

Рецензія

зав. відділу надпровідних та мезоскопічних структур ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна
НАН України, доктора фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника

Шевченка Сергія Миколайовича

на дисертаційну роботу Багрової Ольги Миколаївни «Електромеханічні явища в
нормальних та надпровідних наноструктурах на основі рухомої квантової точки»,

представлену на здобуття

наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – «Фізика та
астрономія» з галузі знань 10 – «Природничі науки»

Дисертаційна робота О.М. Багрової присвячена детальному теоретичному вивченню квантових ефектів в транспорті електронів у наноелектромеханічних системах, таких як одноелектронні транзистори. Тут можна відмітити, що дисертант дуже сміливо ставить та вирішує складні задачі для багатокomпонентних квантових систем, які поєднують нормальні та надпровідникові квантові підсистеми, електричні та механічні ступені свободи.

Дисертація базується на чотирьох статтях в таких журналах, як ФНТ та New J. Phys. Всі статті у співавторстві і я хочу підкреслити, що у всіх статтях дисертантка – перший автор. Тобто, і з дисертації, і з публікацій є очевидним, що особистий вклад дисертантки в ці роботи є вирішальним. Ще хочу наголосити, що у дисертантки є ще дві статті, які не входять в дисертацію, та ще одна готується до друку.

Основні результати дисертаційної роботи.

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

Перший розділ – це огляд літератури. В ньому розповідається про транспорт через одноелектронний транзистор, формалізм Ландауера-Бюттікера, поляронні ефекти у

транспорті електронів, блокаду електронів (Кулона) та поляронів (Франка-Кондона), човниковий механізм переносу заряду.

У другому розділі розглянуто одномолекулярний транзистор – тобто транспорт через молекулу між двома електродами. Молекула може коливатись, тому механізм переносу заряду – нано-електромеханічний. Побудовано гамільтоніан, вирішується рівняння для матриці густини електронів, Ліувілля - фон Неймана, отримано аналітичну формулу для струму через транзистор, аналізуються вольт-амперні залежності. Залежність струму від тягнутої напруги має сходінки, передбачені теорією Франка-Кондона. Обговорюється можливість спостереження таких ВАХ на експерименті.

Третій розділ присвячено надпровідній наномеханічній системі, в якій надпровідний нано-дріт підвішений між двома надпровідними електродами. Нано-дріт описується як зарядовий кубіт – дворівнева система, в якій стани відповідають двом можливим зарядам куперівських пар (одна чи нуль); контролюючі параметри: тягнуча та затворна напруги, а також різниця фаз параметра порядку (яку можна змінювати напругою чи зовнішнім магнітним полем). Описано динамічну поведінку системи. Стан системи визначається заплутаністю між кубітними зарядовими станами та двома когерентними станами механічного резонатора. Тобто це унікальна система, в якій можна розглядати заплутаність зарядових та механічних ступенів свободи. Отримано протокол контролю цими заплутаними станами, ще відомими як стани Шредінгеровської кішки.

В четвертому розділі розглянуто нано-електромеханічну систему на основі вуглецевої нанотрубки, яка може коливатись і ємнісно пов'язана до надпровідникового затворного електроду. В такій системі коливання створюють залежний від часу ефект близькості і відповідно змінюють амплітуду тунелювання в такому одноелектронному транзисторі. Побудовано гамільтоніан та рівняння для матриці густини, які пов'язані до формалізму функцій Гріна надпровідникової підсистеми. Задачу спрощено в адіабатичному режимі та отримано аналітичні рішення, використовуючи асимптотичний метод Боголюбова-Крилова; діабатычний режим досліджено чисельно. Продемонстровано транзисторний та діодний режими роботи системи, а також режим охолодження механічних коливань.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. В розділі 4 не представлено обговорення часових масштабів, на яких отримані явища можуть бути спостережені. А саме, час встановлення параметра порядку відносно часу тунелювання електронів з квантової точки до надпровідного електроду і навпаки, а також час декогеренції.
2. В розділі 3 (а також 4) вводиться параметр різниці фаз між надпровідниками, але не вказано яким чином він може бути контрольований (зокрема, з експериментальної точки зору).

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 квантових ефектів в транспорті електронів у наноелектромеханічних системах. Аналітичні результати доповнюються та підтримуються різноманітними чисельними розрахунками. Хочу наголосити, що автор кваліфіковано застосовує методи теоретичної фізики, такі як формалізм матриці густини та функції Вігнера, асимптотичний метод Боголюбова-Крилова, опис когерентних та заплутаних квантових станів, формалізм функцій Гріна. Таким чином, дисертаційна робота Багрової О.М. повністю відповідає спеціальності 104 — «Фізика та астрономія», а її автор Багрова О. М. заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 — «Фізика та астрономія» з галузі знань 10 — «Природничі науки».

Рецензент:

зав. відділу надпровідних та мезоскопічних структур
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

С.М. Шевченко

