

ОТЗЫВ

официального оппонента **Дюбуа Александра Борисовича** на диссертационную работу Подгорной Иоланты Александровны на тему **«Проводимость низкоразмерных полупроводниковых углеродных структур с примесями в сильных электрических полях»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. «Физическая электроника»

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационное исследование Подгорной И.А. посвящено актуальной проблеме изучения проводимости графеновых полупроводниковых структур под действием внешних электрических полей. Низкоразмерные полупроводниковые структуры на основе графена обладают исключительными электронными свойствами, что делает их перспективными материалами для наноэлектроники. Поскольку транспортные характеристики этих структур существенно зависят от наличия в них примесей, особую значимость приобретает теоретическое изучение их проводимости под действием внешних электрических полей с учетом ионизации примесей. В качестве объектов исследования выбраны углеродные нанотрубки полупроводникового типа и двумерная графеновая сверхрешётка.

Обоснованность и достоверность результатов

Сформулированные в работе выводы и защищаемые положения находятся в соответствии с представленными результатами исследования.

Достоверность результатов обеспечена использованием современных физических моделей, соблюдением пределов применимости методов, соответствием выводов фундаментальным физическим принципам.

Апробация работы и публикации по диссертации

В рамках темы диссертационного исследования опубликовано 13 работ, из них 2 статьи в научных журналах из списка ВАК Минобрнауки, 3 статьи в изданиях из списков Scopus / RSCI.

Научная новизна

В работе получены аналитические выражения для оценки вероятности ионизации примесей в полупроводниковых углеродных нанотрубках под действием постоянного и переменного электрического поля; формулы для постоянной составляющей плотности тока в полупроводниковых углеродных нанотрубках и графеновых сверхрешётках с учётом ионизации примесей; изучена зависимость угла отклонения вектора плотности тока от направления вектора напряжённости постоянного электрического поля в двумерной сверхрешётке на основе графена.

Структура работы

Диссертационное исследование объёмом 114 страниц включает введение, три главы, заключение и библиографический список из 145 источников. Работа содержит 40 иллюстраций.

Во введении обоснована актуальность, степень разработанности проблемы, сформулированы цель, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, а также положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит обзор литературы и современного состояния проблемы. Рассмотрен квазиклассический подход к анализу проводимости полупроводниковых графеновых структур с примесями с применением метода мнимого времени.

Во второй главе приведены результаты исследования проводимости примесных углеродных нанотрубок полупроводникового типа от параметров приложенных электрических полей. Предложен аналитический метод определения параметров полупроводниковых углеродных нанотрубок (количество слоёв, радиусы, концентрация и глубина залегания примесей) на основе сопоставления теоретических и экспериментальных вольтамперных характеристик.

Третья глава посвящена исследованию электронного транспорта в двумерных графеновых сверхрешётках с чередующимися областями бесщелевого и щелевого графена, включая анализ управления проводимостью

поперечными электрическими полями. Изучена взаимосвязь направлений вектора напряженности постоянного электрического поля, вектора поляризации переменного электрического поля и вектора плотности тока в двумерной графеновой сверхрешётке.

Автореферат соответствует структуре диссертации, достаточно полно отражает основные положения и результаты.

К сожалению, работа не лишена недостатков.

1. Не совсем удачной, на мой взгляд, выглядит формулировка п.1. цели работы: «Вычислить вероятность ионизации примесей....». Численное значение для вероятностей не получено, поэтому речь может идти только об оценке.
2. Научная новизна п. 1. Выражение: «Впервые было получено и численно проанализировано аналитическое выражение с экспоненциальной точностью для вероятностей ионизации....» выглядит неудачным. Гораздо лучше: «С точностью до экспоненциального множителя», что и написано далее в диссертации.
3. Утверждение, что «Графен демонстрирует уникальные свойства благодаря особой структуре гамильтониана...» (стр. 27) явно лишено смысла. Кроме того, в диссертации не показан сам гамильтониан.
4. Неудачным и неопределенным в диссертации выглядит термин: «Слабая неаддитивность».
5. Не указано, по каким формулам построены графики в главах 2 и 3.
6. Диссертация сильно перегружена математическими формулами, на мой взгляд, было бы лучше, если бы их вывод отправить в отдельное приложение.

Заключение

Однако, указанные недостатки не снижают ценности и положительной оценки диссертационной работы.

Считаю, что по объему проведенных исследований, новизне полученных результатов и практической значимости, диссертационное исследование Подгорной И.А. соответствует всем требованиям ВАК РФ, а ее автор безусловно

заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 «Физическая электроника».

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук (01.04.04), доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина».



Дюбуа Александр Борисович

12.11.2025

Адрес основного места работы:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»

390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Телефон: (4912) 72-03-03

Электронная почта: dubois.a.b@rsreu.ru

Подпись Дюбуа Александра Борисовича заверяю.

Проректор по научной работе и инновациям РГРТУ

Д.т.н., профессор



(Гусев С.И.)

« 04 » ЛИСТОВ	Вх. № 0.10-65-151 « 18 » 11 2025г. ВолГТУ
------------------	---

С отзывом ознакомлен

18.11.2025

