

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА РХТУ.2.6.03
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева» по диссертации на соискание ученой степени доктора наук**

аттестационное дело № 25/25
решение диссертационного совета
от «14» октября 2025 года, № 6

О присуждении ученой степени доктора технических наук Лотину Андрею Анатольевичу, представившему диссертационную работу на тему «Светоправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» по научным специальностям 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Диссертация принята к защите «26» июня 2025 года, протокол № 5, диссертационным советом РХТУ.2.6.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (РХТУ им. Д.И. Менделеева).

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 14 человек приказом временно исполняющего обязанности ректора № 16 ОД от «03» февраля 2022 г., № 140 А от «26» апреля 2022 г., № 268 А от «08» июля 2022 г., № 73 А от «14» марта 2023 г., № 417 А от «25» декабря 2023 г., № 249 А от «27» сентября 2024 г.

Соискатель Лотин Андрей Анатольевич, 23 октября 1982 года рождения. В 2005 году окончил Волгоградский государственный университет, Физический факультет, инженер по специальности «Лазерная техника и лазерные технологии». Диплом ВСУ № 0386117, выдан 1 апреля 2005 года.

С 2007 года по 2011 год обучался в очной аспирантуре Института Проблем лазерных и информационных технологий Российской академии наук (ИПЛИТ РАН) по специальности 05.27.03 – Квантовая электроника. 14 апреля 2011 года защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по теме «Квантоворазмерные эффекты в двумерных гетероструктурах на основе ZnO, полученных методом импульсного лазерного напыления». Диплом № 140081 от 08 июля 2011 г, приказ №30к/111.

За период работы опубликовал в соавторстве более 70 научных работ в рецензируемых изданиях, входящих в базы данных Web of Science, Scopus, РИНЦ, является соавтором 7 патентов РФ на полезную модель и 1 патента РФ на изобретение. Являлся руководителем успешно реализованных 3 грантов РФФИ. Являлся руководителем гранта Президента РФ МК-5538.2013.2 по теме «Светоизлучающие гетероструктуры на основе оксида цинка с поверхностно-плазмонным усилением», грант успешно завершен. В период с 2020 по 2025 год являлся руководителем НИР в интересах внешних заказчиков на сумму более 40 млн. рублей. Под его руководством в 2024 году была защищена диссертационная работа Киселева Алексея Владимировича «Лазерно-управляемая модуляция оптических свойств фазоизменяемых материалов GeTe и Ge₂Sb₂Te₅ для фотонных приложений» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств.

Научный консультант:

Новодворский Олег Алексеевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории наноструктур и оптических покрытий Отделения ИПЛИТ - Шатура Курчатовского комплекса Кристаллографии и фотоники.

Официальные оппоненты:

Наумов Андрей Витальевич, Доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, руководитель Троицкого обособленного подразделения, включающего «Троицкий Технопарк ФИАН» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук,

Михеев Геннадий Михайлович, Доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории лазерных методов исследований (Институт механики УдмФИЦ УрО РАН) ФГБУН УдмФИЦ УрО РАН,

Соколов Николай Семёнович, Доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Ведущая организация - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники».

