynamical parameters, interdiffusion processes, which in turn can be used for solid state synthesis of multicomponent materials, creation of special micro- and nano-arrays of functional structures. Metal-chalcogenide composites may be promising materials for non-linear optical elements working in IR spectral range, especially if the ruled technology of nanostructuring is available. Some difficulties of the technology of bulk materials can be avoided in nanomultilayers (NML), which are attractive for these purposes because of the rather simple processing and modeling of physical processes. As an example the comparison of these two approaches was made for Bi (Sb)-As₂S₃ system, where metal/chalcogenide nanomultilayers were investigated.

Compositionally modulated multilayers were prepared by the method of cyclic thermal evaporation from separate sources in a vacuum $p = 10^{-4}$ Pa. Multilayers with modulation periods $\Lambda = 5-50$ nm and total thickness $d = 1-3$ nm were deposited onto silica glass or Si-wafer substrata from the proper initially milled As₂S₃ glass and Bi(Sb) metals. Small Angle X-Ray Diffraction (SAXRD) was used to investigate the periodicity and the quality of interfaces and interdiffusion taking place during heat treatments. DC conductivity was measured in a special vacuum chamber with a heated/cooled sample holder by a nanoamperemeter, on samples with in-plane geometry of carbon electrodes, which were deposited in two parallel scratches. The same chamber was used for the measurements of optical transmission.

The influence of thermoinduced interdiffusion (and annealing at the same time) on optical and electrical parameters of Bi/As₂S₃, Sb/As₂S₃, nanolayered structures was investigated. Correlations between the indirect results on interdiffusion (the sign and value of optical absorption edge shift, the changes of

conductivity) and the direct results of X-ray diffraction measurements of the periodicity and structure in the multilayer provide additional possibilities of investigations of diffusion processes. The interdiffusion and annealing may result in a quasi-homogeneous multicomponent amorphous layer or in a new structure with nanocrystalline components like $\text{Bi}(\text{Sb})_2\text{S}_3$. *In situ* monitoring of the change of the conductivity and optical transmission on temperature support this possibilities.

Photoinduced generation and optical characterization of Au/Ag bimetallic nanoparticles in porous silica films and powders

Yashan G., Krylova G., Eremenko A., Smirnova N.

Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences, Kyiv, Ukraine

Gold-silver alloy and core-shell nanoparticles embedded within silica thin films and powders with various Ag:Au ratios are prepared using the new photocatalytic technique recently developed by us [G. Krylova, A. Eremenko et al., 2005, 2006]. Ag-Au bimetallic nanoparticles receive significant attention because of their optical and electrochemical properties. Porous sol-gel produced silica films and powders modified with adsorbed benzophenone (BP) molecules have been found to be effective in the photoreductive formation of nanosized silver and gold binaries in colloids. The formation of Ag-Au nanoparticles within the thin silica film and powder has been achieved by introducing their ions in the SiO_2 matrix during the sol-gel preparation process and subsequent irradiation in the BP-IPA medium.

The activity of these SiO_2 -BP films and powders as photoreduction agents to generate silver and gold nanoparticles as a function of the substrate and BP have been studied. Bimetallic colloids have been prepared by simultaneous photoinduced co-reduction of silver and gold ions or successive reduction of one metal over the nuclei of another in presence of silica-BP systems. As protective agents we used CTAB, SDS or inorganic protective colloid Ludox. Ag-Au alloy nanoparticles have been prepared by photochemical reducing of HAuCl_4 and AgNO_3 with varying molar ratios (1:1, 1:3, 1:5) in presence of silica-BP under UV-irradiation. The size, optical properties, structure and distribution of the resultant nanoparticles were characterized by TEM, SEM, UV-vis spectroscopy and XPS. The mean diameter of bimetallic nanoparticles was 5-15nm. The formation rate of Au nanoparticles is faster than that of Ag nanoparticles. Depending on sequence of introduction of Ag(Au) ions in the irradiated solution, we have gained the core-shell compositions, enriched in the outer layer with Au or Ag atoms.

Stable Ag-Au nanoparticles have been introduced on the surface of silica films with formation of colored photochemical elements perspective for catalysis and as optical systems.

ЗМІСТ
Секція 2
Фізико-хімічні властивості плівок
(усні доповіді)
Session 2
Physical-chemical properties of the films
(oral)

Бабущак Г.Я. <i>Фізико-хімічні властивості і домінуючі точкові дефекти у халькогенідах цинку</i>	8
Бажин А.И., Беседа Е.А., Глазунова В.А., Ступак В.А., Троцан А.Н., Чертопалов С.В. <i>Структура и оптические свойства аморфно-кристаллических фуллереновых плёнок</i>	9
Богатыренко С.И., Крышталь А.П., Сухов Н.В. <i>Процессы гомогенизации в слоистых пленочных системах</i>	10
Богатыренко С.И. Дукаров С.В., Колендовский М.М. <i>Переохлаждение при кристаллизации наночастиц Sn, Bi и Pb на поверхности и между слоями</i>	11
Ваксман Ю.Ф., Ніцук Ю.А., Павлов В.В., Пуртов Ю.М. <i>Оптичні властивості плівок ZnSe:Co</i>	12
Венгер Є.Ф., Давиденко С.М., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. <i>Дослідження оптично-анізотропних плівок оксиду цинку в однорідному магнітному полі методами ІЧ-спектроскопії</i>	13
Горічок І.В. <i>Дефектоутворення у кристалах кадмій телуриду легованих йодом</i>	14
Горлей В.В., Сльотов М.М., Ткаченко І.В., Хуснутдінов С.В. <i>Фізичні властивості ізовалентно-заміщених шарів оксиду цинку</i>	15
Дзундза Б.С. <i>Вплив структури на розсіювання носіїв струму у тонких плівках халькогенідів свинцю</i>	16
Драненко А.С., Дворина Л.А., Вовчок А.С. <i>Наноструктура и электрофизические свойства тонких аморфно-кристаллических пленок CrSi₂</i>	17
Зломанов В.П., Межиловская Л.Й., Фрейк А.Д. <i>Новые подходы в кристаллохимии точечных дефектов кристаллов нестехиометрических полупроводниковых соединений</i>	18
Казанцева З.І., Козлова Т.В., Кошец І.А., Мацаріна Л.Ф. <i>Отримання та дослідження властивостей плівок Ленгмюра-Блоджетт похідних каліксаренів</i>	19
Калініченко Т.Г., Косяк В.В., Колесник М.М., Опанасюк А.С. <i>Процеси перенесення при одержанні плівок ZnCdTe методом квазізамкненого об'єму</i>	20
Коваленко А.В. <i>Гетероэпитаксиальные структуры ZnS_xSe_{1-x} /GaAs – получение, физические свойства, применения</i>	21
Константинович А.В., Константинович І.А. <i>Спектр випромінювання чотирьох електронів, що рухаються вздовж гвинтової лінії у прозорому середовищі</i>	22
Лазарев В.И., Сухов В.Н. <i>Проявление размерного эффекта температуры плавления в слоистой системе Sn-Pb</i>	23
Лобурець А.Т., Стрижеус Д.В., Зайка С.О., Сененко А.І. <i>Дифузія адсорбованих частинок на гранях монокристалів, що містять дефекти</i>	24
Макаровский Н.А., Летяго Л.М. <i>Плазменный резонанс в сложных Ag-In гранулярных пленках</i>	25

