

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Квітки Ніни Михайлівни

«Поширення електромагнітних збуджень у шаруватих надпровідниках,

кероване статичним магнітним полем»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 10–Природничі науки

за спеціальністю 104–Фізика та астрономія.

Актуальність досліджень, що представлені в дисертаційній роботі Квітки Н.М., зумовлена принаймні двома факторами. По-перше, це значний академічний інтерес, що проявляється світовим науковим співтовариством до вивчення електродинамічних явищ у шаруватих надпровідниках природного походження та надпровідних метаматеріалах. По-друге, багато цікавих фізичних ефектів проявляються в цих об'єктах у терагерцовому діапазоні частот, що викликає підвищений практичний інтерес. Адже в даний час цей діапазон частот технологічно освоєний недостатньо, спостерігається необхідність створення нових, все більш досконалих джерел, приймачів, пристроїв, що управляють випромінюванням у цьому діапазоні. Усі викладені у дисертації дослідження повністю задовольняють цим чинникам. Зокрема, побудована Квіткою Н.М. теорія при подальшому експериментальному розвитку може послужити базою створення, зокрема, ефективних керованих лінз терагерцового діапазону. Узагальнення методу трансфер-матриць може бути використано в інших теоретичних дослідженнях об'єктів, що має просторові ділянки, в яких електромагнітне поле не є гармонічною функцією. Таким чином, тема роботи дійсно є актуальною, що також належним чином сформульовано та обґрунтовано у дисертаційній роботі.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Дисертація Квітки Н.М. є логічно структурованою роботою, виконаною з повним дотриманням відповідних вимог, та складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, 4 розділів, загальних висновків, двох додатків та переліку використаної літератури, що містить 116 найменування. Загальний обсяг роботи складає 144 сторінки та ілюстрована 30 рисунками.

У **вступі** в повному обсязі наведено формальні дані щодо обґрунтування вибору теми, визначення мети та завдань дослідження, його об'єкт та предмет, методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок при виконанні дослідження, наведено перелік наукових публікацій за темою дисертації та інформацію про апробацію матеріалів дисертації, встановлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами.

Перший розділ містить критичний аналіз поточного стану проблеми та огляд літературних джерел за темою досліджень, в ньому наведено найважливіші фізичні ефекти та основні підходи до аналізу електродинамічних властивостей шаруватих надпровідникових систем.

Другий розділ дисертації присвячено теоретичному дослідженню поверхневих та хвилевідних локалізованих електромагнітних хвиль у тонкій пластині шаруватого надпровідника, що знаходиться в діелектричному оточенні. Аналітично отримано закон дисперсії власних мод у двох найпростіших геометріях. Причому для випадку, коли надпровідні шари паралельні площині пластини, досліджено ефект порушення електронейтральності, його вплив на спектральні властивості системи та доведена можливість появи аномальної дисперсії та забороненої зони.

У **третьому розділі** дисертації теоретично досліджено явище резонансної прозорості пластини шаруватого надпровідника у терагерцовому діапазоні та можливість керування цим явищем за допомогою статичного магнітного поля. Також наведено узагальнення методу трансфер-матриць для негармонічних

функцій, що описують електромагнітні хвилі в поверхневих областях зразка з статичним магнітним полем.

У **четвертому розділі** дисертації вивчається можливість керування процесом нелінійного фокусування (включаючи можливість дефокусування) лазерного пучка гауссового профілю, що проходить через пластину шаруватого надпровідника. Отримано значення коефіцієнта пропускання для такої лінзи у терагерцовому діапазоні опромінювання та визначено умови, за якими він перевищує відповідний показник для інших матеріалів, що наразі використовуються у практичних застосуваннях.

У **висновках** стисло наведено основні результати, що повністю відповідають змісту роботи. **Список використаних джерел** містить посилання на відповідні роботи інших дослідників та власні публікації за темою дисертації. До кожного розділу також наведено висновки, що підсумовують основні положення розділу. Усе це вказує на завершеність дисертаційної роботи Квітки Н.М., демонструє високий рівень виконання поставленого наукового завдання та доводить добре оволодіння здобувачкою методологією наукової діяльності.

Наукова новизна визначається наступними результатами, що отримано вперше.

1. Аналітично отримано закон дисперсії локалізованих хвиль у пластині шаруватого надпровідника скінченної товщини в різних геометріях з урахуванням ефекту порушення електронеутральності шарів надпровідника та наявності зовнішнього статичного магнітного поля. Встановлено, що порушення електронеутральності може викликати появу додаткової забороненої зони та аномальної дисперсії хвиль в області частот, близьких до джозефсонівської плазмової частоти.
2. Модифіковано трансфер-матричний метод для опису поширення нелінійних електромагнітних хвиль у пластині шаруватого надпровідника, що знаходиться в зовнішньому постійному магнітному

полі. Вперше знайдено матриці, які відповідають за взаємодію джозефсонівських плазмових хвиль із зовнішнім магнітним полем.

