

Фундаментальні наукові дослідження

Пріоритетний напрям

Фундаментальні наукові дослідження є однією з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави.

У даному напрямку факультетом у 2016 році виконувалось: 4 роботи (881,770 тис.грн.)

У звітному році з використанням результатів виконаних робіт захищено 1 кандидатська дисертація, видано 1 монографію, опубліковано 20 статей у фахових виданнях, 4 статті у зарубіжних виданнях, з яких 1 входить до науково-метричних баз даних, подано до редакції 1 роботу та готується до подачі 3 роботи до видань, що входять до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, зроблено 52 доповідей на конференціях в т.ч. 35 на міжнародних, До виконання залучалось 24 студентів. За результатами наукових досліджень студентами захищено 9 магістерських дисертацій і 5 роботи спеціаліста.

б) наукові результати отримані в результаті виконання перехідних науково-дослідних робіт

2810ф «Дослідження асимптотичних властивостей псевдорегулярних функцій та узагальнених процесів відновлення» (Фізико-математичний факультет, керівник проф. О.І. Клесов) на 2016 р.- 94 тис. грн.

Досліджено новий клас комплекснозначних функцій, який пов'язаний з правильно змінними функціями, а саме клас комплекснозначних функцій з невідродженими групами регулярних точок; встановлені властивості комплекснозначних функцій з невідродженими групами регулярних точок, а також їх зв'язок з правильно змінними функціями. На основі отриманих результатів доведена теорема про представлення з класичної теорії правильно змінних функцій; для комплекснозначних функцій з невідродженими групами регулярних точок введені аналоги верхньої та нижньої граничних функцій з дійснозначного випадку. Доведені теореми про факторизаційні зображення цих граничних функцій для комплекснозначних OWRV функцій з невідродженими групами регулярних точок.

Також встановлені зображення для самих OWRV та ORV функцій з невідродженими групами регулярних точок; досліджена повна збіжність емпіричних аналогів рядів Сюя-Роббінса та Баума-Катца; отримано необхідні та достатні умови існування старших моментів для емпіричних аналогів; досліджена асимптотична поведінка неавтономного стохастичного диференціального рівняння з коефіцієнтами, які є добутком функцій, що залежать від просторової змінної та часової змінної відповідно; отримано достатні умови, що дозволяють порівнювати поведінку розв'язку неавтономного стохастичного диференціального рівняння та відповідного йому звичайного диференціального рівняння; знайдено умови коректної розв'язності мішаної задачі для багатовимірного лінійного параболічного рівняння другого порядку у 2-анізотропних просторах Хермандера для важливого граничного значення числового показника регулярності; отримано нові достатні умови класичності узагальнених розв'язків мішаної задачі для багатовимірного лінійного

параболічного рівняння другого порядку; отримано нові достатні умови класичності узагальнених розв'язків початково-крайові задачі для параболічних рівнянь довільного порядку.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес: частково як окремі підрозділи лекційних курсів „Теорія випадкових процесів”, „Стохастичні диференціальні рівняння та їх застосування”, „Застосування правильно змінних функцій у теорії ймовірностей”. Захищено 1 кандидатську дисертацію.

У звітному році з використанням результатів виконаної роботи видано: 1 монографію за кордоном, опубліковано 14 статей, зроблено 32 доповіді на конференціях, в тому числі 26 на міжнародних конференціях. До виконання залучалось 12 студентів. За результатами наукових досліджень студентами захищено 5 магістерських робіт і 1 робота спеціаліста.

2850ф «Поширення спінових хвиль в неоднорідних модульованих феромагнітних структурах зі складними інтерфейсами» (Фізико-математичний факультет, керівник Ю.І. Горобець) на 2016 р. – 180,700 тис. грн.

За допомогою рівняння динаміки вектора намагніченості для одновісного феромагнетика, яке має вигляд, аналогічний квантово-механічному рівнянню Шредингера, а також застосовуючи відповідний квантово-механічний формалізм для визначення відбивальних характеристик середовищ з урахуванням скінченої товщини меж між феромагнетиками з різними магнітними характеристиками в зовнішньому постійному однорідному магнітному полі в рамках обмінного наближення, отримано комплексні вирази для амплітуд відбивання та проходження спінових хвиль крізь окремий період мультишарової структури.

