

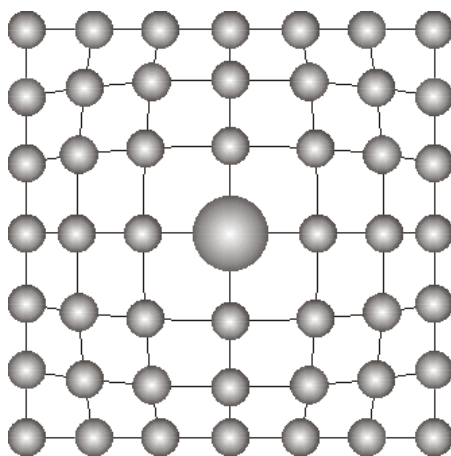
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА



ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ФІЗИЧНІ ЯВИЩА В ТВЕРДИХ ТІЛАХ

Матеріали X Міжнародної конференції
(6-9 грудня 2011 р.)



Харків 2011

УДК 539.2:548:538.9-405:669.018

Фізичні явища в твердих тілах. Матеріали X Міжнародної конференції
6-9 грудня 2011 р. / Під ред. В.С. Криловського, В.П. Пойди. – Харків: ХНУ, 2011. - 146 с.

Представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень, які направлені на вивчення фізичних процесів і явищ у нових матеріалах і речовинах у різних станах під дією різних зовнішніх чинників.

Збірник містить короткі повідомлення, які відображають сучасний стан теоретичних, експериментальних, технологічних і прикладних розробок українських і зарубіжних вчених в галузі фізики твердого тіла.

© Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна, 2011

ПРОГРАМА
X Міжнародної конференції
ФІЗИЧНІ ЯВИЩА В ТВЕРДИХ ТІЛАХ

6 – 9 грудня 2011 року
6 грудня. Вівторок. Повідомлення від оргкомітету конференції.

10.00 ВІДКРИТТЯ КОНФЕРЕНЦІЇ

10.15 – 12.30	Пленарне засідання секції «Физические свойства твердых тел».
12.30 – 13.30	Стендові доповіді секції «Физические свойства твердых тел».
14.00 – 17.00	Пленарне засідання секції «Структурные свойства твердых тел. Физические явления в наноразмерных структурах».
17.00 – 18.00	Стендові доповіді секції «Структурные свойства твердых тел. Физические явления в наноразмерных структурах».

7 грудня. Середа

10.00 – 12.30	Пленарне засідання секції «Физика прочности и пластичности».
12.30 – 13.30	Стендові доповіді секції «Физика прочности и пластичности».
14.00 – 17.00	Пленарне засідання секції «Оптические и магнитные свойства твердых тел».
17.00 – 18.00	Стендові доповіді секції «Оптические и магнитные свойства твердых тел».

8 грудня. Четвер

10.00 – 12.30	Пленарне засідання секції «Теоретическая физика».
12.30 – 13.30	Стендові доповіді секції «Теоретическая физика».

Пленарні засідання проводяться у ауд. ім. К. Д. Синельникова. Для виступу доповідачу надається 10 хвилин.

Стендові доповіді розміщуються на сьомому поверсі на спеціальних стендах перед головним входом до ауд. ім. К.Д. Синельникова.

6 декабря

вторник

10.15 – 12.30

Секция. «Физические свойства твердых тел»

Сопредседатели:

Вовк Р.В., Хоткевич А.В.

Устные доклады:

1. Соловьёв А.Л. Псевдощель и локальные пары в высокотемпературных сверхпроводниках.
2. Асеев А.С., Авраменко Б.А., Равлик А.Г., Колупаева З.И. Структура и гальваномагнитные свойства пленок висмута.
3. Юзefович О.И., Kościelska B., Бенгус С.В., Witkowska A., Winiarski A., Sadowski M. and Łapiński W. Сверхпроводимость гранулированных золь-гель пленок NbN-SiO₂ и Vn-SiO₂.
4. Хоткевич А.В., Khotkevych V.V., Морлок С.В., Конопацкий Б.Л. Упругая микроконтактная спектроскопия сверхпроводников.
5. Золочевский И.В. Явление подавления вихревой резистивности внешним микроволновым полем в широких оловянных пленках.
6. Ткач О.П., Однодворец Л.В. Гальваномагнітні властивості мультишарів Fe/Pd.
7. Господарев И.А., Еременко А.В., Кравченко К.В., Сиренко В.А., Сыркин Е.С., Феодосьев С.Б., Шабакаева Ю.А. Отличительные особенности теплового расширения диселенида ниобия.
8. Карасева Е.В., Куценко П.А., Соколенко В.И., Фролов В.А. Амплитуда температурных аномалий электросопротивления ВТСП с частично рекомбинировавшими дырками.
9. Шабельник Ю.М., Синашенко О.В., Однодворец Л.В., Проценко І.Ю. Концентраційна і температурна залежність термічного коефіцієнта опору в двокомпонентних плівкових системах на основі Fe і Cr , Co і Ag та Fe і Cu.

6 декабря

вторник

12.30 – 13.30

Стендовые доклады:

1. Вовк Р.В., Завгородний А.А., Назиров З.Ф. Анизотропия нормального электросопротивления в допированных празеодимом монокристаллах $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-8}$.
2. Соколенко В.И., Фролов В.А. Температурные зависимости электросопротивления и термоэдс аллотропических модификаций олова.
3. Милян П.М., Кун А.В., Милян Ж.И., Семрад Е.Е., Соломон А.М. Получение и

