

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.114.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И
ФОТОНИКА» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ
ВОЛЧКОВА ИВАНА СЕРГЕЕВИЧА НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 8 сентября 2020 г., протокол № 16

О присуждении **Волчкову Ивану Сергеевичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Воздействие слабых магнитных полей на реальную структуру и свойства полупроводниковых кристаллов CdTe(Cl) и CdTe(Cl,Fe)» по специальности 01.04.18 – «кристаллография, физика кристаллов» принята к защите 11.02.2020 г., протокол № 5, диссертационным советом Д 002.114.01 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 119333, г. Москва, Ленинский проспект, дом 59. Диссертационный совет Д 002.114.01 создан приказом Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Волчков Иван Сергеевич, 1992 г.р., в 2014 г. окончил кафедру физической химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности наноматериалы и нанотехнологии. В 2018 г. окончил аспирантуру Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» с выдачей диплома с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

В настоящее время работает в лаборатории роста тонких пленок и неорганических наноструктур структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – «Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН» (ИК

РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории роста тонких пленок и неорганических наноструктур структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – ИК РАН, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – **Каневский Владимир Михайлович**, доктор физико-математических наук, руководитель структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – ИК РАН.

Официальные оппоненты:

Головин Юрий Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института «Нанотехнологии и наноматериалы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Гамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»;

Моргунов Роман Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник группы магнитных и спиновых логических процессов и устройств Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химической физики Российской академии наук.

— дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация **Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)** в своём положительном отзыве, подписанном доцентом кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков, кандидатом физико-математических наук М.Д. Малинковичем, ученым секретарем кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков, кандидатом физико-математических наук И.С. Диденко, и утвержденном проректором по науке и инновациям НИТУ «МИСиС», д.т.н. профессором М.Р. Филоновым, указала, что диссертационная работа Волчкова Ивана Сергеевича «Воздействие слабых магнитных полей на реальную структуру и свойства полупроводниковых кристаллов CdTe(Cl) и CdTe(Cl,Fe)» посвящена исследованиям результатов воздействий слабых магнитных полей на реальную структуру и свойства полупроводниковых кристаллов группы AIBVI, а именно CdTe(Cl) и CdTe(Cl,Fe). В работе впервые получены результаты, говорящие о значительном изменении темновой проводимости

кристаллов CdTe, после воздействия слабыми магнитными полями, а также обнаружено отсутствие латентного периода выдержки.

Научной новизной работы, прежде всего, является обнаружение магнитного влияния на темновую проводимость полупроводниковых кристаллов, чтобы было сделано впервые. Проведенные комплексные исследования воздействия слабых магнитных полей на механические (твердость), электрические (темновая проводимость) свойства и состояние поверхности (шероховатость), помогут в разработке принципиально новых методов улучшения характеристики уже выращенных кристаллов, а также определения типов основных примесей.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в таких организациях как Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт, Институт проблем химической физики РАН, а также Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН.

Материал диссертации изложен последовательно, рисунки, графики и таблицы хорошо иллюстрируют содержание текста. Сформулированные выводы к каждой главе помогают целостно воспринимать материал.

Диссертация представляет собой цельную научно-исследовательскую работу по актуальной тематике и обладает существенной практической значимостью. Диссертационная работа Волчкова И.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую всем критериям и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным согласно пунктам 9-14 раздела II Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Волчков Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «Кристаллография, физика кристаллов».

По теме диссертационной работы опубликовано 2 статьи в рецензируемых научных журналах. Результаты представлены на 16 различных международных и всероссийских конференциях. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Волчков И.С. и др.** Влияние слабых магнитных полей на электрические свойства кристаллов CdTe // Письма в ЖЭТФ – 2018 – Т. 107. – С. 276-279.
2. **Волчков И.С. и др.** Долговременные изменения механических и электрических характеристик кристаллов CdTe после их экспозиции в слабом импульсном магнитном поле // Кристаллография – 2018 – Т.63 – С. 746-749.

На диссертацию и автореферат поступило 4 **положительных отзыва**.

Горнаков Владимир Степанович – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твердого тела Российской академии наук, отметил в качестве замечаний, следующее:

1. В тексте, на стр. 15, утверждается, что «для кристаллов CdTe(CI), прошедших воздействие слабым ИМП, при ориентации В перпендикулярным (110), характерен первый пик роста проводимости на ~21%, против ~35%, в случае воздействия слабого ПМП на идентичные кристаллы», тогда как на рисунке 9 наоборот, амплитуда первого пика ~35% после ИМП, тогда как после ПМП это амплитуда ~21%. То же самое можно сказать и для второго пика.
2. На стр. 6 указывается, что «Осциллограмма импульса магнитного поля, используемого в данной работе, представлена на рис. 10», тогда как на рис.10 приведены «Зависимости изменения удельной проводимости ($\Delta\sigma$) кристаллов CdTe(CI) (р-типа проводимости) от времени (t)».
3. В тексте автореферата приводятся жаргонные выражения типа «падения проводимости кристаллов» и «пик рост проводимости», а также некорректные фразы типа «Предложены возможные механизмы о воздействии слабых ИМП на полупроводниковые диамагнитные кристаллы» и «...интервалы нарастания максимума амплитуды...»
4. В большинстве ссылок на материалы конференций не полностью приводятся такие исходные данные, как место проведения конференций и страницы тезисов в трудах

Демидов Виктор Владимирович – д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук, отметил в качестве замечаний, что в тексте автореферата содержится значительное количество грамматических и синтаксических ошибок.

