

Секція: Загальна фізика

Назва напрямку секції: 4. Фізика твердого тіла. 4.4. Фізичні властивості низьковимірних систем. Фізичні основи цілеспрямованого формування складу та структури матеріалів у компактному та низьковимірних станах, що мають нові корисні властивості

**ЗВІТ
за 1 етап виконання наукової роботи (науково-технічної розробки)
(2019 рік)**

1. Назва НДР та категорія роботи: Розробка фізичних засад функціоналізації наноструктурованих матеріалів на основі карбону, напівпровідникових гетероструктур та поруватого кремнію. Фундаментальне дослідження.

2. Керівник НДР: Коротченко Олег Олександрович

3. Номер державної реєстрації: 0119U100303

4. Назва закладу вищої освіти або наукової установи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

5. Терміни виконання етапу: початок - 01.01.2019, закінчення - 31.12.2019

6. Обсяг коштів, виділених на виконання звітнього етапу НДР: 1271.300 тис. грн.

7. Короткий зміст запиту (предмет, об'єкт, мета, основні завдання, до 20 рядків)

Предмет дослідження: Процеси спрямованої зміни фізичних властивостей наноструктурованих матеріалів з полімерними і напівпровідниковими матрицями та нанонаповнювачами на основі карбону, кремнію та германію.

Об'єкт дослідження: Термічна та механічна стійкість нанокомпозитів на основі епоксидної смоли, термо-е.р.с. у кремній-германієвих гетероструктурах, процеси дифузії наночастинок у структурі "поруватий кремній-агарозний гель", процеси утворення наноструктурного металу на поверхні нанокарбону.

Мета науково-дослідної роботи: Розробка фізичних засад покращення термічної та механічної стійкості функціональних наноматеріалів на основі нанокарбонових структур, термоелектричних й теплофізичних властивостей гетероструктур Si/Ge та поруватого Si, шляхом модифікування їх структурно-морфологічних, механічних, магнітних властивостей різних форм карбонових наноматеріалів із металевими наночастинами, розміщеними на їх поверхні.

Основні завдання, задачі чи проблеми, які необхідно було вирішити для досягнення мети: Комбінацією методів рентгеноструктурного аналізу, електронної мікроскопії, вимірювання електро- та магнітотранспортних характеристик, термо-е.р.с., фототермоакустичної та раманівської спектроскопії, термодесорбції з мас-спектрометричною реєстрацією продуктів визначити фізичні закономірності процесів розподілу та переносу заряду, а також тепла у хімічно функціоналізованих та механічно модифікованих інтерфейсних областях композитних наноматеріалів, з'ясувати вплив структурно-морфологічних особливостей та типу модифікації карбонової компоненти наноструктурованих композитів на фізичні закономірності та механізми транспорту носіїв заряду у цих матеріалах.

8. Результати виконання попереднього (за наявності) етапу (до 10 рядків):

-

9. Опис процесу наукового дослідження за звітним етапом (до 50 рядків):

Заплановані в рамках наукової роботи дослідження виконувалися на наявному в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка обладнанні. Головна ідея досліджень звітнього етапу роботи полягала у визначенні фізичних закономірностей та механізмів впливу нанокомпонентів різної природи на фізичні властивості створених на їх основі нанокомпозитних матеріалів.

В результаті дослідження зареєстровано та пояснено ефекти руйнування довгих макромолекулярних епоксидних ланцюгів і амінових поперекових зв'язків, а також зв'язування окремих молекулярних груп, що входять до складу цих ланцюгів, і самих амінових зв'язків з активними поверхневими центрами окиснених та неокиснених багат шарових графенових нанопластинок. Запропоновано узагальнену модель процесів, що відбуваються при утворенні наноструктурних форм металу на поверхні карбонового компоненту нанокомпозиту. Запропоновано новий підхід до збільшення термо-е.р.с. композитних структур шляхом розміщення тонких кремнієвих шарів всередині германієвих квантових точок. Показано що параметри термопружного відгуку від зразків гідрогелю агарози з наночастинками залежать від концентрації, просторового положення та поглинальної здатності наночастинок. Встановлено основні закономірності перенесення заряду в гетероструктурах CuS_{1.8}–CdSe.

