

Отзыв

на автореферат диссертации Баркова Павла Валерьевича

«Закономерности распределения заряда и электронного транспорта в тонких пленках наносетчатого графена, в том числе модифицированного карбоксильными группами», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. – Физическая электроника.

В настоящее время наноматериалы на основе графена успешно применяются в различных устройствах физической электроники. Наряду с графеновыми нанолентами и углеродными нанотрубками, одной из интересных структурных разновидностей графена, успешно синтезируемой в реальном эксперименте, является наносетчатый графен. Обладая полупроводниковым типом проводимости, структуры наносетчатого графена представляют несомненный интерес для электроники на наноструктурах, однако механизмы и закономерности протекания тока в них пока недостаточно изучены. В связи с этим, диссертационная работа Баркова П.В., направленная на установление закономерностей физических явлений транспорта заряда в тонких пленках наносетчатого графена с круглыми отверстиями нанометрового диаметра, в том числе при различных типах модификаций его поверхности, представляется актуальной.

Автором работы успешно решены сразу несколько задач и получен целый ряд оригинальных научных результатов, представляющих интерес как с фундаментальной, так и научной точек зрения. Среди этих результатов можно выделить следующие:

– Для пленок наносетчатого графена выявлена анизотропия электропроводности в зависимости от выбора направления транспорта электронов: в направлении «кресло» листа графена электропроводность выше, чем в направлении «зигзаг» за счет неравномерного распределения электронной плотности по атомам структуры наносетчатого графена;

– Показано, что при последовательном увеличении ширины шейки пленки наносетчатого графена в направлении «зигзаг» листа графена величина энергетической щели пленки изменяется скачкообразно в диапазоне от 0.03 до 0.37 эВ, в то время как при последовательном увеличении ширины шейки вдоль направления «кресло» листа графена величина щели практически не изменяется;

– Разработана оригинальная методика *in silico* модификации краевых атомов отверстия наносетчатого графена функциональными группами, обеспечивающая верное

топологическое расположение функциональной группы с позиции экспериментальных данных.

Полученные в диссертации результаты представляют особый интерес для специалистов, работающих в области создания устройств наноэлектроники, в частности устройств, реализующих эффект переключения тока, а также наносенсоров.

Все основные результаты и выводы диссертации, описанные в реферате, представляются достаточно обоснованными и достоверными.

По тексту автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Работы 30-х годов по исследованию краевых состояний электронов Тамма в полупроводниках получили свое продолжение в обнаружении краевых состояний в полуметаллах Вейля, топологических изоляторах, графене и др. материалах. В работах В.А. Волкова [Волков В.А., Еналдиев В.В., Загороднев И.В. Электронные поверхностные состояния в полупроводниках и полуметаллах. — М.: Физматкнига, 2018. — 100 с. ISBN 978-5-89155-311-8; В.А. Волков, И.В. Загороднев Электроны вблизи края графена // Физика низких температур, 2009. Т.35, №1. С. 5; В.А. Волков, В.В. Еналдиев, Поверхностные состояния системы дираковских фермионов: минимальная модель // ЖЭТФ, 2016, Т.149, вып. 3. С. 702 и др.] по электронным состояниям графена, возникающим из-за наличия края, получен ряд интересных результатов, в том числе и в графеновых «антиточках». В автореферате нет ссылок на указанные работы и нет сравнения полученных результатов с известными результатами по графеновым «антиточкам».

2. На стр. 10 не дается пояснений о том, что подразумевается под энергетически выгодной суперъчейкой пленок наносетчатого графена. Какой при этом был выбран критерий?

3. В тексте автореферата на стр. 9 запаздывающая матрица Грина и электропроводность обозначены одним символом G , что затрудняет понимание математического аппарата метода.

Сделанные замечания не меняют в целом положительной и высокой оценки диссертации. Оригинальные результаты проведенных исследований опубликованы и неоднократно докладывались на авторитетных международных и всероссийских конференциях.

Работа П.В. Баркова удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, Барков Павел Валерьевич, заслуживает присуждения ученой

степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5. – Физическая электроника.

Фатеев Д.В.

3.11.2022

Фатеев Денис Васильевич

Заместитель директора по научной работе Саратовского филиала Института Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (СФИРЭ им. В.А. Котельникова), кандидат физ.-мат. наук, специальность 01.04.03 – Радиофизика.

Адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зелёная, 38.

Тел.: +79271044062.

E-mail: FateevDV@yandex.ru

Подпись Фатеева Д.В. заверяю

Директор СФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН



д.ф.-м.н. Филимонов Ю.А.