

УТВЕРЖДАЮ

Директор

НИЦ «Курчатовский институт»



Ю.А. Дьякова

2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного бюджетного учреждения
«Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
(НИЦ «Курчатовский институт»)**

Диссертационная работа «Светоуправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» выполнена в лаборатории Нанوفотоники и наноплазмоники Отделения ИПЛИТ – Шатура Курчатовского комплекса Кристаллографии и фотоники (далее ИПЛИТ).

В период подготовки диссертации соискатель Лотин Андрей Анатольевич работал в должности заместителя руководителя ИПЛИТ и заведующего лабораторией Нанوفотоники и наноплазмоники.

В 2005 году окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный университет по специальности «Лазерная техника и лазерные технологии» (диплом ВСВ № 0386117).

В 2011 году защитил диссертацию «Квантоворазмерные эффекты в двумерных гетероструктурах на основе ZnO, полученных методом импульсного лазерного напыления» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.03 – Квантовая электроника в диссертационном совете Д 002.126.01 Института проблем лазерных и информационных технологий Российской академии наук (диплом ДКН №140081).

Доклад А.А. Лотина по диссертационной работе «Светоуправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» был заслушан на научно-техническом совете Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники НИЦ «Курчатовский институт» 24.04.2025 г. (протокол № 6).

Научный консультант – доктор физико-математических наук по научной специальности 05.27.03 – Квантовая электроника, ведущий научный сотрудник лаборатории наноструктур и оптических покрытий Отделения ИПЛИТ – Шатура Курчатовского комплекса Кристаллографии и фотоники Олег Алексеевич Новодворский.

По итогам заседания принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы:

В диссертации представлены результаты исследований, выполненные лично автором или при его участии в период с 2013 по 2025 годы.

Диссертация А.А. Лотина характеризуется как завершенная научно-квалификационная работа, в которой дан всесторонний анализ важной и недостаточно исследованной проблеме. Диссертация характеризуется строгой последовательностью, хорошим общим изложением, четкостью, обоснованностью выводов. Работа выполнена на высоком экспериментальном, теоретическом и методическом уровне.

Актуальность темы исследований

Сегодня человечество живет в эпоху информационных технологий и потребность в хранении и обработке данных растет в геометрической прогрессии. Проблема обработки и хранения данных в первую очередь вызвана тем, что существующая полупроводниковая электроника достигла своего фундаментального физического и, как следствие, технологического предела, а самые современные суперкомпьютеры, основанные на архитектуре Джона фон Неймана, до сих пор даже не приблизились к вычислительной мощности человеческого мозга, состоящего из нейронов и синапсов, каждый из которых выступает как вычислительная ячейка, так и ячейка памяти.

Альтернативой полупроводниковой электронике, в которой носителем информации является «медленный» электрон может стать фотоника, где обработку, передачу и хранение информации будет осуществлять «быстрый» фотон. Преимущества оптических устройств по сравнению с устройствами полупроводниковой электроники очевидны - это высокие быстродействие (менее 100 фс), скорость передачи больших массивов информации (10-50 Гб/с, в перспективе до 1 Тб/с), помехозащищенность и низкий уровень энергии управляющих сигналов.

Другой уникальной функциональной особенностью оптических материалов является существенное отличие оптических свойств объектов наноразмерного масштаба от свойств объемных материалов. Так, например, в наноразмерных структурах возникают квантово-размерные эффекты, плазмонные резонансы, люминесценция и др. Изменение размера и формы таких объектов позволяет управлять их оптическими свойствами. Исследованием фотоиндуцированных процессов в наноструктурах и созданием устройств на их основе привело к развитию новых направлений фотоники – нанофотоники и наноплазмоники.

Основной задачей нанофотоники является разработка функциональных наноматериалов с принципиально новыми оптическими и электрооптическими свойствами, на основе которых можно создать фотонные устройства нового поколения. Среди множества таких устройств можно выделить наиболее перспективные: источники когерентного и некогерентного излучения с управляемыми характеристиками и высоким квантовым выходом; приемники излучения и детекторы нового поколения; фотонная (оптическая) память и вычислительные устройства; оптические переключатели и коммутаторы и многие другие. К новым перспективным функциональным фотонным наноматериалам относятся следующие: полупроводниковые квантово-размерные материалы (квантовые ямы, нити точки); метаматериалы и плазмонные структуры.