Галузі застосування результатів роботи включають виготовлення термоелектричних пристроїв на Ge/Si шляхом удосконалення внутрішньої інтерфейсної будови та селективного легування таких композитних структур, нові можливості вивчення та моделювання поведінки біологічних тканин, зокрема, процесів дифузії в біополімерах, пристрої фільтрації спінів та створення магнітних тунельних переходів до підвищеної біоактивності нанокарбонового компоненту, виготовлення нанокомпозитів із поліпшеними механічними, електричними та тепловими властивостями, а також клейові суміші або діелектричні прокладки в електроніці, клейові суміші в автомобілебудуванні, універсальні клейові суміші у побуті.

У цілому структура дослідження першого етапу визначається поєднанням проектування та формування наноструктурованих систем з багатокомпонентними наноаповнювачами на основі карбону та напівпровідникових складових з визначенням комплексу структурних, механічних тепло- та електрофізичних характеристик створених наноматеріалів.

10. Результати 1 етапу відповідно до технічного завдання:

Номер етапу	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
1	Визначення характеристик вихідних компонентів для виготовлення графен-містких полімерних НСМ на основі епоксидної смоли, відпрацювання технологічних режимів модифікації поверхні графенових нанопластинок, виготовлення поверхнево-модифікованих нанопластинок та порівняльні дослідження термодеструкції та статичних механічних	Будуть отримані експериментальні зразки: 1) поверхнево-модифікованих графенових нанопластинок та графен-містких полімерних нанокомпозитів; 2) карбонових магнітних НСМ з різною морфологією металу в 1D нанотрубках та 2D графіті; 3) карбонових нанотрубок, заповнених перехідними металами, а також карбонових нанотрубок, що містять Co, Ni, Fe та їх координаційні сполуки, закріплені на поверхні трубок; 4) карбонових нанотрубок та 2D графітів, графітових нанопластин та графеноподібних структур, інтеркальованих перехідними металами;	Отримано зразки: поверхнево-модифікованих графенових нанопластинок та графен-містких полімерних нанокомпозитів (неокиснені та окиснені багат шарові графенові нанопластинки, нанопластинки, функціоналізовані діоксидом титану TiO ₂ у формі анатазу, нанокомпозити на їх основі з використанням діанової епоксидної смоли ЕД-20); вуглецевих нанотрубок, модифікованих кобальтмісткими комплексами на поверхні нанокарбону; карбонового носія (нанографіт, одностінні та багатостінні вуглецеві нанотрубки), інтеркальованого перехідними металами; вуглецевих нанотрубок, декорованих наночастинками перехідних металів. Визначено концентраційні ефекти впливу графенових нанопластинок на

Номер етапу	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
	параметрів виготовлених НСМ	<p>карбонових нанотрубок з прищепленими по поверхні металмістними комплексами. Буде визначено: 1) концентраційні ефекти впливу графенових нанопластинок на термічну та механічну стійкість нанокompозитів на основі епоксидної смоли; 2) температурні залежності термо-е.р.с. у кремній-германієвих НСМ; 3) структурно-морфологічний стан та стабільність металічної та карбонової компонент залежно від параметрів процесу модифікації, параметрів структури та мірності вихідних для модифікованих карбонових НСМ. Буде розроблено методику моніторингу процесу дифузії наночастинок у НСМ на основі поруватого кремнію. Буде з'ясована роль структури гелів на кінетичні параметри процесу дифузії наночастинок. Буде створена діюча модель високочастотного ультразвукового реактора.</p>	<p>термічну та механічну стійкість нанокompозитів на основі епоксидної смоли. Встановлено, що у нанокompозитах епоксидної смоли, наповненої як неокисненими, так і окисненими багат шаровими графеновими нанопластинками, спостерігаються немонотонні концентраційні залежності термічної стійкості. Дані, отримані методикою статичного механічного навантаження свідчать, що межа міцності на стискання епоксидної смоли, наповненої неокисненими графеновими нанопластинками, зростає лише за дуже малих концентрацій наповнювача (до 0,01%) і зменшується. Разом з тим, статичний модуль Юнга таких нанокompозитів поступово зменшується зі зростанням вмісту наповнювача у всьому дослідженому інтервалі концентрацій (до 5%). Показано, що розміщення тонких кремнієвих шарів всередині германієвих квантових точок здатне суттєво збільшити коефіцієнт Зеебека. Збільшення кількості прошарків кремнію з одного до двох (відповідно зразки 2-кратної та 3-кратної ШК) збільшує коефіцієнт Зеебека приблизно на 40%. Температурна залежність коефіцієнту Зеебека в таких зразках гарно описується в рамках кінетичного рівняння Больцмана з урахуванням розсіювання фононів на внутрішніх інтерфейсних областях та фільтрацією вільних носіїв заряду з енергією, меншою за висоту бар'єру на інтерфейсі. Запропонований підхід до збільшення коефіцієнту Зеебека може бути використано для покращення термоелектричних пристроїв на Ge/Si шляхом удосконалення</p>

