

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.01, 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 29.01.2025 № 1

О присуждении Гущину Сергею Вячеславовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Характеристики ап-конверсионной люминесценции твердых растворов $\text{MF}_2\text{-RF}_3$ (M^{2+} - Ca^{2+} , Sr^{2+} ; R^{3+} - Er^{3+} , Ho^{3+})» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния – принята к защите 25 ноября 2024 г. (протокол заседания № 16) диссертационным советом 24.2.340.01, 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, 603022, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, приказ от 11.04.2012 г. №105/нк о создании диссертационного совета.

Соискатель Гущин Сергей Вячеславович, 11 декабря 1996 года рождения. В 2020 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», в 2024 году закончил освоение программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре очной формы обучения по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (профиль «Физика конденсированного состояния») федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский

государственный университет им. Н.П. Огарёва», работает в должности преподавателя кафедры фотоники и младшего научного сотрудника учебно-научной лаборатории в целях развития кадрового потенциала в рамках проекта «Фотоника: материалы, устройства, технологии» кафедры фотоники Института наукоёмких технологий и новых материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре фотоники в Институте наукоёмких технологий и новых материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, профессор Рябочкина Полина Анатольевна, заведующий кафедрой фотоники Института наукоёмких технологий и новых материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

Официальные оппоненты:

1. Зверев Петр Георгиевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», ведущий научный сотрудник Научного центра лазерных материалов и технологий им. В.В. Осико;
 2. Болдырев Кирилл Николаевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт спектроскопии Российской академии наук», старший научный сотрудник лаборатории спектроскопии перспективных материалов,
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (КФУ, г. Казань), в своем положительном отзыве,

подписанном Низамутдиновым Алексеем Сергеевичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры квантовой электроники и радиоспектроскопии Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» и заведующим кафедрой квантовой электроники и радиоспектроскопии Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», кандидатом физико-математических наук, доцентом Юсуповым Романом Валерьевичем, и утвержденном первым проректором – проректором по научной деятельности ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», доктором физико-математических наук, профессором Таюрским Дмитрием Альбертовичем, указала, что «диссертационная работа Гущина Сергея Вячеславовича «Характеристики ап-конверсионной люминесценции твердых растворов $\text{MF}_2\text{-RF}_3$ (M^{2+} - Ca^{2+} , Sr^{2+} ; R^{3+} - Er^{3+} , Ho^{3+})» является законченным научным исследованием, выполненным по актуальной тематике на высоком экспериментальном и теоретическом уровне. Полученные результаты содержат новизну и практическую значимость. Выводы и заключения, сделанные в диссертации, научно обоснованы и достоверны. Содержание автореферата хорошо отражает основные положения диссертации, полученные результаты изложены в 6 статьях, опубликованных в журналах из списка, рекомендуемых ВАК РФ, и индексируемых библиографическими базами данных Web of Science и Scopus и 1 патенте на изобретения. Диссертационная работа Гущина С.В. соответствует специальности и отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и ее автор, Гушин Сергей Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации – публикации в научных журналах, входящих в Перечень ВАК, и (или) индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus:

1. Lyapin, A.A. Infrared-to-visible upconversion luminescence in $\text{SrF}_2\text{:Er}$ powders upon excitation of the $^4\text{I}_{13/2}$ level / A.A. Lyapin, **S.V. Gushchin**, S.V. Kuznetsov, P.A. Ryabochkina, A.S. Ermakov, V.Yu. Proydakova, V.V. Voronov, P.P. Fedorov, S.A. Artemov, A.D. Yapryntsev, V.K. Ivanov // Optical Materials Express. – 2018. – V. 8, No. 7. – P. 1863-1869.

Вклад соискателя: 1) подготовка образцов нанопорошков, 2) регистрация спектров отражения и спектров ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 3) определение энергетического выхода ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 4) обработка и анализ данных.