Макогон Ю.М., Сидоренко С.І., Павлова О.П., Беддіс Г., Могилатенко А.В.	26
<i>Композиції Ti(2 нм)/Mn(15 нм)/Ti(0 ÷ 8 нм)/Si(001) при відпалах</i>	
Малахов В.Я.	26
<i>Оптические и диэлектрические свойства поликристаллических пленок InN</i>	
Махній В.П., Кінзерська О.В., Сльотов О.М., Ульяницький К.С.	27
<i>Оптичні властивості шарів селеніду цинку з домішкою Mn</i>	
Остафійчук Б.К., Миронюк І.Ф., Будзуляк І.М., Ільницький Р.В., Коцюбинський В.О., Попович Д.І., Сегін М.Я.	28
<i>Структура та електрохімічна активність TiO₂ фірми "Aldrich"</i>	
Пилипів В.М., Григоруk О.О.	29
<i>Математичне моделювання процесу радіаційного дефектоутворення в приповерхневому шарі епітаксійних плівок залізо-ітрієвого гранату при імплантації іонами фосфору</i>	
Прокопів В.В.	31
<i>Термодинаміка власних точкових дефектів у кристалах сполук A^{II}B^{VI}</i>	
Пташко Т.С., Смірнова Н.П., Єременко Г.М., Туров В.В., Фесенко Т.В.	32
<i>Хімія поверхні фотокаталітично активних TiO₂/ZnO плівок</i>	
Самсоненко С.Н., Самсоненко Н.Д.	33
<i>Дислокационная электропроводность алмазных пленок</i>	
Соколов О.Л.	34
<i>Явища переносу у двошарових епітаксійних структурах на основі халькогенідів металів II і IV груп</i>	
Студеняк І.П., Нагусько О.Т., Краньчєц М.	35
<i>Вплив процесів розупорядкування на оптичні параметри тонких плівок Ti_{1-x}Hf_xO₂</i>	
Сукач Г.О., Ільїн О.О., Стронський О.В.	36
<i>Механізми фазово-структурних перетворень в шарах ХСН</i>	
Сукач А.В., Тетеркин В.В., Маслов В.П., Ворощенко А.Т., Лукьяненко В.И.	37
<i>Фоточувствительные поликристаллических слои теллурида кадмия на диэлектрических подложках</i>	
Таврина Т.В., Рогачева Е.И., Сипатов А.Ю., Волобуев В.В.	38
<i>Температурные зависимости гальваномагнитных свойств кристаллов и тонких пленок PbTe, легированного висмутом</i>	
Тімухін Є.В., Зінченко В.Ф., Мозкова О.В.	39
<i>Фізико-хімічні властивості тонких плівок систем MF_x – EuF₃ (M – Mg, Al)</i>	
Товстолиткін О.І., Горьков Д.В., Матвієнко О.І.	40
<i>Еволюція магнеторезистивних властивостей плівок La_{0,84}Na_{0,16}MnO₃ при переході з аморфного в кристалічний стан</i>	
Шалигін О.В., Калінков О.Ю., Тіщенко В.М.	41
<i>Математичний підхід до моделювання розвитку фізико-хімічних процесів в порах захисних плівок на поверхнях сталей</i>	
Шелудько Е.В., Ковтун Г.А., Цапина О.Н.	42
<i>Фторсодержащие плёночные наноматериалы: синтез и свойства</i>	
Щербак Л.П., Мислюк Н.М., Пивен Н.Г., Халаявка Ю.Б., Фейчук П.И.	43
<i>Оптические свойства плёнок нанокристаллического CdS, синтезированного в обратной микроэмульсионной системе</i>	
Юнакова О.Н., Милославский В.К., Коваленко Е.Н.	44
<i>Спектры поглощения локальных экситонов в тонких пленках Rb₂Ag_{1-x}Cu_xI₃</i>	
Fedosov S.N., Butenko A.F.	45
<i>Dynamics of polarization profiles in thin films of ferroelectric polymers</i>	
Kudryavtsev Y.V., Oksenenko V.A., Lee Y.P., Kim K.W., Dubowik J.	46
<i>Physical properties of the Co₂CrAl Heusler alloy films with various structural order</i>	

- Rusu E.V., Bivol V.V., Robu S.V., Caraman M.I.** *Some optical properties of organic polymer - ZnO thin layers* 47
- Sarikov A., Litovchenko V., Grygoriev A.O.** *Role of ultra-fast oxygen diffusion in the kinetics of phase separation during high-temperature annealing of SiO_x films* 48

Секція 2

Фізико-хімічні властивості плівок

10 травня 2007 р.