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 30 печатных работах, входящих в базы данных научного цитирования Scopus/Web of Science, 20 тезисов докладов всероссийских и международных научных конференций, 4 патентах на полезную модель и 1 патента на изобретение. Все работы опубликованы в соавторстве. Личный вклад автора составляет более 50%, заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, анализе и обсуждении полученных результатов, непосредственном участии в написании статей. Данные об опубликованных работах, представленные в диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Lotin A.A. Influence of growth temperature on physical properties of ZnO films produced by pulsed laser deposition method / A.A. Lotin, O.A. Novodvorsky, O.D. Khramova, L.S. Parshina, D.A. Zuev, F.V. Lebedev, J.W. Bartha, C. Wenzel // Optical Materials. – 2013. – V. 35. – Is. 8. – P. 1564-1570.
2. Lotin A.A. Room temperature stimulated emission in two-dimensional $Mg_xZn_{1-x}O/ZnO$ heterostructures at optical pumping / A.A. Lotin, O.A. Novodvorsky, D.A. Zuev // Laser Physics Letters. – 2013. – V. 10. – Is. 5. – P. 055902-056000.
3. Лотин А.А. Свойства пленок $Zn_{1-x}Co_xO$, полученных методом импульсного лазерного осаждения с использованием скоростной сепарации осаждаемых частиц / А.А. Лотин, О.А. Новодворский, Д.А. Зуев, О.Д. Храмова, М.А. Панков, Б.А. Аронзон, В.В. Рыльков, А.С. Семисалова, Н.С. Перов, А. Lashkul, E. Lahderanta, В.Я. Панченко // Физика и Техника Полупроводников. – 2014. – Т. 48. – Вып. 4. – С. 556-563.
4. Lotin A.A. Dimensional effects in exciton and defect-related luminescence of ZnO-based step quantum wells / A.A. Lotin, O.A. Novodvorsky // Laser Physics Letters. – 2015. – V. 12. – Is. 9. – P. 095901.
5. Lotin A.A. Optical properties of ZnO-based step quantum wells / A.A. Lotin, O.A. Novodvorsky, L.S. Parshina, O.D. Khramova, V.A. Mikhalevsky, E.A. Cherebilo // Optical and Quantum Electronics. – 2013. – V. 48. – Is. 6. – P. 318.
6. Tarasov A. Interpretation of the dielectric spacer influence on ZnO/Ag luminescence / A. Tarasov, V. Markushev, C. Briskina, S. Romyantsev, A. Lotin // Journal of Luminescence. – 2017. – V. 184. – P. 217-220.
7. Kuz'mina A.S. Magnetism and magnetooptics features of $Zn_{1-x}Co_xO_y$ thin films grown by pulsed laser deposition / A.S. Kuz'mina, A.A. Lotin, O.A. Novodvorsky, N.S. Perov, E.A. Gan'shina, L.A. Makarova, A.S. Semisalova, A.G. Shneider, M.P. Kuz'min, S.S. Kolesnikov // Materials Chemistry and Physics. – 2017. – V. 198. – P. 291-296.

8. Лотин А.А. Люминесцентные свойства тонких пленок $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ / А.А. Лотин, О.А. Новодворский, Л.С. Паршина, О.Д. Храмова, Е.А. Черобыло, В.А. Михалевский // Физика и Техника Полупроводников. – 2018. – Т. 52. – Вып. 2. – С. 274-277.
9. Ionin V.V. Multilevel reversible laser-induced phase transitions in GeTe thin films / V.V. Ionin, A.V. Kiselev, N.N. Eliseev, V.A. Mikhalevsky, M.A. Pankov, A.A. Lotin // Applied Physics Letters. – 2020. – V. 117. – P. 011901.
10. Eliseev N.N. Wide range optical and electrical contrast modulation by laser-induced phase transitions in GeTe thin films / N.N. Eliseev, A.V. Kiselev, V.V. Ionin, V.A. Mikhalevsky, A.A. Burtsev, M.A. Pankov, D.N. Karimov, A.A. Lotin // Results in Physics. – 2020. – V. 19. – P. 103466.
11. Kiselev A.V. Transmissivity to reflectivity change delay phenomenon observed in GeTe thin films at laser-induced reamorphization / A.V. Kiselev, V.A. Mikhalevsky, A.A. Burtsev, V.V. Ionin, N.N. Eliseev, A.A. Lotin // Optics and Laser Technology. – 2021. – V. 143. – P. 107305.
12. Ionin V.V. Optical synapse based on polymer waveguide with GST₂₂₅ active layer / V.V. Ionin, A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, N.N. Eliseev, I.M. Asharchuk, V.I. Sokolov, A.A. Lotin // Applied Physics Letters. – 2021. – V. 119. – Is. 8. – P. 081105.
13. Tverjanovich A. Atypical phase-change alloy Ga_2Te_3 : atomic structure, incipient nanotectonic nuclei, multilevel writing / A. Tverjanovich, M. Khomenko, C.J. Benmore, S. Bereznev, A. Sokolov, D. Fontanari, A. Kiselev, A. Lotin, E. Bychkov // Journal of Materials Chemistry C. – 2021. – V. 9. – Is. 47. – P. 17019-17032.
14. Kiselev A.V. Dynamics of reversible optical properties switching of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ thin films at laser-induced phase transitions / A.V. Kiselev, V.V. Ionin, A.A. Burtsev, N.N. Eliseev, V.A. Mikhalevsky, N.A. Arkharova, D.N. Khmelenin, A.A. Lotin // Optics and Laser Technology. – 2022. – V. 147. – P. 107701.
15. Nevzorov A.A. Two-stage conductivity switching of GST thin films induced by femtosecond laser irradiation / A.A. Nevzorov, V.A. Mikhalevsky, N.N. Eliseev, A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, V.V. Ionin, A.M. Maliutin, D.N. Khmelenin, V.N. Glebov, A.A. Lotin // Optics and Laser Technology. – 2023. – V. 157. – P. 108773.
16. Nevzorov A.A. The GST thin films' optical properties controlling by ultrashort laser pulses series impact / A.A. Nevzorov, V.A. Mikhalevsky, A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, N.N. Eliseev, V.V. Ionin, A.A. Lotin // Optical materials. – 2023. – V. 141. – P. 113925.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв официального оппонента, доктора физико-математических наук, член-корреспондента РАН, руководителя Троицкого обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, **Наумова Андрея Витальевича. Отзыв положительный.** Имеются замечания:

В автореферате и диссертации допущена ошибка: утверждается, что «величина тока и площадь кривой ВАХ, определяющие величину мемристивного эффекта, значительно увеличиваются при повышении температуры», хотя на графике на рис. 3в в автореферате и на рис. 67в в диссертации эти величины уменьшаются с ростом температуры.

1. В главе 3 утверждается, что ферромагнетизм обусловлен нанокластерами металлического кобальта, что подтверждается рентгеноструктурным анализом и аномальным эффектом Холла. Однако это объяснение противоречит современной парадигме разбавленных магнитных полупроводников, где исключаются из рассмотрения вторые фазы. Автор не проводит достаточно убедительной дискриминации между вкладом кластеров и возможным вкладом одиночных ионов Co^{2+} в матрице ZnO . Отсутствуют прямые доказательства (например, данные EXAFS или HRTEM с элементным картографированием), однозначно подтверждающие наличие именно металлических, а не оксидных нанокластеров.

2. Автором заявлено о разработке термокинетической модели лазерного нагрева (глава 5.1), однако при этом используются параметры модели (теплопроводность, теплоёмкость и

другие), известные для объёмных материалов, что некорректно для нанометровых плёнок, где размерные эффекты являются определяющими.

3. Описываемый в главе 4 синтез наночастиц Ag/Au осуществляется методом постростового отжига, который даёт широкое распределение по размерам (см. гистограммы на рис. 89, 92). Каким образом выполняется количественная интерпретация спектров ППР в данном случае?

4. Диссертация содержит ряд орфографических ошибок и неточностей. Подписи к некоторым рисункам являются не полными. Имеются мало информативные рисунки (например, рис. 36а). Подпись к рис. 125 не соответствует его содержанию.

Указанные замечания не затрагивают защищаемых положений и основных выводов диссертации и не влияют на общую положительную оценку работы.

