

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ФТИ 34.01.01

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

Российской академии наук

по диссертации

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19.10.2023 № 7

О присуждении Гусеву Григорию Андреевичу

Гражданину Российской Федерации,

ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Люминесцентные и структурные свойства тантало-ниобатов гадолиния, активированных Eu^{3+} и Tb^{3+} » по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 29 июня 2023 г., протокол № 5, диссертационным советом ФТИ 34.01.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук, расположенном по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул. д.26. Диссертационный совет утвержден приказом директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 75, прил. 1 от 12 июля 2019 г., приказами Директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе от № 15 от 19.01.2021 г. и № 13 от 21.01.2022 г. об изменении состава диссертационного совета ФТИ 34.01.01 и приказом Директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 160 от 21.12.2021 г. о внесении изменений в шифры специальностей диссертационных советов.

Соискатель Гусев Григорий Андреевич, дата рождения – 02.11.1993 г., в 2018 году с отличием окончил программу магистратуры по направлению подготовки 11.04.04 «электроника и наноэлектроника» в СПбПУ Петра Великого, в 2022 году успешно окончил аспирантуру в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе. Экзамены по специальности 1.3.8

– «физика конденсированного состояния» успешно сданы соискателем в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе в 2021 году. В настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории диффузии и дефектообразования в полупроводниках Федерального бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории диффузии и дефектообразования в полупроводниках Федерального бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Научный руководитель – Заморянская Мария Владимировна, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник – заведующий лаборатории диффузии и дефектообразования в полупроводниках Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Сидоров Николай Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», главный научный сотрудник, дал положительный отзыв на диссертацию, содержащий 3 замечания и вопроса.

2. Кулинкин Алексей Борисович, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории спектроскопии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, дал положительный отзыв на диссертацию, содержащий 4 замечания.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ Петра Великого) предоставила положительное заключение на диссертацию, содержащее 4 замечания. Заключение подготовлено доцентом кафедры физики СПбПУ Петра Великого, кандидатом физико-математических наук по специальности 01.04.07, Веневцевым Иваном Дмитриевичем, подписано

заведующим кафедрой физики СПбПУ Петра Великого доктором физико-математических наук по специальности 01.04.11, доцентом Апушинским Евгением Геннадиевичем, утверждено доктором технических наук, профессором, академиком РАН, ректором СПбПУ Петра Великого Рудским Андреем Ивановичем. В заключении указано, что содержание диссертации Гусева Г.А. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния», а соискатель Гусев Г.А. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что один из оппонентов имеет ученую степень доктора наук, другой имеет степень кандидата наук, работают в различных организациях, не имеют ограничений, накладываемых п. 3.7 действующего Положения о присуждении ученых степеней. Выбранные оппоненты являются известными специалистами и обладают высоким уровнем компетентности в научной области, в которой выполнена диссертационная работа, что подтверждается их публикациями в рецензируемых научных журналах.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что СПбПУ Петра Великого ведет активные исследования в различных областях физики конденсированного состояния, в частности в области изучения свойств и применения материалов с редкоземельными ионами. Отзыв составлен к.ф.м.н. Веневцевым Иваном Дмитриевичем, специалистом в области спектроскопии керамики и монокристаллов, и подписан д.ф.м.н. Апушинским Евгением Геннадиевичем, заведующим кафедрой экспериментальной физики, специалистом в области радиофизики и магнитных явлений. В СПбПУ Петра Великого действует диссертационный совет У.01.04.07 по специальности 1.3.8. – “физика конденсированного состояния”.

Основное содержание диссертации представлено в 10 научных статьях, опубликованных в журналах, индексируемых в международной системе цитирования Web of Science:

1. E.V. Ivanova, V.A. Kravets, K.N. Orekhova, G.A. Gusev, T.B. Popova, M.A. Yagovkina, O.G. Bogdanova, B.E. Burakov, M.V. Zamoryanskaya. Properties of Eu³⁺-doped zirconia ceramics synthesized under spherical shock waves and

vacuum annealing // J. Alloys Compd. – 2019. – Vol. 808. – P. 151778. – DOI:10.1016/j.jallcom.2019.151778