Еще одной важной задачей нанофотоники является разработка и создание вычислительных и запоминающих устройств, имитирующих работу человеческого мозга – так называемые нейроморфные устройства. Наибольших успехов в разработке нейроморфных устройств за последнее десятилетие были достигнуты на основе резистивных элементов – мемристоров. Однако, огромный интерес представляют фотонные нейроморфные системы на основе интегральной оптики как основа для создания широкополосных искусственных нейронов, во многом идентичных своим биологическим аналогам.

Роль простейшего элемента нейроморфной системы - синапса может играть интерфейс между оптическим волноводом и оптически активной областью, в качестве которой могут быть использованы фазоизменяемые материалы (ФИМ) на основе халькогенидов переходных металлов. Отличительной особенностью этого класса материалов является высокий контраст в первую очередь оптических и электрических свойств между их

аморфным и кристаллическим состояниями. Помимо этого, к новым ФИМ предъявляются высокие требования к количеству циклов и скорости фазовых переключений, что во многом определяется их структурными свойствами.

Диссертация посвящена разработке и созданию наноструктур на основе оксидов и переходных металлов теллуридов как компонентная база для фотонных приложений. В работе реализован комплексный подход в экспериментально-теоретическом исследовании тонких пленок этих материалов, позволяющий изучить структуру, динамику изменения оптических характеристик, динамику зародышеобразования и рост кристаллитов в процессе быстропротекающих лазерно-индуцированных фазовых переходов в ФИМ. Понимание этих процессов открывает возможности управлять ими, что в дальнейшем позволит разработать и создать принципиально новую фотонную компонентную базу, существенно превосходящую по производительности существующую «электронную» на основе кремния.

Целью диссертационной работы является разработка и создание функциональных материалов и наноструктур на основе оксидов переходных металлов и теллуридов и исследование лазерно-индуцированных быстропротекающих процессов в таких материалах и структурах.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Разработка экспериментальных методов синтеза тонких пленок и наноструктур на основе оксидов переходных металлов и теллуридов, а также времяразрешенных методов исследования оптических характеристик люминесцентных и фазоизменяемых материалов;
2. Разработка широкозонных полупроводников с высоким магнитным моментом и создание на их основе магнитоуправляемых низкоразмерных структур, перспективных для создания устройств спинтроники;
3. Разработка и создание низкоразмерных гетероструктур на основе широкозонных полупроводников $Mg_xZn_{1-x}O/Cd_yZn_{1-y}O$ и плазмонных наноструктур типа «металлические наночастицы/люминесцентная пленка» как активная среда для лазерных источников УФ-синего спектрального диапазона;
4. Исследование динамики изменения физических характеристик тонких пленок $GeTe$, $Ge_2Sb_2Te_5$ и Ga_2Te_3 при фазовых переходах, индуцированных лазерными импульсами нано- и фемтосекундной длительности.

5. Разработка, создание и исследование прототипа синапса на основе интегрального оптического устройства - полимерный волновод с активной областью на основе $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается и обеспечивается комплексным экспериментально-теоретическим подходом исследования образцов и анализа полученных данных. Все результаты, изложенные в диссертации, получены на современном технологическом и исследовательском оборудовании мирового уровня. Все защищаемые положения и основные результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих научных журналах и прошли критическую оценку рецензентов.