Номер етапу	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
			<p>внутрішньої інтерфейсної будови та селективного легування таких композитних структур. З'ясовано структурно-морфологічний стан та стабільність металічної та карбонової компонент залежно від параметрів процесу модифікації, параметрів структури та мірності вихідних для модифікованих карбонових наноматеріалів. Побудована узагальнена модель процесів, що відбуваються при утворенні наноструктурних форм металу на поверхні карбонового наноматеріалу. Показано, що при хімічній модифікації нанотрубок кобальтмісткими комплексами на поверхні нанокарбону утворюються функціональні комплекси з іонами кобальту. Декорування карбонового наноматеріалу наночастинками перехідних металів методом осадження з водносолевого розчину приводить до утворення наночастинок металу (кобальт та нікель) на поверхні частинок нанокарбону та частково в міжшаровому просторі. Розроблено методику моніторингу процесу дифузії наночастинок у наноматеріалі на основі порушеного кремнію. Продемонстровано можливість використовувати фотоакустичний метод для вивчення процесів дифузії в наночастинок у зразках гідрогелю агарози. Створено діючу модель високочастотного ультразвукового реактора.</p>

11. Відмінні риси і перевага отриманих результатів (продукції) над вітчизняними або зарубіжними аналогами чи прототипами (на підставі порівняльних характеристик) (до 20 рядків):

Отримані в роботі результати є оригінальними і мають певні переваги над аналогами. Запропоновано новітній підхід до збільшення термо-е.р.с. шляхом розміщення додаткових надтонких розсіюючих шарів всередині квантових точок. Раніше у структурах-аналогах було

продemonстровано лише зменшення теплопровідності. Вперше запропоновано узагальнену модель процесів, що відбуваються при утворенні нанометалу на поверхні карбонового компоненту. На відміну від аналогів, модель формує цілісне уявлення процесів осадження металу різними широко вживаними методами. Запропоновано новітню методику моніторингу процесу дифузії наночастинок у гелієвих нанокомпозитах. На відміну від аналогів, використаний фотоакустичний відгук має підвищену чутливість до неоднорідності гелю за густиною. Вперше з'ясовано та пояснено процеси руйнування довгих макромолекулярних епоксидних ланцюгів і амінових поперекових зв'язків, а також зв'язування окремих молекулярних груп, що входять до складу цих ланцюгів, і самих амінових зв'язків з активними поверхневими центрами окиснених та неокиснених багат шарових графенових нанопластинок. Продemonстровано застосовність дводіодної моделі для опису вольт-амперних характеристик гетероструктур CuS_{1.8}-CdSe, що є певним просуванням в аналізі фотовольтаїчних пристроїв у порівнянні з описами-аналогами.

