

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.166.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11.12.2019 № 18

О присуждении Крюкову Руслану Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Физико-химические свойства разбавленного магнитного полупроводника GaMnAs» по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников» – принята к защите 26 сентября 2019 г. (протокол заседания № 13) диссертационным советом Д212.166.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603950, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, приказ от 11.04.2012 г. №105/нк о создании диссертационного совета.

Соискатель Крюков Руслан Николаевич, 1991 года рождения, в 2015 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», в 2019 году завершил освоение программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (срок обучения с 01.10.2015 г. по 01.10.2019 г.), работает в

должности младшего научного сотрудника лаборатории № 2.8 «Спиновая и оптическая электроника» отдела твердотельной электроники и оптоэлектроники Научно-исследовательского физико-технического института Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (НИФТИ ННГУ).

Диссертация выполнена на кафедре «Физики полупроводников и оптоэлектроники» (с 27 февраля 2019 года объединена с кафедрой «Электроника твердого тела» с переименованием в кафедру «Физики полупроводников, электроники и нанoeлектроники») физического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Николичев Дмитрий Евгеньевич, доцент кафедры физики полупроводников, электроники и нанoeлектроники физического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Козаков Алексей Титович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физики поверхности и гетероструктур отдела рентгеновской и электронной спектроскопии НИИ физики Южного федерального университета,

2. Федотова Юлия Александровна, доктор физико-математических наук, заведующая лабораторией физики перспективных материалов Научно-исследовательского учреждения «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ», г. Воронеж) – в своем положительном отзыве, составленном и подписанном Домашевской Эвелиной

Павловной, доктором физико-математических наук, профессором, заведующей кафедрой физики твердого тела и наноструктур физического факультета ФГБОУ ВО «ВГУ», Серединым Павлом Владимировичем, доктором физико-математических наук, доцентом, доцентом кафедры физики твердого тела и наноструктур физического факультета ФГБОУ ВО «ВГУ», и утвержденном Козадеровым Олегом Александровичем, доктором химических наук, доцентом, проректором по науке и инновациям ФГБОУ ВО «ВГУ», отметила, что «... тема рассматриваемой диссертационной работы является актуальной и практически важной». Утверждается, что «Достоверность результатов подтверждается применением комплекса взаимодополняющих современных методов диагностики физико-химических свойств наноструктур, а также множественной апробацией...». В отзыве отмечено, что диссертация имеет научную значимость, поскольку «... дает ответ на ряд важных вопросов о взаимосвязи температуры Кюри GaMnAs и химической композицией системы. Диссертация подтверждает ряд гипотез о поведении марганецсодержащих соединений при низкотемпературном отжиге». Указывается, что диссертация Крюкова Руслана Николаевича соответствует критериям (п.9-п.14) Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013, и требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников.

Соискатель имеет 70 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 26, из них 5 статей в журналах, включенных в Перечень ВАК РФ, в том числе индексируемых международными библиографическими базами Web of Science и Scopus, и 20 публикаций в сборниках трудов и тезисов докладов российских и международных научных конференций, 1 учебно-методическое пособие. В публикациях соискателя по теме диссертации отражена проделанная им работа по исследованию физических и химических характеристик слоев разбавленных магнитных полупроводников, как отдельных, так и в структуре прототипа прибора спинтроники – спинового светоизлучающего диода. Автором **лично, либо в соавторстве** при его непосредственном участии, получены и обработаны экспериментальные

