Отзыв
доктора физико-математических наук, доцента
Степанова Николая Петровича, на автореферат диссертации
Демидова Евгения Владимировича
«Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки)

В диссертации решена актуальная задача получения экспериментальных результатов по электронным явлениям переноса в пленках висмута и системы висмут-сурьма в условиях проявления классического и квантового размерных эффектов, пригодных для сравнения с теоретическими оценками на основе современной теории электронных явлений переноса в полуметаллах. Автором убедительно показано на примере пленок висмута, что указанная задача может быть корректно решена, если учесть влияние на измеряемые коэффициенты переноса способов и режимов получения образцов, их дальнейшей обработке (отжига), влияние подложки на структуру пленки с учетом влияния различия коэффициентов температурного расширения материалов пленки и подложки, влияния размеров и границ кристаллитов, хиллоков и других дефектов, важным является также учет влияния поверхности. Автором разработана стратегия организации и постановки эксперимента, и он проявил себя в её реализации как высококвалифицированный экспериментатор, хорошо владеющий современной техникой исследования, различным современным научным оборудованием и внесший свой вклад в развитие метода атомно-силовой микроскопии для выявления блочной структуры пленок и определения их толщины. Полученные автором результаты и выводы характеризуются высокой степенью надежности, обоснованностью и проработанностью.

Структура и содержание работы соответствуют цели и задачам исследования. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Полученные результаты достаточно полно отражены в публикациях в изданиях из перечня ВАК.

По основным результатам исследования, автором опубликовано 68 работ. В список опубликованных работ входит 1 монография, 33 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве

науки и высшего образования РФ, 4 патента РФ. Результаты диссертационного исследования докладывались на множестве международных и всероссийских научных конференциях.

В автореферате автор пишет, что его результаты представляют существенный вклад в развитие фундаментальных представлений о физических явлениях в тонких пленках полуметаллов, по моему мнению, данная диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие физики низкоразмерных и наноразмерных структур любой природы.

Судя по тексту и содержанию автореферата, диссертация Демидова Евгения Владимировича «Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки) соответствует критериям пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства № 842 от 24.09.2013 г.), ее автор Демидов Евгений Владимирович заслуживает присуждение искомой ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки).

Доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния, доцент, профессор кафедры физики и техники связи ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»

Николай Петрович Степанов

18 февраля 2025 года

Подпись Степанова Н.П.
Заверяю Радченко Э.К.
начальника отдела кадров

Контактные данные:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет»

Адрес: 672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, д.30

Телефон: (3022) 41-64-44

Адрес электронной почты: rektorat@zabgu.ru

веб-сайт: https://www.zabgu.ru

Я, Степанов Николай Петрович, даю согласие на обработку своих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Е.В. Демидова _____ Н.П. Степанов

Отзыв

доктора физ.-мат. наук, доцента Бочегова Василия Ивановича

на автореферат диссертации Демидов Евгений Владимирович «**Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута**», представленную на соискание ученой степени доктора по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки)

Данная работа выполнена в широко известном в научных кругах России и мира коллективе, представляющем авторитетную научную школу в направлении физики конденсированного состояния. Посвящена работа экспериментальному исследованию кинетических свойств двумерных наноструктур висмута и **актуальнейшему** вопросу интерпретации этих свойств в зависимости от их различных структурных особенностей.

Содержание автореферата полностью соответствует заявленной теме исследования, цели и задачам исследования.

Новизна и **практическая ценность** выполненных исследований подтверждается **четырьмя патентами** полученными на их основе и внушительным перечнем публикаций, удовлетворяющих требованиям ВАК.

Степень личного участия Демидова Е.В. в проведении исследований рецензенту хорошо известна и она является высокой, у рецензента нет вопросов и замечаний по содержанию представленной работы.

В **заключении** рецензент считает, что диссертация полностью соответствует критериям пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства № 842 от 24.09.2013 г.) и **рекомендует** присуждение Демидову Е.В. степень доктора по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки).

Доктор физико-математических наук по специальности 01.04. 07 - физика конденсированного состояния, профессор кафедры «Математика и физика»
ФГБО ВО «Курганский государственный университет»
e.mail: max_vib@mail.ru
тел.: +7 922 670 2489

19 февраля 2025 г. Бочегов Василий Иванович

Контактные данные:
ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет»
Адрес: 640002, Курганская обл., г. Курган, ул. Советская, 63, стр. 4.
Контактный телефон: +7 (3522) 65-49-99 (Приемная);
+7 (3522) 65-49-84 (Отдел делопроизводства и электронного документооборота);
Адрес электронной почты: rektorat@kgsu.ru

ВЕРНО
Начальник ОДиЭД
Козлова М.А.
«19» 02. 2025 20 г.