- идентификация сложного оксида теллурита свинца.
4. Шкилько А.М., Тихоненко В.В. Исследование влияния внешних факторов на эмиссионные свойства твердотельных объектов.
 5. Levchenko A.N., Tyutyunnik V.B., Pritula I.M. Characteristics of waveguide-dielectric resonators with pure and carbamide doped KDP single crystals.
 6. Васильев А.А., Кошкарев Г.Е., Кутовой В.А., Николаенко А.А., Солопихин А.Д., Худяков С.В. Изучение поверхностного сопротивления Al-Be сплавов при азотной температуре, полученных из высокочистых компонентов.
 7. Мирончук Г.Л., Парасюк О.В., Якимчук О.В., Давидюк Г.Е., Chmiel M., Kityk I.V. Електричні, оптичні та фотоелектричні властивості твердих розчинів $Ag_xGa_xGe_{1-x}Se_2$ ($X=0,167; 0,20; 0,25; 0,333$).
 8. Божко В.В., Новосад О.В., Давидюк Г.Є., Козер В.Р., Парасюк О.В., Кажукаускас В. Електро-та фотопровідність твердих розчинів $CuInS_2-ZnIn_2S_4$.
 9. Далакова Н.В., Белевцев Б.И., Панфилов А.С., Беляев Е.Ю. Положительное магнитосопротивление низколегированных сильно неоднородных купратов $La_{2-x}Sr_xCuO_4$.
 10. Далакова Н.В., Белевцев Б.И., Беляев Е.Ю. Резистивные свойства прессованного нанокompозита на основе CrO_2 .
 11. Кравчина О., Фертман Е., Десненко В., Доля С., Kadlec С. Диэлектрическая проницаемость фазово-расслоенного манганита $Nd_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$ в ТГц диапазоне.
 12. Беркутов И.Б., Андриевский В.В., Комник Ю.Ф., Миронов О.А. Немонотонность магнитосопротивления в квантовой яме $Si_{0,05}Ge_{0,95}$ Р-типа в промежуточной области магнитных полей.
 13. Беркутов И.Б., Мирзоев И.Г., Андриевский В.В., Комник Ю.Ф., Галкин Н.Г. Особенности проводимости двумерных гетеросистем с нанокристаллитами дисилицида хрома.
 14. Хоткевич А.В., Хоткевич Е.В., Конопацкий Б.Л., Морлок С.В. Спектр электрон-фононного взаимодействия в мышьяке.
 15. Гудименко В.А., Акименко А.И. Спектры андреевского отражения указывают на возможность существования s-волнового спаривания в $YBa_2Cu_3O_{7-\Delta}$, допированного Zn.
 16. Гудименко В.А., Акименко А.И. Обнаружение признаков появления дополнительного s-волнового параметра порядка в туннельных спектрах контактов $YBa_2Cu_3O_{7-\Delta}$ разломного типа.
 17. Ревякин В.П. Перенос тепла в пластической фазе молекулярных кристаллов.

6 декабря

вторник.

14.00 – 17.00

Секция «Структурные свойства твердых тел. Физические явления в низкоразмерных структурах».

Сопредседатели:

Багмут А.Г., Зыман З.З.

Устные доклады:

1. Сипатов А.Ю., Самбурская Т.А., Волобуев В.В., Федоров А.Г. Интердиффузия в сверхрешетках на основе халькогенидов свинца.
2. Тищенко К.В., Макуха З.Н., Проценко И.Е. Особенности деформационной зависимости коэффициента тензочувствительности в двухслойных пленках.
3. Уколов А.И., Надточий В.А. Получение низкоразмерных структур на поверхности монокристаллического германия низкотемпературным деформированием.
4. Товстюк Н.К., Фоменко В.Л., Григорчак І.І., Середюк Б.О. Шаруваті кристали InSe, інтеркальовані нікелем як матеріали спінтроніки: структурні, кінетичні та магнітні особливості.
5. Зыман З.З., Рохмистров Д.В., Гончаренко А.В. Получение нанокристаллического гидроксилалатита с использованием микроволнового облучения.
6. Рудченко С.О., Стариков В.В., Пуха В.Е. Синтез и исследование алмазоподобных углеродных пленок для фэп.
7. Багмут А.Г., Жучков В.А., Муравьев Т.К. Структура и фазовые превращения в пленках, осажденных лазерной абляцией Re.
8. Сухов В.Н., Дукаров С.В., Чурилов И.Г., Петрушенко С.И., Павлов А.В. Образование сквозных пор в конденсированных пленках свинца.
9. Маевский Э.А., Петрусенко Ю.Т., Бакай А.С., Борисенко В.Н. Кинетика накопления и отжига радиационных дефектов в высокоэнтропийном сплаве $Al_{0.5}CoCrCuFeNi$.

6 декабря

вторник

17.00 – 18.00

Стендовые доклады:

1. Неклюдов И.М., Леденёв О.П., Фёдорова Л.И., Полтинин П.Я. Структурообразование осадков при переносе пыли в модельных пористых средах.
2. Лазарев В.И., Сухов В.Н. Фазовые переходы при нагреве металлических плёночных систем.
3. Приц І.П., Сідей В.І., Малаховська-Росоха Т.О., Милиян Ж.І., Милиян П.М., Кохан О.П., Макауз І.І., Погодін А.І. Дослідження областей гомогенності фаз $Sn_2P_2S_6(Se_6)$ у

потрійних системах Sn–P–S(Se).

4. Белецкий В., Кравченко А., Петрусенко Ю., Борисенко В., Лавриненко С., Баыма Л. Сорбционные свойства углеродных нанотрубок.
5. Чобаль І., Різак І., Різак В. AbInitio розрахунки густини електронних станів кристалів $Me_2B_4O_7$ (Me=Li, Na, K).
6. Чобаль О., Різак І., Різак В. AbInitio розрахунки фізичних властивостей і мікроскопічний механізм структурних перетворень у кристалах $Sn(Pb)_2P_2S(Se)_6$.
7. Ткаченко Н.В., Ровенская Л.А., Тютерева Е.В., Зыман З.З. Активация спекания карбонизированного гидроксилатапита в атмосфере двуокиси углерода.
8. Березняк Е.П., Саенко Л.А.. Влияние электронного облучения на структурно-фазовое состояние кварца гранитоидных горных пород.
9. Емельяненко В.В., Проценко Е.Б. Моделирование изгибной жесткости однослойных углеродных нанотрубок конфигурации «armchair».

7 декабря

среда

10.00 – 12.00

Секция «Физика прочности и пластичности»

Сопредседатели:

Лебедев В.П., Соколенко В.И.