результаты. **Автор принимал участие** в обсуждении и анализе полученных результатов и подготовке работ к печати. Личный вклад соискателя в опубликованные по теме диссертации работы является весомым.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Химический и фазовый состав спиновых светоизлучающих диодов GaMnAs/GaAs/InGaAs / Д.Е. Николичев, А.В. Боряков, С.Ю. Зубков, **Р.Н. Крюков**, М.В. Дорохин, А.В. Кудрин // ФТП. – 2014. – Т.48, №6. – С. 839-844 (объем – 6 стр.).
2. Формирование контактов MnGa/GaAs для применений в оптоэлектронике и спинтронике / М.В. Дорохин, Д.А. Павлов, А.И. Бобров, Ю.А. Данилов, В.П. Лесников, Б.Н. Звонков, А.В. Здоровейщев, А.В. Кудрин, П.Б. Демина, Ю.В. Усов, Д.Е. Николичев, **Р.Н. Крюков**, С.Ю. Зубков // ФТП. – 2016. – Т.50, №11. – С. 1463-1468 (объем – 6 стр.).
3. High-temperature intrinsic ferromagnetism in the (In,Fe)Sb semiconductor / A.V. Kudrin, Yu.A. Danilov, V.P. Lesnikov, M.V. Dorokhin, O.V. Vikhrova, D.A. Pavlov, Yu.V. Usov, I.N. Antonov, **R.N. Kriukov**, A.V. Alaferdov, N.A. Sobolev // J. Appl. Phys. – 2017. – V.122. – 183901. DOI: 10.1063/1.5010191 (объем – 8 стр.).
4. Spectral fit refinement in XPS analysis technique and its practical applications / A.V. Boryakov, S.I. Surodin, **R.N. Kryukov**, D.E. Nikolichev, S.Yu. Zubkov // Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. – 2018. – V.50, № 11. – P. 1443–1448. DOI: 10.1016/j.elspec.2017.11.004 (объем – 9 стр.).
5. Исследование особенностей формирования и свойств полупроводников A^3B^5 , сильно легированных железом / Ю.А. Данилов, А.В. Кудрин, В.П. Лесников, О.В. Вихрова, **Р.Н. Крюков**, И.Н. Антонов, Д.С. Толкачев, А.В. Алафердов, З.Э. Кунькова, М.П. Темирязева, А.Г. Темирязов // ФТТ. – 2018. – Т.60, №11. – С. 2137-2140. – DOI: 10.21883/FTT.2018.11.46653.07NN (объем – 4 стр.).

Сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, **достоверны**.

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов.

1) Бахтизин Рауф Загидович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физической электроники и нанофизики Башкирского государственного университета, в своем отзыве на автореферат

диссертации отмечает, что диссертация содержит исследования, актуальные «... для решения многих фундаментальных проблем физики полупроводников, а также для многочисленных технических и технологических применений в устройствах микро- и нанoeлектроники...». Отдельно выделено среди наиболее интересных результатов работы – «... присутствие кислорода в слое GaMnAs обусловлено его диффузией с оксидированной поверхности, использование покровного слоя $\text{Ga}_{0,4}\text{As}_{0,6}$ позволяет избежать проникновения кислорода в слой GaMnAs». Отзыв не содержит замечаний.

2) Дубровин Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, в своём отзыве на автореферат отмечает, что «Научная новизна диссертационной работы обусловлена формированием новой методики определения концентрации различных соединений марганца», «На основе проведенных исследований автором выдвинут ряд значимых научных положений, которые представляются обоснованными», «... автореферат дает достаточно полное представление о проделанной работе и полученных результатах». Отзыв не содержит замечаний.

3) Дроздов Михаил Николаевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела технологии наноструктур и приборов Института физики микроструктур РАН – филиала ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук" отмечает, что «Очень интересным представляется выявление многофазности образцов GaMnAs,...», «...результаты, полученные в ходе выполнения экспериментов, имеют высокую практическую значимость для развития технологии и исследований приборов и устройств спинтроники».

Отзыв содержит четыре замечания.

1. «При формулировке Научной новизны работы на стр.5 отмечается низкое влияние травления ионами аргона на профили Mn по глубине. Это важное утверждение, поскольку ионное распыление неминуемо изменяет химические связи атомов в нарушенном приповерхностном слое. Тем не менее, в Автореферате не приводится никаких комментариев на эту тему».

