

Відгук
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Рохманової Тетяни Миколаївни
«Відбиття, проходження і трансформація електромагнітних хвиль
у шаруватих надпровідниках скінченних розмірів»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за
спеціальністю **01.04.02 – теоретична фізика**

Головна мета дисертаційної роботи Рохманової Т.М. полягає у теоретичному описі трансформації поляризації лінійних і нелінійних електромагнітних хвиль при їх відбитті та проходженні крізь шаруваті надпровідники скінченних розмірів і у встановленні впливу зовнішнього постійного магнітного поля на коефіцієнти відбиття та проходження. До шаруватих надпровідників відносяться, наприклад, високотемпературні надпровідники II-го роду з яскраво вираженою анізотропією транспортних властивостей, пов'язаною з наявністю в елементарній комірці кристала надпровідних шарів CuO_2 з діелектричними проміжками. До цього часу багатьма дослідницькими групами проводилось вивчення збудження та розповсюдження джозефсонівських плазмових хвиль у шаруватих надпровідниках, але у теорії розглядалися, як правило, нескінченні чи напівнескінченні зразки. У дисертаційній роботі Рохманової Т.М. вперше враховано скінченність розмірів зразків шаруватих надпровідників. Теоретичне дослідження властивостей таких структур на сьогодні вбачається дуже **актуальним** в фізиці конденсованого стану. По-перше, це зумовлено інтересом з точки зору фундаментальних досліджень до властивостей джозефсонівської плазми, що формується у шаруватих надпровідниках. Джозефсонівські системи є істотно нелінійними, що може призводити до нових високочастотних ефектів вже при досить малих амплітудах збуджень. По-друге, анізотропія структури сприяє поширенню джозефсонівських плазмових хвиль, частоти яких відносяться до перспективного, але все ще недостатньо дослідженого терагерцевого діапазону. Тож результати теоретичного опису шаруватих надпровідників можуть мати практичне застосування при створенні приладів терагерцевої електроніки.

Слід зазначити, що **актуальність** досліджень Рохманової Т.М. підтверджується також тим, що вони виконані в рамках наукових державних програм, які виконувались в Інституті радіофізики та електроніки НАН України: «Вивчення взаємодії електромагнітних та звукових хвиль, а також заряджених часток з твердотільними структурами» (номер державної реєстрації 0112U000211, термін виконання 2012-2016 рр.), «Теоретичні та експериментальні дослідження властивостей періодичних і стохастичних модульованих наноструктур в оптичному, інфрачервоному та надвисокочастотному діапазонах спектру» (номер державної реєстрації 0110U005642, термін виконання 2010-2014 рр.), «Квантові явища в системах на основі джозефсонівських контактів» (номер державної реєстрації 0113U006217, термін виконання 2013 р.)

Дисертація Рохманової Т.М. складається з п'яти розділів, перший з яких становить собою огляд літератури за темою дисертації, а у чотирьох останніх викладено оригінальні результати.

У першому розділі проведено огляд літератури, що присвячений найбільш

важливим роботам інших авторів, тісно пов'язаним з питаннями, розглянутими в дисертації. У **другому розділі** розглянуто відбиття та проходження лінійних хвиль крізь зразок шаруватого надпровідника скінченної товщини, який поміщено у вакуумний прямокутний хвилевід у випадках, коли хвилі поширюються або упоперек, або уздовж надпровідникових шарів. У цьому розділі отримані коефіцієнти проходження поперечно-електричних і поперечно-магнітних хвиль, проаналізовано їх залежності від частоти і товщини зразка, а також показано, що у випадку поширення хвиль уздовж надпровідних шарів зразок може перетворювати поляризацію падаючої хвилі. Така ж геометрія, але для нелінійних хвиль, розглянута в **третьому розділі**, де показано, що як у випадку поширення хвиль уздовж, так і упоперек шарів, залежність коефіцієнта проходження від амплітуди падаючої хвилі має гістерезисний характер, хоча характер залежностей в цих двох випадках різний. У **четвертому розділі** дисертації представлено дослідження трансформації поляризації нелінійних хвиль у зразку шаруватого надпровідника скінченних розмірів, який поміщено у хвилевід, у випадку поширення хвиль уздовж надпровідникових шарів. У розділі представлені дві взаємно ортогональні поляризації хвиль, що не трансформуються і не взаємодіють одна з одною. На основі цих хвиль запропоновано так званий «своєрідний принцип суперпозиції». Використовуючи цей принцип описано взаємну трансформацію нелінійних поперечно-електричних і поперечно-магнітних хвиль. У **п'ятому розділі** обговорюється відбиття і проходження хвиль крізь шаруваті надпровідники при наявності зовнішнього постійного магнітного поля. Показано, що магнітним полем можна зручно управляти прозорістю зразка шаруватого надпровідника.

Обґрунтованість та достовірність результатів роботи Рохманової Т.М. не викликає сумнівів. Вона базується на тому, що всі розрахунки проведено добре апробованими методами теоретичної фізики. Низка одержаних результатів є точними або асимптотично точними розв'язками відповідних нелінійних рівнянь. Зокрема, вирази для коефіцієнтів відбиття та проходження крізь зразок шаруватого надпровідника поперечно-магнітних хвиль при наявності зовнішнього постійного магнітного поля є точними. Отримані дисертантом аналітичні результати і висновки теорії порівнювались і підтверджувались результатами чисельних розрахунків. Вони доповнюють і розширюють існуючі уявлення про електромагнітні процеси у шаруватих надпровідниках, що обумовлює **фундаментальне теоретичне значення** отриманих результатів.

