ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета 24.1.463.01, созданного на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физического материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело №_____

решение диссертационного совета от 05.06.2026, № 3/2026

О присуждении Шалаеву Алексею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Получение и оптические свойства кристаллических и аморфных функциональных материалов, легированных редкоземельными и переходными ионами» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 03.03.2026 (протокол заседания № 2/2026) диссертационным советом 24.1.463.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26 января 2023, № 85/нк.

Соискатель Шалаев Алексей Александрович, «30» июля 1973 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Взаимодействие дефектов и фотостимулированная люминесценция во фторидах бария» защитил в 2003 году в диссертационном совете, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет».

С 1997 года по настоящее время работает в лаборатории физики монокристаллов, в период подготовки диссертации – в должности старшего

научного сотрудника и заместителя директора по научной работе в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории физики монокристаллов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор физико-математических наук Непомнящих Александр Иосифович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики монокристаллов, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Шамирзаев Тимур Сезгирович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики и технологии гетероструктур, ведущий научный сотрудник;

Кох Александр Егорович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория роста кристаллов, заведующий лабораторией;

Никифоров Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра физических методов и приборов контроля качества, заведующий кафедрой,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанном Слюсаревой Евгенией Алексеевной, доктором физико-математических наук, доцентом, профессором кафедры фотоники и лазерных технологий, заместителем директора по научной работе Института инженерной физики и радиоэлектроники и Турчиным Павлом Петровичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, заведующим базовой кафедрой физики твёрдого тела и нанотехнологий, указала, что диссертационная работа «Получение и оптические свойства кристаллических и аморфных функциональных материалов, легированных редкоземельными и переходными ионами» является завершенной научно-квалификационной работой. Значимость данной работы заключается в разработке способов выращивания перспективных кристаллов на основе галоидных соединений, которые могут быть использованы в качестве запоминающих люминофоров и эффективных сцинтилляторов. В работе изучаются кварциты высокой и ультравысокой чистоты месторождения Бурал-Сардык, которые могут быть использованы в качестве сырья для создания модифицированного стекла и керамики, способных выдерживать высокие температуры и быстрое нагревание. Новизна, практическая значимость и достоверность научно-практических результатов не вызывает сомнения. Тематика и содержание диссертационной работы соответствуют направлениям исследований п. 1. и п. 4. паспорта научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (технические науки).

Автореферат и опубликованные по теме диссертации статьи отражают основное содержание диссертации. Статьи по теме диссертации опубликованы в профильных рецензируемых научных журналах, количество публикаций соответствует требованиям. Результаты работы апробированы на научных конференциях.

Диссертация «Получение и оптические свойства кристаллических и аморфных функциональных материалов, легированных редкоземельными и переходными ионами» удовлетворяет требованиям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, ред. от 25.01.2024), а её автор Шалаев Алексей Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ по теме диссертации, входящие в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК и международные базы цитирования Web of Science и Scopus. Общий объем 15,06 п.л., личный вклад автора 2,49 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Shalaev A.,** Radzhabov E. A. Photostimulation red shift for BaFBr:Eu^{2+} with alkali doping // Radiation Protection Dosimetry. – 1999. – V. 84, № 1-4. – P. 149-150.

2. **Shalaev A.,** Radzhabov E. A. The measurements of photostimulated luminescence in alkali doped BaFBr:Eu^{2+} at liquid nitrogen temperature // Radiation Effects and Defects in Solids. – 2003. – V. 158, № 1-6. – P. 315-318.

3. **Shalaev A. A**., Radzhabov E. A. Single crystal growth of BaFBr:Eu storage phosphor with alkali impurities // Journal of Crystal Growth. – 2005. – V. 275, № 1-2. – P. E775-E777.

4. Shendrik R., **Shalaev A. A.,** Myasnikova A. S., Bogdanov A., Kaneva E., Rusakov A., Vasilkovskyi A. Optical and structural properties of Eu^{2+} doped BaBrI and BaClI crystals // Journal of Luminescence. – 2017. – V. 192. – P. 653-660.

5. **Shalaev A. A.,** Shendrik R., Myasnikova A. S., Bogdanov A., Rusakov A., Vasilkovskyi A. Luminescence of BaBrI and SrBrI single crystals doped with Eu^{2+} // Optical Materials. – 2018. – V. 79. – P. 84-89.

6. Непомнящих А. И., **Шалаев А. А**., Сизова Т.Ю., Паклин А.С., Сапожников А.Н., Павлова Л.А. Температуры начала и кинетика кристаллизации кварцевого стекла // Кристаллография. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 314-319.