Степень научной новизны

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Показано, что наибольшей намагниченностью обладают пленки $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_y$, содержащие нанокластеры металлического кобальта размером 5-15 нм гексагональной структуры, строго ориентированные вдоль оси c роста пленок. Кластерная природа намагниченности является причиной положительного знака АЭХ в пленках - противоположным знаком нормального эффекта Холла.
2. Впервые исследован поперечный эффект Керра в тонких пленках $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_y$ с разным содержанием магнитной примеси. Продемонстрирована сильная амплитудная и спектральная зависимость магнитооптического сигнала от концентрации кобальта и толщины образцов, что хорошо коррелируют с величиной их намагниченности.
3. Показано, что увеличение содержания кадмия в диапазоне от 0 ат. % до 30 ат. % приводит к монотонному сдвигу экситонной полосы излучения в спектрах ФЛ пленок $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ в красную область спектра от 369.36 нм (3.357 эВ) до 540.86 нм (2.293 эВ) в результате сдвига фундаментального края поглощения. Наблюдаемая немонотонная температурная зависимость спектрального положения экситонной полосы излучения в спектрах ФЛ пленок $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$, связана с эффектом локализации носителей заряда.
4. Установлено, что порог возбуждения стимулированного излучения и время жизни двумерных экситонов в квантовых ямах $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}/\text{Cd}_y\text{Zn}_{1-y}\text{O}$ при накачке импульсным лазерным излучением немонотонно зависит от

ширины квантовой ямы вследствие их пространственной и энергетической локализации. Минимальное значение времени жизни для МКЯ $\text{Mg}_{0.27}\text{Zn}_{0.73}\text{O}/\text{ZnO}$ составило $\tau_r=355$ пс при $L_w=2.6$ нм, а для $\text{Mg}_{0.15}\text{Zn}_{0.85}\text{O}/\text{Cd}_{0.05}\text{Zn}_{0.95}\text{O}$ достигает рекордно минимального значения $\tau_{\text{rad}}=144$ пс при $L_w=10$ нм.

5. Разработан метод управляемого синтеза наночастиц золота и серебра с размерами в диапазоне от 7 нм до 20 нм. Показано, что спектральное положение резонансной плазмонной частоты ω_p существенно сдвигается в красную область с увеличением размеров наночастиц Au и Ag на сапфировой подложке. Продemonстрировано более чем трехкратное усиление экситонной полосы в тонких пленках оксида цинка, покрытых наночастицами серебра за счет эффекта поверхностно-плазмонного резонанса.
6. Впервые обнаружен и изучен эффект временной задержки начала изменения коэффициента пропускания по отношению к коэффициенту отражения в тонкой пленке GeTe на подложке SiO_2 при лазерно-индуцированной реаморфизации. Данная задержка объясняется быстрым изменением коэффициента отражения, связанного с относительно быстрым уменьшением концентрации свободных носителей заряда в приповерхностном слое тонкой пленки GeTe, в то время как для начала изменения пропускания требуется больший объем реаморфизованной пленки.
7. Впервые проведены исследования динамики изменения электрической проводимости в тонких пленках $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, в результате кристаллизации, индуцированной фемтосекундным лазерным излучением. Показано, что вклад в переключение электрической проводимости на временном масштабе в несколько наносекунд вносят три основных процесса: фотоиндуцированные носители заряда, температурная зависимость коэффициента сопротивления и процесс кристаллизации.
8. Впервые продемонстрирована более 40-% модуляция оптического сигнала С-телекоммуникационного диапазона (1,55 мкм), проходящего через синаптический интерфейс на основе полимерного волновода, покрытого оптически активной тонкой (50 нм) пленкой $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, в результате фазовых переключений (аморфное/кристаллическое), индуцированных наносекундным лазерным излучением.

Теоретическая и практическая значимость работы. 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:

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

Положения, выносимые на защиту:

1. 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.
2. Немонотонная температурная зависимость спектрального положения экситонного пика фотолюминесценции в тонких пленках $Cd_xZn_{1-x}O$ вызвана эффектом локализации носителей заряда на донорных уровнях с максимальной величиной 23.5 мэВ для значения концентрации атомов Cd $x=0.1$.
3. 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.
4. Эффект поверхностно-плазмонного резонанса позволяет достигать более чем трехкратное усиление интенсивности экситонной полосы

люминесценции в тонких пленках и наностержнях оксида цинка, покрытых наночастицами серебра.