В заключении указано, что диссертационная работа «Светоправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» является законченным научным трудом, выполненным на высоком уровне, имеет важное значение для развития научных направлений фотоники, нанотехнологий и наноматериалов и соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а её автор Лотин Андрей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

2. Отзыв официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Лаборатории лазерных методов исследований (Институт механики УдмФИЦ УрО РАН) ФГБУН УдмФИЦ УрО РАН, Михеева Геннадия Михайловича. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Из таблицы 3 следует, что толщина синтезированных плёнок $Zn_{1-x}Co_xO_y$ не монотонно зависит от концентрации кобальта. Чем это объясняется?
2. На рис. 46 приведены спектры оптического пропускания для плёнок $Zn_{1-x}Co_xO$ с содержанием кобальта 45, 35, 20, 10 и 5 ат.%. Для лучшего понимания этих спектров следовало бы привести соответствующие толщины этих плёнок, а также соответствующие спектры отражения.
3. В третьей главе на стр. 123 говорится о зависимости продольного сопротивления R_{xx} плёночной структуры от температуры среды испытания. Что такое продольное сопротивление? Хотя интуитивно понятно, что это такое, но всё-таки для определенности следовало бы дать определение этой физической величины. На рис. 50 наряду с зависимостями концентрации, подвижности электронов и удельного сопротивления в тонких плёнках $Zn_{1-x}Co_xO_y$ от содержания кобальта следовало бы привести такую же зависимость для поверхностного сопротивления, так как для плёночных структур поверхностное сопротивление является важным параметром.
4. Обычно в русскоязычной литературе аббревиатура ЭДС означает электродвижущую силу, но автор под ЭДС имеет в виду энерго-дисперсный спектр. В тексте используются две различные аббревиатуры для обозначения одного и того же: «Импульсное лазерное осаждение» – ИЛО (стр. 74) и PLD (стр. 55). В списке сокращений отсутствуют расшифровка ряда аббревиатур, встречающихся в тексте диссертации (например, GST, AIST, SST, PRAM, AIMD).
5. Номера страниц части заголовков в оглавлении не соответствуют фактическим номерам страниц заголовков в тексте диссертации. Например, Заключение, Сокращения и Список литературы в оглавлении имеют страницы 271, 276 и 277 соответственно, однако в тексте диссертации они размещены на страницах 268, 273 и 274 соответственно. Обозначения и подписи на части рисунков выполнены на английском, а на части рисунков – на русском. Следовало бы придерживаться единообразия в оформлении рисунков. Отсутствуют знаки

препинания после формул (см., например, формулы 1-6, 8, 52-63). Формулы следовало бы написать единым шрифтом (см., например, формулы 7 и 8, а также 9 и 10). Местами десятичный разделитель пишется в виде запятой, а местами – в виде точки (см., например, числовые значения величин в таблицах 1 и 2) Следовало бы придерживаться единообразия. На одних и тех же рисунках (например, рис. 52, 53) единицы измерения физических величин приводятся в различных системах измерения. В списке литературы некоторые источники приведены без названия самой публикации (см., например, ссылки 5, 6, 24, 321-335, 338, 339, 367).

6. На стр. 144 написано, что «Было установлено, что величина тока и площадь под кривой ВАХ, определяющие величину мемристорного эффекта значительно увеличивается при повышении температуры». Однако из рис. 67 следует обратная закономерность, т.е. при увеличении температуры мемристорный эффект исчезает.
7. В тексте диссертации автором приводится список из пяти патентов, имеющих отношение к диссертации. Все они обозначены как патенты. Следовало бы их выделять, применив словосочетания «Патент РФ на полезную модель» или «Патент РФ на изобретение». Кроме того, в тексте диссертации проводятся ссылки только на два патента. Это ссылки 205 и 215.
8. Подписи к некоторым рисункам являются не полными. На рис. 55 (стр. 133) представлены спектральные зависимости экваториального эффекта Керра плёнок без расшифровки наименования физической величины ТКЕ, отложенной по оси ординат. На этом же рисунке отсутствуют две спектральные зависимости для плёнок $Zn_{0.76}Co_{0.24}O_y$ толщиной $d = 10$ и 64 нм, хотя они указаны в подписи. На рис. 131б и 132б (см. стр. 255) приведены «весовые функции», которые не определены ни в тексте, ни в подписях к этим рисункам.

В заключении указано, что диссертационная работа А.А. Лотина «Светууправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» является законченным квалификационным научным исследованием. Отмеченные замечания носят частный характер и не влияют на значимость и научно-практическую важность полученных результатов. Диссертационная работа «Светууправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а соискатель Лотин Андрей Анатольевич, без всякого сомнения, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы».