3. Теоретично досліджено вплив статичного магнітного поля на резонансну прозорість тонкого зразка шаруватого надпровідника в діелектричному середовищі та відокремлений від нього тонкими просторовими проміжками вакууму. Показано, що керування статичним магнітним полем потребує на два порядки меншої відносної точності, ніж керування зміною частоти.
4. Теоретично досліджено вплив статичного магнітного поля на фокусування лазерного пучка гауссового профілю пластиною шаруватого надпровідника. Вперше отримано аналітичні вирази для фокусної відстані та мінімального радіуса пучка як функції статичного магнітного поля, та встановлено можливість дефокусування пучка.

Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації, не викликає сумнівів та базується на чіткому та коректному математичному формулюванні задачі, використанні перевірених та загально прийнятих методів теоретичної фізики, наближених методів асимптотичного аналізу та методів комп'ютерного моделювання, верифікації отриманих аналітичних результатів порівнянням з результатами числових розрахунків. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів і висновків дисертаційної праці також підтверджуються високим рівнем апробації та наукових видань, у яких опубліковано результати дослідження.

Результати дисертації Квітки Н.М. опубліковано в 12 працях, у тому числі в трьох статтях у наукових журналах, з яких два індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus, причому один з них має кuartиль Q1. Також результати досліджень відображено матеріалах 8 відомих міжнародних конференцій, дві доповіді Квітки Н.М. мають відзнаку. Ці факти свідчать про високий, світовий **науковий рівень** дисертації і наукових публікацій здобувачки.

На підставі детального розгляду тексту дисертації, посилань та статей здобувачки, стверджую, що дисертаційна робота Квітки Н.М. є оригінальною роботою, **виконана самостійно**, текст дисертації **не містить плагіату**, а дисертація **відповідає усім вимогам академічної доброчесності**.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи Квітки Н.М. полягає в тому, що вони дійсно розширюють наявні фундаментальні теоретичні уявлення про особливості поширення електромагнітних хвиль у шаруватих надпровідниках. В свою чергу, при подальшому експериментальному дослідженні, це відкриває можливості створення нових приладів терагерцового діапазону (як пасивних — фільтри, змішувачі, так і активних — підсилювачі) для потреб телекомунікаційною галузі, медицини, науки, тощо. Узагальнення методу трансфер-матриць може бути застосовано в інших теоретичних дослідженнях неоднорідних надпровідникових структур з магнітним полем.

Зауваження до змісту дисертаційної роботи

1. Предмет досліджень не відображено у завданнях дослідження та мало акцентовано уваги у тексті та висновках.
2. Було би доцільним навести повний та чіткий опис моделі порушення електронейтральності надпровідникових шарів, що використовується у розділі 2. Зокрема, просторовий розподіл заряду між надпровідниковими шарами при розповсюдженні хвилі.
3. Не розглядається та не обговорюється питання збудження власних мод різного типу, що може бути важливим і є бажаним з точки зору предмета дослідження — можливості керування.
4. Викликає питання спосіб, у який обрано точки для порівняння теорії та комп'ютерного моделювання (рис. 4.7 - 4.8). Звичним був би еквідистантний вибір точок порівняння (чи найменший інтервал між ними там, де функція змінюється найбільш швидко). Навпаки, на рис. 4.7 - 4.8 там, де функція змінюється найбільш швидко, інтервал між точками порівняння найбільший.

5. Є елементи недбалості при оформленні роботи. Це як друкарські помилки в тексті (у тому числі англійській анотації) — стор. 8, 22, 114, так і в математичних виразах: перед (3.14); вирази (3.37)-(3.38) повторюють (3.35)-(3.36); вираз на стор. 104. Твердження «Оскільки поле лазерного пучка — це функція r , а не x ...» на стор. 104 суперечить виразу (4.1).

Наведені зауваження не стосуються основних результатів роботи та не впливають на обґрунтованість висновків і загальну високу позитивну оцінку наукової якості дисертації.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам

Вважаю, що дисертаційна робота Квітки Н.М. «Поширення електромагнітних збуджень у шаруватих надпровідниках, кероване статичним магнітним полем» є виконаною на високому рівні завершеною науковою роботою, що за всіма критеріями відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), а її автор, Квітка Ніна Михайлівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія».

Рецензент
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
Інституту радіофізики та електроніки
ім. О.Я.Усикова НАН України



Ігор Воловичев

*Підпис доктора фіз.-мат. наук,
старшого наукового співробітника
Воловичева І.М. засвідчую
В.О. Вченою секретарю Інституту*



Кривенко О.В.