5. Плавление приповерхностного слоя тонкой кристаллической пленки GeTe на подложке SiO₂ 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.
6. Субнаносекундное (300-500 пс) время изменения оптических коэффициентов пропускания и отражения пленки Ge₂Sb₂Te₅ толщиной 100 нм после воздействия фемтосекундного лазерного излучением обусловлено высокой скоростью изменения концентрации фотовозбужденных носителей заряда и быстрым нагревом материала вследствие их релаксации.
7. Многоимпульсное фемтосекундное лазерное возбуждение позволяет управлять размером и глубиной залегания поликристаллического слоя в толщине аморфной тонкой пленки Ge₂Sb₂Te₅, что обеспечивает стабильные многоуровневые переключения оптических коэффициентов пропускания и отражения.

Личный вклад автора

Автор принимал участие в получении перечисленных выше результатов – от постановки задач, планирования и проведения ключевых экспериментов до обсуждения и оформления публикаций.

В серии ранних статей автор выполнял основную экспериментальную работу, проводил анализ результатов и готовил статьи к публикации. Часть экспериментальных результатов была получена сотрудниками лаборатории Нанофотоники и наноплазмоники, возглавляемой соискателем. Вклад соискателя в этом случае являлся концептуализацией основных идей, руководство в текущих работах и значительное участие в написании статей. Некоторые разработки были защищены патентами.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах.

Материалы диссертационных исследований изложены в полном объеме в 30 статьях в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus, Chemical Abstracts, GeoRef, более 60 тезисах докладов на Российских

и международных конференциях, в 4 патентах РФ на полезную модель и 1 патенте РФ на изобретение.

Основные публикации по теме диссертации:

1. **Lotin A.A.**, Novodvorsky O.A., Khramova O.D., Parshina L.S., Zuev D.A., Lebedev F.V., Bartha J.W., Wenzel C. Influence of growth temperature on physical properties of ZnO films produced by pulsed laser deposition method // Optical Materials. 2013. V 35(8). P. 1564-1570. DOI: 10.1016/j.optmat.2013.03.027 (**Scopus**)
2. **Lotin A.A.**, Novodvorsky O.A., Zuev D.A., Room temperature stimulated emission in two-dimensional $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}/\text{ZnO}$ heterostructures at optical pumping // Laser Physics Letters. 2013. V. 10(5), P. 055902-056000. DOI: 10.1088/1612-2011/12/9/095901 (**Scopus**)
3. **Лотин А.А.**, Новодворский О.А., Зуев Д.А., Храмова О.Д., Панков М.А., Аронзон Б.А., Рыльков В.В., Семисалова А.С., Перов Н.С., Lashkul A., Lahderanta E., Панченко В.Я., Свойства пленок $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}$, полученных методом импульсного лазерного осаждения с использованием скоростной сепарации осаждаемых частиц // Физика и Техника Полупроводников. 2014. № 48(4). С. 556-563. (**Scopus**)
4. **Lotin A.A.**, Novodvorsky O.A. Dimensional effects in exciton and defect-related luminescence of ZnO-based step quantum wells // Laser Physics Letters. 2015. V. 12(9). P. 095901. DOI: 10.1088/1612-2011/12/9/095901 (**Scopus**)
5. Rumyantsev S., Tarasov A., Briskina C., Ryzhkov M., Markushev V., **Lotin A.**, Using of radiation intensity dependence on excitation level for the analysis of surface plasmon resonance effect on ZnO luminescence // Journal of Nanophotonics. 2016. V. 10(1). P. 016001 DOI: 10.1117/1.JNP.10.016001 (**Scopus**)
6. **Lotin A.A.**, Novodvorsky O.A., Parshina L.S., Khramova O.D., Mikhalevsky V.A., Cherebilo E.A., Optical properties of ZnO-based step quantum wells // Optical and Quantum Electronics. 2013. V. 48(6). P. 318. DOI: 10.1007/s11082-016-0587-x (**Scopus**)
7. Tarasov A., Markushev V., Briskina C., Rumyantsev S., Interpretation of the dielectric spacer influence on ZnO/Ag luminescence // Journal of Luminescence. 2017. V. 184. P. 217–220. DOI: 10.1016/j.jlumin.2016.12.036 (**Scopus**)
8. Kuz'mina A.S., **Lotin A.A.**, Novodvorsky O.A., Perov N.S., Gan'shina E.A., Makarova L.A., Semisalova A.S., Shneider A.G., Kuz'min M.P., Kolesnikov S.S., Magnetism and magnetooptics features of $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_y$ thin films grown by