При знаходженні комплексних амплітуд відбиття та проходження спінових хвиль крізь напівнескінчену мультишарову феромагнітну структуру було застосовано ітераційну процедуру, відповідно до якої амплітуди відбиття та проходження від всієї структури виражаються через амплітуди відбиття та проходження спінових хвиль крізь окремий період. Використовуючи отримані амплітуди відбиття та проходження спінових хвиль від необмеженої мультишарової структури з інтерфейсами скінченої товщини за умови знаходження феромагнетика в зовнішньому постійному однорідному магнітному полі, в рамках обмінного наближення було знайдено співвідношення між хвильовим вектором, амплітудою відбиття від напівнескінченої мультишарової структури та амплітудою відбиття від структури з заданою кількістю шарів з інтерфейсами скінченої товщини та змінними шар від шару параметрами одновісної магнітної анізотропії, обмінної взаємодії й намагніченості насичення. Отримано залежності коефіцієнта відбиття від частоти спінової хвилі, величини зовнішнього постійного однорідного магнітного поля, констант обмінної взаємодії, одновісної магнітної анізотропії та намагніченості насичення всередині окремих шарів, параметру обміну між окремими шарами, а також параметрів, що характеризують анізотропні властивості інтерфейсу скінченої товщини, та кількості шарів мультишарової структури.

Робота відповідає світовому рівню. Застосування отриманих результатів в мікроелектроніці дасть змогу ефективно керувати поведінкою та інтенсивністю

У звітному році з використанням результатів виконаних робіт видано: опубліковано 1 статтю у фаховому виданні, 4 статті у зарубіжних виданнях, з яких 1 входить до науково-метричних баз даних, зроблено 9 доповідей на

міжнародних конференціях. До виконання залучалось 12 студентів. За результатами наукових досліджень студентами захищено 4 магістерських роботи, 4 дипломних роботи спеціалістів. За участю студентів опубліковано 1 статтю в фаховому виданні та зроблено 1 доповідь на міжнародній конференції.

2904ф «Теоретичні та експериментальні дослідження електронних, магнітних і оптичних властивостей нанорозмірних вуглецевімістких матеріалів» (Фізико-математичний факультет, керівник Горшков В. М.) на 2016 р. 210 тис. грн

Виготовлено експериментальні зразки плівок $a\text{-SiO}_2\text{:C/Si}$, $a\text{-SiOC:H/Si}$ та нанопорошків $a\text{-SiO}_2\text{:C}$ із різною термічною обробкою. Встановлено, що збільшення вмісту ізолюваного С у $a\text{-SiOC:H}$ плівках призводить до зростання широкої смуги видимої фотолюмінесценції (ФЛ). Вивчено вплив матеріалу мішені (Si та SiC), потужності розряду та складу робочої горючої газової суміші на властивості $a\text{-SiOC:H}$ плівок, та виявлено, що використання Si-C мішені дає можливість вводити Si-C зв'язки до матриці $a\text{-SiOC}$, що покращує механічну та хімічну стійкість плівок. Встановлено, що введення С до матриці $a\text{-SiO}_2$ призводить до появи широкої смуги ФЛ, яка покриває увесь видимий спектральний діапазон. Зростання вмісту С із температурою відпалу нанопорошків $\text{SiO}_2\text{:C}$ спричиняє зростання інтенсивності ФЛ та зсув сигналу до інфрачервоної області, що супроводжується зростанням спінової концентрації С-пов'язаних радикалів. Досліджено транспорт носіїв заряду в графенових шарах на SiO_2 і їх низькочастотна ($20\text{--}1 \times 10^6$ Гц) провідність і ємність. Показано, що розсіяння носіїв заряду в графені за підвищених температур (300-400 К) визначається фононною складовою. Отримано робочу формулу для ємності контакту метал-графенова плівка, яка демонструє логарифмічне спадання ємності із збільшенням частоти вимірювання, що підтверджується експериментом. Досліджено особливості транспорту атомів у приповерхневому шарі металевих наночастинок та показано, що механізми формування контактів між наночастинами при спіканні зумовлені т.з. комбінованим транспортом внаслідок надзвичайно інтенсивного обміну атомами між цільними кластерами та оточуючим «паром» з вільних атомів. Розроблено кінетичний метод Монте-Карло для вивчення процесів вирощування та випаровування наночастинок на/з нанотрубок, зокрема було показано, що цей метод може відтворювати властивості процесу, які не включені у феноменологічне термодинамічне моделювання, а також надавати картину морфології процесів вирощування та випаровування. Теоретично досліджено транспорт вільних атомів у приповерхневих шарах, які огортають наночастинок, при сублімації та спіканні у системі наночастинок за різних зовнішніх умов: варіації середніх розмірів та ступеня полідисперсності наночастинок, температурного режиму, густини їх початкової упаковки при спіканні.

За матеріалами НДР опубліковано 2 роботи, подано до редакції 1 роботу та готується до подачі 3 роботи до видань, що входять до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 7 тез та 1 роботу у працях міжнародній конференції, захищено одну дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук.