3. Отзыв официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения наук Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Соколова Николая Семёновича. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Два вопроса по установке импульсного-лазерного осаждения:
 - судя по отсутствию гомогенизатора фронта излучения эксимерного КгF лазера, используемого для выращивания гетероструктур со слоями оксидов в представленной работе, в потоке частиц, движущихся в направлении подложки, кроме нейтральных атомов и ионов основных элементов, образующих растущий слой, можно ожидать наличия металлических капель, которые могли бы существенно повлиять на различные свойства, в том числе однородность выращенных гетероструктур. Наблюдались ли такие капли в ходе проводимых в представленной работе экспериментах?
 - В подписи к блок-схеме установки ИЛО на Рис. 23 (стр. 82) упоминается спектрометр, который мог бы оказаться полезным для анализа состава плазмы. Предпринимались ли в этом направлении какие-либо усилия или они лишь в плане дальнейшего развития этого направления?

2. В диссертационной работе были выращены и изучены серии гетероструктур с множественными квантовыми ямами. Ширины квантовых ям менялись в широких пределах, при этом номинальная ширина самых узких из них составляла всего лишь единицы нанометров. Каким образом учитывалась шероховатость реальных границ раздела в этих гетероструктурах?
3. Хорошо бы услышать соображения по поводу природы сложной формы пиков стимулированного экситонного излучения в низкотемпературных спектрах фотолюминесценции множественных квантовых ям $\text{Mg}_{0.15}\text{Zn}_{0.85}\text{O}/\text{Cd}_{0.05}\text{Zn}_{0.95}\text{O}$, приведенных на Рис.76 (стр.171) диссертации.

Замечания по тексту диссертации:

1. Представленный обзор литературы в части описания трудностей практического применения ФИМ и методов их преодоления выглядит излишне детальным, диссертация бы только выиграла, если бы обзор был более компактным и более сконцентрирован на вопросах, имеющих более непосредственное отношение к содержанию основных глав диссертации.
2. В подписи к Рис.45 (стр.119) указано, что это измерения атомно-силовой микроскопии на площади $0.5 \times 0.5 \text{ мкм}^2$, в то же время при описании характеристик микроскопа на стр.93 написано, что максимальное поле сканирования составляет $40 \times 40 \text{ мкм}^2$. В чем причина этого несоответствия?

В заключении указано, что Диссертационная работа на тему «Светууправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» является законченным научным трудом, выполненным на высоком уровне, имеет важное практическое значение в области фотоники и соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а её автор Лотин Андрей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

4. **Отзыв ведущей организации** - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Природу анизотропии продольного сопротивления тонкой (60 нм) пленки $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_y$ в магнитном поле, приложенном перпендикулярно плоскости образца, автор объясняет наличием кластеров кобальта, ориентированных вдоль роста пленки. Наличие кластеров кобальта подтверждается данными рентгеновской дифрактометрии, хотя более убедительны были бы данные просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения.
2. В работе рассматриваются известные исследователям фазоизменяемые материалы, в частности GeTe и $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$. Подробно описаны фазовые превращения при воздействии импульсным лазерным излучением, теоретически и экспериментально проанализированы изменения оптических, электрофизических и структурных свойств. Дополнительно в работе приводятся результаты исследования относительно нового материала Ga_2Te_3 , в том числе демонстрируется возможность изменения его свойств при фазовых переходах. Однако в работе не представлена информация о стабильности структурных фаз Ga_2Te_3 , а также отсутствуют результаты анализа, которые позволили бы сделать вывод о недостатках и преимуществах применения Ga_2Te_3 по сравнению с GeTe и $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$.
3. В диссертационной работе отсутствуют результаты исследования возможности переключения тонкой пленки $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, сформированной на поверхности волноводной структуры, за счет импульсного излучения, проходящего через волновод. Подход,