- pulsed laser deposition // Materials Chemistry and Physics. 2017. V. 198. P. 291-296. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2017.06.015 (**Scopus**)
9. **Лотин А.А.**, Новодворский О.А., Паршина Л.С., Храмова О.Д., Черобыло Е.А., Михалевский В.А., Люминесцентные свойства тонких пленок $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ // Физика и Техника Полупроводников. 2018. № 52(2). С. 274-277. (**Scopus**)
 10. **Лотин А.А.**, Кузьмина А.С., Новодворский О.А., Паршина Л.С., Михалевский В.А., Храмова О.Д., Черобыло Е.А., Перов Н.С., Макарова Л.А., Шнейдер А.Г., Кузьмин М.П., Влияние кислородных вакансий на магнитные свойства пленок $\text{Zn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_y$ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2018. № 4(0), С 37-41. (**Scopus, Chemical Abstracts**)
 11. Kuz'mina A.S., **Lotin A.A.**, Strokin N.A., Kuz'min M.P. and Kazantsev A.V., Stabilization of the hole conductivity of $\text{Zn}_{1-x}\text{Li}_x\text{O}_y$ thin films fabricated by pulsed laser deposition // Materials Research Express. 2019. V. 6. P. 086523. DOI: 10.1088/2053-1591/ab1c29 (**Scopus**)
 12. Kuz'mina A.S., **Lotin A.A.**, Strokin N.A., Kuz'min M.P., Kazantsev A.V., Composition, structure and morphology of $\text{ZnO-Co}_3\text{O}_4$ ceramic targets in the process of pulsed laser thin film deposition // Journal of Crystal Growth. 2020. V. 535. P. 125506. DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2020.125506 (**Scopus**)
 13. Ionin V.V., Kiselev A.V., Eliseev N.N., Mikhalevsky V.A., Pankov M.A., **Lotin A.A.** Multilevel reversible laser-induced phase transitions in GeTe thin films // Applied Physics Letters. 2020. V. 117. P. 011901. DOI: 10.1063/5.0014375 (**Scopus**)
 14. Eliseev N.N., Kiselev A.V., Ionin V.V., Mikhalevsky V.A., Burtsev A.A., Pankov M.A., Karimov D.N., **Lotin A.A.**, Wide range optical and electrical contrast modulation by laser-induced phase transitions in GeTe thin films // Results in Physics. 2020. V. 19. P. 103466. DOI: 10.1016/j.rinp.2020.103466 (**Scopus**)
 15. Kiselev A.V., Mikhalevsky V.A., Burtsev A.A., Ionin V.V., Eliseev N.N., **Lotin A.A.** Transmissivity to reflectivity change delay phenomenon observed in GeTe thin films at laser-induced reamorphization // Optics and Laser Technology. 2021. V. 143. P. 107305. DOI: 10.1016/j.optlastec.2021.107305 (**Scopus**)
 16. Ionin V.V., Kiselev A.V., Burtsev A.A., Eliseev N.N., Asharchuk I.M., Sokolov V.I., **Lotin A.A.** Optical synapse based on polymer waveguide with GST_{225}