12. Результативність виконання звітної етапу науково-дослідної роботи

№ з/п	Показники	Заплановано (відповідно до проекту), одиниць	Виконано (за результатами НДР), одиниць	Відсоток виконання, %
1.	Публікації виконавців (авторів) за тематикою НДР:			
1.1.	Статті у журналах, що входять до наукометричних баз даних:			
	- Scopus	7	14	перевиконано
	- Web of Science	0	13	100.00
	- Index Copernicus	0	0	100.00
1.2.	Публікації в матеріалах конференцій, що індексуються у наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science (або Index Copernicus для суспільних та гуманітарних наук)*	4	4	100.00
1.3.	Статті у виданнях, що включені до переліку наукових фахових видань України:	1	1	100.00
	з них: у виданнях з особливим статусом (рекомендовані секціями)**	0	0	100.00
1.4.	Публікації у матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України (крім тих, що увійшли до п. 1.2.)	14	17	перевиконано
1.5.	Монографії та розділи монографій, опубліковані за рішенням Вченої ради закладу вищої освіти (наукової установи)	0	0	100.00
1.6.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) в іноземних видавництвах	0	1	перевиконано
1.7.	Підручники, навчальні посібники України	0	2	перевиконано
1.8.	Словники, довідники	0	0	100.00
2.	Підготовка наукових кадрів:			
2.1.	Захищено докторських дисертацій за тематикою НДР	0	0	

№ з/п	Показники	Заплановано (відповідно до проекту), одиниць	Виконано (за результатами НДР), одиниць	Відсоток виконання, %
2.2.	Захищено кандидатських дисертацій за тематикою НДР	1	2	перевиконано
3.	Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності, створені за тематикою НДР:			
3.1.	Отримано патентів України	0	0	100.00
3.2.	Отримано свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір	0	0	100.00
3.3.	Отримано патентів інших держав	0	0	100.00
4.	Участь з оплатою у виконанні НДР (штатних одиниць/осіб):			
4.1.	Студентів	0	0	
4.2.	Молодих учених та аспірантів	1	1	100.00

* Тексти наукових статей, тез доповідей на наукових конференціях та описів отриманих патентів представляти на Web-сторінках організацій-виконавців наукової роботи (науково-технічної розробки).

** Для секцій, які не визначили перелік видань з особливим статусом, оцінюються журнали категорії «Б» згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 15.01.2018 № 32 «Про затвердження Порядку формування Переліку наукових фахових видань України», зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 06 лютого 2018 р. за № 148/31600.

13. Перелік виконавців (ПІБ та посада)

- Кузьмич Андрій Григорович, канд. фіз.-мат. наук, старш. дослідник (старш. наук. співроб.), Старший науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 59 .
- Бурбело Роман Михайлович , д-р фіз.-мат. наук, старш. дослідник (старш. наук. співроб.), Провідний науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 71 .
- Надточій Андрій Борисович, канд. фіз.-мат. наук, без звання, Старший науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 51 .
- Половина Олексій Іванович, канд. фіз.-мат. наук, без звання, Науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 64 .
- Горб Алла Миколаївна, канд. фіз.-мат. наук, без звання, Науковий співробітник, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 40 .
- Чуприна Роман Григорович, без ступеня, без звання, Провідний інженер, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 50 .
- Саєнко Галина Володимирівна, канд. фіз.-мат. наук, без звання, Провідний інженер, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 38 .
- Майко Олександр Михайлович, без ступеня, без звання, Інженер 1-ї категорії , Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 56 .
- Ліщук Павло Олександрович, без ступеня, без звання, Лаборант, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 26 .
- Боровий Микола Олександрович, д-р фіз.-мат. наук, проф., Завідувач кафедри загальної фізики, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 61 .
- Оліх Олег Ярославович, д-р фіз.-мат. наук, доц., Доцент кафедри загальної фізики фізичного факультету, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 44 .
- Цареградська Тетяна Леонідівна, канд. фіз.-мат. наук, доц., Доцент кафедри загальної фізики фізичного факультету, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 50 .
- Овсієнко Ірина Володимирівна, канд. фіз.-мат. наук, доц., Доцент кафедри загальної фізики

фізичного факультету, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 52 .
14. Подолян Артем Олександрович, канд. фіз.-мат. наук, доц., Доцент кафедри загальної фізики фізичного факультету, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 42 .
15. Шмід Володимир Ігорович, без ступеня, без звання, аспірант, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 25.