2. «На стр.20-21 Автореферата приведены результаты анализа элементного анализа образца GaAs после имплантации ионами Mn. На рис.9 отмечается

расхождение глубины измеренного профиля Mn и результатов моделирования SRIM. Это отличие связывается с ионным распылением образца в процессе имплантации. Однако такая возможность представляется мне спорной. Во-первых, при энергии ионов Mn, равной 200 кэВ, практически вся часть энергии падающих ионов выделяется на большом удалении от поверхности, и эффекты распыления будут незначительны. Во-вторых, при распылении поверхности в ходе имплантации должно было наблюдаться снижение полной дозы имплантированных атомов Mn. Но в тексте Автореферата на стр.21 прямо указывается обратное, цитирую: «сопоставление модельного и экспериментального профилей Mn определило, что количество внедренной примеси, определенной методом РФЭС, равно модельной концентрации». На мой взгляд, возможны и другие причины различия профилей Mn на рис.9, например, тот факт, что при высокой концентрации атомов Mn на уровне 10 ат.% имплантация реально проводится не в материал GaAs (как использовалось для расчетов), а в GaMnAs с возрастающей концентрацией Mn».

3. «В этом же разделе на рис.9 наблюдается спад концентрации Ga на глубине около 70 нм. Делается предположение, что облучение приводит к вытеснению галлия марганцем. На мой взгляд, это маловероятно, т.к. на рис. 9а имплантация проводится при пониженной температуре мишени, и процессы диффузии всех атомов будут подавлены. Можно предположить, что различие в профилях Ga и As связано с матричными эффектами измерения послойных профилей при высокой концентрации атомов Mn».

4. «Имеются некоторые погрешности в изложении материала.

А) На стр.17 в комментариях к рис.6б говорится об изменении химического состояния приповерхностного слоя структур при хранении. Вместе с тем, этот рисунок показывает зависимость толщины окисла от температуры отжига.

Б) На этом рис.6б явно неверно указаны единицы измерения толщины слоя (по вертикальной оси) – ангстрем. Видимо, там должны стоять нанометры.

В) На рис.1а в подписи к спектральному разложению красного цвета явно ошибочно фигурирует Cat.

Г) Есть мелкие орфографические погрешности, например, на стр.11 (10 строка сверху) два раза подряд повторяется «буферный слой GaAs».

4) Ерофеев Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, эксперт лаборатории «Биомедицинские наноматериалы» Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в своём отзыве отмечает, что «Работа имеет и выраженную фундаментальную значимость, поскольку представлена модель РМП [*разбавленных магнитных полупроводников*], которая позволяет связать воедино физико-химические параметры системы», «Выводы корректны, положения, выносимые на защиту важны для обсуждения научной общественностью. Работа хорошо апробирована...», «представленная диссертационная работа заслуживает высокой оценки». Отзыв не содержит замечаний.

5) Комков Олег Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры микро- и нанoeлектроники факультета электроники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) в своём отзыве отмечает, что «...исследования позволили получить ряд новых практически важных результатов, имеющих существенное значение для физики полупроводников,...». Отзыв не содержит замечаний.

6) Некипелов Сергей Вячеславович, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией экспериментальной физики Физико-математического института федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» указывает в своём отзыве, что «Комплексность исследований и сопоставимость результатов, полученных различными современными методами, позволяет говорить достоверности результатов и обоснованности положений, выносимых на защиту».

Отзыв содержит два замечания.

1) «При проведении исследований химического состава и определения профилей распределения атомов по глубине основным методом являлся поверхностно чувствительный метод РФЭ-спектроскопии. При этом средняя длина свободного пробега электронов, инжектированных с Ga3d ($E_{\text{св}} \approx 20$ эВ) и As3d ($E_{\text{св}} \approx 40$ эВ) уровней, порядка 3 нм, а Mn 2p_{3/2} ($E_{\text{св}} \approx 640$ эВ) – 2 нм. В тексте не обсуждается влияние данных характеристик на результаты исследований. Возможно это разногласие можно было бы снять, если бы анализ распределения атомов марганца проводился по Mn3p ФЭС-спектрам ($E_{\text{св}} \approx 50$ эВ)».

2) «На рис.1а представлены спектральные разложения ФЭ-линии $Mn\ 2p_{3/2}$, имеющих явно выраженную асимметрию, а в тексте указано, что аппроксимация ФЭ-линий является суперпозицией функций Гаусса и Лоренца, что с моей точки зрения является не совсем корректным утверждением».