- active layer // *Applied Physics Letters*. 2021. V. 119(8), P. 081105. DOI: 10.1063/5.0063349 (**Scopus**)
17. Tverjanovich A., Khomenko M., Benmore C.J., Bereznev S., Sokolov A., Fontanari D., Kiselev A., **Lotin A.**, Bychkov E. Atypical phase-change alloy Ga_2Te_3 : atomic structure, incipient nanotectonic nuclei, multilevel writing // *Journal of Materials Chemistry C*. 2021. V. 9(47). P. 17019-17032. DOI: 10.1039/D1TC03850H (**Scopus**)
 18. Kiselev A.V., Ionin V.V., Burtsev A.A., Eliseev N.N., Mikhalevsky V.A., Arkharova N.A., Khmelenin D.N., **Lotin A.A.** Dynamics of reversible optical properties switching of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ thin films at laser-induced phase transitions // *Optics and Laser Technology*. 2022. V. 147. P. 107701 (2022) DOI: 10.1016/j.optlastec.2021.107701 (**Scopus**)
 19. Burtsev A.A., Eliseev N.N., Mikhalevsky V.A., Kiselev A.V., Ionin V.V., Grebenev V.V., Karimov D.N. and **Lotin A.A.**, Physical properties' temperature dynamics of GeTe , $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ и $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Se}_4\text{Te}_1$ phase change materials // *Materials Science in Semiconductor Processing*. 2022. V. 150. P. 106907. DOI: 10.1016/j.mssp.2022.106907 (**Scopus**)
 20. Nevzorov A.A., Mikhalevsky V.A., Eliseev N.N., Kiselev A.V., Burtsev A.A., Ionin V.V., Maliutin A.M., Khmelenin D.N., Glebov V.N., **Lotin A.A.** Two-stage conductivity switching of GST thin films induced by femtosecond laser irradiation // *Optics and Laser Technology*. 2023. V. 157. P. 108773. DOI: 10.1016/j.optlastec.2022.108773 (**Scopus**)
 21. Nevzorov A.A., Mikhalevsky V.A., Kiselev A.V., Burtsev A.A., Eliseev N.N., Ionin V.V., **Lotin A.A.** The GST thin films' optical properties controlling by ultrashort laser pulses series impact // *Optical materials*. 2023. V. 141. P. 113925. DOI: 10.1016/j.optmat.2023.113925 (**Scopus**)
 22. Асеев С.А., Миронов Б.Н., Кочиков И.В., **Лотин А.А.**, Ищенко А.А., Рябов Е.А., Сверхтонкий кристалл теллурида германия в сильном фемтосекундном лазерном поле: проявление квантоворазмерного эффекта // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 2023. № 117(11). С. 814-818. (**GeoRef**)
 23. Nevzorov A.A., Mikhalevsky V.A., Kiselev A.V., Burtsev A.A., Eliseev N.N., Ionin V.V., **Lotin A.A.** The GST thin films' optical properties controlling by ultrashort laser pulses series impact // *Optical materials*. 2023. V. 141. P. 113925. DOI: 10.1016/j.optmat.2023.113925 (**Scopus**)

24. Елисеев Н.Н., Невзоров А.А., Михалевский В.А., Киселев А.В., Бурцев А.А., Ионин В.В., **Лотин А.А.**, Переключение электрических свойств тонкопленочных мемристивных элементов на основе GeTe последовательностями сверхкоротких лазерных импульсов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2023. № 23(5). С. 911-919 (**Scopus**)
25. Burtsev A.A., Kiselev A.V., Ionin V.V., Eliseev N.N., Fedyanina M.E., Mikhalevsky V.A., Nevzorov A.A., Novodvorsky O.A., Lotin A.A. Controlled Optical Contrast Caused by Reversible Laser-Induced Phase Transitions in GeTe and Ge₂Sb₂Te₅ Thin Films in the Spectral Range from 500 to 20,000 nm // Journal of Russian Laser Research. – 2023. – Vol. 44, No. 6. – P. 700-706. DOI 10.1007/s10946-023-10180-4 (**Scopus**)
26. Burtsev A.A., Kiselev A.V., Eliseev N.N., Fedyanina M.E., Mikhalevsky V.A., Nevzorov A.A., Ionin V.V., Grebenev V.V., Maliutin A.M., Glebov V.N., Novodvorsky O.A. and **Lotin A.A.** Low-loss Se-based phase change materials for IR photonics application // Optical Materials. 2024. V. 157. P. 116117 DOI: 10.1016/j.optmat.2024.116117 (**Scopus**)
27. Nevzorov A.A., Burtsev A.A., Kiselev A.V., Mikhalevsky V.A., Ionin V.V., Eliseev N.N., **Lotin A.A.**, Chaotic computing cell based on nanostructured phase-change materials // Journal of Computational Electronics. 2024. V. 23. P. 1448–1454. DOI: 10.1007/s10825-024-02221-1 (**Scopus**)
28. Kiselev A.V., Nevzorov A.A., Burtsev A.A., Mikhalevsky V.A., Eliseev N.N., Ionin V.V., **Lotin A.A.**, Optically controlled fine-tuning phase shift cell based on thin-film Ge₂Sb₂Te₅ for light beam phase modulation // JETP Letters. 2024. V. 120(6). P. 440-444. DOI: 10.1134/S0021364024602598 (**Scopus**)
29. Kiselev A.V., Burtsev A.A., Mikhalevsky V.A., Nevzorov A.A., Eliseev N.N., Ionin V.V., and **Lotin A.A.**, Multi-bit subnanosecond optical switching of GST₂₂₅ for photonic memory and computing // Journal of Russian Laser Research. 2024. V.4. P. DOI: 10.1007/s10946-024-10224-3 (**Scopus**)
30. Бурцев А.А., Киселев А.В., Михалевский В.А., Ионин В.В., Невзоров А.А., Елисеев Н.Н., **Лотин А.А.**, Особенности кинетики лазерной кристаллизации тонких пленок халькогенидных фазоизменяемых материалов GeTe и Ge₂Sb₂Te₅ // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2024. № 16. С. 603 – 611. DOI: 10.26456/pcascnn/2024.16.603 (**Chemical Abstracts**)