2. Lyapin, A.A. Mechanisms and absolute quantum yield of upconversion luminescence of fluoride phosphors / A.A. Lyapin, **S.V. Gushchin**, A.S. Ermakov, S.V. Kuznetsov, P.A. Ryabochkina, V.Yu. Proydakova, V.V. Voronov, P.P. Fedorov, M.V. Chernov // Chinese Optics Letters. – 2018. – V. 16, No. 9. – P. 091901.

Вклад соискателя: 1) подготовка образцов нанопорошков, 2) регистрация спектров отражения и спектров ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 3) регистрация кинетик разгорания и затухания люминесценции образцов нанопорошков, 4) обработка и анализ данных.

3. Ляпин, А.А. Ап-конверсионная люминесценция фторидных люминофоров $\text{SrF}_2\text{:Er,Yb}$ при возбуждении лазерным излучением с длиной волны 1.5 мкм / А.А. Ляпин, П.А. Рябочкина, **С.В. Гушин**, С.В. Кузнецов, М.В. Чернов, В.Ю. Пройдакова, В.В. Воронов, П.П. Федоров // Оптика и спектроскопия. – 2018. – Т. 125, № 4 – С. 516-521.

Вклад соискателя: 1) подготовка образцов нанопорошков, 2) регистрация спектров отражения и спектров ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 3) определение энергетического выхода ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 4) обработка и анализ данных, 5) написание текста статьи.

4. Ляпин, А.А. Характеристики апконверсионной люминесценции порошков $\text{CaF}_2\text{:Er}$ при возбуждении лазерным излучением с длиной волны 1.5 мкм / А.А. Ляпин, П.А. Рябочкина, **С.В. Гушин**, М.Н. Жарков, А.С. Ермаков, В.М. Кяшкин, С.В. Прытков, А.В. Атанова // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128, № 2 – С. 204-210.

Вклад соискателя: 1) подготовка образцов нанопорошков, 2) регистрация спектров отражения и спектров ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 3) определение энергетического выхода ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 4) обработка и анализ данных, 5) написание текста статьи.

5. Chernov, M.V. Infrared to visible up-conversion luminescence of $\text{SrF}_2\text{:Ho}$ particles upon excitation of the $^5\text{I}_7$ level of Ho^{3+} ions / M.V. Chernov, **S.V. Gushchin**, A.M. Kuzmin, S.V. Kuznetsov, A.A. Lyapin, V.Yu. Proydakova, P.A. Ryabochkina, V.V. Voronov, P.P. Fedorov // Journal of Luminescence. – 2023. – V. 261. – P. 119942.

Вклад соискателя: 1) подготовка образцов нанопорошков, 2) регистрация спектров отражения и спектров ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 3) определение энергетического выхода ап-конверсионной люминесценции образцов нанопорошков, 4) обработка и анализ данных, 5) написание текста статьи.

6. Гущин, С.В. Особенности ап-конверсионной люминесценции концентрационных рядов монокристаллов и наночастиц $\text{SrF}_2\text{-ErF}_3$ при возбуждении на уровень $^4\text{I}_{11/2}$ ионов Er^{3+} / **С.В. Гущин**, П.А. Рябочкина, А.А. Ляпин, С.В. Кузнецов, В.А. Конюшкин, А.Н. Накладов, В.Ю. Пройдакова // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2024. – Т. 127, № 4.

Вклад соискателя: 1) подготовка образцов монокристаллов, 2) регистрация спектров поглощения и спектров ап-конверсионной люминесценции образцов монокристаллов и нанопорошков, 3) регистрация кинетик разгорания и затухания люминесценции образцов монокристаллов, 4) определение энергетического выхода ап-конверсионной люминесценции образцов монокристаллов, 5) обработка и анализ данных, 6) написание текста статьи.

