

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.231.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии
наук ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 05 февраля 2016 г. № 1

О присуждении **Загородневу Игорю Витальевичу**, гр. России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация на тему «Краевые электронные возбуждения в графене и 2D топологическом изоляторе на основе квантовых ям Cd(Hg)Te» по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников» принята к защите 13 ноября 2015 г., протокол № 11, диссертационным советом Д 002.231.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук (125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7) (приказ Рособрнадзора о создании совета № 2397-1776 от 07.12.2007 г.; приказ Минобрнауки России о продлении деятельности совета № 75/нк от 15.02.2013 г.).

Соискатель **Загороднев Игорь Витальевич**, 1985 года рождения, в 2008 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт» (государственный университет). С 10.07.2008 по 09.07.2011 гг. проходил обучение в аспирантуре ФГБУН Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Работает научным сотрудником лаборатории Теоретической нанофизики Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт» (государственный университет).

Диссертация выполнена в лаборатории № 181 «Электронные процессы в тонких пленках и пленочных структурах» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук **Волков Владимир Александрович**, главный научный сотрудник лаборатории № 181 «Электронные процессы в тонких пленках и пленочных структурах» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- **Тугушев Виктор Витальевич**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории новых элементов наноэлектроники отдела прикладных наноэлектронных структур НБИКС-Центра НИЦ «Курчатовский институт»;

- **Молотков Сергей Николаевич**, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией спектроскопии поверхности полупроводников

ФГБУН Института физики твердого тела Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (г. Санкт-Петербург). В своем положительном заключении, подписанном доктором физ-мат. наук Глазовым Михаилом Михайловичем, ведущим научным сотрудником; доктором физ-мат. наук, проф., чл-корр. РАН Ивченко Еугениусом Левовичем, главным научным сотрудником, и утвержденном руководителем Центра физики наногетероструктур доктором физ-мат. наук, проф., чл-корр. РАН Копьевым Петром Сергеевичем, указала, что тема диссертации И.В. Загороднева актуальна. Диссертация является завершённой научной работой, выполненной на высоком научном уровне и содержит решение задачи о краевых состояниях в графене и двумерных топологических изоляторах. Новизна и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, они представляют также несомненный практический интерес и могут быть использованы при проведении исследований электронных, транспортных и оптических свойств графена и двумерных топологических изоляторов в организациях, занимающихся теоретическими и экспериментальными исследованиями этих систем, включая ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН (Санкт-Петербург) ФИ им. П.Н.Лебедева РАН, ИТФ им. Л.Д.Ландау РАН, ИФТТ РАН (Москва), ИФП им. А.В.Ржанова СО РАН (Новосибирск) и др.

Опубликованные по теме диссертации работы.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, все – по теме диссертации, из них – 7 статей в российских журналах, входящих в Перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 2 статьи в зарубежных рецензируемых журналах, включенных в систему Web of Science, 20 докладов на научных международных и российских конференциях с публикацией тезисов, а также одна электронная публикация.

Общий объём публикаций по теме диссертации составляет 70 машинописных страниц.

Научные работы, опубликованные соискателем, обладают самостоятельной научной ценностью, а основные положения, выносимые на защиту, изложены в них полно и достаточно обоснованы.

Вклад соискателя состоит в участии в постановке задач, непосредственном проведении теоретических расчетов, анализе результатов и подготовке материалов для публикации статей и представления докладов на международных и российских конференциях

Наиболее значительными работами являются следующие:

1. Волков В.А., Загороднев И.В. Электроны вблизи края графена // Физика низких температур. 2009. Т. 35, № 1, стр. 5–9.
2. Загороднев И.В., Волков В.А. Граничные условия для дираковских фермионов в графене // Нелинейный мир. 2009. Т. 7, № 6, стр. 485–486.
3. Загороднев И.В., Волков В.А. Краевые состояния дираковских фермионов в графене // Нелинейный мир. 2010. Т. 8, № 2, стр. 108–109.

4. **Загороднев И.В.**, Еналдиев В.В., Волков В.А. Спектр дираковских фермионов в полубесконечном графене в магнитном поле // Нелинейный мир. 2011. Т. 9, № 1, стр. 29–30.
5. Волков В.А., **Загороднев И.В.** Плазменные колебания краевых дираковских фермионов // Письма в ЖЭТФ. 2013. Т. 97, № 7-8, стр. 469–472.
6. Латышев Ю.И., Орлов А.П., Фролов А.В., Волков В.А., **Загороднев И.В.**, Скуратов В.А., Петров Ю.В., Вывенко О.Ф., Иванов Д.Ю., Конзиковски М., Монсеау П. Орбитальное квантование в системе краевых дираковских фермионов в наноперфорированном графене // Письма в ЖЭТФ. 2013. Т. 98, № 4, стр. 242–246.
7. Enaldiev V.V., **Zagorodnev I.V.**, Volkov V.A. Boundary Conditions and Surface State Spectra in Topological Insulators // Письма в ЖЭТФ. 2015. Т. 101, № 2, стр. 94–100.
8. Latyshev Y.I., Orlov A.P., Volkov V.A., Enaldiev V.V., **Zagorodnev I.V.**, Vyvenko O.F., Petrov Yu.V., and Monceau P. Transport of Massless Dirac Fermions in Non-topological Type Edge States. // Scientific reports. 2014. Vol. 4, p. 7578.