Session 2

Physical-chemical properties of the films

May, 10, 2007

- Ананьїна О.Ю., Яновський О.С.** *Модифікація фізико-хімічних властивостей поверхонь Si(100) та H/Si(100) при адсорбції води H₂O: комп'ютерне моделювання* 50
- Архілюк Л.І., Мельник В.В., Сльотов М.М., Собіщанський Б.М.** *Оптичні властивості гетерошарів телуриду цинку* 51
- Бажин А.И., Беседа Е.А., Глазунова В.А., Ступак В.А., Троцан А.Н., Чертопалов С.В.** *Структура и оптические свойства аморфно-кристаллических фуллереновых плёнок* 52
- Басов А.Г., Соломаха В.А., Степаненко А.О., Черноус А.М.** *Вплив температурної обробки на електрофізичні властивості та фазовий склад багатощарових плівкових систем на основі Ti, Al, Si і Ni* 53
- Беркутов И.Б., Комник Ю.Ф., Андриевский В.В.** *Спин-орбитальное взаимодействие в тонких пленках висмута в перпендикулярном и параллельном магнитных полях* 54
- Бойчук Є.Я., Курта О.С., Курта С.А.** *Вивчення властивостей тонких плівок латексу полівінілхлориду* 55
- Бондар О.О., Говорун Т.П., Черноус А.М.** *Вплив тонкого покриття із Ni або SiO₂ на електрофізичні властивості плівок Co* 56
- Бордун О.М., Бордун І.М., Антонюк В.Г.** *Дисперсія показника заломлення тонких плівок Y₂O₃, одержаних різними способами* 57
- Борик В.В.** *Механізми утворення твердих розчинів у системі Pb–Mn–Te* 58
- Бородчук А.В.** *Поверхневі стани плівок антимоніду цезію при адсорбції цезію і кисню* 59
- Бугаєнко В., Проценко З.** *Структурно-фазовий стан електролітично отриманих боридів титану* 60
- Ваньчук В.Б.** *Власні точкові дефекти у бездомішкових кристалах кадмій телуриду при низьких температурах* 61
- Возняк О.М., Никируй Л.І., Ільків О.І., Войтків Г.В., Дзумедзей Р.О.** *Особливості домішкового розсіювання у кристалах AIVBVI* 62
- Гончаров А.А., Петухов В.В., Коновалов В.А.** *Фазообразование, структура и свойства пленок боридонитридов тантала* 63
- Гуранич О.Г., Рубіш В.В., Степанович В.О., Гера Е.В., Шпак І.І., Михайло О.А., Дуркот М.О., Тарнай А.А.** *Вплив опромінення на структуру ближнього порядку і властивості аморфних плівок системи As-S-Se* 64

Горват Г.Т., Кондратенко О.С., Миголинець І.М., Росола І.Й., Юркович Н.В. <i>Оптичні властивості тонких напівпровідникових плівок <math>GE_{0,4}S_{0,6}X</math> (X- IN, VI) отриманих методом термічного випаровування у вакуумі</i>	65
Давидюк Г.Є., Божко В.В., Мирончик Г.Л. <i>Вплив поверхні зразка на механізми дефектоутворення при опроміненні спеціально нелегованих і легованих міддю монокристалів сульфїду кадмію</i>	66
Данильченко С.М., Колесник М.М, Курбатов Д.І., Опанасюк А.С. <i>Структура та електрофізичні властивості тонких плівок з'єднань ZnTe і ZnS</i>	67
Дворїна Л.А., Стецун А.І. <i>Використання дисилїциду хрому в якості тонкоплівкових елементів електронїки та густина електронних станів такого матеріалу</i>	67
Двойненко О.К., Сорбат А.И., Микитенко А.А. <i>Влияние структуры пленок Fe на их химическую устойчивость</i>	68
Дзундза Б.С., Кланїчка Ю.В., Матеїк Г.Д., Яворський Я.С. <i>Особливості явищ переносу у дрібнодисперсних напівпровідникових плівках телуридів свинцю і кадмію</i>	69
Дзундза Б.С., Галушак М.О., Матеїк Г.Д., Ільків Б.І. <i>Внесок поверхні у електричні властивості тонких плівок халькогенїдів свинцю</i>	71
Дмитрієв В.М., Золочевський І.В., Кондрашев Д.С. <i>Виявлення джозефсонівських властивостей лїнії просковзування фази в широких плівках</i>	72
Довганюк В.В., Курек И.Г, Фодчук И.М., Литвинчук И.В. <i>Модельные представления изменений дефектной структуры кристаллов кремния после облучения высокоэнергетическими электронами</i>	73
Доманцевич Н.І., Аксіментьєва О.І. <i>Комплексне оцінювання фізико-хімічних та захисних властивостей полімерних покриттів</i>	74
Доманцевич Н.І., Аксіментьєва О.І. <i>Дифузійні властивості модифікованих полімерних покриттів</i>	75
Дутка В.С., Опайнич І.Є., Ковальський Я.П <i>Фізико-хімічні властивості мономолекулярних плівок діацильних дїпероксидних сполук</i>	76
Дудецький Д.П., Кучма О.І., Однодворець Л.В. <i>Розмірний ефект в тензорезистивних властивостях тонких плівок залїза</i>	77
Дрючко О.Г., Стороженко Д.О., Бунякіна Н.В., Іваницька І.О., Кузь О.А. <i>Вплив природи лантанойдів на процеси фазоутворення у нітратних системах при синтезі функціональних плівкових матеріалів на їх основі</i>	78
Жуковський П.В., Бабушак Г.Я., Семенишин Ю.І., Сташко Н.В. <i>Кристалохімічні моделі нестехіометричного цинк селенїду</i>	79
Задорожний В.Г., Полїщук С.Г., Кобрін В.Л., Кейбал О.О. <i>Температурні залежності діелектричних властивостей тонких полімерних плівок, отриманих у вакуумі</i>	80
Запухляк Р.І., Дикун Н.І., Адамович М.М. <i>Фізико-хімічні властивості і дефектна підсистема твердого розчину Pb–Mg–Te</i>	81
Заяць М.С., Бойко В.Г., Генцарь П.О., Литвин О.С., Сопінський М.В. <i>Оптичні дослідження плівок AlN-n-Si (100)</i>	82
Золочевський І.В. <i>Стимуляція надпровідності широких плівок мікрохвильовим полем</i>	83
Іванків Л.І., Козак М.М, Пенюх Б.Р., Дзюпин О.В. <i>Окиснення тонких металевих плівок</i>	83