Личный вклад соискателя в опубликованные по теме диссертации работы является определяющим. Остальные результаты, приведённые в опубликованных работах, получены в соавторстве при его непосредственном участии. Соискатель принимал непосредственное участие в обсуждении и анализе полученных результатов и подготовке работ к печати. Сведения о приведенных в диссертации опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты его диссертации, достоверны.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва:

1. Камалова Дина Илевна, доктор физико-математических наук, профессор

кафедры оптики и нанофотоники Казанского (Приволжского) федерального университета отмечает в своем отзыве актуальность и практическую значимость диссертационной работы. Отзыв не содержит замечаний.

2. Егорышева Анна Владимировна, доктор химических наук, главный научный сотрудник Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, отмечает в своем отзыве, что «Полученные результаты представляют несомненный интерес для развития научных подходов к созданию ап-конверсионных люминофоров на основе фторидов щелочноземельных металлов с улучшенными свойствами». Отзыв содержит следующее замечание: «При обосновании актуальности исследования соискатель справедливо отмечает, что особенности методов получения фторидов влияют на формирование в них оптических центров и, соответственно, характеристики ап-конверсионной люминесценции. Однако, никаких указаний на методы синтеза монокристаллов и нанопорошков исследованных в работе твердых растворов в тексте автореферата не приводится».

3. Пархоменко Юрий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры Материаловедения полупроводников и диэлектриков Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» отмечает в своем отзыве, что «Диссертация Гущина С.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, которая отражает высокий уровень выполненного исследования, его актуальность и значимость для развития физики конденсированного состояния и прикладных технологий». Отзыв содержит следующее замечание: «Почему выявление процессов, ответственных за возникновение ап-конверсионной люминесценции ионов Er^{3+} в видимой области спектра для монокристаллов и нанопорошков твердых растворов $\text{SrF}_2\text{-ErF}_3$ при возбуждении излучением с длиной волны 972 нм осуществлялось на основании анализа кривых разгорания и затухания люминесценции, а для возбуждения излучением с длиной волны 1532 нм исходя из значений тангенса угла наклона зависимостей интенсивности ап-конверсионной люминесценции от плотности мощности?».

Все отзывы на автореферат диссертации положительные, в них отмечается актуальность темы исследования, новизна результатов, их научная и практическая

значимость, а также делается вывод, что рассматриваемая диссертация соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а соискатель С.В. Гущин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в научном сообществе среди специалистов в области оптической спектроскопии и физики конденсированного состояния, наличием значительного числа публикаций, посвященных исследованию методами оптической спектроскопии материалов, легированных редкоземельными ионами, и, как следствие, тематической близостью их научных исследований и диссертационной работы соискателя, связанной с исследованием спектрально-люминесцентных характеристик кристаллов и нанопорошков, легированных редкоземельными ионами (Er^{3+} , Yb^{3+} , Ho^{3+}).

В ведущей организации – Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (КФУ, г. Казань) 1 февраля 1963 года была сформирована кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, заведующим которой стал профессор Максут Мухамедзянович Зарипов – известный теоретик в области электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). В настоящее время кафедру квантовой электроники и радиоспектроскопии возглавляет кандидат физико-математических наук, доцент Юсупов Роман Валерьевич. Основным научным направлением кафедры является исследование материалов методами магнитного резонанса и оптической спектроскопии, начатое Евгением Константиновичем Завойским и Семеном Александровичем Альтшулером в 1940-50 годах. Научно-исследовательская работа кафедры ведется в областях ЭПР, ЯМР при низких температурах, оптической и лазерной спектроскопии, создания лазерной техники, а также роста кристаллов и синтеза новых материалов.

Первый официальный оппонент, доктор физико-математических наук, доцент Зверев Петр Георгиевич – высококвалифицированный специалист в области физики твердотельных и ВКР-лазеров, спектроскопии лазерных кристаллов.