Наиболее значимые публикации в материалах конференций

- 1) Бурцев А.А., Ионин В.В., Киселёв А.В., Елисеев Н.Н., Михалевский В.А., Невзоров А.А., Гребенев В.В., **Лотин А.А.** Высоко прозрачные фазоизменяемые материалы на основе селена для реконфигурируемой фотоники // XIV международная конференция по фотонике и информационной оптике. Сборник трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2025. – 736 с. С. 141-143.
- 2) Time resolved investigation of laser-induced phase transition dynamics of thin $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ films, A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, V.V. Ionin, N.N. Eliseev, V.A. Mikhalevsky, A.A. Nevzorov, and **A.A. Lotin** // Book of abstract International Conference “Functional Chalcogenides: Physics, Technology and Applications” (FunChaPTA-1). P.41
- 3) A.A. Nevzorov, V.A. Mikhalevsky, N.N. Eliseev, A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, V.V. Ionin, D.N. Khmelenin, and **A.A. Lotin**. Discrete thermokinetic computational model of laser-induced phase transitions in phase-change materials // International conference “Functional Materials” ICFM-2023. Book of abstracts (October 2 – 6, 2023. Crimea, Foros). P. 18-19.
- 4) A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, V.V. Ionin, N.N. Eliseev, A.A. Nevzorov, V.A. Mikhalevsky, **A.A. Lotin**. Promising phase-changing materials for neuromorphic devices and memory elements. // Advanced Laser Technologies – 2023 (ALT’23): Abstracts of the 30th International Conference, Samara, September 18 – 21, 2023. – Samara: ООО «Месол», 2023. – P. 34.
- 5) А.А. Бурцев, А.А. Невзоров, В.А. Михалевский, А.В. Киселев, В.В. Ионин, Н.Н. Елисеев, **А.А. Лотин**. Математическое описание фазовых переходов в халькогенидных материалах под воздействием лазерного излучения // Математическое моделирование в естественных науках. – 2023. – Т. 1. – С. 79-82.
- 6) A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, V.V. Ionin, N.N. Eliseev, V.A. Mikhalevsky, A.A. Nevzorov, M.D. Khomenko and **A.A. Lotin** Laser-Induced Phase Transitions Dynamics of GeTe and $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ Thin Films // ALT’22: Abstracts of the 29th International Conference on Advanced Laser Technologies, Moscow, September 11 – 16, 2022. – Moscow: Общество с ограниченной ответственностью "МЕСОЛ", 2022. – P. 33.
- 7) Kiselev A.V., Ionin V.V., Burtsev A.A., Eliseev N.N., Mikhalevsky V.A., **Lotin A.A.** Laser-Controlled Optical Properties’ Contrast Change of GeTe and

Ge₂Sb₂Te₅ Thin Films // International conference "Functional Materials" ICFM-2021. Book of abstracts (October 4 – 8, 2021. Crimea, Alushta). P. 277.