14. Бібліографічний перелік монографій, підручників, посібників, словників, довідників, наукових статей, інших публікацій; подані заявки та отримані патенти; теми захищених дисертацій:

Розділи монографій:

1. Matsui L.Y., Vovchenko L.L., Ovsienko I.V., Tsaregradskaya, T.L., Saenko G.V. Chapter 23: Theoretical analysis of metal salt crystallization process on the thermoexfoliated and disperse graphite surface . - In "Nanocomposites, Nanostructures and Their Applications. NANO 2018". Springer Proceedings in Physics. -Fesenko O., Yatsenko L. (eds). -Springer, Cham. - 2019. Volume 221. - P. 333-348. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-17759-1_23

Навчально-методичні посібники:

1. Physics. Mechanics, Molecular Physics and Thermodynamics: Textbook for foreign students of the preparatory departments. Навчальний посібник / Kozachenko V.V., Kalenyk O.O., Tsaregradska T.L. - K.: Publishing and Polygraphic Centre "The University of Kyiv", 2019. - 174 p. Рекомендовано до друку вченою радою фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 3 від 17.11. 2019 р.) та Науково-методичною Радою Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 5-18/19 від 26.03. 2019 р.) 10,2 др.арк.

2. Загальна фізика для хіміків. Збірник задач. Частина 2. Електрика та магнетизм. Навчальний посібник / Боровий М.О., Оліх О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л., Козаченко В.В., Подолян А.О., Ісаєв М.В., Дубик К.В.- Київ-Вінниця: ТОВ "Твори", 2019. - 164 с. Рекомендовано до друку вченою радою фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 2 від 16.09. 2019 р.) 10,2 др.арк.

Статті у журналах, що входять до наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science, та у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України:

1. Nadtochiy A., Kuryliuk V., Strelchuk V., Korotchenkov O., Li P.-W., Lee S.-W. Enhancing the Seebeck effect in Ge/Si through the combination of interfacial design features. - Scientific Reports. - 2019. - Volume 9. - P.16335. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52654-z>

2. Lee Y., Kim D., Jeong J., Kim J., Shmid V., Korotchenkov O., Vasa P., Bahk Y.-M., Kim D.-S. Enhanced terahertz conductivity in ultra-thin gold film deposited onto (3-mercaptopropyl) trimethoxysilane (MPTMS)-coated Si substrates. - Scientific Reports. - 2019. - Volume 9. - P.15025. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51085-0>

3. Savkina R., Smirnov A., Kirilova S., Shmid V., Podolian A., Nadtochiy A., Odarych V., Korotchenkov O. Charge-carrier relaxation in sonochemically fabricated dendronized CaSiO₃-SiO₂-Si nanoheterostructures. - Applied Nanoscience. - 2019. - Volume 9. - Issue 5. - P.1047-1056. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13204-018-0763-3>

4. Gorelov B.M., Gorb A.M., Nadtochiy A., Starokadomskiy D.L., Kuryliuk V.V., Sigareva N.V., Shulga S.V., Ogenko V.M., Korotchenkov O.O., Polovina O.I. Epoxy filled with bare and oxidized multi-layered graphene nanoplatelets: a comparative study of filler loading impact on thermal properties . - Journal of Material Science. - 2019. - Volume 54. - Issue 12. - P.9247-9266. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-019-03523-7>

5. Nadtochiy A., Korotchenkov O., Schlosser V. Sonochemical modification of SiGe layers for photovoltaic applications. - Physica Status Solidi (a). - 2019. - Volume 216. - Issue 17. - P.1900154. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pssa.201900154>

6. Shmid V., Kuryliuk V., Nadtochiy A., Korotchenkov O., Li P.-W. Improving photoelectric energy conversion by structuring Si surfaces with Ge quantum dots. - Proceedings of the 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019. - P.92-96. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8783352>