Іванків Л.І., Хвищун І.О., Дзюпин О. <i>Про кінетику хемосорбції</i>	84
Іванов В.І., Карачевцева Л.А., Карась М.І., Савченко А.В., Паршин К.А. <i>Фотоефекти в макropористому кремнії з регулярною структурою пор</i>	85
Ільків О.І. <i>Механізми розсіювання носіїв струму у кристалах $A^{II}B^{VI}$, $A^{IV}B^{VI}$ у наближенні часу релаксації та варіаційних підходів</i>	86
Каземирский Т.А., Литвинчук Т.В., Заплитный Р.А., Фодчук И.М., Бончик А.Ю., Власов А.П. <i>Влияние кристаллической ориентации подложки на структурные и электрофизические свойства эпитаксиальных слоев $Hg_{1-x}Cd_xTe/CdTe$</i>	87
Кардашев Д.Л., Кардашев К.Д. <i>Плотность электронных состояний графитового монослоя</i>	88
Кардашев К.Д., Кардашев Д.Л. <i>Колебательный спектр графитового гексагона</i>	89
Кланічка Ю.В. <i>Вплив атмосферного кисню і термічного відпалу на процеси деградації структури і електронних параметрів тонких плівок телуридів кадмію і свинцю</i>	90
Клето Г.И., Савчук А.И., Сапожников В.М., Цалый В.З. <i>Получение и исследование физических свойств сегнетоэлектрических тонких пленок на основе ЦТС</i>	91
Козак М.І., Трунов М.Л., Лоя В.Ю., Жихарєв В.М., Студеняк І.П., Турок І.І., Крафчик С.С. <i>Фотоіндуковані зміни оптичних параметрів тонких плівок склоподібних халькогенідів системи As-S</i>	92
Кондрат О.Б., Попович Н.І., Довгошей М.В., Міца В.М., Голомб Р.М. <i>Мікро-Раман і структура аморфних плівок Bi_2S_3 та As_2S_3</i>	93
Костржицкий А.И., Чебан Т.В., Береговая О.М. <i>Особенности энергетических эффектов при ионном осаждении защитных покрытий</i>	94
Крышталь А.П., Кричевская О.А. <i>Формирование наноразмерных упорядоченных структур на кремниевых и углеродных подложках</i>	95
Крышталь А.П., Гладких Н.Т., Чепурная Л.Н. <i>Морфологическая структура пленок Bi/C вблизи температуры плавления</i>	96
Кузишин О.В., Луцишин Н.І., Сав'як О.Л. <i>Товщини квазітвердих наноплівок з мастильних матеріалів на металевих поверхнях</i>	97
Кульментьева О.П. <i>Термические и упруго-пластические волны в металлических мишенях под воздействием потоков заряженных частиц</i>	99
Кульментьева О.П. <i>Структурные уровни воздействия пучков заряженных частиц и плазмы на твердотельные мишени</i>	100
Кульментьева О.П., Денисенко Р. <i>Массоперенос и модификация материалов на основе железа мощными потоками импульсной плазмы</i>	101
Кульментьева О.П., Кульментьев А.И., Селифонова Е. <i>Параметры переноса при импульсных технологиях обработки твердых тел</i>	102
Лаврушина С.С., Митгова И.Я., Попело А.В. <i>Модифицирующее влияние сложных соединений вольфрама (+б) на рост термических оксидных слоев на фосфиде индия</i>	103
Леонтьев А.В., Бойко Е.Б., Камышан А.С., Комаров Ф.Ф., Леонтьев Ю.А. <i>Оптические свойства пленок $ngms$, облученных легкими ионами</i>	104
Лепіх Я.І., Сминтина В.А., Снігур П.О. <i>Структура і фізико-хімічні властивості плівок $Ge-Oedph$</i>	105

Ліннік О.П., Смірнова Н.П., Єременко Г.М., Кіш Х. <i>Характеристики та фотокаталітична здатність Ru-вмісних TiO₂ плівок</i>	105
Лішинський І.М., Бойчук В.М., Борик В.В., Іванишин І.М., Туровська Л.В. <i>Кристалоквазіхімія складного спектру точкових дефектів телуридів свинцю і олова</i>	106
Лобода В.Б., Шкурдода Ю.О., Хурсенко С.М. <i>Вплив відпалювання на магнітоопір тришарових плівок Co/Cu(Ag)/Co</i>	107
Лобода В.Б., Шкурдода Ю.О., Салтикова А.І. <i>Вплив товщини немагнітного прошарку на величину ГМО у тришарових плівках FeNi/Cu(Ag)/FeNi</i>	109
Лоп'янок М.А., Никируй Р.І., Школьнік А.К. <i>Вплив хімічного складу халькогенідів кадмію на параметри газодинамічного потоку пари при осадженні нанокристалів</i>	110
Лоп'янок М.А., Никируй Р.І., Насипайко О.В., Гриджук М.Я. <i>Механізми формування нанокристалів у методі газодинамічного потоку пари</i>	111
Луцик Н.Ю., Миколайчук О.Г. <i>Термічна стійкість та електропровідність аморфних плівок системи GaSb-Sn</i>	112
Луцик Н.Ю., Мельник О.Й. <i>Кінетика кристалізації аморфних плівок системи Ga-Sb</i>	113
Ляпина Е.В., Костржицкий А.И. <i>К вопросу о коррозионной стойкости конденсированных систем медь-олово и их аналогов в атмосферных условиях</i>	114
Маннапова О.В., Соколов О.Д., Костржицкий А.І. <i>Фізико-хімічні властивості оксидних плівок на сталі, отриманих іонним бомбардуванням</i>	115
Майкова Є., Проценко С., Чешко І., Шумакова Н. <i>Фазоутворення в двошарових плівках Co/Au, Co/Ag і Cu/Fe</i>	116
Мар'янчук П.Д., Андрущак Г.О., Майструк Е.В. <i>Магнітні та кінетичні властивості Hg_{1-x}Mn_xS</i>	117
Мар'янчук П.Д., Козярський Д.П., Майструк Е.В. <i>Фізичні властивості твердих розчинів (3HgSe)_{1-x}(Al₂Se₃)_x, легованих марганцем</i>	118
Матвеева Л.А., Нелюба П.Л., Юхимчук В.А., Клименко А.П., Лашнева В.В., Хиврич В.И. <i>Влияние γ-облучения на модификацию структуры пленок C₆₀на Ti</i>	119
Махній В.П., Гривул В.І., Скрипник М.В. <i>Фотоелектричні властивості дифузійних шарів CdTe:Sn</i>	120
Мідак Л.Я., Базюк Л.В. <i>Формування тонких плівок з політетрафторетилену на металевих поверхнях</i>	121
Муссил В.В., Лемешевская Е.Т., Пилипенко В.В., Гурина Г.И. <i>Особенности фотоиндуцированных и интеркаляционных процессов в тонкопленочных системах Ag-PbI₂</i>	122
Надточій В.О., Нечволод М.К., Москаль Д.С. <i>Мікропластичність алмзоподібних кристалів</i>	123
Находкин Н.Г., Кулиш Н.П., Родионова Т.В. <i>Сравнительный анализ фасетчатого строения границ зерен в поликремниевых пленках разных структурных модификаций</i>	124
Опайнич І.Є., Аксіментьєва О.І., Українець А.М. <i>Нанорозмірні плівки поліаренів на межі розділу фаз</i>	125
Остафійчук Б.К., Кравець В.І., Яремій І.П., Клюка С.Я. <i>Кристалічна структура епітаксійних плівок залізо-ітрієвого гранату, імплантованих іонами миш'яку</i>	126
Пасічник В.Ф., Пригуляк Р.В. <i>Розмірні ефекти в тонких напівпровідникових плівках A^{IV}B^{VI}</i>	127