7. **Шалаев А.А.,** Русаков А.И., Шендрик Р.Ю., Субанаков А.К., Сокольникова Ю. В., Мясникова А.С. Выращивание щелочноземельных галоидных сцинтилляционных кристаллов и их оптические свойства // Физика твердого тела. – 2019. – V. 61, № 5. – P. 892-897.

8. **Шалаев А. А**., Шендрик Р. Ю., Русаков А. И., Сокольникова Ю. В., Мясникова А. С. Выращивание и исследование сцинтилляционных свойств кристаллов BaBrI, активированных ионами самария // Физика твердого тела. – 2019. – Т. 61, № 12. – С. 2396-2399.

9. Rupasov A., **Shalaev A**., Shendrik R. Growth of BaBrI crystals by the Czochralski method // Crystal Growth & Design. – 2020. – V. 20, № 4. – P. 2547-2552.

10. **Шалаев А.А.,** Непомнящих А. И., Паклин А. С., Шендрик Р. Ю., Гармышева Т. Ю. Синтез и оптические свойства кварцевых стекол легированных церием и титаном // Физика и химия стекла. – 2022. – Т. 48, № 5. – С. 520-526.

11. Garmysheva T., Nepomnyashchikh A. I., **Shalaev A.**, Kaneva E., Paklin A., Chernenko K., Kozlova A., Pankratov V., Shendrik R. Luminescence of ODC(II) in quartz and cristobalite glasses // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2022. – V. 575. – P. 121199.

12. Akilbekov A., Kenbayev D., Dauletbekova A., **Shalaev A.,** Akylbekova A., Aralbayeva G., Baimukhanov Z., Baizhumanov M., Elsts E., Popov A. I. The effect of 147 MeV 84Kr and 24.5 MeV 14N ions irradiation on the optical

absorption, luminescence, Raman spectra and surface of BaFBr crystals // Crystals. – 2024. – V. 14, № 6. – P. 480.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. д.ф.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории физико-химических свойств полупроводников Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН Мальчуковой Е.В. Замечаний нет.

2. д.х.н., главного научного сотрудника, заведующего отделом №2 Института космических технологий ФИЦ КНЦ СО РАН Павлова В.Ф. Замечание: на рис. 8а отсутствует расшифровка пиков рентгенограммы, кроме того, в конце страницы 24 приводится предложение «Рентгенограмма образца представлена на рис. 9а…». Не понятно о каком рисунке идет речь.

3. д.ф.-м.н, главного научного сотрудника лаборатории молекулярной спектроскопии Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН - обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН Втюрина А. Н. Замечания: 1. Рис. 8 был бы более информативным если, кроме экспериментальной рентгенограммы, привести там расчетные положения рефлексов; 2. На рис. 12б непонятно, что означает на оси абсцисс участок, где концентрация α-кварца больше 1.0. Там же непонятно, идет речь об интегральных интенсивностях полос люминесценции или интенсивностях в максимуме. Судя по приведенным спектрам, ширины у этих полос отличаются, так что и результаты сравнения будут отличаться.

4. д.ф.-м.н., главного научного сотрудника лаборатории интенсификации процессов теплообмена Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН Бердникова В.С. Высказано пожелание: в дальнейшей работе при анализе условий роста кристаллов необходимо обратить внимание на особенности сложного сопряженного радиационно-конвективного теплообмена в тепловых узлах установок в целом и, особенно в области фронта кристаллизации, где локальная термо-гидродинамика влияет на поля температуры (и на форму фронта кристаллизации) и концентрации легирующих примесей и на массообмен.

5. д.ф.-м.н., академика РАН, профессора, главного научного сотрудника Института металлургии имени академика Н.А. Ватолина УрО РАН Ремпеля А.А. Замечаний нет.

6. д.ф.-м.н., профессора, заведующего кафедрой общей и космической физики ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» Паперного В.Л. Замечание: автор подробно описывает преимущества монокристаллических люминофоров по сравнению с обычно используемыми поликристаллическим (аморфными) детекторами. Однако ему следовало отметить существенно более технологичные характеристики последних и указать возможность создания эффективных монокристаллических детекторов большой площади, в частности, так называемых изображающих пластин (“image plates”).

7. д.ф.-м.н., доцента, руководителя Иркутского филиала Института лазерной физики СО РАН Дресвянского В.П. и д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника Отдела лазерных и лучевых технологий Иркутского филиала Института лазерной физики СО РАН Мыртыновича Е.Ф. Замечаний нет.

8. д.ф.-м.н., профессора кафедры химии твердого тела и химического материаловедения ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» Кречетова А.Г. Замечание: широта номенклатуры объектов, изучаемых в работе столь велика, что наверняка есть еще вопросы, которые еще нужно прояснить. Поэтому хотелось бы видеть направления продолжения исследований по тематике работы, пусть уже учениками автора.