7) Якимов Евгений Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН в отзыве на автореферат отмечает: «Все достигнутые результаты, представленные в работе, являются несомненно новыми и представляют существенный технологический и научный интерес», «Соискателем выполнен большой объем работы по исследованию РМП и анализу результатов экспериментов. Это характеризует его как сформировавшегося исследователя».

Отзыв содержит два замечания.

1) «Автор достаточно свободно оперирует с названием компонент, например, что такое концентрация Ga на Рис. 9б, если полная, то почему она имеет провал? Что такое Mn^0 , включения Mn или междоузельный Mn и т.д.?».

2) «Модель, согласно которой центрами зарождения фазы $MnAs$ являются Mn_{Ga} на соседних узлах решетки, представляется сомнительной. Гораздо большую вероятность имеет процесс преципитации подвижного Mn на каких-нибудь центрах зарождения, например, на протяженных дефектах».

Все отзывы на автореферат диссертации положительные. В них отмечается актуальность темы исследования, новизна результатов, их научная и практическая значимость. В отзывах, содержащих замечания, отмечается, что последние не влияют на положительную в целом оценку работы и не снижают ценности защищаемой диссертации. Во всех отзывах делается вывод, что Крюков Р.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тематической близостью их научных исследований и диссертационной работы соискателя, проявляющейся в изучении структурных, магнитных и люминесцентных свойств наноструктур, содержащих атомы переходных металлов.

В частности, на физическом факультете ведущей организации – ФГБОУ ВО

«ВГУ» – проводятся исследования свойств твердых растворов на основе полупроводников A^3B^5 Серединым Павлом Владимировичем (составитель отзыва ведущей организации), доктором физико-математических наук, доцентом, доцентом кафедры физики твердого тела и наноструктур физического факультета ВГУ. В ФГБОУ ВО «ВГУ» работают ведущие специалисты в области рентгеновской и электронной спектроскопии: Домашевская Эвелина Павловна, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой физики твердого тела и наноструктур физического факультета ВГУ (составитель отзыва ведущей организации), Терехов Владимир Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики твердого тела и наноструктур физического факультета ВГУ, Турищев Сергей Юрьевич доктор физико-математических наук, доцент кафедры физики твердого тела и наноструктур физического факультета ВГУ.

Официальный оппонент Козаков Алексей Титович – высококвалифицированный специалист в области электронной спектроскопии и автор научных работ, близких по тематике к исследованиям соискателя (h -индекс (Scopus): 11).

Официальный оппонент Федотова Юлия Александровна, являясь заведующей лабораторией физики перспективных материалов Научно-исследовательского учреждения «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, занимается исследованием магнитных свойств твердых растворов (h -индекс (Scopus): 20).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **разработана** и апробирована в рамках рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии методика определения концентрации атомов Mn, располагающихся в узлах решетки GaAs; показана возможность её распространения на другие системы разбавленных магнитных полупроводников. С использованием экспериментальных данных разработана модель разбавленного магнитного полупроводника на примере GaMnAs.

С использованием данных, полученных с применением методики спектрального разложения фотоэлектронных линий получены следующие результаты.

Впервые получены профили распределения химических соединений Mn в GaMnAs по глубине.

Впервые проведено сопоставление химического состава полупроводника GaMnAs, полученного методом импульсного лазерного осаждения, с его магнитооптическими свойствами.

Впервые показано влияние технологических параметров импульсного лазерного осаждения на магнитооптические и структурные свойства разбавленного магнитного полупроводника GaMnAs;

Впервые доказано протекание агрегации атомов марганца, расположенных в узлах решетки GaAs, при проведении длительного отжига.

Впервые проведены исследования свойств четверного раствора GaFeAsSb.

Впервые определены экспериментально процессы, сопровождающие низкотемпературный отжиг слоёв GaMnAs, при температурах до 380°C.

Доказано следующее.