Пенюх Б.Р., Козак М.М., Мельничук Б.Л., Пастирський Я.А. <i>Перенос заряду в тонких плівках свинцю</i>	128
Пилявский В.С., Ковтун Г.А. <i>Аномальная зависимость силы трения от давления в фрикционной системе с металлокластерным покрытием</i>	129
Перкатюк І.Й., Ваньчук В.Б., Коломиєць У.Я. <i>Точкові дефекти у кристалах кадмій телуриду легованого золотом при низьких температурах</i>	130
Поплавський О.П., Бойчук В.М. <i>Вплив термообробки і електронного опромінення на елементний склад поверхні MgO</i>	131
Попович В.Д., Шкумбатюк Т.П., Вірт І.С. <i>Довгочасові релаксації провідності у тонких плівках CdTe</i>	132
Присяжнюк В.І. <i>Вплив розмірних ефектів на електрофізичні властивості плівок інтерметалічних сполук</i>	133
Присяжнюк В.І., Миколайчук О.Г. <i>Структурні перетворення в тонких шарах бінарних сполук типу P3M-Fe</i>	133
Прокопів В.В. (мол.) <i>Домінуючі власні точкові дефекти у плюмбум телуриді</i>	134
Прокопів В.В., Фочук П.М., Горічок І.В., Вержак Є.В., Писклинець У.М. <i>Опис процесів дефектоутворення у бездомішкових кристалах кадмій телуриду методом термодинамічних потенціалів</i>	135
Проценко І.Ю., Черноус А.М., Шпетний І.О. <i>Апробація теоретичних співвідношень термічного коефіцієнту опору для систем з різним типом розчинності</i>	136
Процький Д.В., Татарчук Т.Р. <i>Поведінка дефектного гематиту в гетерогенних реакціях</i>	137
Пташко Т.С., Смірнова Н.П., Єременко Г.М., Туров В.В., Фесенко Т.В. <i>Хімія поверхні фотокаталітично активних TiO₂/ZnO плівок</i>	138
Рогачова О.І., Водоріз О.С. <i>Розмірні ефекти у тонких плівках PbSe/KCl</i>	139
Романюк Р.Р., Миколайчук О.Г. <i>Вплив добавок Ві та електронних пучків на структурні та електронно-дефектні процеси в некристалічних плівках GeS</i>	140
Салій Я.П., Прокопів В.В. (мол.), Фреїк І.М. <i>Утворення і стабілізація дефектної підсистеми при вирошуванні плівок A^{IV}B^{VI}</i>	141
Семененко М.О., Євтух А.А. <i>Особливості електронної польової емісії нанокмпозитних плівок SiO_x(Si) після пробією електричним полем</i>	141
Сергеева А.Е., Федосов С.Н., Ревенюк Т.А. <i>Формирование и релаксация поляризации в тонких пленках легированного полистирола</i>	143
Соловійова О.М. <i>Адгезія металевих плівок на полімерних матеріалах після обробки в низькотемпературній плазмі</i>	144
Соловійова О.М. <i>Структурні і фазові перетворення на поверхні полімерів та їх вплив на формування адгезійного контакту метало-полімерних структур</i>	145
Сопінський М.В., Минько В.І., Індутний І.З., Литвин О.С., Шепелявий П.Є. <i>Самовпорядкування поверхні плівок As₂S₃</i>	146
Суровцева Н., Єременко А., Смирнова Н., Фесенко Т. <i>Фотокаталітичне окиснення текстильних барвників на мезопористих титано-кремніземних плівках</i>	147
Ткачик О.В. <i>Дефектна підсистема і властивості твердих розчинів Pb–Sb(Bi)–Te, Pb–Sb(Bi)–Se, Sn–Sb(Bi)–Te</i>	148

Федорів В.Д., Коцюбинський В.О., Куровець В.В., Мокляк В.В. Мессбауерівські дослідження розупорядкування магнітної мікроструктури плівок ЗІГ, імплантованих іонами He^+	149
Федорів В.Д., Яремій С.І., Яремій І.П. Кристалічна структура приповерхневих шарів монокристалів ГГГ, імплантованих легкими іонами	150
Фирстов С.О., Еременко А.Л., Школьный В.К. Субструктурные изменения при кристаллизации сверхбыстрозакаленной ленты $Ni_{68,7}Cr_{6,7}Si_{8,1}B_{13,8}Fe_{2,7}$ (ат. %)	151
Фрасуняк В.М. Фізико-хімічні та електронні властивості твердих розчинів $Hg_{1-x-y}Zn_xMn_yTe$	152
Цалий В.З. Застосування теорії вільного об'єму до аморфних телуридів Ga	153
Цалий В.З. Термічна стабільність та кінетика кристалізації аморфних стрічок системи In-Te	154
Чебан Т.В., Береговая О.М., Костржицкий А.И. Оксидные пленки на поверхности стали и их роль в формировании адгезионного контакта при осаждении конденсационных покрытий	155
Черненко И.М., Дуда В.М., Часовский К.В. Микроструктура пленок $\delta-Vi_2O_3$.	156
Чучман М.П., Шуайбов А.К., Качер И.Э. Рига М.Ю. Пространственная дисперсия компонент продуктов лазерной эрозии соединений $CuSbS_2$	157
Шалигін О.В., Калінков О.Ю., Тіщенко В.М. До питання про вивчення інтенсивності іонообмінних процесів на границі метал – електроліт	158
Шпилевский Э.М., Левшунова Е.В., Довбешко Г.И. Ик-спектроскопия пленок полиэтилена высокого давления, модифицированных молекулами фуллерена C_{60}	159
Щурова Т.М., Савченко М.Д., Кондрат О.Б., Опачко І.І., Попович Ю.Ю., Рубіш В.М. Частота коливань поперечної оптичної моди в некристалічних плівках бінарних халькогенідів	160
Юрчишин Л.Д., Бабушак Г.Я., Жуковський П.В. Особливості процесів дефектоутворення і фізико-хімічні властивості нестехіометричного телуриду германію	161
Lisauskas V., Vengalis B., Šliužienė K., Pyragas V. Epitaxial growth and oxygen nonstoichiometry of magnetron-sputtered conductive $LaNiO_{3-\delta}$ thin films	162
Manujlov E., Gtatyuk Yu., Smirnova N., Eremenko A., Guobienė A., Tamulevicius S. Photochemical generation of Ag nanoparticles on the mesoporous TiO_2/ZnO films	163
Meshalkin Alexei, Andriesh Andrei, Caraman Mihai, Buzurniuc Svetlana, Bivo Valeriu, Robu Stepan, Verlan Victor Some optical and photoelectrical properties of thin layers PVP- As_2S_3	164
Robu S., Dementiev I., Miticov D., Andries I. The investigation of electrical and photoelectrical properties of thin photoconductive films made out of copolymers of N-vinylcarbazole with higher alkenes	165
Shcherba I.D., Dobrjanska L.O., Jatcyk B.M. Electronic structure of tin oxide films	166
Skatkov L., Gomozov V. Electronic sensor based on Nb_2O_5 electrochromic thin films	166
Daniela Todoran, Radu Todoran The valence band in the case of thin films of RNi_5 ($R = Ce, Y, La$) compounds	167
Zhukovskiy M., Gtatyuk Yu., Smirnova N., Eremenko A., Guobienė A., Tamulevicius S. Thin film TiO_2/CdS heterojunctions for visible light photocatalysis	167

Секція 3

Нанотехнології і наноматеріали, квантово-розмірні структури

8-11 травня 2007 р.

