

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу Фесенка Володимира Івановича “Електромагнітні хвилі у багатокомпонентних штучних композитних матеріалах”, яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика

Дисертаційну роботу Фесенка В.І. присвячено дослідженню взаємодії електромагнітних полів з просторово неоднорідними штучними композитними середовищами з метою аналізу впливу оптичної активності, анізотропії та неоднорідності їх матеріалу на особливості поширення та розсіяння електромагнітних хвиль. На сьогодні існує значна кількість важливих практичних застосувань, які потребують адекватного врахування впливу матеріальних та просторових характеристик складно-композиційного середовища на формування електромагнітного поля в ньому. Але, розв’язок таких електродинамічних задач під час є дуже складним та громіздким, і це обумовило той факт, що багато штучних структур зі складною композицією залишились поза увагою дослідників.

Актуальність. Проведення досліджень необхідних для глибокого розуміння фізики процесів взаємодії електромагнітного випромінювання зі штучними композитними структурами які характеризуються оптичною активністю та просторовою неоднорідністю, неможливі без розвитку методів аналізу та створення відповідних фізико-математичних моделей реальних структур та розробки адекватних швидкодіючих числових алгоритмів. Таким чином становлення та розвиток нового наукового напрямку пов’язаного з вивченням електродинамічних властивостей штучних композитних середовищ є актуальною та своєчасною задачею. Важливість проведення наукових досліджень в даному напрямку обумовлена їх цінністю не тільки для фундаментальної науки, але і

суттєвим значенням для прикладних застосувань. З цієї причини проведене автором наукове дослідження являється актуальним як з практичної так і теоретичної точок зору. Актуальність досліджень підтверджується і характером науково-дослідних робіт в рамках яких виконувалась робота. Положення які винесено на захист є новими.

Наукова новизна. Структурно дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку літературних джерел та шести додатків.

У дисертації запропоновано і досліджено фізико-математичні моделі взаємодії електромагнітного випромінювання з просторово неоднорідними оптично-активними штучними композитними середовищами, що часто зустрічаються в практичних застосуваннях. Автором проведено розвиток та узагальнення існуючих методів аналізу штучно створених композитних структур, на основі яких отримано ряд нових практично важливих наукових результатів. Серед них найбільш суттєвими є наступні:

1. Створено фізико-математичні моделі які описують розсіяння та поширення електромагнітних хвиль в періодичних та аперіодичних фотонних структурах (брегівські відбивачі та хвилеводи). Отриманий розв'язок задачі являється універсальними та може бути застосований для розрахунку спектральних та дисперсійних характеристик як скінчених так і напівнескінчених періодичних, аперіодичних та випадкових шаруватих фотонних структур. З використанням отриманого розв'язку, вперше досліджено спектральні та дисперсійні характеристики планарних Бреґівських хвилеводів, шаруваті оболонки яких сформовані з використанням правила заміщення на базі аперіодичної послідовності Колакоскі. Зокрема, отримані результати свідчать про можливість ефективного контролю дисперсійних характеристик хвилеводних мод, шляхом спеціального впорядкування шарів у оболонці хвилеводу.

2. Проведено дослідження електродинамічних властивостей дрібно-шаруватого періодичного середовища, установчі напівпровідниковий та

феритовий шари якого намагнічені до насичення. У довгохвильовому наближенні, з використанням теорії ефективного середовища, зазначену надрешітку зведено до ефективного одно або двовісного бігіротропного середовища. Розв'язано задачу по визначенню дисперсійних характеристик поверхневих та об'ємних хвиль які поширюються в такому композитному середовищі. Отримано оригінальний розв'язок задачі, який є універсальним – він може бути застосований для довільного напрямку зовнішнього статичного поля як по відношенню до межі розділу середовищ так і до напрямку поширення електромагнітних хвиль. Вказано на можливість значного керування дисперсійними характеристиками електромагнітних хвиль, в обраному частотному діапазоні, як шляхом варіювання співвідношення товщин установчих шарів в межах одного періоду структури, так і зміною величини та напрямку прикладеного зовнішнього статичного магнітного поля. Зокрема, в конфігураціях намагніченості Фойгта та полярній, вперше виявлено ефект часткового або повного співпадання областей існування поверхневих та об'ємних хвиль.