Устные доклады:

1. Папиров И.И., Николаенко А.А., Шокуров В.С., Шкуропатенко В.А. Влияние условий деформации на образование встроенных зон в бериллии.
2. Пойда В.П., Брюховецкий В.В., Кузнецова Р.И., Пойда А.В., Педун Д.Е., Сухова Т.Ф. Частичное плавление и высокотемпературная сверхпластичность алюминиевых сплавов.
3. Забродин П.А., Русакова А.В. Влияние размера зерна и температуры на локализацию пластической деформации в сплаве Al-Li.
4. Неклюдов И.М., Ющенко К.А., Соколенко В.И., Мац А.В., Черняк Н.А. Перераспределение внутренних напряжений в сварном соединении корпусной стали в результате воздействия переменного магнитного поля.
5. Лебедев В.П., Савич С.В. Влияние импульсов электрического тока на деформацию поликристаллической меди.
6. Крыловский В.С., Лебедев С.В. Малоамплитудная скачкообразная деформация сплава Pb – 27 ат.% In в нормальном и сверхпроводящем состояниях.
7. Чиркина Л.А., Лазарева М.Б., Оковит В.С., Соколенко В.И., Хаймович П.А., Калиновский В.В., Пойда В.П., Брюховецкий В.В., Пойда А.В. Особенности структуры и упругих модулей алюминиевого сплава после деформации при 77 К, отжига при 200°C и охлаждения до 77 К.

7 декабря

среда

12.30 – 13.30

Стендовые доклады:

1. Мац А.В., Мац В.А., Нетесов В.М., Соколенко В.И. Влияние электронного облучения на механические характеристики наноструктурированных цирконий-ниобиевых сплавов.
2. Петченко Г.О., Петченко О.М. Вплив рентгенівського опромінення на дислокаційні втрати ультразвуку в монокристалах LiF.
3. Татаркина И.С., Пономаренко И.В. Повышение механических характеристик изделий ионной бомбардировкой.
4. Андронов В.М. Упрочнение нитевидных кристаллов меди при легировании их примесями.
5. Брюховецкий В.В., Пойда В.П., Пойда А.В., Коломак Ю.В. Модель зернограничного проскальзывания в условиях высокотемпературной сверхпластичности.
6. Пойда В.П., Педун Д.Е., Брюховецкий В.В., Пойда А.В., Крышталь А.П., Самсоник А.Л., Каафарани Али Махмуд. Высокотемпературная структурная сверхпластичность сплава АМг2м.
7. Неклюдов И.М., Воеводин В.Н., Ющенко К.А., Соколенко В.И., Толстоуцкая Г.Д., Мац А.В., Бровина М.А., Копанец И.Е., Г.И.Толмачева. Изменение локальных механических характеристик облученной корпусной стали 15Х2НМФА и сварных соединений в результате воздействия переменного магнитного поля.
8. Алексеева Л.А. Фотоиндуцированный скачок деформации твердого водорода.
9. Шаповалов Ю.А., Коршак В.Ф., Паль-Валь П.П. Изменение упругих свойств эвтектических сплавов в условиях сверхпластичности.
10. Метолитиди Э.Н., Соколенко В.И., Хаймович П.А. Особенности изменений ИК-спектров отражения металлов и сплавов в результате интенсивных пластических деформаций при низких температурах.
11. Кисляк И.Ф., Кутный К.В., Тихоновский М.А., Стоев П.И., Андриевская Н.Ф., Пикалов А.И., Рудычева Т.Ю. Влияние структурного состояния на механические свойства и акустическую эмиссию чистого титана.
12. Воеводин В.Н., Диденко С.Ю., Ильченко Н.И., Диденко Ю.С., Ильченко Ю.Н., Соколенко В.И., Леденёв О.П., Черняк Н.А., Черевань Ю.А., Чупиков А.А., Боброва Н.Б. Механические и электромагнитные свойства слоистых композитов системы медь-сталь.
13. Псарук И.А., Табачникова Е.Д., Бейгельзимер Я.Е., Кулагин Р.Ю., Абрамова Е.А. Низкотемпературные механические свойства ультрамелкозернистого титанового сплава Вt1-0, полученного путем винтовой экструзии.

7 декабря

среда

14.00 – 17.00

Секция «Оптические и магнитные свойства твердых тел»

Сопредседатели:

Андерс А.Г., Агеев Л.А.

Устные доклады:

1. Ефимова Н.Н. Механизмы формирования гистерезисных свойств спиновых стекол.
2. Ванькевич А.В., Гнездилов В.П., Таранова И.А., Андерс А.Г. Влияние дейтерирования на колебательный спектр кристалла $(\text{CuSO}_4)(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)2\text{H}_2\text{O}$.
3. Савина Ю.А., Блудов А.Н., Пашенко В.А., Гнатченко С.Л., Szweczyk A. Магнитные и тепловые свойства квазидномерного антиферромагнетика B-TeVO_4 .
4. Ховайло В.В., Скоков К.П. Прямые измерения «гигантского» магнитокалорического эффекта в сплавах гейслера Ni-Mn-X ($\text{X} = \text{Ga}, \text{Sn}$).
5. Barabanenkov M.Yu., Davidiyuk G.E., Myronchuk G.L. External luminescence efficiency of phosphors with 1D diffraction grating.
6. Рыкова А.И., Хацько Е.Н., Черный А.С., Wogowiec M.T. Особенности физических свойств монокристалла $\text{KbO}(\text{WO}_4)_2$.
7. Гудима Ю.В., Максимов А.Ю. Гістерезисні явища в спин-кросовер сполуках: взаємозв'язок феноменологічного і мікроскопічного підходів.
8. Михайлов А.И. Повышение контрастности спектров рентгеновской флуоресценции при монохроматизации первичного спектра с помощью двухступенчатого переизлучателя.

7 декабря

среда

17.00 – 18.00

Стендовые доклады:

1. Тюрин А.В., Жуков С.А., Ламзаки О.В. Спектральная сенсбилизация эмульсий с гетерофазными микрокристаллами.
2. Хрустальов В.М., Савицький В.М., Харченко М.Ф. Кутові залежності поля спінової переорієнтації в сильноанізотропних антиферомагнетиках LiCoPO_4 та FeCO_3 .
3. Мозуль К.О., Шуринова О.В. Узагальнена діаграма магнітного стану кальцієвмісного гексафериту.
4. Орел Е.С. Эффективная перенормировка G-фактора ферромагнитного узкозонного F-D-металла.
5. Кунцевич С.П., Безлепкин А.А. Влияние размерного фактора на спиновую динамику в бариевом гексаферрите.