Session 3

Nanotechnologies and nanomaterials, quantum-size structures

May, 8-11, 2007

- Бойчук В. І., Зілінський І.В., Лешко Р.Я.** Двозарядна домішка у сферичній квантовій точці 169
- Буджак Я.С., Дружинін А.О., Островський І.П., Когут Ю.Р.** Аналіз температурної залежності провідності ниткоподібних кристалів твердого розчину Si-Ge 170
- Валах М.Я., Джаган В.М., Литвин О.С., Красильник З.Ф., Новиков А.В., Юхимчик В.О., Яремко А.М.** Теоретичні та експериментальні дослідження трансформації форми SiGe nanoострівців 171
- Власукова Л.А., Комаров Ф.Ф., Ювченко В.Н.** Треки в аморфних слоях SiO₂ на Si, облученных ионами высоких энергий 172
- Гасюк І.М., Угорчук В.В.** Імпедансні дослідження електропровідності нестехіометричних шпінелей складу Li_{0.5}Fe_{2.5-x}Ti_xO₄ (0 < x < 1) 172
- Гасюк І.М., Депутат Б.Я., Яремій І.П.** Структурні особливості заміщення літій-залізної шпінелі алюмінієм 174
- Головацький В., Фріюк О.** Домішкові стани у сферичних квантових точках та антиточках 175
- Димарчук В.О., Огенко В.М., Голдун О.В., Дубровина Л.В., Волков С.В., Зауличний Я.В., Хижун О.Ю.** Рентгеноспектральне дослідження електронної структури продуктів карбонізації полівініліденфториду на наночастинках диоксиду кремнію 175
- Кравчик К.В., Пашкова О.В., Білоус А.Г.** Вплив умов одержання на морфологію і фрактальну структуру Y-ZrO(OH)₂ та Y-ZrO₂ 176
- Коваленко О.В., Тищенко В.В.** Квантоворозмірні структури ZnSe отримані методом RAUPE 177
- Козирев Ю.М., Рубежанська М.Ю., Дмитрук Н.В., Суший А.В., Лисенко В.С., Литвин П.М.** МПЕ-формування систем монокристалічних наноутворень Si на окисдованій плівці SiO₂ 178
- Котлярчук Б.К., Миронюк І.Ф., Попович Д.І., Середняцький А.С.** Дослідження фотолюмінісцентних властивостей легованих нанопорошкових матеріалів оксиду цинку 179
- Куницький Ю.А., Смик С.Ю.** Використання оптичного Фур'є-перетворення для дослідження процесів структурної релаксації та кристалізації наноструктурних та аморфних плівок 180
- Курбацкий В.П., Коротун А.В., Погосов В.В., Васютин Е.В.** Размерные и частотные зависимости оптического коэффициента поглощения тонких металлических пленок 182
- Кукуєва В.В., Кирилов О.А.** Квантово-хімічне дослідження поверхневих сполук на кремнеземі 183
- Мазарчук І.А., Сукач А.В., Тетеркин В.В., Григорьев Н.Н., Ворощенко А.Т., Лукьяненко В.И.** Получение и электрические свойства наноразмерных пленок полианилина 184

Манак І.С., Ушаков Д.В., Белявський В.С. <i>Лазерные диоды на многослойных, асимметричных квантоворазмерных гетероструктурах в оптическом диапазоне 0,7-3 мкм</i>	185
Никируй Л.І., Михайльонка Р.Я., Терешкун В.І. <i>Розсіювання носіїв струму у 2D-структурах на основі халькогенідів свинцю</i>	186
Новиков В.В., Дмитриева Н.О. <i>Эффективная теплопроводность наполненных полимерных композитов</i>	187
Пелещак Р.М., Даньків О.О., Пелещак Б.М., Угрин Ю.О. <i>Вплив поверхні квантової точки InAs/GaAs на ширину її оптичної щілини</i>	188
Пелещак Р.М., Кузик О.В., Станько М.Г. <i>Роль синергетики у перерозподілі дефектів у напружених 2D-гетеросистемах</i>	189
Перекрестов В.І., Корнющенко Г.С., Космінська Ю.О. <i>Селективні процеси при знижених коефіцієнтах стаціонарної конденсації</i>	190
Рувінський М.А. <i>Одномірні гауссівські флюктуації спин-орбітальної взаємодії і статична електропровідність квантового напівпровідникового дроту</i>	191
Слободян М.В., Кладько В.П., Стрельчук В.В., Мачулін В.Ф. <i>Високороздільна X-променева діагностика структурної анізотропії багатопшарових InGaAs/GaAs(100) структур з ланцюгами квантових точок</i>	192
Ткач М., Сеті Ю., Войцехівська О., Довганюк М. <i>Особливості формування квазістаціонарних станів квазічастинок у відкритих КТ, КД, КП</i>	193
Хижун О.Ю., Бекенцов В.Л., Солонін Ю.М. <i>Електронна будова нанопорошків диоксиду молібдену з гранецентрованою кубічною структурою</i>	193
Шарибаев М.Б. <i>Влияние γ-иррадиации на структуру GaAs/GaAlAs с тремя квантовыми ямами</i>	194
Шеремета Т.І., Прокопенко І.В., Литвин П.М., Литвин О.С., Водоп'янов В.М., Бахтінов А.П., Слинко Є.І. <i>Особливості зародкоутворення при осадженні плівок PbTe на монокристали BaF₂ методом гарячої стінки</i>	195
Яцишин Б.П., Фреїк Д.М., Гореленко Ю.К., Миколайчук О.Г., Байцар Г.С. <i>Кореляційні зміни структури та коерцитивної сили нанокристалітних тонкопліткових структур P3M-Me-Ge</i>	196
Begun E.V., Kaganovich E.B., Manoilov E.G., Svechnikov S.V., Sachenko A.V. <i>Investigation of the current transmission mechanism in structures with silicon and germanium quantum dots</i>	197
Cerqueira M.F., Baidus N.V., Semikina T.V., Adriaenssens G.A. <i>Electrical properties dependence on structure in nanocrystalline silicon thin films produced by rf sputtering</i>	198
Horvath Zs.J., Basa P., J6szi T., Pap A.E., Nagy K., Szullxi P., Szaby T., Dobos L., P6cz B., Tyth L. <i>Memory properties of silicon nitride based structures with embedded silicon nanocrystals</i>	199
Palistrant N., Kravets L., Bivol V., Robu S., Barbu N., Crasovschi V. <i>Obtaining of nanomembranes and nanomaterials by pore-filling polymer of template</i>	199
Polischuk O.V., Sidorenko I.G., Lobanov V.V. <i>Structure and properties of fully coordinated bubble silica molecules</i>	200
Telbiz G., Goncharuk V., Ermokhyna N., Defranoux C., Litvyn O., Manoryk P. <i>Preparation and characterization of the ordered mesoporous metal oxide thin films and nanocomposite based on</i>	201
Vlasukova L., Komarov F., Milchanin O., Mudryi A., Ivaniukovich A. <i>Optical properties of InAs nanocrystals formed in silicon by ion-beam synthesis</i>	202