9. д.г.-м.н., профессора РАН, ведущего научного сотрудника лаборатории изотопно-аналитической геохимии Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН Реутского В.Н. Замечания: 1. В автореферате многократно упоминается метод «рентгенофазового анализа», сокращённо РФА. При этом имеется ввиду метод изучения структуры по рентгеновским дифрактограммам. Объективно, этот метод так и называется: «метод рентгеновской дифракции» (в англоязычной литературе X-ray

diffraction - XRD) и было бы правильным его так и называть. Аббревиатурой РФА, в частности в геохимии, принято называть метод рентгеновской флуоресценции (в англоязычной литературе X-ray fluorescence - XRF), который широко используется для изучения химического состава минералов и горных пород. Такие терминологические коллизии не улучшают восприятие результатов; 2. Для галоидов не указаны реально достигнутые концентрации допантов. Для стекла это сделано. Почему? 3. Было бы полезным проиллюстрировать различия поверхностей раскристаллизованных стёкол, полученных из альфа-кварца и кристобалита с помощью фото в скрещенных николях; 4. Какими будут свойства стекла (близкий порядок) если сильно и/или долго перегреть расплав? Можно ли избавиться от «структурной памяти» шихты? Как это повлияет на стойкость стекла к кристаллизации?

10. д.т.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории экологического приборостроения Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Тихомирова А.А. Замечание: на стр. 5 не расшифрованы аббревиатуры ДСК и ТГ.

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их глубокой компетенцией в научных областях, имеющих прямое отношение к теме диссертации. Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» признан одним из флагманов среди научно-образовательных центров по подготовке научных и инженерных кадров, в том числе в области физики конденсированного состояния. Квалификация сотрудников базовой кафедры физики твёрдого тела и нанотехнологий, Института инженерной физики и радиоэлектроники и кафедры фотоники и лазерных технологий позволяет провести всестороннюю экспертную оценку научной и прикладной значимости результатов, представленных в диссертационной работе. Официальный оппонент д.ф.-м.н.

Т.С. Шамирзаев – д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, чьи исследования сконцентрированы в области физики конденсированного состояния, физики полупроводников и оптических свойств гетероструктур. Автор более 120 научных публикаций, включая 1 монографию. Официальный оппонент д.т.н. А.Е. Кох является высококвалифицированным ученым в областях разработки высокоэффективных технологических решений выращивания кристаллов и экспериментальной апробации новых кристаллических материалов с уникальными свойствами. Официальный оппонент д.ф.-м.н., доцент С.В. Никифоров является высококвалифицированным специалистом в области люминесценции конденсированных сред и радиационной физики диэлектрических кристаллов, занимается проектированием и конструированием радиационных измерительных приборов, имеет более 70 научных публикаций, включая 60 статей в изданиях, индексируемых в системе Web of Science и Scopus.

Все оппоненты являются известными специалистами и авторитетными экспертами в области физики конденсированного состояния, что подтверждается значительным числом высокорейтинговых публикаций. Сфера их научных интересов соответствует теме диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработаны** новые экспериментальные методики выращивания перспективных кристаллов на основе щелочноземельных и галоидных элементов, а также способ получения модифицированных стекол на основе уникального по своим свойствам кварцевого сырья месторождения Бурал-Сардык; **предложен** оригинальный способ повышения эффективности люминесцентных свойств люминофора $BaFBr:Eu^{2+}$ через легирование ионами щелочных металлов и методика легирования исходного материала из кварцитов месторождения Бурал-Сардык позволяющая получать модифицированное стекло, отрезающее УФ-составляющую спектра поглощения, начиная от 230 нм, что позволяет использовать такое стекло для изготовления оболочек импульсных ламп

накачки оконечных каскадов мощных лазерных установок; **доказано,** что стекло, полученное из концентратов суперкварцита и кристобалита, различаются по своей структуре: стекла из кварцевых концентратов различных кристаллических модификаций наследуют структуру исходного материала. Такое различие стекол по своей структуре проявляется и в их свойствах, в частности, устойчивости к кристаллизации. Стекло, полученное из кристобалита, демонстрирует большую устойчивость к кристаллизации при термических испытаниях, по сравнению со стеклом, полученным из концентрата α-кварца. Этот факт может иметь важное значение при производстве изделий из кварцевого стекла и керамики предназначенных для эксплуатации в условиях высоких температур и больших скоростях нагрева; **введено** понятие структурно чувствительного маркера при анализе кварцевых стёкол, который характеризуется люминесценцией Ge-ODC (II) центров. Соотношение полос, соответствующих синглет-синглетным и синглет-триплетным переходам в спектре люминесценции Ge-ODC(II) центров меняется в зависимости от соотношения фазы α-кварца и фазы кристобалита в исходном материале для наплава кварцевого стекла.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказана** взаимосвязь между структурой кристаллов и стёкол и их оптическими и физическими характеристиками. Понимание этих закономерностей позволяет получить важные сведения для определения потенциальных направлений повышения эффективности и достижения заданных свойств функциональных материалов. **Применительно** к проблематике диссертации успешно **использован** комплекс современных методов физического материаловедения, включающий в себя экспериментальные установки, позволяющие выращивать кристаллы и исследовать их оптические свойства в диапазоне длин волн от вакуумного ультрафиолета до инфракрасной области в широком температурном диапазоне. В ходе исследований также использовались методы термического анализа, электронно-зондовой рентгеновской микроскопии,