Второй официальный оппонент, кандидат физико-математических наук Болдырев Кирилл Николаевич – высококвалифицированный специалист в области исследований структуры и спектрально-люминесцентных характеристик кристаллов, активированных редкоземельными ионами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

исследованы новые составы нанопорошков твердых растворов $\text{MF}_2\text{-RF}_3$ (M^{2+} - Ca^{2+} , Sr^{2+} ; R^{3+} - Er^{3+} , Ho^{3+}) и $\text{SrF}_2\text{-RF}_3\text{-YbF}_3$ (R^{3+} - Er^{3+} , Ho^{3+}) со структурой флюорита для визуализации лазерного излучения в спектральных диапазонах 0.9-1.5 мкм и 0.9-2.0 мкм;

предложены впервые для монокристаллов и нанопорошков $(1-x)\text{SrF}_2\text{-xErF}_3$ ($x = 1.5\text{-}15.0$ мол.%) механизмы заселения и разгрузки энергетических уровней $^4\text{G}_{11/2}$, $^2\text{H}_{9/2}$, $^4\text{F}_{7/2}$, $^2\text{H}_{11/2}$, $^4\text{S}_{3/2}$, $^4\text{F}_{9/2}$ ионов Er^{3+} при их возбуждении лазерным излучением с длинами волн 972 нм и 1532 нм, приводящие к возникновению ап-конверсионной люминесценции в видимой области спектра;

доказано, что возникновение ап-конверсионной люминесценции в видимой области спектра в твердых растворах $(1-x)\text{SrF}_2\text{-xErF}_3$ ($x = 1.0\text{-}15.0$ мол.%) при их возбуждении излучением с длиной волны 972 нм обусловлено как процессами межионного взаимодействия ($^4\text{F}_{7/2} \rightarrow ^4\text{G}_{11/2}$, $^4\text{F}_{7/2} \rightarrow ^4\text{F}_{9/2}$; $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^2\text{H}_{9/2}$, $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^4\text{I}_{13/2}$; $^4\text{F}_{7/2} \rightarrow ^4\text{F}_{9/2}$, $^4\text{I}_{11/2} \rightarrow ^4\text{F}_{9/2}$; $^4\text{G}_{11/2} \rightarrow ^4\text{F}_{7/2}$, $^4\text{I}_{15/2} \rightarrow ^4\text{I}_{13/2}$), так и процессом поглощения с возбужденного состояния $^4\text{I}_{11/2}$ на уровень $^4\text{F}_{7/2}$ ионов Er^{3+} .

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены результаты исследования зависимостей интенсивности ап-конверсионной люминесценции ионов Er^{3+} в видимой области спектра для монокристаллов и нанопорошков твердых растворов $(1-x)\text{SrF}_2\text{-xErF}_3$ ($x = 1.5\text{-}15.0$ мол.%) от плотности мощности лазерного излучения возбуждения с длинами волн 972 и 1532 нм, которые соответствуют теоретической модели, полученной на основе решения балансных уравнений;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы рентгеновской дифрактометрии, просвечивающей электронной микроскопии, оптической спектроскопии и радиометрии;

раскрыты:

- 1) особенности энергетического выхода ап-конверсионной люминесценции в видимой области спектра в зависимости от концентрации ионов Er^{3+} при возбуждении уровней $^4\text{I}_{11/2}$, $^4\text{I}_{13/2}$ этих ионов в твердых растворах $(1-x)\text{SrF}_2-x\text{ErF}_3$ ($x = 1.5-15.0$ мол. %);
- 2) причины, приводящие к снижению величины энергетического выхода ап-конверсионной люминесценции в видимой области спектра для нанопорошков твердых растворов $(1-x)\text{SrF}_2-x\text{ErF}_3$ ($x = 1.5-15.0$ мол. %) по сравнению с монокристаллами аналогичного состава;
- 3) влияние соотношения интенсивности полос люминесценции оптических переходов $^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ и $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ ионов Er^{3+} на координаты цветности ап-конверсионной люминесценции в видимой области спектра нанопорошков $\text{SrF}_2\text{-ErF}_3$ и $\text{CaF}_2\text{-ErF}_3$;
- 4) возможности расширения областей визуализации ИК излучения (0.9-1.5 мкм и 0.9-2.0 мкм) за счет солегирования ионами Yb^{3+} нанопорошков твердых растворов $\text{SrF}_2\text{-RF}_3$ ($\text{R}^{3+} - \text{Er}^{3+}, \text{Ho}^{3+}$);