Секція 3

Нанотехнології і наноматеріали, квантово-розмірні структури

11 травня 2007 р.

Session 3

Nanotechnologies and nanomaterials, quantum-size structures

May, 11, 2007

- Андросюк А.М., Бородчук А.В. Вплив адсорбованих субмоношарових плівок празеодиму та самарію на електронно-адсорбційні характеристики грані (100) кристала вольфраму 203
- Бабаєвська Н.В., Крижановська О.С. Отримання та дослідження стабілізованих нанокристалів апатиту, активованого іонами рідкісно-земельних елементів 204
- Балабай Р.М., Рябчиков Д.В., Степанюк А.Н. Адсорбционные позиции атомов серебра на поверхности пленки в форме нанотрубки 204
- Беркутов И.Б., Комник Ю.Ф., Андриевский В.В., Миронов О.А., Волл Т. Проявление спин-орбитального взаимодействия в квантовой яме Si/Si_{0.87}Ge_{0.13}/Si p-типа 205
- Богатыренко С.И., Крышталь А.П., Гладких Н.Т. Влияние внешнего электрического поля на форму малых частиц Вi 206
- Борук С.Д., Дремлюженко С.Г., Юрийчук И.Н., Давыдюк Ю.Н., Пивен Н.Г. Прямое определение заряда наночастиц модифицированного CdS в водном растворе 208
- Борусевич В.А., Вороняк Л.Я. Энергетичний спектр полярона у плоских наногетеросистемах вюрциту *aln/gan/aln* із квантовою ямою скінченної та нескінченної глибини 208
- Братусь О., Горбанюк Т., Євтух А. Електричні властивості нанокмпозитних плівок SiO₂(Si) отриманих плазмохімічним осадженням 209
- Бродниковский Н.П., Зыкова Е.В., Дубиковский Л.Ф., Даниленко Н.И., Самелюк А.В. Тонкая структура электроннолучевых покрытий хрома 210
- Гаєва М.В., Богатирьов В.М., Абрамов М.В. Нанокмпозити Fe₂O₃/SiO₂ з магнітними властивостями 211
- Гасюк І.М., Кайкан Л.С., Морушко О.В., Грабко Т.В. Вплив заміщення магнію на імпедансні та електрохімічні властивості Li_{0,5}Fe_{2,5-x}Mg_xO₄ шпінелі 212
- Гасюк І.М., Галігузова С.А. Вплив температури спікання на провідні властивості системи Li_{0,5}Fe_{2,5}O₄ 213
- Гацкевич Е.И., Ивлев Г.Д., Володин В.А., Двуреченский А.В., Ефремов М.Д., Никифоров А.И., Якимов А.И. оптическая диагностика Ge/Si наноструктур с квантовыми точками 214
- Головацький В.А., Гуцул В.І. Энергетичний спектр квазічастинок у тунельно зв'язаних квантових точках вздовж еліптичного квантового дроту 215
- Гольський В.Б., Кубай Р.Ю., Лукін Р.І. Энергетичні стани електрона в квантовій точці еліпсоїдальної форми 216
- Гречко Л.Г., Гончарук Ю.С., Куницкая Л.Ю. Поверхностные моды в ансамбле малых частиц 217
- Горайчук Т.В., Ільченко Л.Г. Потенціал сил зображення між близько розділеними розмірно-квантованими плівками металу 218
- Джура У.Я., Мандзюк В.І., Миронюк І.Ф. Імпедансні характеристики води після контакту з триметилсилільованими наночастинками кремнезему 219

Джафаров Е.Я., Мельник О.Б., Куницький Ю.А. <i>Моделювання аморфних сплавів Zr-Cu</i>	220
Дмитрук М.Л., Маєва О.І., Мамикін С.В., Мінько В.І., Коровін О.В., Соснова М.В. <i>Оптичні властивості золотих 1D і 2D наноструктур, отриманих методом голографічної літографії на плоских діелектричних та провідних підкладках</i>	221
Дорошенко А.Г., Савін Ю.М. <i>Дослідження впливу домішок у розчині на морфологію та фазовий склад нанокристалічних покриттів фторопатита кальцію</i>	222
Ермолаєва Ю.В., Толмачев А.В. <i>Получение гетеронаночастиц на основе сформированных ансамблей квантовых точек ZnO на поверхности коллоидных частиц SiO₂.</i>	223
Єременко А.Л., Фірстов С.О., Школьнік В.К. Горбань В.Ф. <i>Влияние отжига на микромеханические свойства сверхбыстроокаленных лент на основе Ni и Co</i>	224
Жевняк О.Г., Галенчик В.О., Борздов В.М., Борздов А.В., Рухленко Д.А. <i>Моделирование электронного переноса в КНИ-МОП-транзисторах на основе метода Монте-Карло</i>	225
Звезда С.С., Зауличний Я.В., Солонін Ю.М. <i>Залежність особливостей електронної структури різних нанорозмірних атомно-структурних модифікацій вуглецю від їх розмірів</i>	226
Кобаса І.М., Кондратьєва І.В. <i>Нові фотокаталізатори: гетероструктури CdS з бісхіноціаніновим барвником</i>	227
Кобус Е.С., Дмитренко О.П., Кулиш Н.П., Булавин Л.А., Белый Н.М., Прилуцкий Ю.И., Заболотный М.А., Студзинский С.Л., Гринько Д.А., Барабаш Ю.М., Шлапацкая В.В. <i>Фотопроцессы в пленках карбазолсодержащих молекулярных комплексов с фуллеренами</i>	228
Ковтуненко В.С. <i>Мікро- та наноструктура аморфних плівок системи Ge-Se (Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна)</i>	299
Коров'янюк О.О., Ситник М.С., Халавка Ю.Б., Фейчук П.І., Щербак Л.П. <i>Феромагнітні рідини на основі нанокомпозитів магнетиту: синтез та стабілізація</i>	230
Копасєв О.В., Кушніренко І.М., Вилка І.Я. <i>Синтез оксидних наноматеріалів методом золь-гель-автоспалювання</i>	231
Кочкин П.О., Клименко В.В. <i>Влияние размеров поверхностной наноструктуры на фотопроводимость аморфных пленок селена</i>	232
Кубай Р.Ю., Шевчук І.С., Гольський В.Б. <i>Вплив поляризації на енергію електрона, дірки та екситона сферичних наногетеросистем Si/SiO₂ та β – HgS/CdS</i>	233
Луцик А.Ю. <i>Структура, форма та морфологія частинок порошків Ni та Cu</i>	234
Луців В.С., Курта О.С. <i>Мікрокапсулювання рідких модифікаторів з допомогою високодисперсного кремнезему</i>	235
Магомєта О.В., Яблонь Л.С., Рачій Б.І. <i>Термогравіметричні дослідження нанопористого вуглецю</i>	236
Мандзюк В.І. <i>Вплив лазерного опромінення на термодинаміку процесу інтеркаляції іонів літію в С-модифікований кремнезем</i>	237
Матвеевская Н.А., Толмачев А.В. <i>Гетеронаночастицы типа «ядро – оболочка» на основе диоксида кремния</i>	238
Маханець О.М., Довганюк М.М., Жаркой В.П. <i>Екситон у подвійній квантовій точці в електричному полі</i>	239