Отзыв
Кузьменко Александр Павлович, д.ф.-м.н, профессор
на автореферат диссертации Демидова Евгения Владимировича «Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

В работе изучены транспортные свойства как висмута, так и соединений на его основе в пленочном исполнении, обусловленные его уникальностью по целому ряду параметров, среди которых выделяются чрезвычайно низкая концентрация электронов и как следствие их большая длина волны де Бройля. Даже эти обстоятельства расширяют горизонты их практического применения за счет построения элементов и устройств работающих на квантовых размерных эффектах, что более, чем явно свидетельствует об актуальности темы диссертационной работы. Свойства висмута и висмут содержащих материалов с ярко выраженной анизотропией представляют существенный научный интерес для модельных экспериментальных исследований проявлений в транспортных свойствах носителей заряда размерных эффектов путем деформационной и энтропийной инженерии достижения трансформации топологии зонной структуры.

В течение достаточно продолжительного времени к квантовому размерному эффекту сохраняется устойчивый научный интерес. Это в значительной мере вызвано отсутствием однозначной интерпретации ряда экспериментальных и теоретических данных. В частности, как это показано автором, по осцилляциям гальваномагнитных свойств в создаваемых им тонких пленках в диапазоне от 10 нм до нескольких микрометров. Обнаруженные сильные изменения транспортных свойств в области перехода полуметалл-полупроводник (удельное сопротивление, магнетосопротивление, эффект Холла и термоэдс), изученных с применением современных аналитических методов, объяснены изменением концентрации и подвижности носителей заряда из-за комплексного влияния пленочных поверхностей, границ составляющих наноструктурных элементов, материала подложки и возникающих в пленке механических деформаций.

Это приводит к одновременному проявлению как квантового, так и классического размерного эффектов. В рамках квантового размерного эффекта в пленках висмута отмечены роль поверхности, границ кристаллитов и хиллоков в ограничение подвижности носителей заряда, с уменьшением толщины пленок висмута более сильный рост концентрации дырок по отношению к электронам в пленках тоньше 25 нм.

Основные результаты выполненных автором исследований, хорошо апробированы на конференциях и опубликованы в 33 статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, на их основе получено 4 патента РФ и опубликована монография.

В качестве замечаний стоит отметить.

1. В тексте автореферата, к сожалению, отсутствуют иллюстрации структур в пленках висмута, которые, очевидно, активно использовались в исследованиях.

2. Учитывая высокие уровни научной, практической значимости и востребованность выбранной темы, следовало бы уделить больше внимания анализу зарубежных публикаций самых последних лет в предметной области.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку работы.

Автореферат диссертационной работы Демидова Евгения Владимировича на тему «Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки) свидетельствует о соответствии критериям пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства № 842 от 24.09.2013 г.), а ее автор Демидов Евгений Владимирович заслуживает присуждение ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки)

Доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Регионального центра нанотехнологий, профессор кафедры Нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ), Почетный работник Высшей школы, Кузьменко Александр Павлович.
Электронная почта: apk3527@mail.ru
Веб-сайт: http://nano.kursk.su
Номер телефона: +79103142901
Специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния
Адрес места работы:
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, Региональный центр нанотехнологий

Я, Кузьменко Александр Павлович, даю согласие на обработку своих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Е.В. Демидова _____А.П. Кузьменко

02. 04. 2025

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Демидова Евгения Владимировича
«Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния
(физико-математические науки)

Традиционное представление о том, что конденсированные тела разделяются на изоляторы, полупроводники и металлы оказалось недостаточным для описания всего многообразия элементарных возбуждений, которые встречаются в твердом теле. Оказалось, что в конденсированном состоянии буквально каждый элемент периодической системы создает свой набор элементарных возбуждений, которые только весьма условно можно отнести просто к электронам и дыркам. В результате как теоретическое изучение, так и экспериментальное исследований каждого элемента выливается в отдельную отрасль науки. Висмут в этом отношении представляет особую сложность и, в то же время, интерес для исследования, поскольку энергетическая структура объемного материала имеет весьма сложный характер, а свойства его тонких слоев кардинально отличаются от свойств массивного материала.

Диссертация Е.В. Демидова посвящена актуальной проблеме установления экспериментальных закономерностей квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута и сопоставлению полученных результатов с теоретическим описанием данных явлений. Выбор в качестве основного объекта исследований пленок полуметалла висмута оправдан, так как большая длина волны электронов и большие подвижности носителей заряда обеспечивают наблюдение указанных эффектов в относительно крупных структурах с размерами до сотен нанометров, что повышает надёжность полученных в диссертации результатов.

В рамках представленной диссертационной работы автором впервые проведено комплексное изучение размерных эффектов в тонких пленках висмута, что позволило установить основные закономерности их проявления в электрических и гальваномагнитных свойствах материала. Выяснена причина изменения концентрации носителей заряда в пленках висмута по отношению к массивному кристаллу, которая оказалась связанной с влиянием поверхности и внутренними механическими напряжениями, обусловленными отличием коэффициентов теплового расширения пленки висмута и материала подложки. Исследована зависимость электрических и гальваномагнитных свойств тонких пленок висмута от длины пробега носителей заряда, определяемой качеством кристаллической структуры пленок. Установлена связь степени кристалличности с условиями получения и последующего отжига пленки висмута.

