

Рецензія

на дисертаційне дослідження Гутіва Василя Володимировича «Теорія перенормованого спектру багатозонних квазічастинок взаємодіючих з поляризаційними фононами», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»

Актуальність дисертаційного дослідження

Рецензована робота присвячена розвитку квантової теорії, яка вивчає взаємодію квазічастинки з фононами. Показано, що завершена теорія має враховувати взаємодію довільної кількості багаторівневих квазічастинок з довільною кількістю багатомодових фононів, що на даний час не розроблено.

У дисертації продемонстрований новий дизайн основної області квантовоямного інфрачервоного фотодетектора, потенціальний рельєф якої запропоновано вперше. Розвинено теорію спектральних параметрів і сил осциляторів квантових переходів електронів при тунелюванні крізь бар'єри квантових ям. Показано теорію перенормування вироджених і невироджених спектрів багаторівневих квазічастинок взаємодіючих з багатьма одномодовими фононами, та теорію взаємодії квазічастинок з багатьма поляризаційними фононами довільної кількості мод при $T=0K$.

Практична цінність роботи

Дисертація є однією з небагатьох робіт які намагаються побудувати загальну теорію взаємодії квазічастинок з фононами, які пояснюють фізичні властивості існуючих напівпровідникових приладів та дозволяють створювати нові прилади для сучасної наноелектроніки.

Результати дисертаційного дослідження можуть бути використані у науково-дослідній сфері для побудови узагальненої теорії, яка враховує взаємодію довільної кількості багаторівневих квазічастинок з довільною кількістю багатомодових фононів.

Робота містить науково обґрунтовані теоретичні положення, які можна використовувати в навчальному процесі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, які представлені в дисертаційній роботі, є добре обґрунтованими, а також належно висвітлені у відповідних розділах дисертації. Основні результати, отримані здобувачем та винесені на захист, цілком відповідають меті та завданням роботи, обговорювались на наукових

семінарах кафедри теоретичної фізики та комп'ютерного моделювання ННІФТКН, міжнародних конференціях та опубліковані у зарубіжних рецензованих фахових виданнях. Достовірність отриманих результатів ґрунтується на використанні загальноприйнятих теоретичних підходів та методів досліджень та не викликає сумнівів.

Під час виконання дисертаційного дослідження було проаналізовано велику кількість наукової літератури.

Наукова новизна

- Основні наукові результати, які представлені в дисертаційній роботі Гутіва В.В. і складають наукову новизну, є такими:
- У запропонованому підході послідовного виділення та парціального підсумовування нескінченних класів мультиплікативних діаграм з блоків немультіплікативних діаграм масового оператора вдалося знайти таке його представлення, яке ефективно враховує багатифононні процеси та дозволяє уникнути відомої з квантовій теорії поля «проблеми знаку» в діаграмній техніці Фейнмана-Пайнса.
- Точним розрахунком фур'є-образу запізнюючої функції Гріна квазічастинки вперше отримані аналітичні вирази перенормованого спектра та ефективних (середніх) чисел фононів у основній та у всіх сателітних станах системи з довільним числом фононних мод. Розраховано й детально проаналізовано перенормовані спектри й ефективні (середні) числа фононів у всіх станах одно-, дво- і тримодових систем.
- Уперше розраховано й проаналізовано перенормований фононами спектр трирівневої системи зі скінченним затуханням при $T = 0$ К. За умови, що константи зв'язку зі всіма модами фононів знаходяться в інтервалі ($0 < \alpha_\lambda < 1$).

Зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана на кафедрі теоретичної фізики та комп'ютерного моделювання в рамках її наукової тематики «Дослідження спектрів квазічастинок, перенормованих взаємодіями з електромагнітними та квантованими полями в низькорозмірних та 3d системах із метою оптимізації параметрів наноприладів» (номер Держреєстрації 0116U004083) та «Квантова теорія фізичних явищ і процесів у низьковимірних системах різної симетрії як основних елементах сучасних наноприладів» (номер Держреєстрації 0121U109823).

Тему дисертації затверджено Науково-технічною радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (протокол № 13 від 4 листопада 2019 року).

Структура і зміст дисертації

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків та списку використаних джерел.