Практичне значення одержаних результатів пов'язано, по-перше, з запропонованим новим методом для розв'язання задач відбиття, проходження і трансформації нелінійних хвиль у шаруватих надпровідниках та інших сильно анізотропних провідниках. По-друге, розглянуті структури мають потенціальне застосування у пристроях терагерцевого діапазону, тож отримані результати можуть бути застосовані при розробці таких пристроїв.

Вважаю за доцільне ознайомити з науковими результатами дисертаційної роботи Рохманової Т.М. фахівців таких інститутів НАН України і університетів МОН України, як Інститут фізики НАН України (м. Київ), Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України (м. Київ), Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України (м. Київ), Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України (м. Харків), Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України

(м. Харків), Національний науковий центр Харківського фізико-технічного інституту (м. Харків), Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна (м. Харків), Інститут монокристалів НАН України (м. Харків).

Дисертаційна робота має багато нових результатів і справляє гарне враження. Найбільш цікавим у дисертаційній роботі мені здається механічна аналогія, яку проведено між процесами відбиття та проходження нелінійних терагерцевих хвиль від зразка шаруватого надпровідника у хвилеводі та рухом частинки у центрально-симетричному потенціалі, що сприяє більш глибокому розумінню задачі. Також привертає увагу запропонований метод розв'язку нелінійних задач, заснований на виявленій незалежності відбиття та проходження хвиль з двома вельми специфічними взаємно ортогональними поляризаціями. Важливо, що дисертант не тільки запропонувала, а й продемонструвала цей метод для розрахунку взаємної трансформації поляризацій поперечно-електричних та поперечно-магнітних хвиль. Результати щодо трансформації поляризації хвиль викликають інтерес і самі по собі, бо можуть бути використані при створенні фільтрів та перетворювачів терагерцевого випромінювання. Окрім того, у дисертаційній роботі продемонстровано, що зовнішнім магнітним полем можна легко керувати прозорістю зразків шаруватих надпровідників. Цей результат здається мені перспективним для можливих застосувань. Загалом робота викладена акуратно. При розв'язанні та аналізі задачі дисертант використовує як аналітичні, так і чисельні методи. Наведено достатню кількість рисунків, які представляють отримані результати.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. У четвертому розділі обговорюється виявлений автором дисертації «своєрідний принцип суперпозиції». Однак слова про принцип суперпозиції, на мій погляд, не зовсім правомірні. Принцип суперпозиції є дійсно справедливий для представлених у роботі хвиль H_{\perp} поляризації та взаємодії хвиль H_{\perp} і E_{\perp} поляризацій. Але він не є справедливим для хвиль E_{\perp} поляризації, бо ці хвилі нелінійні.
2. У п'ятому розділі описано відбиття та проходження хвиль крізь шаруваті надпровідники (вздовж шарів) при наявності зовнішнього постійного магнітного поля. Але залишається питання, чому геометрія задачі обрана саме таким чином? Як зміняться результати, якщо магнітне поле буде спрямовано так само, але падіння хвиль відбуватиметься на зразок перпендикулярно шарам?
3. У чотирьох розділах з п'яти по суті розглядається одна і та ж геометрія задачі – шаруватий надпровідник частково заповнює прямокутний хвилевід, причому шари розташовані або паралельно, або перпендикулярно вісі хвилеводу. У кожному з цих розділів рисунок з геометрією повторюється у різних варіаціях. Можливо, доцільніше зменшити кількість рисунків з геометрією задачі, як це зроблено в авторефераті. Також щодо оформлення: у заголовках розділів використовуються скорочення ДПВ, ТЕ, ТМ. На мій погляд, використання скорочень у заголовках робить їх менш зрозумілими.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну і високу оцінку дисертації Рохманової Т.М.. Без сумніву, вона є завершеною кваліфікаційною науковою працею, що побудована на ретельній і великій за обсягом роботі автора і в якій отримані

нові обґрунтовані наукові результати. Основні результати дисертації викладено у 17 наукових працях, серед яких 6 статей у фахових вітчизняних і міжнародних журналах та 11 тез доповідей на наукових конференціях в Україні і за кордоном. Зміст автореферату вірно відбиває основні положення дисертації, яка відповідає спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика.

Оцінюючи дисертацію в цілому, можна зробити висновок, що за своїм обсягом і якісним оформленням, актуальністю тематики, обґрунтованістю і достовірністю висновків, новизною одержаних результатів та їхнім науковим і практичним значенням дисертація Рохманової Т.М. «Відбиття, проходження і трансформація електромагнітних хвиль у шаруватих надпровідниках скінченних розмірів» безумовно задовольняє вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій, зокрема пунктам 9, 11 та 12 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, а її автор, без сумніву, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Офіційний опонент –

доктор фізико-математичних наук, професор,
провідний науковий співробітник відділу дифузійних та
електронних властивостей твердих тіл
Інституту теоретичної фізики ім. О.І.Ахієзера
Національного наукового центру «Харківський
фізико-технічний інститут» НАН України

Шкловський В.О.

Підпис доктора фізико-математичних наук,
професора Шкловського В.О. засвідчую.
Вчений секретар

Інституту теоретичної фізики ім. О.І.Ахієзера
кандидат фізико-математичних наук



Кірдін А.І.