рентгенофазового анализа, что позволило достоверно установить структурно-фазовые превращения. **Изучены** фазовые равновесия бинарных систем галогенидов, была получена фазовая диаграмма для системы $BaBr_2$-BaI_2, из которой следует, что компоненты $BaBr_2$ и BaI_2 образуют непрерывный ряд твёрдых растворов с неограниченной растворимостью как в жидком, так и в твёрдом состоянии; **изложены** условия выращивания гигроскопичных щелочноземельных галоидных кристаллов, имеющих важное научное и прикладное значение в качестве перспективных сцинтилляционных материалов с высоким световыходом. **Изучена** люминесценция Ge-ODC (II) центров в кварцевом стекле. Установлено, что различное соотношение полос синглетной и триплетной люминесценции Ge-ODC (II) центров зависит от типа кристаллической фазы SiO_2, из которой было получено кварцевое стекло.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработаны** физико-технологические основы получения эффективных кристаллических и аморфных функциональных материалов с прогнозируемыми свойствами; **определены** перспективы практического применения разработанных методов выращивания кристаллов и наплава кварцевого стекла как для лабораторных исследований, так и для их промышленного использования; **представлены** рекомендации и предложения по использованию результатов исследований в текущих инновационных проектах, что подтверждается справками и актами о внедрении результатов диссертационной работы в производственную деятельность Опытного участка ИГХ СО РАН и АО «Кварцевые материалы», а также справкой об использовании результатов диссертации в научной и учебной деятельности ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» по направлениям 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и 03.03.02 «Физика».

Оценка достоверности результатов исследования выявила: **для экспериментальных работ** использовалось современное и

сертифицированное оборудование Центров коллективного пользования ИГХ СО РАН, БИП СО РАН, ФИЦ ИРИХ СО РАН, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва; экспериментальные данные статистически обработаны; **теория** основана на фундаментальных принципах физики конденсированного состояния и согласованности полученных результатов исследований с ранее опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; **идея базируется** на анализе данных, практике и обобщении передового опыта в области выращивания кристаллов и получения кварцевого стекла; **использовано** сравнение авторских результатов с ранее полученными данными в области синтеза и исследования оптических свойств кристаллических и аморфных материалов; **установлено,** что результаты теоретических и экспериментальных исследований не противоречат данным, представленным в ведущих научных изданиях; **использованы** современные способы обработки информации, методики получения экспериментальных данных таких как передовые методы спектрального анализа оптических материалов, а также многоуровневый анализ структуры – от оптической микроскопии до электронно-зондовой рентгеновской микроскопии.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке задач, выборе экспериментальных и теоретических методов исследований, разработке методов подготовки исходной шихты, выполнении экспериментов по выращиванию кристаллов щелочноземельных галогенидов, проведение работ по получению кварцевого стекла и его легированию, изучению процессов его кристаллизации при проведении термических испытаний. Автором сформулированы защищаемые положения, актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертации. У автора нет конфликта интересов с другими коллегами, принимавшими участие в исследовании, отраженных в диссертации.

В процессе защиты диссертации критических замечаний не было высказано. Соискатель А.А. Шалаев ответил на задаваемые ему в ходе

заседания вопросы и предоставил достаточные аргументы в поддержку значимости проведенных исследований и полученных результатов.

На заседании 5 июня 2026 года диссертационный совет принял решение о присуждении Шалаеву Алексею Александровичу ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния за новые научно обоснованные технические и технологические решения, связанные с получением эффективных кристаллических и аморфных функциональных материалов с прогнозируемыми свойствами, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве _11_ человек, из них _10_ докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 11, против - 0.

Председатель
диссертационного совета Номоев Андрей Валерьевич

Ученый секретарь
диссертационного совета Зеленая Анна Эдуардовна

5 июня 2026 года