изучены количественные характеристики (энергетический выход, координаты цветности) ап-конверсионной люминесценции нанопорошков твердых растворов $\text{SrF}_2\text{-RF}_3$ ($\text{R}^{3+} - \text{Er}^{3+}, \text{Ho}^{3+}$) при возбуждении уровней $^4\text{I}_{11/2}$, $^4\text{I}_{13/2}$ ионов Er^{3+} и уровня $^5\text{I}_7$ ионов Ho^{3+} .

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что они могут быть использованы при разработке визуализирующих экранов и методик, в которых необходима визуализация ИК излучения в областях длин волн 1.0 мкм, 1.5 мкм и 2.0 мкм.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением современного научного оборудования, соответствующего мировому уровню, их достоверность обусловлена использованием совокупности хорошо апробированных экспериментальных методов исследования, корректных теоретических представлений при анализе и интерпретации экспериментальных результатов;

идея базируется на обобщении множества экспериментальных фактов, полученных как соискателем, так и опубликованных ранее;

использованы современные экспериментальные методы исследования и обработки

результатов, хорошо себя зарекомендовавшие в исследовании спектрально-люминесцентных характеристик материалов, легированных редкоземельными ионами;

установлена корреляция результатов исследований, полученных в диссертации, с данными, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя: основные результаты, представленные в диссертационной работе С.В. Гущина, были получены соискателем лично, либо при непосредственном его участии. Соискателем лично выполнен анализ литературных данных по теме исследования, проведены исследования по изучению характеристик ап-конверсионной люминесценции методами оптической спектроскопии и радиометрии. Также соискателем лично выполнена обработка всех экспериментальных данных. Постановка цели и задач диссертационного исследования, интерпретация результатов и формулировка выводов выполнены соискателем совместно с научным руководителем.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования в различных научно-образовательных и научно-исследовательских организациях, среди которых можно выделить ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (г. Саранск), ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (г. Москва), ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва), ФГБУН Институт спектроскопии РАН (г. Троицк, г. Москва), ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (г. Казань), ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород), Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ФИЦ Казанский научный центр РАН (г. Казань), АО «НПО Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова» (г. Санкт-Петербург), ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» (г. Санкт-Петербург).

В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были. Соискатель С.В. Гущин ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и замечания, приведя собственную аргументацию.

На заседании 29 января 2025 г. диссертационный совет принял решение:

за решение научной задачи по исследованию механизмов ап-конверсионной люминесценции концентрационных рядов монокристаллов и нанопорошков $\text{MF}_2\text{-RF}_3$ (M^{2+} - Ca^{2+} , Sr^{2+} ; R^{3+} - Er^{3+} , Ho^{3+}) и выявлению влияния солегирования ионами Yb^{3+} на характеристики ап-конверсионной люминесценции нанопорошков $\text{SrF}_2\text{-RF}_3$ (R^{3+} - Er^{3+} , Ho^{3+}), которое вносит вклад в физику конденсированного состояния, а также имеет практическую значимость для разработки визуализирующих экранов и методик, в которых необходима визуализация ИК излучения в областях длин волн 1.0 мкм, 1.5 мкм и 2.0 мкм, присудить Гущину Сергею Вячеславовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 3 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.8. Физика конденсированного состояния), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 (нет) человек, проголосовали: за 16, против 0 (нет), недействительных бюллетеней 0 (нет).

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета

Чупрунов Евгений Владимирович

Марычев Михаил Олегович

Дата оформления Заключения 29.01.2025 г.