- основанный на переключении области $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ из свободного пространства, в значительной степени ограничивает возможности масштабирования.
4. Полимерные волноводы обладают большими оптическими потерями по сравнению с волноводами, изготовленными из ниобата лития или нитрида кремния, а также значительно более низкой термической стабильностью, что при изготовлении устройств на их основе значительно ограничивает возможность применения целого ряда технологических процессов, а также может оказать существенное влияние на стабильность и воспроизводимость процессов переключения элементов из кристаллического состояния в аморфное состояние.
 5. При том, что язык изложения материала в целом грамотный и ясный, в тексте диссертации имеются отдельные грамматические и стилистические ошибки. В качестве десятичного знака, наряду с запятой в некоторых случаях используется точка. В некоторых случаях используется английское обозначение осей на графиках.

В заключении указано, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу на актуальную тему. Замечания не затрагивают положений и выводов диссертации. Объём и качество представленных результатов свидетельствуют о глубоком понимании сложных физических процессов и подтверждают высокую научную квалификацию диссертанта. Диссертационная работа на тему «Светуправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, в которой изложены новые научно-обоснованные решения по разработке и созданию светуправляемых функциональных материалов и наноструктур, имеющие важное значение для развития исследований в области фотоники и оптоэлектроники, и, соответственно, развития отечественной оптоэлектронной компонентной базы в Российской Федерации и соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Лотин Андрей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы».

Доклад по диссертационной работе Лотина Андрея Анатольевич на тему: «Светуправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» был заслушан, обсуждён и одобрен на заседании Учёного совета института ПМТ (Протокол № 1 от 17.09.2025).

5. Отзыв на автореферат диссертации доктора физико-математических наук, директора института физики, зав. Кафедрой физической электроники Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, **Колобов Александр Владимирович**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В тексте реферата есть ссылки на работу других авторов, например, на стр.3: Zhang et al., Nature Materials 2019. При этом списка процитированной литературы в автореферате нет и однозначно найти указанную работу по приведенным данным, как и другие, достаточно сложно.
2. Есть несколько неточных формулировок, например, «перпендикулярная анизотропия».
3. Еще пример неточной формулировки: «Разрывающиеся химические связи нанокластеров под действием внешнего электрического поля образуют лавины» (стр.15).
4. В разделе *Методология* говорится об установлении взаимосвязей между структурой, составом и свойствами. Первичен все-таки состав, а затем структура и свойства.

6. Отзыв на автореферат диссертации доктора химических наук, главного научного сотрудника Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук **Козюхина Сергея Александровича**. Отзыв положительный. Имеются

замечания:

1. Из чтения автореферата непонятно, какие аналитические методы применял автор для достаточно сложных наноразмерных объектов (гл.2), в частности, как выполнялся фазовый и элементный анализы, поскольку в ходе исследования автор часто использует и концентрационные зависимости и анализирует фазовые переходы у полиморфных модификаций.
2. На стр.14 автореферата указано, что «были созданы мемристоры на основе магнитного полупроводника $ZnCoO$ ». Очевидно, что полупроводник такого химического состава не может быть получен, поскольку и цинк, и кобальт в соединениях с кислородом проявляют валентность 2.
3. На стр.20 автореферата указано, что «для серебрянных наночастиц положение полосы ППП сдвигалось в красную область от $\omega_p=460$ нм (2.7 эВ) до $\omega_p=532$ нм (2.33 эВ) с увеличением толщины d исходной пленки Ag (следовательно, среднего размера наночастицы R_0) от 1 нм до 10 нм (рисунок 7в,г)». Хотя на рисунке в автореферате, на который ссылается автор, четко видно, что полоса 2.7 эВ достигается при размере наночастицы порядка 4 нм, а не 1 нм.

7. Отзыв на автореферат диссертации доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института спектроскопии Российской академии наук (ИСАН) **Асеева Сергея Анатольевича**. Отзыв положительный. Имеется замечание:

Единственным существенным недостатком, на взгляд рецензента, является то, что при описании кристаллизации тонкой пленки GST, индуцированной 2-импульсным воздействием фс лазерного излучения, не указана временная задержка между лазерными импульсами (стр. 22, рис.11).