3. Отримано розв'язок задачі дифракції лінійно-поляризованих хвиль та тривимірних гаусових хвильових пучків на скінченій поздовжньо намагніченій (конфігурація Фарадея) дрібно-шаруватій структурі ферит/напівпровідник. Вперше досліджено оптичні характеристики такого композитного гіроелектромагнітного середовища в частотному діапазоні який включає до себе так звану частоту «гіротропної-недійсності» (тобто, частота на якій реальні частини недіагональних елементів тензорів ефективних проникностей відмінні від нуля, в той час як реальні частини їх діагональних компонент наближаються до нуля). На частоті гіротропної-недійсності, виявлено ефект проходження гаусового пучка через таке середовище без спотворення його форми, навіть при похилому падінні.

Створено фізико-математичну модель яка стосується випадку, коли зазначене гіроелектромагнітне середовище являється матеріалом заповнення круглого металевого хвилеводу. На основі отриманого

розв'язку надано рекомендації по селекції власних режимів такого хвилеводу.

4. Показана перспективність використання необмеженого двовісного бігіротропного середовища на базі надрешітки ферит/напівпровідник в якості гіперболічного метаматеріалу для ефективного керування топологічними властивостями ізочастотних поверхонь незвичайних об'ємних хвиль. Особливий інтерес становить спектральний діапазон який включає частоти феромагнітного та плазмового резонансів для установчих феритового та напівпровідникового шарів, в межах якого топологічні переходи мають місце. Зокрема автором отримано дві нові топології хвильової дисперсії – бі-гіперболічну та тетра-гіперболічну. Крім того вперше вказано на наявність в такій структурі топологічних переходів ізочастотних поверхонь об'ємних хвиль, обумовлених матеріальними втратами в феритовому та напівпровідниковому шарах надрешітки. Вони спостерігаються на частотах де реальні частини окремих діагональних компонент ефективних матеріальних тензорів наближаються до нуля в той час як їх уявні частини є значними.

5. Створено фізико-математичні моделі та ефективні числові алгоритми для аналізу особливостей поширення комплексних хвиль в напівпровідниковій нанонитці покритій моношаром графену. Проведено повну класифікацію власних режимів такої хвилеводної структури та досліджено їх дисперсійні характеристики. З використанням отриманих результатів, положень теорії Мі та формалізму розсіяння на системах паралельних циліндрів отримано універсальний розв'язок задачі розсіяння плоскої лінійно-поляризованої хвилі на кластерах напівпровідникових нанониток з однорідним графеновим покриттям. В ході проведених досліджень, зокрема виявлено, що пониження точкової симетрії в кластері з трьох нанониток приводить до появи додаткових частотних областей де спостерігається мінімальне розсіяння (так звані області невидимості).

Отриманий ефект автор пояснює гібридизацією плазмонних станів в кластері нанониток при порушенні його симетрії.

Достовірність та обґрунтованість результатів дисертації не викликають сумніву, що обумовлено: строгою електродинамічною постановкою розглянутих задач, коректністю викладок, використанням відомих методів теоретичної та обчислювальної електродинаміки, відповідністю отриманих результатів сучасним фізичним уявленням, а також збігом результатів (в граничних випадках) з теоретичними та експериментальними результатами отриманими іншими авторами.