6. Галян В.В., Кевшин А.Г., Давидюк Г.С., Шевчук М.В. Фотолоюмінесценція стекол $\text{Ag}_{0.05}\text{Ga}_{0.05}\text{Ge}_{0.95}\text{S}_2\text{-Er}_2\text{S}_3$ у видимому та в близькому інфрачервоному діапазоні.
7. Звягина Г.А. Особенности поведения упругих характеристик редкоземельных ферроборатов Pr, Tb и Nd в окрестности фазовых превращений.
8. Звягина Г.А., Жеков К.Р., Звягин А.А., Билич И.В., Гудим И.А. Магнитные фазовые диаграммы монокристалла $\text{Nd}_{0.75}\text{Dy}_{0.25}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$.
9. Макаровский Н.А., Летяго Л.М. Влияние рельефа поверхности подслоя ZnS на плазменный резонанс в гранулярных пленках Ag и Au.
10. Агеев Л.А., Маковецкий Е.Д., Коренев А.С. Периодические структуры и дихроизм в пленках AgCl-Ag, индуцированные фиолетовым полупроводниковым лазером.

8 декабря

четверг

10.00 – 12.30

Секция «Теоретическая физика»

Сопредседатели:

Ермолаев А.М., Богдан М.М.

Устные доклады:

1. Ульянов В.В. К юбилею М.И. Каганова.
2. Кириченко О.В., Песчанский В.Г. Гальваномагнитные явления в слоистых проводниках с многолистной поверхностью Ферми.
3. Ковалев А.С., Панкратова М.Л. Вихревая и доменная структура тонкой ферромагнитной пленки на шероховатой поверхности антиферромагнетика.
4. Богдан М.М., Чаркина О.В. Теория локальной отрицательной магнитной проницаемости в нелинейных метаматериалах.
5. Белобров П.И. Теория коллективных возбуждений алмазных шаров.
6. Нацик В.Д., Семеренко Ю.А. Новый метод анализа пиков внутреннего трения в кристаллах со случайным распределением структурных искажений.
7. Лыхах В.А., Сыркин Е.С., Галушак И.В., Кривонос С.С. Спектр носителя в полупроводниковых функционализированных нанотрубках и конформационные переходы.
8. Соколова Е.С., Ковалев А.С., Тимлер Р., Майер А.П. Модельное описание упругих клиновых волн, распространяющихся в среде с пространственно неоднородными материальными характеристиками.
9. Ермолаев А. М., Рашба Г. И., Соляник М. А. Спиновые волны Ландау - Силина на поверхности неферромагнитной нанотрубки.
10. Годованная Н.В., Господарев И.А., Кравченко К.В., Сыркин Е.С., Феодосьев С.Б. Электронные и фононные спектры одномерных нанообразований в объеме и на поверхности кристалла.
11. Ключко М.С., Ризак В.М., Господарев И.А., Сыркин Е.С., Феодосьев С.Б. Условия существования оцк фазы в ван дер ваальсовых кристаллах и ее колебательные характеристики

8 декабря

четверг

12.30 – 13.30

Стендовые доклады:

1. Ульянов В.В., Ульянов Н.В. О квантовых ангармонических осцилляторах.
2. Слипченко Т.М., Ямпольский В.А., Кадыгроб Д.В., Богданис Д.А. Поверхностные и волноводные джозефсон-плазменные моды в пленке слоистого сверхпроводника.
3. Парафило А.В., Криве И.В. Фазово-зависимая сила в SnS контакте с подвижным рассеивателем.
4. Езерская Е.В., Левина С.В. Энергетический спектр и локальные термодинамические характеристики XY цепочки с примесным фрагментом.
5. Божко А.А., Апостолов С.С., Майзелис З.А., Сорокина М.А., Ямпольский В.А. Нелинейные эффекты в прохождении терагерцовых волн сквозь пластину слоистого сверхпроводника.
6. Лымарь А.В., Ульянов В.В. К теории фрактальных множеств Мандельброта и Жюлиа.
7. Cheranovskii V.O., Ezerskaya E.V. On the energy spectrum of distorted diamond hubbard chain with strong electron repulsion.
8. Смирнов С.Н., Нацик В.Д., Белан В.И. Моделирование дислокаций и краудионов в 2D кристаллах ограниченных размеров.
9. Безуглый А.В., Безуглый Е.А., Петченко А.М. Дифракция пучка электронов при наклонном их падении на решетку из металлических лент.
10. Бабич А.В., Кищенко Л.Н., Клепиков В.Ф. Критические явления и критические размерности в анизотропных нелинейных системах.
11. Волченко А.П. Явление абберации света и преобразования Лоренца.
12. Гурин А.М., Петров Л.В. О топологии поля фрустраций в модели Бернала.
13. Ключко М.С., Галушак И.В., Трушина К.А., Рожков А.А. Зоны объемных колебаний и поверхностные волны в кубических кристаллах с адсорбированным монослоем.
14. Господарев И.А., Гришаев В.И., Котляр А.В., Кравченко К.В., Манжелий Е.В., Сыркин Е.С., Феодосьев С.Б., Feher A. Электронный спектр графена, содержащего локальные дефекты.
15. Галушак И.В., Рожков А.А., Трушина К.А., Ключко М.С. Дисперсионные соотношения колебательных возбуждений в моделях одноатомных и двухатомных двумерных цепочках.