7. Shmid V., Podolian A., Nadtochiy A., Korotchenkov O., Romanyuk B., Melnik V., Popov V., Kosulya

- O. Photoelectric properties of SiGe films covered with amorphous- and polycrystalline-silicon layers. - Ukrainian Journal of Physics. - 2019. - Volume 64. - Issue 5. - P.415. <https://ujp.bitp.kiev.ua/index.php/ujp/article/view/2018573>
8. Olikh O.Ya. Relationship between the ideality factor and the iron concentration in silicon solar cells. - Superlattices and Microstructures. - 2019. - Volume 136. - P. 10639. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749603619316180>
9. Gorelov B.M., Gorb A.M., Czapla Z., Wacke S., Nadtochiy A., Kuryliuk V.V., Kostrzewa M., Ingram A., Starokadomskiy D.L., Korotchenkov O., Polovina O.I., Sigareva N.V. Impact of multilayered graphene nanoplatelets on 3D-molecular network of an epoxy resin. - Proceedings of the 2019 IEEE 9th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2019). - P. 01SSAN07-1 - 01SSAN07-5. - ISBN 978-1-7281-2830-6.
10. Tsaregradskaya T.L., Kunitskyi Y.A., Kalenyk O.O., Plyushchay I.V., Turkov O.V. Initiation of the explosive crystallization process in amorphous alloys of the Fe-Zr system by pulse laser treatment. - Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2019. - Volume 11. - Issue 2. - P.02005-1-02005-4. [https://doi.org/10.21272/jnep.11\(2\).02005](https://doi.org/10.21272/jnep.11(2).02005)
11. Tsaregradskaya T.L., Kozachenko V.V., Kuryliuk A.M., Turkov O.V., Saenko G.V. Effect of ultrasonic treatment on phase formation processes in amorphous alloy Fe₇₆ Ni₄ Si₁₄ B₆. - Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2019. - Volume 11. - Issue 3. - P.03031-1-03031-4. [https://doi.org/10.21272/jnep.11\(3\).03031](https://doi.org/10.21272/jnep.11(3).03031)
12. Tsaregradskaya T.L., Kurilyuk A.M., Saenko G.V., Kurilyuk V.V., Kalenyk O.O., Okonchuk M.V. Effect of thermomechanical and ultrasonic treatment on the properties of amorphous alloys. - Proceedings of the 2019 IEEE 9th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2019). - P.01TFC04-1 - P. 01TFC04-4. - ISBN 978-1-7281-2830-6.
13. Lishchuk P., Isaiev M., Osminkina L., Burbelo R., Nychporuk T., Timoshenko V. Photoacoustic characterization of nanowire arrays formed by metal-assisted chemical etching of crystalline silicon substrates with different doping level. - Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. - 2019. - Volume 107. - P.131-136. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2018.11.016>
14. Dubyk K., Pastushenko A., Nychporuk T., Burbelo R., Isaiev M., Lysenko V. Thermal conductivity of silicon nanomaterials measured using the photoacoustic technique in a piezoelectric configuration. - Journal of Physics and Chemistry of Solids. - 2019. - Volume 126. - P.267-273. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2018.12.002>
15. Lishchuk P., Dubyk K., Kuzmich A., Isaiev M., Naumenko S., Kuryliuk V., Belarouci A., Tkach R., Ostapenko R., Castanet G., Lemoine F., Lysenko V., Lacroix D. Impact of thermal annealing on photoacoustic response and heat transport in porous silicon based nanostructured materials. - AIP Conference Proceedings. - 2019. - Volume 2170. - P.020008. <https://doi.org/10.1063/1.5132727>
16. Ovsienko I.V., Len T.A., Prokopov O.I., Borovoy M.O., Matzui L.Yu., Syvolozhskyi O.A. The structural studies of phase transitions in the graphite intercalation compounds with iodine chloride and bromine. - Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2019. - Volume 11. - Issue 4. - P.04002. [https://doi.org/10.21272/jnep.11\(4\).04002](https://doi.org/10.21272/jnep.11(4).04002)
17. Borovyi M.O., Gololobov Yu.P. The near-threshold KL-ionization of Al metal atoms under electron bombardment. - Metallophysics and Advanced Technologies. - 2019. - Volume 41. - Issue 11. - P.1407-1416.
18. Плющай І.В., Цареградська Т.Л., Горкавенко Т.В., Плющай О.І. Першопринципне моделювання електронних та пружних властивостей дефектного кремнію. - Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. - 2019. - Т.17. - №3. - С.529-542. https://www.imp.kiev.ua/nanosys/media/pdf/2019/3/nano_vol17_iss3_p0529p0542_2019.pdf