8. Отзыв на автореферат диссертации кандидата физико-математических наук, научного сотрудника Физического факультета Университета ИТМО **Синельника Артема Дмитриевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В тексте автореферата используются качественные характеристики сравнения «наиболее сильные», «сильная зависимость», и др. неподкрепленные количественными значениями.
2. На рисунке 8 отсутствует масштабная шкала.
3. При описании результатов, представленных в главе 5, не указаны параметры тонкой пленки GST для которой исследовалась динамика изменения коэффициента пропускания/отражения, а также не указаны параметры лазерного излучения (длина волны, плотность энергии и др), используемого для этих измерений.

9. Отзыв на автореферат диссертации доктора физико-математических наук, профессора Байкальского института БРИКС Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» **Афанасьева Александра Диомидовича**. Отзыв положительный. Имеются замечания.

1. Автор упоминает разработанные модели лазерного нагрева тонких пленок и распространения излучения в волноводе, однако в автореферате недостаточно подробно описаны их основы и границы применимости. Это могло бы усилить теоретическую часть работы.
2. На некоторых рисунках в автореферате не приведены данные по погрешностям измерений и статистической обработке результатов, что важно для оценки достоверности.

10. Отзыв на автореферат диссертации доктора физико-математических наук, профессора кафедры теоретической физики и волновых процессов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Волгоградский государственный университет» **Лебедева Николая Геннадиевича**. Отзыв положительный. Единственное замечание носит больше характер пожелания.

В автореферате убедительно демонстрируются высокие и рекордные параметры полученных материалов и структур (например, время жизни экситонов 144 пс, усиление люминесценции в 3-5 раз, 50% модуляция сигнала). Однако, заявленные преимущества были бы гораздо более весомыми, если бы они были количественно сопоставлены с лучшими мировыми достижениями, приведенными в современных научных публикациях. Такой сравнительный анализ позволил бы более четко позиционировать новизну и значимость работы на международном уровне, а не только в рамках проведенных исследований.

11. Отзыв на автореферат диссертации кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Отдела Оптики низкотемпературной плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук Смаева Михаила Петровича. Отзыв положительный. Имеется замечание.

В подписи к рисунку 26 приводится аббревиатура ПЭК, не расшифрованная в автореферате (вероятно, имеется в виду поперечный эффект Керра). В подписи к рисунку 26 указана концентрация S_0 , отличающаяся от концентрации, приведённой на самом рисунке 26. В тексте присутствует некоторое количество опечаток и неудачных формулировок, например: «фазоизменяемые материалы (ФИМ) на основе халькогенидов переходных металлов» (стр. 2, словосочетание «переходных металлов», видимо, следует удалить), «порог... ниже, чем структурах с другим содержанием» (стр. 17, пропущен предлог).

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством публикаций в области получения тонких пленок, низкоразмерных гетероструктур и наночастиц, а также исследования взаимодействия излучения с наноразмерными системами, и позволяет оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методы получения тонких пленок и наночастиц с контролируемой морфологией и размером.

определены: элементный состав, фазовый состав, структура и магнитные свойства, получаемых тонких пленок, гетероструктур и наночастиц

установлено, что порог возбуждения стимулированного излучения и время жизни двумерных экситонов в квантовых ямах $Mg_xZn_{1-x}O/Cd_yZn_{1-y}O$ при накачке импульсным лазерным излучением немонотонно зависит от ширины квантовой ямы вследствие пространственной и энергетической локализации экситонов.

определено, что плавление приповерхностного слоя тонкой кристаллической пленки GeTe на подложке SiO_2 при аморфизации, индуцированной наносекундными лазерными импульсами приводит к временной задержке начала изменения коэффициента оптического пропускания по отношению к коэффициенту оптического отражения, величина которой пропорциональна толщине пленки и плотности энергии лазерного импульса.