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПОДСЛОЯ ZnS НА ПЛАЗМЕННЫЙ РЕЗОНАНС В ГРАНУЛЯРНЫХ ПЛЕНКАХ Ag И Au

Н.А. Макаровский, Л.М. Летагю

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

В работе проведено экспериментальное исследование влияния рельефа поверхности подслоя ZnS на плазменный резонанс в гранулярных пленках серебра и золота. Гранулярные пленки золота и серебра осаждались на шероховатую поверхность подслоя ZnS на кварцевой подложке. Кроме этого на рабочую поверхность нескольких образцов после проведения спектрофотометрических измерений наносился дополнительный слой ZnS для того, чтобы существенно изменить величину диэлектрической проницаемости среды, окружающей серебряные и золотые гранулы. Спектрофотометрические измерения проводились как при нормальном падении света на образец, так и при наклонном падении Р-поляризованного света под углом $\psi=50^\circ$. Установлено, что на шероховатых поверхностях подслоя ZnS наблюдаются две полосы поглощения. Нанесение дополнительного слоя ZnS приводит к сдвигу обеих полос в низкочастотную область. Появление двух полос поглощения в гранулярных пленках золота и серебра, осажденных на шероховатые подложки, объясняется тем, что в этом случае формируется два слоя гранул с различным фактором заполнения и с различной эффективной диэлектрической проницаемостью окружающей среды [1]. Можно предположить, что за образование высокочастотной полосы ответственны гранулы верхнего слоя, а за образование низкочастотной – гранулы нижнего слоя, которые расположены между выступами рельефа подложки и поэтому в значительной мере окружены материалом подложки ZnS. Гранулы, соответствующие высокочастотной полосе, расположены на выступах рельефа и со всех сторон окружены воздухом. Именно поэтому при нанесении дополнительного слоя ZnS максимум высокочастотной полосы смещается сильнее, чем максимум низкочастотной полосы. В этом случае положение высокочастотной полосы определяется собственной частотой колебаний электронов в грануле, что дает возможность определения действительной части диэлектрической постоянной, связанной с межзонными переходами в металле гранул. Действительная часть диэлектрической постоянной, связанная с межзонными переходами в серебре оказалась приблизительно равной 5,4, а в золоте – 6. Эти величины хорошо согласуются с результатами расчетов для массивных образцов серебра [2] и золота [3].

1. Шклярский И.Н., Бондаренко Ю.Ю., Макаровский Н.А. // Опт. и спектр.–2000.–Т.88, вып. 4. – С. 542-547.
2. Милославский В.К., Яровая Р.Г. // Опт. и спектр.–1966.– Т.21, вып. 6. – С. 708-714.
3. Шклярский И.Н., Пахомов П.Л. // Опт. и спектр.–1973.–Т.34, вып. 1. – С. 163-166.

ФОТОИНДУЦИРОВАННЫЙ СКАЧОК ДЕФОРМАЦИИ ТВЕРДОГО ВОДОРОДА

Л.А. Алексеева

*Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН
Украины
alekseeva@ilt.kharkov.ua*

Наличие полосы поглощения водородом значительного количества энергии в инфракрасной (ИК) области (см. [1]) может инициировать его переход в сверхпластическое состояние [2] даже в самом неблагоприятном случае нормального водорода ($n\text{-H}_2$, 75% $o\text{-H}_2$), значительно более жесткого, чем параводород ($p\text{-H}_2$, 0,2% $o\text{-H}_2$). В этой связи в интервале температур 1.8-4.2 К измерены временные зависимости $\epsilon(t)$ относительного удлинения ϵ образцов H_2 , находящихся в режиме ползучести под действием постоянно приложенного механического напряжения и - одновременно - ИК - излучения. С подачей на образцы потока ИК - фотонов как в случае $n\text{-H}_2$, так и для $p\text{-H}_2$ обнаружено появление на кривых $\epsilon(t)$ ползучести скачков $\Delta\epsilon$ деформации, не сопровождающихся ростом температуры кристаллов. Прекращение воздействия на H_2 ИК излучения приводило к полному исчезновению фотоиндуцированного приращения $\Delta\epsilon$ деформации. Типичная эволюция фотоиндуцированного скачка деформации H_2 во времени после выключения источника ИК излучения показана на Рис. Проведенные эксперименты показали, что в результате многократного, сравнительно длительного облучения образцов имеет место значительное понижение с числом включений источника ИК фотонов константы логарифмической ползучести H_2 , а также рост предела прочности. Появление упрочненного состояния облученных водородных кристаллов непротиворечиво объясняется в рамках квантовой когерентной подвижности [3,4] перегибов на дислокациях и согласуется с результатами работы [5], в которой зарегистрирован скачок скорости v_t поперечного звука в твердом водороде при воздействии на образцы ИК - излучения. Учитывая известное соотношение $G = \gamma v_t^2$ между модулем сдвига G кристалла плотности γ и величиной v_t , рост v_t при условии $\gamma = \text{const}$ указывает на ужесточение кристаллического H_2 , что и наблюдалось в проведенных экспериментах вместо ожидаемого перехода его в сверхпластическое состояние.

1. J. Van Kranendonk, G. Karl. Rev. of Modern Physics 40, 531 (1968).
2. Л.А. Алексеева, И.Н. Крупский. ФНТ 10, 327 (1984).
3. Б.В. Петухов, В.Л. Покровский, ЖЭТФ 63, 385 (1972).
4. М.А. Стржемечный, ФНТ 10, 663 (1984).
5. П.А. Безуглый, Р.О. Плахотин и Л.М. Тарасенко, ФТТ 13, 309 (1971).

СПЕКТР ЭЛЕКТРОН-ФОНОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МЫШЬЯКЕ

А.В.Хоткевич¹, Е.В.Хоткевич¹, Б.Л.Конопацкий², С.В.Морлок²

¹Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

²Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины

Для экспериментального изучения электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ) в мышьяке использован метод микроконтактной спектроскопии [1].

Точечные контакты скользящего типа получались между свежими сколами на каждом из двух электродов, вырезанных из крупноблочного поликристаллического образца As с отношением $\rho_{300K}/\rho_{4,2K} = 4,5$. Взаимное положение электродов в механическом устройстве для их микроперемещений в жидком гелии позволяло в одном цикле охлаждения последовательно получать практически неограниченное число точечных контактов между все новыми чистыми недеформированными участками поверхностей каждого из электродов. Измерялись зависимости первой и второй гармоник сигнала модулирующего тока от напряжения на контакте, пропорциональные дифференциальному сопротивлению и второй производной вольт-амперной характеристики (ВАХ). Типичное начальное значение дифференциального сопротивления составляло ~ 10 Ом. Применение точечных гомоконтактов As/As позволило исключить искажающее воздействие на результаты измерений использования в [2] гетероконтактов Cu/As. Наблюдался полупроводниковый характер изменения сопротивления контактов (уменьшение с увеличением напряжения), что соответствует отрицательным значениям второй гармоники модулирующего сигнала. Такое явление инверсии знака второй производной ВАХ связывается с разрушением локализации электронов в полуметаллах при ЭФВ [3]. Тем не менее, полученные вторые производные ВАХ содержат детальную информацию об ЭФВ. По нашим данным, спектр ЭФВ в As имеет два основных пика при энергиях в районе 10 и 25 мэВ, причем наблюдается расщепление низкочастотного пика с появлением дополнительной особенности в районе 14 мэВ. Граница однофононной части спектра расположена вблизи 34 мэВ. Эти данные хорошо согласуются с наиболее достоверными результатами, полученными к настоящему времени для плотности фононных состояний. Измеренные вторые производные ВАХ позволяют с большой точностью рассчитать такие важные термодинамические характеристики ЭФВ как средняя и среднеквадратичная частоты фононов.