2849ф «Фізичні принципи створення нових елементів оптично-електронних приладів на базі моно- та нанокристалічного карбіду кремнію». (Фізико-математичний факультет, керівник Воронов С.О.) на 2016 р. – 397.07 тис. грн.

Визначено вплив технологічних режимів створення сплавних р-п-структур на основі найбільш поширених політипів карбіду кремнію, ступеню легування вихідних кристалів та стану їх поверхні на локалізацію мікроплазм.

Відпрацьовано методи отримання р-п-переходів з однорідним пробоем, а також методи зменшення впливу власного поглинання УФ випромінювання при виведенні його за межі структури. Останнє є необхідним для створення ефективних УФ випромінювачів на діапазон до 250 нм.

Створені методики та нестандартна апаратура для вимірювання спектрального розподілу ступеню лінійної поляризації слабких джерел випромінювання у широкому діапазоні довжини хвилі.

Уперше отримана спектральна залежність ступеню лінійної поляризації електролюмінесценції, що супроводжує електричний пробій р–п–структур, виготовлених на основі політипів SiC–4H, 6H, 15R, а також кубічного карбіду кремнію у діапазоні 1,4–3,8 еВ. Структури розміщували на гранях кристалів, паралельних та перпендикулярних до кристалографічної осі С. Випромінювання виводили з боку тонкої р-області перпендикулярно та під гострим кутом до робочої грані кристала.

Виявлено компоненти випромінювання, що мають лінійну поляризацію у площині паралельній та перпендикулярній до осі С ($E||C$, $E^{\perp}C$) та паралельній до вектора F напруженості електричного поля у р–п–переході ($E||F$). Енергетичне положення та інтенсивність компонент, пов'язаних із напрямком осі С, має суттєві відмінності у різних політипах, що свідчить про суттєвий вплив нанорозмірної політипної структури. Загальною рисою для усіх політипів є наявність поляризації (зі ступенем 0,3–0,4) у площині $E||C$ у області фундаментального поглинання та прилеглий ділянці. Відповідність поляризаційних характеристик випромінювання даним по оптичному поглинанню має місце лише у окремих випадках. Поляризація $E||F$ досягає ступеню 0,5 та має тенденцію до зростання у бік великих енергій фотона.

Проаналізовано сучасні вимоги до калібрувальних джерел імпульсного випромінювання для використання їх у масштабних ядерно-фізичних експериментах. Основні з цих вимог наступні: спектр випромінювання – синьо-блакитний 350 – 500 нм; діапазон зміни амплітуди світлових імпульсів – від десятків фотонів до 1010 і більше фотонів у одному імпульсі; тривалість імпульсів – від десятих часток наносекунди до одиниць мікросекунд; висока температурна та часова стабільність амплітуди та форми світлових імпульсів. З'ясовано, що такі параметри можливо реалізувати за допомогою використання у якості випромінювача пробійних світлодіодів на основі карбіду кремнію та деяких типів сучасних імпортованих світлодіодів на основі нітридів галію та алюмінію.

За допомогою методу корельованого у часі рахування окремих фотонів досліджено динамічні характеристики пробійних світлодіодів на основі карбіду кремнію та деяких високоефективних імпортованих світлодіодів з короткохвильовим випромінюванням. Часове розрізнення установки становило 0,25 нс. Діапазон по амплітуді перевищував чотири порядку. Реєстрували випромінювання у різних спектральних інтервалах.

Розроблено декілька конструкцій імітаторів сцинтиляцій, виготовлено макетні зразки та вивчено їх характеристики. Наразі тривають довготермінові випробування стабільності означених приладів у процесі їх тривалої роботи.

Виконання НДР сприяє організації циклу лабораторних робіт для студентів ФМФ "Методи визначення характеристик слабких джерел оптичного випромінювання" по курсу "Оптика":

У звітному році з використанням результатів виконаної роботи видано: опубліковано 3 фахових статей, зроблено 3 доповіді на конференціях.

II. Найважливіші результати прикладних досліджень, конкурентоспроможні прикладні розробки та новітні технології за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, обов'язково зазначити підприємства і організації, на яких здійснювалася апробація, випробування, та які можуть бути зацікавлені у їх використанні

У даному напрямку факультетом у 2016р. виконувалось 1 НДР за кодом 2201040.

В результаті виконання підготовлена до захисту докторська дисертація. Опубліковано 2 статей у фахових журналах, 4 доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях. До виконання наукових досліджень залучалися 2 студента і 2 аспіранта, готуються до захисту дипломні роботи.

б) Найважливіші наукові результати отримані в результаті виконання перехідних науково-дослідних робіт