

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Квітки Ніни Михайлівни

«Поширення електромагнітних збуджень у шаруватих надпровідниках,

кероване статичним магнітним полем»,

представлену на здобуття

наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 –

«Фізика та астрономія» з галузі знань 10 – «Природничі науки»

Дисертаційна робота Н.М. Квітки присвячена детальному теоретичному вивченню поширення електромагнітних збуджень в шаруватих надпровідниках скінченних розмірів, кероване статичним магнітним полем.

Завдяки своїм унікальним фізичним властивостям, зумовлених сильною анізотропією, шаруваті надпровідники привертають сьогодні значний інтерес дослідників. Важливою, з погляду на практичні застосування, особливістю цих матеріалів є те, що характерні частоти належать терагерцовому діапазону, що зумовлює великий потенціал для їх використання у багатьох галузях від астрофізики до медицини. Нелінійність шаруватих надпровідників також обумовлює їхню чутливість до зовнішнього статичного магнітного поля, що робить можливим використання останнього для керування ефектами пропускання електромагнітних хвиль. Вивчення можливостей цього методу вимагає детальних аналітичних досліджень і цьому присвячено дисертаційну роботу.

Дисертація базується на трьох статтях, серед них одна в журналі *Phys. Rev. B* (квартиль Q1), в якій дисертантка є першим автором. Хочу наголосити, що у дисертантки є також ще одна стаття, яка не входить в дисертацію, та ще одна стаття підготовлена до друку і її подано в журнал. За темою дисертації також опубліковано 8 тез доповідей в матеріалах конференцій.

Хочу зазначити, що дисертантка виступала з доповіддю на семінарі нашого відділу 19 березня 2024 року. Співробітники відділу зазначили дуже високий рівень дисертаційної роботи.

Основні результати дисертаційної роботи.

Дисертація складається з 4 розділів. Розглянемо основні результати у відповідній послідовності.

Перший розділ – це огляд літератури. В ньому розглянуто наявну на сьогодні теоретичну модель шаруватого надпровідника та згадано ефекти, які, як передбачається, можна налаштовувати статичним магнітним полем. Окреслено перспективи можливих практичних застосувань цих матеріалів.

У **другому розділі** розглянуто власні моди в пластині шаруватого надпровідника скінченних розмірів. Знайдено аналітично та побудовано графічно закон дисперсії локалізованих хвиль у двох принципових геометріях: для випадку паралельних та перпендикулярних границі розділу з діелектричним середовищем шарів надпровідника. Вперше враховано порушення електронейтральності шарів та наявність статичного магнітного поля для пластини скінченних розмірів відповідно. Порушення електронейтральності призводить до того, що вузький частотний діапазон поблизу джозефсонівської частоти є забороненим, а поблизу цього діапазону дисперсія може бути аномальною. Зовнішнє статичне магнітне поле ефективно зсуває дисперсійні криві в область нижчих частот.

Третій розділ присвячено дослідженню резонансного проходження терагерцових електромагнітних хвиль крізь пластину шаруватого надпровідника в геометрії Отто та показано можливість керування цим явищем за допомогою статичного магнітного поля. Задачу розв'язано в рамках формалізму трансфер-матриць, модифікованого для конкретної задачі, і знайдено, зокрема, специфічні матриці, що ефективно описують взаємодії хвилі з хвостом джозефсонівського вихору, які залежать лише від величини статичного магнітного поля і не залежать ні від розміру шаруватого надпровідника, ні від типу діелектричного середовища. Знайдено явні вирази для коефіцієнтів пропускання та відбиття. Показано, що варіюючи статичне магнітне поле, не перевищуючи критичних значень, можна

отримати всі можливі типи залежностей пропускання від кута падіння, включаючи специфічну двопікову, змовлену аномальною дисперсією.

У **четвертому розділі** розглянуто аналітично нелінійне фокусування пластиною шаруватого надпровідника лазерного пучка гауссового профілю, що може бути більш актуально в контексті експериментальних досліджень ніж опис плоских хвиль, та налаштування параметрів фокусування за допомогою статичного магнітного поля. Показано, що останнє суттєво впливає на параметри фокусування, а отже може бути використано для гнучкого керування фокусуванням. Те, що коефіцієнт пропускання такої надпровідникової терагерцевої лінзи виявляється відносно високим, є також важливим результатом з точки зору практичних застосувань. Аналітичні розрахунки в цьому розділі підтверджено за допомогою чисельної симуляції.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. В дисертації йдеться про надпровідні структури. Для них найважливішим параметром є температура. Але в дисертації не згадується вплив ненульової температури на ефекти та залежності, що вивчаються. Не зазначено для яких температур отримано результати.

2. В роботі отримано багато важливих формул, які проаналізовано чисельно і представлено результати графічно. При цьому, на мою думку, доцільно було б в деяких випадках отримати асимптотичні та спрощені формули, які можна в майбутньому легше обговорювати з експериментаторами. Зокрема, хотілося б бачити компактну формулу, яка б показувала залежність параметрів від постійного магнітного поля.

3. Статичні та динамічні властивості надпровідників визначаються динамікою вихорів, проте в дисертації не обговорюється те, як вихори проникають у зразок.

Однак, слід вказати, що зазначені зауваження жодним чином не впливають на якість отриманих результатів дисертаційної роботи і на обґрунтованість висновків.

Загальні висновки.

Таким чином, в дисертації вирішується важлива та актуальна задача теоретичного опису впливу статичного магнітного поля на поширення електромагнітних збуджень в шаруватих надпровідниках. Аналітично отримані результати доповнюються та підтверджуються числовими розрахунками. Хочу наголосити, що дисертантка кваліфіковано застосовує загальні методи теоретичної фізики, такі як формалізм трансфер-матриць та розв'язок синусоїдальних рівнянь Гордона, а також методи асимптотичного аналізу. Таким чином, дисертаційна робота Квітки Н.М. повністю відповідає спеціальності 104 — «Фізика та астрономія», а її автор Квітка Н.М. заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 — «Фізика та астрономія» з галузі знань 10 — «Природничі науки».

Офіційний опонент:

зав. відділу надпровідних та мезоскопічних структур

ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України,

доктор фізико-математичних наук,

професор

аш

С.М. Шевченко

*Підпис д.ф.-м.н., проф. С.М. Шевченка засвідчується.
Т.в.о. директора ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України*

Добчин О.В. /