Работа поддерживалась МОНМС Украины.

1. A.V.Khotkevich, I.K.Yanson. Atlas of point contact spectra of electron-phonon interactions in metals, Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London (1995), 168 p.
2. N.N.Gribov, P.Samueli, J.A.Kokkede et al. Phys. Rev. Lett. 66 (1991) 786.
3. Yu.G.Naidyuk, I.K.Yanson. Pint-contact spectroscopy, Springer, New York (2004), 300 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ И КРАУДИОНОВ В 2D КРИСТАЛЛАХ ОГРАНИЧЕННЫХ РАЗМЕРОВ

С.Н. Смирнов¹, В.Д. Нацик^{1,2}, В.И. Белан¹

¹*Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины*

²*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина*

Изучение физико-механических свойств низкоразмерных наносистем является одним из актуальных и приоритетных направлений современной физики. Физические свойства таких систем сильно зависят от их дефектной структуры, особенно от присутствия в них дислокаций и краудионов. Зарождение и перемещение этих дефектов определяют способность кристаллических материалов к пластическому скольжению, которое может распространяться вдоль плотноупакованных атомных плоскостей или рядов эстафетным способом при сравнительно малых значениях деформирующих сил. Край незавершенного (не прошедшего через весь кристалл) пластического сдвига образует специфический дефект структуры - дислокацию или краудион. В настоящее время в физике конденсированного состояния вещества значительный интерес вызывают двумерные (2D) кристаллы. В 2D кристаллах дислокации и краудионы относятся к классу точечных дефектов и возникают в результате незавершенного пластического сдвига вдоль некоторого плотноупакованного атомного ряда, однако эти дефекты отличаются один от другого присущими каждому из них топологическими свойствами.

В настоящей работе методами молекулярной динамики проведено моделирование дислокаций и краудионов в 2D кристаллических кластерах ограниченных размеров с гексагональной решеткой, в которой межатомное взаимодействие описывается парным центрально-симметричным потенциалом Леннарда-Джонса. Атомная релаксация рассчитывалась при отсутствии внешних по отношению к кластеру сил. На первом этапе моделирования формировалась равновесная атомная конфигурация идеального бездефектного кристаллического кластера, соответствующая нулевой температуре. В качестве начальной задавалась атомная конфигурация кластера, представляющая собой часть идеальной бездефектной кристаллической гексагональной решетки, вписанной в круг заданного радиуса. В результате расчетов атомной релаксации были получены атомные конфигурации идеальных бездефектных кристаллических кластеров различных размеров и вычислены их энергии.

Дефекты вводились в центр кристалла: дислокация путем незавершенного сдвига одной половины кристалла относительно другой, а краудион путем незавершенного сдвига атомов центрального ряда. В результате расчетов атомной релаксации получены атомные конфигурации кристаллов с дефектами и значения собственных энергий дислокаций и краудионов в кристаллах различных размеров. Исследована зависимость энергии дефектов от размера кристалла. Показано, что энергия дислокации больше энергии краудиона, если радиус кластера превышает 33 параметра кристаллической решетки. Результаты моделирования показали, что длина краудиона составляет $\approx 8-10$, а радиус ядра дислокации $\approx 1-2$ параметра решетки. Проведено сопоставление результатов моделирования с результатами теории этих дефектов в линейно упругом 2D континууме.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И УПРУГИХ МОДУЛЕЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ 77 К, ОТЖИГА ПРИ 200°С И ОХЛАЖДЕНИЯ ДО 77 К

Л.А.Чиркина, М.Б.Лазарева, В.С.Оковит, В.И.Соколенко, П.А.Хаймович,
В.В.Калиновский, В.П.Пойда*, В.В.Брюховецкий**, А.В.Пойда**

*ННЦ ХФТИ, Институт физики твердого тела, материаловедения и технологий,
kalinovsky@kipt.kharkov.ua*

**Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина МОН Украины*

***Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины*

Исследовался алюминиевый сплав 1420, содержащий 5,0-6,0% Mg, 1,9-2,3% Li; 0,09-0,15% Zr; 0,1-0,3% Si; $\leq 0,3\%$ Fe; 0,1% Ti; 0,3% Mn; 0,005% Na. Исходное состояние сплава для исследования – промышленный полуфабрикат.

Физико-механические характеристики сплава 1420 определялись в исходном состоянии, после квазигидроэкструзии с противодавлением (КГЭП) до 60% при 77 К, последующего отжига при 473 К (1 ч.) и охлаждения до 77 К. Измерялись температурные зависимости внутреннего трения (ВТ) и модуля сдвига (G) в области 77-473 К и d(g) – амплитудная зависимость внутреннего трения (а.з.в.т.) при 300 К.

Из измерения а.з.в.т. (рис.а) следует, что в результате КГЭП длина дислокационного сегмента L_N с «жестким» закреплением не изменилась по сравнению с исходным состоянием, а концентрация точечных дефектов, обуславливающих «слабое» закрепление дислокационных петель длиной L_C , заметно растет вызывая увеличение амплитуды отрыва в ~2 раза.

Отжиг при 473 К деформированных образцов приводит к уменьшению критической амплитуды отрыва дислокаций от слабых точек закрепления от $2,3 \times 10^{-5}$ для деформированного состояния до значения меньше 4×10^{-6} . При этом амплитуда деформаций, вызывающая отрыв дислокаций от жестких стопоров, характеризующая работу источников Франка-Рида, после отжига при 473 К уменьшается более чем в 2 раза.

Вызывает интерес характерное для деформированного и отожженного при 473 К образца существенное (на 22%) понижение модуля сдвига при охлаждении до 77 К (рис.б) и появление острого пика ВТ при 126 К. При повышении температуры измерения до 200 К наблюдается рост модуля сдвига на 15%. Аномально низкий уровень модуля сдвига после отжига при 473 К и охлаждения до 77 К, а также характер температурных изменений G в области 77-250 К можно объяснить низкотемпературными полиморфными превращениями ОЦК ↔ ГПУ лития, выделившегося на границах раздела после расплавления фазы Al_3Li в результате отжига, с учетом того, что уровень модуля сдвига при полиморфных превращениях меньше для ГПУ решетки, чем для ОЦК [1].