Наукове та практичне значення отриманих результатів. Результати дисертаційної роботи мають суттєву практичну та наукову значимість. Розроблені автором фізико-математичні моделі штучних композитних середовищ та створені на їх базі числові алгоритми можуть бути застосовані для аналізу взаємодії електромагнітного поля з оптично-активними, просторово неоднорідними біанізотропними середовищами, що характеризуються одночасним впливом анізотропії електричних та магнітних властивостей на характеристики поширення та розсіяння електромагнітних хвиль. Результати отримані в другому, третьому, четвертому та п'ятому розділах дисертації можуть бути використані при проектуванні пристроїв керування випромінюванням оптичного та НВЧ діапазонів, зокрема: поглинаючих покриттів та покриттів з низьким коефіцієнтом відбиття, широкосмугових всеспрямованих відбивачів, фільтрів, ізоляторів, компенсаторів дисперсії, пристроїв для субхвильової передачі зображень, які долають традиційний дифракційний бар'єр, та багато інших. Результати шостого розділу мають суттєве значення для волоконної оптики та можуть бути використані при проектуванні гібридних хвилеводів, оптичних відгалужувачів, волоконних лазерів та таке інше.

Вважаю, що робота в цілому заслуговує високої оцінки. При цьому їй властиві деякі недоліки:

- Не зовсім зрозуміло які переваги, для керування спектральними характеристиками шаруватих середовищ, надає використання в їх дизайні аперіодичних послідовностей і зокрема послідовності Колакоскі в порівнянні з використанням періодичних середовищ з дефектними шарами.

- В роботі відсутні власні експериментальні результати.

Крім того, в дисертаційній роботі та авторефераті мають місце деякі стилістичні неточності.

Проте ці недоліки не є визначальними, вони не стосуються принципових положень і висновків роботи та не знижують загального позитивного враження від проведених в дисертації досліджень.

Викладання матеріалів дисертації Фесенка В. І. відповідає логіці запропонованого дослідження, її стиль відповідає прийнятому в наукових роботах. Текст та рисунки оформлені акуратно. Матеріали дисертації представлено в 47 наукових працях. Серед них слід відмітити патент України, 4 розділи в монографіях та 23 статті в профільних наукових журналах з яких 21 статтю опубліковано високо-рейтингових зарубіжних журналах (6 статей в журналах першого квартилю (Q1), та по 5 робіт в журналах квартилів Q2 та Q3). Причому всі роботи є оригінальними. Дисертаційна робота апробована в достатній мірі, що засвідчують 18 докладів на відомих міжнародних конференціях.

Автореферат повністю висвітлює основний зміст дисертаційної роботи, її основні ідеї та висновки, та не містить інформації, яку не представлено в роботі.

Оцінюючи дисертацію Фесенка В. І. в цілому, слід зазначити, що вона являє собою закінчене наукове дослідження в області радіофізики, яке виконано на високому науковому рівні. Результати його кандидатської роботи не входять до докторської дисертації. Сукупність наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи Фесенка В. І можна кваліфікувати як новий та перспективний напрямок у сучасній

радіофізиці, який полягає в створенні комплексної теорії взаємодії електромагнітних полів зі штучними складно композитними структурами.

Вважаю, що дисертаційна робота Фесенка В. І. “Електромагнітні хвилі у багатокомпонентних штучних композитних матеріалах” відповідає всім вимогам які пред’являються до докторських дисертацій, а її автор Фесенко Володимир Іванович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Офіційний опонент:

член-кореспондент НАН України,
доктор фізико-математичних наук,
професор, завідувач відділу радіоспектроскопії,
Інституту радіофізики та електроніки
імені О.Я. Усикова НАН України

С. І. Тарапов

Підпис

член-кореспондента НАН України,
доктора фізико-математичних наук,
професора, завідувача відділу радіоспектроскопії,
Інституту радіофізики та електроніки
імені О.Я. Усикова НАН України
С.І. Тарапова засвідчую:

т.в.о. ученого секретаря Інституту
Інституту радіофізики та електроніки
імені О.Я. Усикова НАН України,
кандидат фізико-математичних наук



С.С. Пономаренко

Відгук оформлено 09 квітня 2021 р
Вчений секретар спецради