разработан экспериментальный стенд для исследования динамики изменения оптических коэффициентов пропускания и отражения тонких пленок фазоизменяемых материалов при лазерно-индуцированных фазовых переходах с субнаносекундным разрешением.

установлено, что высокая коэрцитивная сила $H_C=0,24$ Т в магнетосопротивлении тонких пленок $Zn_{1-x}Co_xO$ ($x=0.2$) толщиной $d=60$ нм для поля, ориентированного перпендикулярно плоскости пленок, обусловлена их перпендикулярной магнитной анизотропией, вызванной «вытянутостью» кластеров металлического кобальта вдоль оси роста пленок.

показано, что эффект поверхностно-плазмонного резонанса позволяет достигать более чем трехкратное усиление интенсивности экситонной полосы люминесценции в тонких пленках и наностержнях оксида цинка, покрытых наночастицами серебра.

установлено, что многоимпульсное фемтосекундное лазерное возбуждение позволяет управлять размером и глубиной залегания поликристаллического слоя в толщине аморфной тонкой пленки $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_3$, что обеспечивает стабильные многоуровневые переключения оптических коэффициентов пропускания и отражения.

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Разработанная теоретическая модель динамики температурного поля при импульсном лазерном нагреве и радиационном остывании тонких пленок ФИМ позволяет моделировать лазерно-индуцированные процессы фазовых переходов.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных материалов и наноструктур для создания фотонных устройств нового поколения, таких как:

- Адаптивные зеркала и перестраиваемые интерференционные фильтры, которые могут быть использованы в системах оптической коррекции и спектроскопии;
- Оптические синапсы, имитирующие работу биологических нейронных сетей, что открывает новые перспективы для разработки нейроморфных вычислительных систем и энергоэффективных устройств памяти нового поколения;
- Магнитоуправляемые оптические устройства, которые могут быть применены в системах обработки информации и спинтронике;
- Лазерные источники УФ-синего диапазона, созданные на основе низкоразмерных гетероструктур.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- экспериментальные данные получены с использованием современного аналитического оборудования с последующей статистической обработкой полученных результатов и анализом их воспроизводимости;

- выводы диссертации хорошо сформулированы, обоснованы и согласуются с современными научными представлениями о получении и применении светоправляемых функциональных материалов и наноструктур для создания прототипов фотонных устройств нового поколения.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и планировании исследования, постановке цели и задач, выполнении экспериментов, анализе и интерпретации результатов, формулировании выводов и подготовке публикаций.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, которая направлена на разработку светоправляемых функциональных материалов и наноструктур на основе широкозонных оксидов переходных металлов и халькогенидных полупроводников для создания прототипов фотонных устройств нового для систем хранения и обработки информации.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы, в части: п.3.1. Экспериментальные исследования процессов получения и технологии наноматериалов, формирования наноструктур на подложках, синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, металлов и сплавов, в том числе редких и платиновых металлов; п.3.2. Выявление влияния размерного фактора на функциональные свойства и качества наноматериалов; 3.3. Исследование фазовых равновесий и поверхностных явлений в наноматериалах; п.3.4. Моделирование структуры, свойств и процессов получения наноматериалов; п.3.7. Исследование структуры, свойств и технологии композиционных наноструктурированных материалов.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация Лотина Андрея Анатольевича на тему «Светоправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» соответствует требованиям, установленным

Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденном приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 года №103 ОД.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.03 РХТУ «14» октября 2025 года принято решение о присуждении Лотину Андрею Анатольевичу ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Присутствовало на заседании - 11 (одиннадцать) членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 6 (шесть), в том числе в режиме видеоконференции 2 (два).

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» - 9

«против» - нет

«воздержались» - нет.

Проголосовали 2 члена диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции:

«за» - 2

«против» - нет

«воздержались» - нет.

Итоги голосования:

«за» - 11

«против» - нет

«воздержались» - нет.

**Председатель
диссертационного совета**

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

д.х.н., профессор Королева М. Ю.

к.х.н., доцент Мурадова А. Г.

Дата «14» октября 2025 г.