1. А.И.Дашковский, Сб. металлургия и металловедение чистых металлов – Москва: Атомиздат, 1963. – с.182.

EXTERNAL LUMINESCENCE EFFICIENCY OF PHOSPHORS WITH 1D DIFFRACTION GRATING

M.Yu.Barabanenkov^{a,*}, G.E.Davidyuk^b, G.L.Myronchuk^b

^a*Institute of Microelectronics Technology RAS, barab@iptm.ru*

^b*Lesya Ukrainka Volyn State University,*

The importance of light-emitting structures and phosphors as an instrumental ingredient in solid-state lighting is of common knowledge. The development of their high efficiency and brightness is mainly limited by the difficulty for light to escape from high refractive index semiconductors. Among a number of schemes considered for increasing the external efficiency, surface roughening [1] or surface texturing with a rear reflector [2] is considered as one of the simpler methods. In these methods at least three parameters have to be optimized: elementary “cell” size, their distribution on the surface, and their depth. The roughened surface morphology can be irregular and uncontrolled [3]. Aiming to overcome the latter problem, the formation of active emitters in a two dimensional inverse photonic crystal was proposed [6]. On the other hand, getting a surface of light emitting media into a shape of a diffraction grating promises additional light output due to the electromagnetic properties of resonant gratings.

We report a principal scheme of external efficiency enhancement of phosphor luminescence, in particular chalcogenide semiconductor CdS single crystal. Green, orange, red, and near infrared frequencies can be enhanced and filtered from a continuous emission spectra of CdS phosphor on the basis of two different effects: (i) radiation stimulated formation of optically active defects in the phosphor structure and partially controllable rearrangement of optically active radiation defects in CdS crystals; (ii) resonance diffraction of emitted electromagnetic waves on a patterned (regular system of etching grooves or/and metal lamellar grating) structure surface. We calculate the reflection spectra of an one dimensional resonant diffraction grating with single (CdS) and binary (CdS/Au) strip-like rulings by the Riccati equation method [4]. The gratings will control the emission angle cone and couple exponentially decaying (evanescent) part of phosphor radiance to air [5], which is a new mechanism of external efficiency enhancement. Really, a grating on the top of the phosphor surface was usually considered in the approximation that the radiance of luminescent area of the structure consists only of propagating (homogeneous) electromagnetic waves. In a more rigorous manner, we have to take exponentially decaying (evanescent) emitted waves into account.

1. I. Schnitzer, E. Yablonovitch, C. Caneau, T. J. Gmitter, A. Scherer, *Appl. Phys. Lett.*, **63**, 2174 (1993).
2. R. Windisch, B. Dutta, M. Kuijk, A. Knobloch, S. Meinschmidt, S. Schoberth, P. Kiesel, G. Borghs, G. H. Dohler, P. Heremans, *IEEE Trans. Electron Devices*, **47**, 1492 (2000).
3. C. Huh, K.-S. Lee, E.-J. Kang, S.-Ju Park, *J. Appl. Phys.*, **93**, 9383 (2003).
4. M.Yu.Barabanenkov, Yu.N.Barabanenkov, *JOSA A*, **23**, 581 (2006).
5. M.Yu.Barabanenkov, Yu.N.Barabanenkov, Yu.V.Gulyaev, S.A.Nikitov, *Physics Letters A*, **364**, 421 (2007).

ТЕОРИЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ АЛМАЗНЫХ ШАРОВ

П. И. Белобров

Сибирский Федеральный Университет, МОЛПИТ, Институт физики им. Л.В. Киренского и Институт биофизики СО РАН, peter.belobrov@gmail.com

В докладе рассмотрены некоторые результаты построения теории наноалмаза (ND), где основные физические свойства термодинамически устойчивой фазы алмаза с частицами ~ 5 нм определяются коллективными возбуждениями в них, которые принципиально требуют учета конечности алмазного шара. Для применения подходов квантовой теории твердого тела использованы следующие соображения.

Зона Бриллюэна ND суть многогранник Вороного всей обратной решетки, т.е. всё обратное пространство алмазного шара. Сделан анализ различных схем зон Бриллюэна одного шара и найдено, что в центре зоны существует запрещенная область волновых векторов $\sim 1/50 \text{ \AA}^{-1}$, соответствующая размеру запрещенной области между двумя примесными атомами бора в сверхпроводящем алмазе. Поэтому в качестве начального приближения к поверхности Ферми ND использована поверхность Ферми сверхпроводящего алмаза, легированного бором. Поверхность Ферми ND должна быть близка к сферической из-за случайного распределения алмазных шаров в пространстве и дисперсии их размеров. Уровень Ферми ND, соответствующий образованию радикального состояния, располагается между НОМО и ЛУМО, примерно там, где находится уровень Тамма неспаренного электрона, т.е. в середине запрещенной зоны алмазного шара.

Кванты звука в алмазных шарах 5 нм могут иметь коллективные колебательные моды, т.е. новые типы акустических мод, отличающиеся от продольных и поперечных колебаний, характерных для бесконечных решеток. Кроме поверхностных акустических мод в ND возможны и некоторые специфические моды, например, акусто-оптические (на пересечении зависимостей энергии разных ветвей от постоянной решетки). Среди них коллективные возбуждения или квазичастицы Тамма, когда пересекаются по энергии акустическая и электронная ветви. Возможны ротонные состояния, когда электронно-колебательная волна движется спирально по поверхности (изменяется только j и q в сферической системе координат), а электронная плотность самосогласованно изменяется в радиальном направлении r .

ND термодинамически устойчивее других форм углерода, если содержит от ~ 1100 до ~ 25000 атомов, т.е. диаметры стабильных шаров лежат между ~ 2 и ~ 5 нм. Резонансные с самосогласованным полем излучения колебательные структуры связаны с волнами де Бройля электронной плотности,

Теория позволяет непротиворечивым образом объяснить все свойства ND, установленные ранее методами ЭПР, PEELS и КР-, ИК- и Оже-спектроскопии. Природа перехода Зеэмана в зоне коллективного электрона или квазичастицы Тамма, суть Оже-процесса и характер заселенности уровней Ландау коллективных состояний Тамма при захвате кванта магнитного потока частицей алмаза размером около 5 нм теперь не являются загадками. Уникальные магнитные свойства алмазных шаров определяются высокой парамагнитной восприимчивостью, которая является собственным свойством наноалмаза.