- 8) Lotin A.A., Kuz'mina A.S., Novodvorsky O.A., Parshina L.S., Khramova O.D., Mikhalevsky V.A., Cherebilo E.A., Shneider A.G., Perov N.S. and Makarova L.A., Influence of oxygen vacancies on magnetic and transport properties of thin Zn_{1-x}Co_xO_y films // EPJ Web of Conferences. 2018. V. 185. P. 06013. DOI: 10.1051/epjconf/201818506013
- 9) Kulatov E., Novodvorsky O., Lotin A., Rylkov V., Gan'shina E., Shevyakov D., Tugushev V. and Uspenskii Y., Electronic and magneto-optical properties of ZnO:Co // EPJ Web of Conferences. 2018. V. 185. P. 06012. DOI: 10.1051/epjconf/201818506012
- 10) Eliseev N.N., Kuz'mina A.S., Putilov A.G., Shepelev A.E., Arakelian S.M., Lotin A.A. The plasmonic nanoparticles with controlled optical properties // Journal of physics: Conference series. 2019. V. 1331. P. 012014.

Патенты

1. Пат. № 135638, Российская Федерация, Устройство импульсного лазерного осаждения наноструктурированных материалов, **Лотин А.А.**, Зуев Д.А., Новодворский О.А.; заявитель и патентообладатель Учреждение Рос. Акад. наук Ин-т проблем лазерных и информационных технологий. № 2013120679/28, заявл. 06.05.2013; опубл. 20.12.2013, Бюл. № 35.
2. Пат. № 203240, Российская Федерация, Адаптивное зеркало на основе фазоизменяемых материалов, Ионин В.В., Киселев А.В., **Лотин А.А.**, Панков М.А., Притоцкий Е.М., заявитель и патентообладатель: ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН, Заявка № 2020137320 Приоритет ПМ от 13 ноября 2020 г., Дата госрегистрации 29 марта 2021 г.
3. Пат. № 203242, Российская Федерация, Составной интерференционный фильтр, Панков М.А., Притоцкий Е.М., Киселев А.В., **Лотин А.А.**; заявитель и патентообладатель: ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН; Заявка № 2020139813, Приоритет ПМ от 04 декабря 2020 г.; Дата госрегистрации 29 марта 2021 г.
4. Пат. № 2788438, Российская Федерация, Оптический синапс, Минаев Н.А., Киселев А.В., Бурцев А.А., Ионин В.В., **Лотин А.А.**; заявитель и патентообладатель: ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН; Заявка № 2021133121/28.

5. Пат. № 232291, Российская Федерация, Элемент памяти на основе фазоизменяемого халькогенидного полупроводникового материала, Бурцев А.А., Невзоров А.А., Ионин В.В., Киселев А.В., **Лотин А.А.**; заявитель и патентообладатель: НИЦ "Курчатовский институт"; Заявка № 2024133407 от 07.11.2024

Заключение

Содержание диссертационного исследования Лотина Андрея Анатольевича соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки):

- 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.
- П.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.

Диссертация Лотина Андрея Анатольевича «Светоуправляемые функциональные материалы и наноструктуры для фотонных устройств» отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней» (в действующей редакции); 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 и рекомендуется к защите на

соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.6 – Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки).

Заключение принято на заседании Научно-технического совета КККиФ НИЦ «Курчатовский институт».

Присутствовало на заседании – 37 человек из списочного состава.
Результаты голосования: «за» – 37 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Протокол № 1 заседания № 6 Научно-технического совета КК КиФ от 24 апреля 2025 года.

Заместитель председателя
Научно-технического совета
Курчатовского комплекса
кристаллографии и фотоники
НИЦ «Курчатовский институт»,
доктор физико-математических наук



О.А. Алексеева

Учёный секретарь
Научно-технического совета
Курчатовского комплекса
кристаллографии и фотоники
НИЦ «Курчатовский институт»,
кандидат физико-математических наук

Л.А. Дадинова