Минченкова О.В., Леонтьев А.В. <i>Оптические свойства гетерогенных сред, содержащих наночастицы Au и Si</i>	240
Новиков В.В., Нежевенко ЕА., Новиков А.В. <i>Проводимость нанокомпозитов с фрактальной структурой</i>	241
Павленко Е.Л., Дмитренко О.П., Кулиш Н.П., Булавин Л.А., Прилуцкий Ю.И., Белый Н. М., Грабовський Ю.Е., Погорелов А.Е., Шлапацкая В.В. <i>Полимеризация фуллеренов C₆₀ при радиационных повреждениях</i>	242
Попенко В.И., Дмитренко О.П., Кулиш Н.П., Булавин Л.А., Сташук В.С., Прилуцкий Ю.И., Белый Н.М., Погорелов А.Е., Шлапацкая В.В. <i>Оптические свойства фуллеренов с карбидообразующими металлами</i>	243
Рачій Б.І., Магомета О.Д., Будзуляк І.І. <i>Електропровідність нанопористого вуглецю в електрохімічних системах накопичення енергії</i>	244
Рубіш В.М., Гуранич П.П., Гуранич О.Г., Горіна О.В., Добош М.В., Гомоннай О.О., Риган М.Ю. <i>Діелектричні властивості наноматеріалів на основі халькогенідних стекол</i>	245
Салій Я.П., Фреїк І.М., Прокопів В.В. (мол.) <i>Моделювання методом Монте-Карло рівноважного стану при синтезі бінарної сполуки</i>	246
Сиротюк С.В., Краєвський С.Н., Кинаш Ю.Є. <i>Електронна енергетична структура кристала AlN, розрахована на змішаних функціях</i>	246
Скобеєва В.М., Сминтина В.А., Тюрин А.В., Малущин М.В. <i>Вплив процесів синтезу і зовнішніх обробок на поглинання та люмінесценцію нанокристалів CdS</i>	247
Сладкопєвцев Б.В., Томина Е.В., Лапенко А.А. <i>Методы формирования островковых наноструктур d-Me, MeO – полупроводник</i>	248
Соболь О.В., Куницкий Ю.А., Куницкая Л.Ю., Барабаш М.Ю. <i>Самоорганизационное упорядочение в наноконденсатах</i>	249
Солопан С.О., В'юнов О.І., Білоус А.Г. <i>Синтез нанорозмірних часток та плівок системи PbTi_{1-x}Zr_xO₃ та їх властивості</i>	251
Стасюк І.В., Мисакович Т.С., Стеців Р.Я., Краснов В.О. <i>Адсорбція радіонуклідів комплексами фероціанідів</i>	252
Сулим І.Я., Борисенко М.В. <i>Гідрофобне покриття полідиметилсилоксану на поверхні ZrO₂/SiO₂ нанокомпозиту</i>	253
Ушаков Д.В., Манак И.С. <i>Моделирование заполнения уровней подзон квантово-каскадных лазерных структур</i>	254
Фартушинський Р.Б., Сеті Ю.О., Войцехівська О.М. <i>Електрон-фононна взаємодія у тришаровій двоямній сферичній наногетеросистемі HgS/CdS/HgS/CdS</i>	255
Фоя О.О., Зауличний Я.В., Бекєньов В.Л. <i>Особливості електронної структури нанопорошків BaTiO₃</i>	255
Шмиголь І.В., Водяницький А.І., Покровський В.О., Козирєв Ю.М. <i>Дослідження лазерної десорбційної йонізації піридоксину на поверхні пористого кремнію та квантових точок Si/Ge</i>	256
Strojuk O.L., Raevskaya A.E., Kuchmiy S.Ya., Dzhagan V.M., Valakh M.Ya., Zahn D.R.T., Schulze S. <i>Preparation and optical properties of selenium nanoparticles embedded in polymer films</i>	257
Voynarovych I., Takach V., Cheresnaya V., Pynzenik V., Makauz I., Chernovych M. <i>Amorphous chalcogenide-metal multilayers</i>	258
Yashan G., Krylova G., Eremenko A., Smirnova N. <i>Photoinduced generation and optical characterization of Au/Ag bimetallic nanoparticles in porous silica films and powders</i>	259

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

Фізика і технологія тонких плівок та наносистем

**Матеріали
ХІ міжнародної конференції**

МКФТТПН-ХІ

Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems

**Materials
of the XI International Conference**

ІСРТТФН-ХІ

Редактор *Дмитро Фреїк*
Технічний редактор *Богдан Дзундза*
Комп'ютерна верстка *Галина Бабуцак, Олександр Соколов*
Відповідальний за випуск *Володимир Прокопів*

Здано до набору 30.03.2007. Підписано до друку 5.04.2007.
Папір офсетний. Тираж 300.

Віддруковано у Видавничо-дизайнерському відділі ЦІТ
Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника
Тел. 59-60-50

Ф 83 Фізика і технологія тонких плівок та наносистем. Матеріали ХІ Міжнародної конференції: У 2 т. – Т. 2. / За заг. ред. Заслуженого діяча науки і техніки України, д.х.н., проф. Фреїка Д.М. – Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2007. – 276 с.