1. Количество арсина в реакторе при проведении импульсного лазерного осаждения при температуре подложки 250 – 350°C регулирует концентрацию химических соединений в слоях GaMnAs: при превышении суммарной концентрации Ga и Mn над содержанием As в слое формируются включения MnAs и MnGa; при обратном неравенстве в слоях формируется преимущественно MnAs.
2. Для тонких слоев GaMnAs, созданных методом импульсного лазерного осаждения и покрытых Ga_{0,4}As_{0,6}, отжиг в сверхвысоком вакууме при температурах до 380°C в течение 5 часов приводит к увеличению концентрации соединения MnAs за счет агрегации атомов Mn, расположенных в узлах решетки GaAs. Увеличение температуры отжига ускоряет процесс агрегации. Концентрация элементного марганца при этом не изменяется.
3. Содержание замещающего Mn в слоях GaMnAs, выращенных методом импульсного лазерного осаждения с температурой подложки 250–350°C, достигает максимума при общей концентрации неоксидированного Mn 7 ± 1 ат.%.
4. В слоях GaFeAsSb, выращенных методом импульсного лазерного осаждения, возможно создание слоев разбавленного магнитного полупроводника с концентрацией элементного Fe менее 0,2 ат.%.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: результаты, представленные в диссертационной работе, являются важными для понимания процессов эволюции структуры разбавленных магнитных полупроводников, происходящих при изменении технологических параметров (концентрация химических элементов, температура подложки) и внешних факторов (время и температура отжига), для понимания процессов спиновой поляризации носителей заряда в разбавленных магнитных полупроводниках.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: представленные результаты важны при создании прототипов приборов спинтроники (спиновые транзисторы, спиновые клапаны и светоизлучающие диоды).

Оценка достоверности результатов исследования выявила что: полученные результаты диссертационного исследования и их обоснованность обеспечивается использованием проверенных методов экспериментальной физики, отсутствием каких-либо противоречий в результатах экспериментов и их интерпретации, множественной проверкой экспериментальных данных известными теоретическими моделями.

Установлено качественное совпадение авторских результатов с данными, ранее представленными в литературе.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования в ряде научно-образовательных и научно-исследовательских организаций, среди которых можно выделить Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород), Институт физики микроструктур РАН (г. Нижний Новгород), Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (г. Черноголовка), Государственный научный центр Российской Федерации Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова (г. Москва), Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (г. Санкт-Петербург), Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва), Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (г. Москва), Воронежский государственный университет (г. Воронеж), Институт

физики твердого тела РАН (г. Черноголовка). Результаты диссертации могут быть рекомендованы для внесения изменений в технологический процесс получения слоев разбавленных магнитных полупроводников, что должно способствовать оптимизации свойств последних. Стоит отдельно отметить методику диагностики химического состава, представленную в диссертационной работе, которую возможно применить для получения новой информации о свойствах твердотельных наноструктур.

Личный вклад соискателя. Соискателем совместно с научным руководителем был разработан подход для спектрального анализа фотоэлектронных линий переходных металлов. Получение и обработка экспериментальных данных рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии проводились соискателем самостоятельно. Данные с использованием других методов получены при непосредственном участии соискателя. Анализ и интерпретация результатов проводились совместно с научным руководителем. Соискатель внёс основной вклад в выполнение, обсуждение и публикацию результатов работы.

Диссертационный совет отмечает, что диссертация Крюкова Р.Н. соответствует паспорту научной специальности 01.04.10 – физика полупроводников, и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую новые и оригинальные результаты, относящиеся к решению научной задачи по исследованию особенностей свойств разбавленных магнитных полупроводников на основе соединений A^3B^5 . Диссертация Крюкова Р.Н. вносит вклад в развитие физики полупроводников и отвечает соответствующему требованию к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842.

С учетом вышесказанного установлено, что диссертация Крюкова Р.Н. соответствует всем критериям и требованиям Раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013, № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 11.12.2019 г. диссертационный совет принял решение

присудить Крюкову Р.Н. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.10 – физика полупроводников), участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против 0 (нет), недействительных бюллетеней 1.

Председатель

диссертационного совета



Чупрунов Евгений Владимирович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Марычев Михаил Олегович

Дата оформления Заключения 11.12.2019 г.