Захищено дисертації:

1. Дубик Катерина Володимирівна. "Особливості формування фотоакустичного відгуку в композитних системах на основі поруватої кремнієвої матриці". Спеціальність 01.04.07. - Фізика твердого тіла Науковий керівник: Бурбело Роман Михайлович. 2019 рік. Захист на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.23 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 03022, м. Київ, просп. Академіка Глушкова 4, корп. 1, фізичний факультет, ауд. 500.
2. Ліщук Павло Олександрович. "Особливості теплового транспорту в поруватих напівпровідникових структурах на основі кремнію". Спеціальність 01.04.07. - Фізика твердого

тіла Науковий керівник: Бурбело Роман Михайлович. 2019 рік. Захист на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.23 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: 03022, м. Київ, просп. Академіка Глушкова 4, корп. 1, фізичний факультет, ауд. 500.

Публікації у матеріалах конференцій:

Публікації у матеріалах конференцій, тези доповідей:

1. Shmid V., Podolian A., Nadtochiy A., Korotchenkov O., Romanyuk B., Oberemok O., Sabov T., Dubikovskiy O. Transient surface photovoltage in nano-ZnO films sputtered onto Si substrate / Book of Abstracts of the International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019)". - Lviv, Ukraine. - 2019. - P.588. - ISBN 978-966-97587-3-6.
2. Nadtochiy A., Korotchenkov O., Schlosser V. Sonochemical modification of SiGe layers for photovoltaic applications / 18th Conference Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology. Program book. - Zeuthen, Germany. - 2019. - P.15.
3. Shmid V., Kuryliuk V., Nadtochiy A., Korotchenkov O., Li P.-W. Improving photoelectric energy conversion by structuring Si surfaces with Ge quantum dots / 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO 2019). Program book. - Kyiv, Ukraine. - 2019. - P.15.
4. Gorelov B.M., Gorb A.M., Czapla Z., Wacke S., Nadtochiy A., Kuryliuk V.V., Kostrzewa M., Ingram A., Starokadomskiy D.L., Korotchenkov O., Polovina O.I., Sigareva N.V. Impact of multilayered graphene nanoplatelets on 3D-molecular network of an epoxy resin / 2019 IEEE 9th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2019). Program book. - Odesa, Ukraine. - 2019. - P.17.
5. Sigareva N.V., Gorelov B.M., Gorb A.M., Czapla Z., Wacke S., Shulga S.V., Nadtochiy A.B., Kostrzewa M., Ingram A., Polovina O.I. Tailoring physical properties of epoxy by multilayered graphene nanoplatelets / В кн.: "Функціональні матеріали для інноваційної енергетики-ФМІЕ-2019. Збірка тез конференції". - Київ, Україна. - 2019. - P.88.
6. Gorelov B.M., Gorb A.M., Polovina O.I., Sigareva N.V., Mischanchuk O.V., Shulga S.V. Experimental investigation of interface interaction in graphene-epoxy nanocomposites / Book of Abstracts of the Ukrainian Conference with International participation "Chemistry, Physics and Technology of Surface". - Kyiv, Ukraine. - 2019. - P.74. - ISBN 978-966-02-8885-0.
7. Gorelov B.M., Gorb A.M., Czapla Z., Wacke S., Nadtochiy A.B., Kuryliuk V.V., Kostrzewa M., Ingram A., Polovina O.I., Sigareva N.V. Epoxy molecular structure alteration in graphene -epoxy nanocomposites: loading effects / Book of Abstracts of the International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019)". - Lviv, Ukraine. - 2019. - P.250. - ISBN 978-966-97587-3-6.
8. Olikh Ya.M., Tymochko M.D., Olikh O.Ya. Acoustic-induced temperature hysteresis of electrical conductivity in CdZnTe:Cl / В кн.: XVII Міжнародна Фреїківська конференція з фізики і технології тонких плівок та наносистем. Збірник тез, за заг. ред. В.В. Прокопів. Івано-Франківськ, Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. - Івано-Франківськ, Україна. - 2019. - С.111.
9. Olikh O., Krasko D. Modeling CuS-CdSe solar cell S-shaped I-V characteristics / В кн.: The 2019 U.S. Workshop on the Physics & Chemistry of II-VI Materials, Chicago, USA, 2019. Extended abstract book. - P.60-63.
10. Olikh Ya.M., Tymochko M.D., Olikh O.Ya. Temperature hysteresis of electrical conductivity caused by ultrasound in CdZnTe:Cl crystals / В кн.: The 2019 U.S. Workshop on the Physics & Chemistry of II-VI Materials, Chicago, USA, 2019. Extended abstract book. - P.64-67.
11. Tsaregradskaya T.L., Plyushchay I.V., Kalenyk O.O., Plyushchay A.I., Saenko G.V. Features of phase formation processes in amorphous alloys of Fe-Zr / Book of Abstracts of the International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019)". - Lviv, Ukraine. - 2019. - P.37. - ISBN 978-966-97587-3-6.
12. Matsui L.Yu., Ovsienko I.V., Vovchenko L.L., Tsaregradskaya T.L., Saenko G.V., Marinin O.D. The kinetic model of nanoscaled metal formation on the surface of different forms of graphite / Book of Abstracts of the International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019)". - Lviv, Ukraine. - 2019. - P.39. - ISBN 978-966-97587-3-6.
13. Andrusenko D.A., Burbelo R.M., Alekseev O.M., Vasylyuk S.V., Kuzmich A.G. Photoacoustic investigation of dyes and carbon nanoparticles diffusion in agarose hydrogel / Book of Abstracts of