В заключение рассмотрены возможности наблюдения новых квантовых гальваномагнитных явлений в алмазных шарах, и доказательство принадлежности их к топологическим диэлектрикам.

НЕМОНОТОННОСТЬ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ В КВАНТОВОЙ ЯМЕ $\text{Si}_{0.05}\text{Ge}_{0.95}$ p-ТИПА В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОБЛАСТИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

И.Б. Беркутов¹, В.В. Андриевский¹, Ю.Ф. Комник¹, О.А. Миронов^{2,3}

¹ Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины

² University of Warwick Science Park

³ International Laboratory of High Magnetic Fields and Low Temperatures

Изучено поведение магнитосопротивления (МС) двумерной системы носителей заряда в квантовой яме с составом $\text{Si}_{0.05}\text{Ge}_{0.95}$ и дырочным типом проводимости. На зависимостях сопротивления образца от магнитного поля обнаружен максимум магнитосопротивления в области магнитных полей между проявлением эффекта слабой локализации и осцилляциями Шубникова – де Гааза. Носители заряда при $T=0.355$ К характеризовались следующими параметрами: эффективная масса дырок $m^*=0.156m_0$, концентрация дырок, найденная из эффекта Холла, составляла $p_H=1.76 \times 10^{12}$ см⁻², а найденная из периода осцилляций ШДГ – $p_{\text{SH}}=1.62 \times 10^{12}$ см⁻², упругое время рассеяния $\tau=6.05 \times 10^{13}$ с, длина свободного пробега $l=149.6$ нм, подвижность $\mu=6.8 \times 10^3$ см²В⁻¹с⁻¹. Полученные экспериментальные результаты проанализированы в соответствии с теоретической моделью Седракяна-Райха [1], в которой развита теория эффекта взаимодействия в области магнитных полей между проявлением слабой локализации и осцилляциями Шубникова-де Газа и предсказано появление максимума МС. Рассмотрен случай рассеяния электронов на примеси с короткодействующим потенциалом в объекте с большой длиной свободного пробега ($k_F l \gg 1, k_F$ - фермиевское волновое число). Исследованы процессы «рассеяния назад» от примеси и от фриделевских осцилляций электронной плотности, порожденных электрическим полем примеси, в результате которых появляется интерференционный вклад в поправку взаимодействия. Установлено, что областью применимости формул для поправки взаимодействия согласно теории [1] являются малые магнитные поля (до $\sim 0.3 \omega_c \tau$), где наблюдается, предсказанное в работе [1] линейное положительное магнитосопротивление. Однако, в более сильных магнитных полях между экспериментальными результатами и теорией [1] имеется расхождение в положении максимума МС. Максимум магнитосопротивления вполне успешно описывает теория взаимодействия Алтшулера-Аронова [2] для диффузионного режима электронного транспорта благодаря тому, что она предусматривает логарифмическое насыщение поправки взаимодействия к магнитопроводимости в сильном магнитном поле. Рассчитано значение константы взаимодействия λ , которая является подгоночным параметром. Согласно расчетам на основе теории [1] она оказалась равной 0.6, а согласно теории [2] она принимает значение в интервале 0.75 – 0.6 при изменении температуры от 0.345 К до 7.8 К.

1. T.A. Sedrakyan and M.E. Raikh, Phys. Rev. Letters, 100, 106806 (2008).
2. B.L. Altshuler and A.G. Aronov, in: Electron-Electron Interactions in Disordered Systems Modern Problems in Condensed Matter Science, edited by A.L. Efros and M. Pollak Amsterdam, North-Holland (1985).

К ТЕОРИИ ФРАКТАЛЬНЫХ МНОЖЕСТВ МАНДЕЛЬБРОТА И ЖЮЛИА

А.В.Лымарь, В.В.Ульянов

ХНУ имени В.Н.Каразина

В данном сообщении мы намечаем некоторые обобщения наших исследований фрактальных объектов [1-2]. Так, существует возможность модификаций множества Мандельброта и его аналогов при выборе начальной точки комплексной плоскости при построении соответствующих отображений, что дает одно из направлений обобщений. Добавим замечание о внутренней структуре множества Мандельброта и его аналогов. Обычно основное тело множества Мандельброта на рисунках закрашивается черным цветом. Тем самым игнорируется его внутренняя структура. Однако можно более детально отметить итерационный процесс для точек, остающихся в ограниченной области комплексной плоскости. Если расцветка области вне основного тела множества Мандельброта определяется «скоростью убегания» точки при итерациях, то расцветка внутри основного тела – пространственной удаленностью конечной точки. Далее, о расширении анимационных картин. В наших анимационных разработках в виде исполняемых файлов имеется ограниченный набор маршрутов, точек «погружения» и т. п. Было бы желательно создать анимации с непрерывным произвольным выбором направлений «путешествия», скоростей и глубин «погружения» для придания таким разработкам еще большей интерактивности. В наших работах были рассмотрены степенные аналоги множеств Мандельброта и Жюлиа, т. е. в итерационном процессе задействованы степенные функции, тогда как отображения могут реализоваться и при другом выборе функций. Еще один интересный аспект – эстетическая привлекательность структур, получаемых при компьютерном исследовании фрактальных объектов. Некоторое представление о красоте фракталов дают различные иллюстрации, полученные нами. Затеяливые узоры с удачными яркими раскрасками могут служить основой для декоративных применений. Мы не затронули важной проблемы научно-практического приложения теории множеств Мандельброта и Жюлиа и их аналогов. Одно из направлений – моделирование в медицине и биологии. Завершая обсуждение фрактальной темы, подчеркнем, что существенной частью наших работ являются компьютерные программы, созданные для исследования описываемых фракталов и для демонстрации выявленных особенностей в интерактивном режиме.

1. Е.Н.Синельник, В.В.Ульянов. Фракталы: от математики к физике. – Х.: ХНУ им. В.Н.Каразина, 2005. – 52 с.
2. А.А.Лымарь, В.В.Ульянов. Фракталы: от математики к физике. Ч. 2. – Х.: ХНУ им. В.Н.Каразина, 2010. – 32 с.