Скворцов Аркадий Алексеевич – д.ф.-м.н., заведующий кафедрой

«Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», отметил в качестве замечаний, следующее:

1. На большинстве графиков автор рассматривает динамику изменения величины приращения удельной проводимости $\Delta\sigma$ (см., например, рис.3, 4, 6, 9) и не указана величина σ , значение которой представляется важным. Особенно при экспозиции материала в импульсных магнитных полях.
2. По-видимому, из-за ограниченности объема автореферата автор не отметил ряд технологических аспектов. Например, проводилась ли предварительная обработка поверхности полупроводника перед измерениями, сопровождалось ли появление трещин при измерении микротвердости кристаллов и каковы были режимы нагружения, контролировалась ли освещенность при экспозиции кристаллов в магнитном поле и т.д.

Пурцхванидзе Андро Ардалионович – к.ф.-м.н., ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук, в качестве замечания указал, что для полноты картины следовало бы провести исследования результатов воздействия слабого магнитного поля на кристаллы CdTe, легированные иными примесями. Это позволило бы упрочить выводы работы, относительно связи собственных и примесных дефектов с динамикой изменения свойств.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами в области исследований магнитоиндуцированных изменений структуры и свойств немагнитных материалов, а в ведущей организации активно проводятся работы по изучению полупроводниковых кристаллов АПВVI, в том числе CdTe, различными методами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований реализован и успешно применён комплекс современных методов атомно-силовой микроскопии, измерения твердости с помощью наноиндентирования, измерений темновой проводимости полупроводников CdTe, легированных различными примесями. Соискателем получен массив данных о твердостных и электрических характеристиках полупроводников кристаллов CdTe, а также о шероховатости исследуемых

кристаллов. **Показано**, что воздействие слабого магнитного поля приводит к изменению детектируемых характеристик кристаллов CdTe. **Выявлено**, что динамика изменения детектируемых характеристик зависит от дефектной структуры исследуемых образцов. **Определено**, что воздействие слабого импульсного магнитного поля приводит к необратимому изменению проводимости кристаллов CdTe, имеющих p-тип проводимости. Методами наноиндентирования и измерения электрических характеристик были **исследованы**, индуцированные слабым импульсным магнитным полем, изменения характеристик кристаллов CdTe, легированных Cl и Cl,Fe. **Было показано**, что динамика наблюдаемых изменений схожа, однако отличаются времена релаксации свойств и интенсивность их изменения. **Проведен** сравнительный анализ результатов воздействий слабых импульсных и постоянных магнитных полей на электрические характеристики кристаллов CdTe, а также применимости условия существования магнитоиндуцированных слабым постоянным магнитным полем изменений к условиям воздействия слабых импульсных магнитных полей.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что: представленные результаты могут быть использованы для постростового изменения электрических свойств полупроводниковых кристаллов CdTe, легированных Cl и Cl,Fe, с помощью воздействия на них слабого импульсного магнитного поля. Так, кристаллы CdTe:Cl и CdTe:Cl,Fe показали необратимое уменьшение проводимости более чем на 20%, что расширяет возможность их применения в качестве детекторных материалов. Кроме того, представленные результаты исследования позволяют использовать слабое импульсное магнитное воздействие как возможность оценки дефектности материала, так как динамика изменения характеристик кристаллов, прошедших воздействие слабых импульсных магнитных полей, зависит от типа и концентраций примесей, в то время, как кристаллы, имеющие стехиометрический состав, оказались нечувствительны к данному воздействию. Например, кристаллы, легированные Cl и Cl,Fe, показали различную динамику изменения твердости и проводимости, в течение 200 часов, после воздействия импульсного магнитного поля, в то время как кристаллы стехиометрического состава оказались нечувствительны к магнитному воздействию. Исследования воздействий слабых импульсных магнитных полей позволяют также оценить степень стабильности кристаллов к воздействию слабых

магнитных полей, часто присутствующих в измерительных или промышленных устройствах в качестве негативного техногенного фактора.

Оценка достоверности результатов диссертационной работы выявила, что экспериментальные результаты получены соискателем с применением современного оборудования, сертифицированного в соответствии с международными стандартами. Достоверность результатов также обеспечивается получением большого объема экспериментальных данных, полученных с использованием широкого взаимодополняющего набора современных методов измерения электрических характеристик материалов, микротвердости и состояния поверхности. Обоснованность положений, выносимых соискателем на защиту, подтверждается хорошим согласованием полученных экспериментальных данных с литературными источниками.

Личный вклад соискателя в диссертационную работу заключается в восстановлении и модернизации используемого оборудования, постановке задач исследований, отборе и подготовке образцов, в проведении исследований электрических характеристик, в обсуждении, анализе и обработке результатов, а также формулировании основных выводов. Анализ и обобщение результатов по атомно-силовой микроскопии, масс-спектрометрии и исследованию механических характеристик выполнены в соавторстве. Автор активно участвовал в подготовке научных публикаций в рецензируемых журналах и докладов на национальных и международных конференциях.

Диссертация отвечает на ключевые вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства. Объединяющим фактором и основной идейной линией являются исследования результатов воздействий слабых магнитных полей на немагнитные полупроводниковые кристаллы CdTe, легированные различными примесями, широким набором методик, позволяющих получить данные об объемных и поверхностных свойствах этих кристаллов, представляющие интерес как с точки зрения физики дефектов, так и с точки зрения практических применений в энергетике и детекторных технологиях.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 8 сентября 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Волчкову Ивану Сергеевичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «кристаллография, физика кристаллов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.18 – «кристаллография, физика кристаллов», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН

М.В. Ковальчук

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук

К.В. Фролов

« 8 » сентября 2020 г.

Учёный секретарь ФНИЦ
«Кристаллография и фотоника» РАН
кандидат физико-математических наук

Л.А. Дадинова