the International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019)". - Lviv, Ukraine. - 2019. - P.192. - ISBN 978-966-97587-3-6.

14. Kuzmich A.G., Dubyk K.V., Isaiev M.V., Kuryliuk V.V., Veleschuk V.P., Gnatyuk V.A., Aoki T., Vlasenko Z.K., Levytskyi S.N., Shefer A.V. Melting threshold and thermal conductivity of CdTe under pulsed laser irradiation / Book of Abstracts of the 18th International Conference on Global Research and Education. In Engineering for Sustainable Future inter-Academia. - Budapest, Balatonfüred, Hungary. - 2019. - P.12.

15. Syvolozhskiy O.A., Ovsiienko I.V., Matzui L.Yu., Dyachenko A.G., Ischenko O.V., Yakovenko O.S., Len T.A., Borovoy M.O., Teselko P.O. Electro-transport properties of nanocarbon structures modified with nickel and iron / Book of Abstracts of the International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019)". - Lviv, Ukraine. - 2019. - P.146. - ISBN 978-966-97587-3-6.

16. Yakovenko O.S., Matzui L.Yu., Vovchenko L.L., Lazarenko O.A., Syvolozhskiy O.A., Oliynyk V.V., Zagorodnii V.V., Borovoy M.O., Teselko P.O., Trukhanov A.V., Trukhanov S.V. Effect of magnetic fillers and their orientation on the electromagnetic properties of BaFe_{12-x}Ga_xO₁₉ (x=0.1-1.2)-epoxy composites within GHz range / Book of Abstracts of the International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2019)". - Lviv, Ukraine. - 2019. - P.147. - ISBN 978-966-97587-3-6.

17. Len T., Ovsiienko I., Syvolozhskiy O., Matzui L., Dyachenko A., Ischenko O., Borovoy M., Tesel'ko P. Metallization of CNTs surface by two-component systems NiFe and CoFe / The 20th International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science - SPO 2019. - Kyiv, Ukraine. - 2019. - P.93.

15. Рішення вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради від "13" січня 2020р., протокол № 6 щодо завершення етапу.

Керівник роботи

О.О. Коротченков

**Проректор із наукової роботи
(Керівник наукової установи)**

О.І. Жилінська

МП