У вступі обґрунтовано вибір теми дисертації, сформульовано її мету та завдання, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, перелік апробацій результатів дисертаційного дослідження та його зв'язок з науковою темою кафедри, на якій виконувалась робота.

Перший розділ присвячено огляду літератури за темою дисертації. У ньому сформульовано ідеї, фізичні принципи та методи покращення параметрів функціонуючих наноприладів – інфрачервоних фотодетекторів та квантових каскадних детекторів фотопровідного й фотовольтаїчного типів.

Другий розділ присвячений створенню квантової теорії спектральних параметрів і сил осциляторів квантових переходів електронів при їх фононсупровідному тунелюванні крізь каскади активної області широкосмугового нанофотодетектора далекого ІЧ-діапазону.

Третій розділ присвячений розробці методу послідовного виділення й парціального підсумовування мультиплікативних діаграм масового оператора в теорії перенормування вироджених і невироджених спектрів багаторівневих квазічастинок взаємодіючих з багатьма одномодовими фонами.

У четвертому розділі на основі гамільтоніана Фроліха в моделі Давидова вузькозонної квазічастинки, взаємодіючої з численними поляризаційними фонами довільної кількості (τ) мод при $T=0\text{K}$, вперше розвинена послідовна квантова теорія перенормованого спектра й середніх (ефективних) чисел фононів у всіх станах системи.

У висновках наведено основні результати, які складають наукову новизну. Список використаних джерел складає 194 одиниць англійської літератури.

Повнота викладу матеріалів у роботах, які опубліковані автором

Основні наукові результати, отримані під час виконання дисертаційного дослідження Гутіва В. В. опубліковано в 6 наукових статтях у наукових журналах, які індексуються в міжнародних наукометричних базах даних Scopus та WoS, а також у 5 збірниках матеріалів доповідей на міжнародних і вітчизняних наукових конференціях.

Це дає право стверджувати, що представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають важливе значення для розвитку теорії функціонування й оптимізації параметрів активного елемента широкосмугового нанофотодетектора далекого інфрачервоного діапазону.

Відомості про дотримання академічної доброчесності

У дисертації та наукових публікаціях Гутіва В. В. відсутні порушення академічної доброчесності.

Зауваження до дисертації

1. В анотації на сторінці 3 автором теорія збурень віднесена до непертурбативного підходу. Не зрозуміло, який зміст вкладає автор в поняття непертурбативного підходу, якщо термін «теорія збурень» англійською звучить саме «perturbation theory».
2. При розрахунку сил осциляторів квантових переходів використовується знерозмірена скорельована ефективна маса електрона, яка враховує ймовірність його знаходження в кожній з трьох областей відповідної широкої квантової ями формули 2.35, 2.36, 2.37. Але у тексті не достатньо обґрунтовано вибраний спосіб розрахунку цієї маси. Кращим наближенням було б, якщо координатно залежну ефективну масу помістити під знак інтегралу. У такому випадку найбільший внесок в силу осцилятора був би від ефективної маси тієї області наносистеми, де перекриваються хвильові функції початкового та кінцевого станів, і таким чином координатна залежність ефективної маси була б врахована.
3. В дисертації містяться неточності у формулюваннях та описки. Наприклад, в об'єкті дослідження та в розділі 4 дисертації домішку віднесено до квазічастинок, яка не є такою.

Однак дані зауваження не заперечують наукових результатів дисертації Гутіва Василя Володимировича. Вони не впливають на висновок про високий науковий рівень дисертаційного дослідження, та його загальну позитивну оцінку.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Василя Володимировича Гутіва «Теорія перенормованого спектру багатозонних квазічастинок взаємодіючих з поляризаційними фононами», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія за її актуальністю, науково-теоретичним рівнем, новизною

постановки та розв'язання проблеми, практичним значенням отриманих результатів відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022р. №44 (із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №431 від 21.03.2022 р.).

Вважаю, що Василь Володимирович Гутів заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія.

Рецензент

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри термоелектрики та медичної фізики
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича

Володимир ГОЛОВАЦЬКИЙ

Підпис Головацького В. засвідчую
Учений секретар Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича
Суровська Н. С. [Signature]
" 31 " травня 2023