Особый интерес представляют результаты измерения коэффициентов переноса в пленках висмута толщиной 15 нм, которые подтвердили теоретические расчеты из первых принципов.

Основные результаты диссертационной работы отражены в статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования: опубликовано 33 работы, получено 4 патента РФ. Всего опубликовано 68 работ, из которых 1 монография.

Диссертация Е.В. Демидова на тему «Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута, представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки)

выполнена на высоком научном уровне и соответствует критериям пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства № 842 от 24.09.2013 г.), а ее автор Демидов Евгений Владимирович заслуживает присуждение ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки)

Доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник
профессор Международного научно-образовательного центра физики наноструктур, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Вартанян Тигран Арменакович
04.04.2025

Контактные данные:
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
Почтовый адрес: 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А
Телефон: +7 (911) 2895606
E-mail: tavartanyan@itmo.ru
Вартанян Тигран Арменакович Профессор международного научно-образовательного Центра физики наноструктур Главный научный сотрудник Центра «Информационные оптические технологии» Персоналия университета ИТМО

Я, Вартанян Тигран Арменакович, даю согласие на сбор, запись, обработку, хранение и передачу персональных данных, содержащихся в отзыве, необходимых для работы диссертационного совета 33.2.018.22 и оформлением аттестационного дела Е.В. Демидова

Т.А. Вартанян

Подпись Вартаняна Т.А.
удостоверяю
Менеджер ОК
Лопатько

Отзыв

Иванова Константина Георгиевича, профессора, доктора физико-математических наук, по специальности 01.04.10 – физика полупроводников и диэлектриков на автореферат диссертации Демидова Евгения Владимировича «Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута», представленной на соискание ученой степени по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки).

В настоящее время существенно возрос интерес к полуметаллам, который обусловлен не только их промежуточным положением между металлами и полупроводниками, но с открытием новых состояний, таких как топологические изоляторы, полуметаллы Дирака и Вейля, новые состояния, обусловленные квантовыми когерентными явлениями носителей заряда. В связи с этим тема диссертации, в которой исследуются квантовые когерентные явления на фоне проявления классического размерного эффекта в электронных явлениях переноса в тонких пленках полуметалла висмута является весьма актуальной и её выполнение весьма своевременным.

В диссертационной работе Демидова Евгения Владимировича подробно описана проблема интерпретации экспериментов по наблюдению квантового размерного эффекта в пленках висмута. Особенно следует отметить тщательное планирование и квалифицированное выполнение эксперимента, позволившего выделить и оценить вклад всех этапов изготовления и обработки образцов пленок висмута на проявление классического и квантового размерных эффектов в процессах электронного переноса. При выполнении эксперимента автор проявил себя как высококлассный специалист в области атомно-силовой микроскопии, не только как пользователь, но и как исследователь, внесший заметный вклад в развитие методик её применения, что подтверждено двумя патентами в этой области. Именно мастерство автора как экспериментатора позволило ему выделить тип двойникования с малой энергией образования, и помогло подобрать режим отжига, обеспечивший получение пленок с размером кристаллитов в плоскости пленки существенно превышающим их размер по высоте. Технология изготовления плёнок висмута содержит много новизны. Разработанные методы определения размеров кристаллитов и толщины пленок носят практическую ценность для других исследований, в которых требуются подобные измерения.

Из полученных результатов можно отметить, как наиболее значимые и новые, установленные зависимости концентрации носителей заряда, длины волны де Бройля электронов и периода квантовых размерных осцилляций от состояния поверхности пленок, границ кристаллитов, материала подложек, что объясняет отсутствие согласия результатов, полученных в рамках исследований квантового размерного эффекта, выполненных разными авторами.

По основным результатам исследований автором опубликовано 68 работ, из них 1 монография, 33 работы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, получено 4 патента РФ.

В качестве замечания можно указать, что расчет концентрации носителей заряда в L-точках зоны Бриллюэна более корректно рассчитывать на основе модели Мак-Клюра и Чоя закона дисперсии носителей заряда. Данное замечание носит дискуссионный характер и не снижает общую положительную оценку работы.

Судя по тексту автореферата, диссертация Демидова Евгения Владимировича на тему «Электронные явления переноса в условиях квантового и классического размерных эффектов в тонких пленках висмута», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки) соответствии критериям пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства № 842 от 24.09.2013 г.), а ее автор Демидов Евгений Владимирович заслуживает присуждение ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки)

Доктор физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников и диэлектриков, профессор, заведующий кафедрой физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

_____ Иванов Константин Георгиевич
07. 04.2025

Контактные данные:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»

Адрес: Россия, 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18
E-mail: rector@sutd.ru, priem@suitd.ru Телефон/факс: +7 (812) 315-75-25, веб-сайт: https://sutd.ru/.

Я, Иванов Константин Георгиевич, даю свое согласие на обработку персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Демидова Евгения Владимировича _____К.Г. Иванов

Иванова К.Г.
"04"