На автореферат диссертации поступили положительные отзывы из:

- Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского» от к.ф.-м.н., доцента каф.теоретической физики Бурдова Владимира Анатольевича и к.ф.-м.н., доцента этой же кафедры Максимовой Галины Михайловны. (замеч.: из текста автореферата остается неясным, как данное граничное условие соотносится с граничными условиями для графена, полученными ранее, например, в модели сильной связи. Предложенное автором граничное условие вынесено на защиту в качестве одного из основных положений, поэтому было бы, по мнению авторов отзыва, логично сравнить его с граничными условиями, полученными в других работах, в частности (8,9), цитируемыми автором, и указать на принципиальные отличия от последних (если таковые имеются).
- Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт» (государственный университет) от к. ф.-м.н. Свинцова Дмитрия Александровича, ст. научн.сотр. лаборатории нанооптики и плазмоники (замеч.: к сожалению, автор рассмотрел простейший случай нулевой температуры и отсутствия релаксации электронов при расчете поляризованного оператора. Для практических приложений важно уметь вычислять длину пробега (или время жизни) данных плазмонов, на которую могут влиять, например, электронно-фоновое рассеяние или неизбежная шероховатость края.)

Обоснование выбора ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук является одним из крупнейших и ведущих институтов в области физики полупроводников, а также двумерных гомо- и гетеро- структур. Он занимает лидирующие позиции в списке российских институтов по суммарному индексу цитирования научных публикаций своих сотрудников. Среди бывших сотрудников института – три

нобелевских лауреата. Современная теоретическая школа в области физики полупроводников представлена академиком Р.А. Сурисом, чл.-корр. РАН Е.Л. Ивченко и их многочисленными учениками и коллегами.

Обоснование назначения оппонентов:

Назначенные советом официальными оппонентами по кандидатской диссертации И.В. Загороднева ученые являются специалистами, в частности, в области физики полупроводников; они широко известны своими достижениями в данной отрасли науки, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных журналах, способны определить научную и практическую ценность оппонированной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Предложено оригинальное однопараметрическое граничное условие на эффективную волновую функцию электронов, описывающее край графена в пренебрежении междолинным рассеянием, что позволило выявить качественно новые закономерности в энергетическом спектре краевых состояний в графене, а именно, показано, что энергетический спектр длинноволновых таммовских состояний на трансляционно-инвариантном линейном краю графена представляет собой лучи, начинающиеся в центре проекции долин на направление края, а в магнитном поле, перпендикулярном графеновой плоскости, в одной из долин происходит антикроссинг объемных уровней Ландау с такими таммовскими состояниями.

Разработано теоретическое описание круглых отверстий (антиточек) в графене. Показано, что при наличии на антиточке локализованных квазистационарных состояний низкотемпературная проводимость графеновых структур с такими антиточками имеет осцилляционную зависимость от положения уровня Ферми, обусловленную резонансным рассеянием на уровнях локализованных состояний, а при изменении магнитного поля, перпендикулярного антиточке, уровни таммовских состояний в квазиклассическом приближении почти периодически пересекают уровень Ферми, с периодом, определяемым прохождением кванта магнитного потока через антиточку.

Предсказаны новые типы спектров краевых состояний в двумерном топологическом изоляторе на основе квантовых ям $\text{Cd}(\text{Hg})\text{Te}$. Выявлена связь плазменных колебаний в системе краевых электронов в указанном 2D топологическом изоляторе с классическими 1D плазменными колебаниями.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Предложенные автором граничные условия позволяют аналитически описывать различные наноструктуры, в том числе в форме полуплоскости, полосы, квантовой точки и антиточки как в магнитном поле, так и без него. Они также могут быть использованы при теоретическом описании дефектов и примесей в графене. Выявлены общие закономерности поведения таммовских состояний на линейном краю. Предсказанные спектры краевых состояний и плазменных колебаний в 2D топологическом изоляторе расширяют существующие представления о 2D топологических изоляторах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

создано новое теоретическое описание краевых состояний в графене и топологическом изоляторе на основе квантовых ям Cd(Hg)Te. Предложено объяснение экспериментально наблюдаемым пикам в зависимости сопротивления графеновых структур, содержащих антиточки, от напряжения на затворе и магнитного поля. Из сравнения теории с несколькими независимыми экспериментальными данными проведена оценка феноменологического параметра граничного условия в графене.

Оценка достоверности результатов исследования.

Предложенная в диссертации теория краевых состояний подтверждается тем, что при расчётах использовались проверенные методы теоретической физики, воспроизводящие результаты в различных подходах; совпадением предсказанных эффектов с экспериментальными измерениями. Полученные теоретические результаты признаны научной общественностью при обсуждениях на российских и международных научных конференциях и семинарах, а также подтверждены положительными рецензиями опубликованных статей в научных журналах.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

автор принимал участие в постановке задач и обсуждении результатов. Все расчеты проводились автором лично. Написание статей проводилось совместно с соавторами, причем вклад диссертанта в подготовке теоретических публикаций был определяющим.

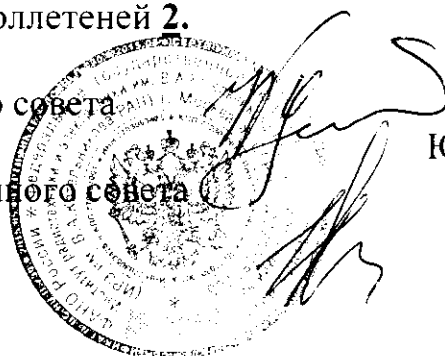
Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация соответствует специальности 01.04.10 – физика полупроводников. и представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней Российской Федерации.

На заседании 05 февраля 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Загородневу** Игорю Витальевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человек, из них **7** докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени **17**, против присуждения учёной степени **0**, недействительных бюллетеней **2**.

Председатель диссертационного совета

Ученый секретарь диссертационного совета



Гуляев
Юрий Васильевич
Кузнецова
Ирен Евгеньевна

« 15 » февраля 2016 г.