2. E.V. Ivanova, S.M. Masloboeva, V.A. Kravets, K.N. Orekhova, G.A. Gusev, A.N. Trofimov, O.B. Scherbina, M.A. Yagovkina, A.A. Averin, M.V. Zamoryanskaya. Synthesis and luminescent properties of gadolinium tantalum niobates $Gd(Nb_xTa_{1-x})O_4$ // Opt. Spectrosc. – 2019. – Vol. 127. – № 6. – P. 1011. – DOI:10.1134/S0030400X19120348

3. G.A. Gusev, K.N. Orekhova, V.A. Kravets, A.I. Isakov, A.N. Trofimov, M.V. Zamoryanskaya. Kinetic properties of YAG:Eu³⁺ emission upon electron beam excitation // J. Lumin. – 2020. – Vol. 222. – P. 117084. – DOI:10.1016/j.jlumin.2020.117084

4. G.A. Gusev, S.M. Masloboeva, M.V. Zamoryanskaya. The study of gadolinium tantalum niobate ($Gd(Nb_xTa_{1-x})O_4$) by local cathodoluminescence technique // J. Phys.: Conf. Ser. – 2020. – Vol. 1697. – №. 1. – P. 012154. – DOI:10.1088/1742-6596/1697/1/012154

5. Г.А. Гусев, С.М. Маслобоева, В.А. Кравец, М.А. Яговкина. Получение и исследование ниобатов-танталатов гадолиния, активированных ионами европия // Неорг. Матер. – 2021. – Т. 57. – №. 4. – С. 404. – DOI:10.31857/S0002337X21040060

6. M.V. Zamoryanskaya, K.N. Orekhova, E.V. Dementeva, V.A. Kravets, G.A. Gusev. Excitation capture efficiency of rare-earth ions emission levels upon electron-beam irradiation // J. Lumin. – 2021. – Vol. 239. – P. 118350. – DOI:10.1016/j.jlumin.2021.118350

7. Г.А. Гусев, С.М. Маслобоева, М.А. Яговкина, М.В. Заморянская. Синтез и исследование люминесцентных свойств тантало-ниобата гадолиния, активированного тербием // Оптика спектроск. – 2022. – Т. 130. – №. 2. – С. 294. – DOI:10.21883/OS.2022.02.51998.2759-21

8. А.А. Шакирова, Г.А. Гусев, Е.В. Дементьева, А.А. Аверин, Т.Б. Попова, М.В. Заморянская. Сенсibilизация ионов европия (Eu³⁺) тербием (Tb³⁺) в керамике на основе кубического диоксида циркония, стабилизированного иттрием // Оптика спектроск. – 2022. – Т. 130. – №. 10. – С. 1578. – DOI:10.21883/OS.2022.10.53629.3655-22

9. G.A. Gusev, S.M. Masloboeva, T.B. Popova, M.A. Yagovkina, M.V. Zamoryanskaya, Influence of gadolinium tantalum niobates doped with Eu^{3+} ions structural properties on luminescence spectrum features // J. Lumin. – 2022. – Vol. 252. – P. 119281. – DOI:10.1016/j.jlumin.2022.119281

10. М.В. Заморянская, К.Н. Орехова, Г.А. Гусев, С.М. Маслобоева, А.А. Шакирова, Е.В. Дементьева, Б.Е. Бураков. Керамические радиационно стойкие сцинтилляторы для регистрации высокоэнергетического излучения // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: технические науки. – 2023. – Т. 14. – №. 1. – С. 52. – DOI:10.37614/2949-1215.2023.14.1.009.

На автореферат поступило 5 отзывов.

1. Отзыв кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника сектора колебательной спектроскопии и структурных исследований лаборатории материалов электронной техники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН Тепляковой Натальи Александровны, положительный, замечаний и вопросов не содержит.

2. Отзыв доктора физико-математических наук, профессора кафедры Экспериментальной физики Уральского федерального университета Пустоварова Владимира Алексеевича положительный, содержит 3 замечания:

- К сожалению, в автореферате не приводится значение энергии межзонных переходов E_g для исследуемых материалов, что затрудняет интерпретацию представленных спектров возбуждения ФЛ.

- Непонятна роль ионов Gd^{3+} в процессах передачи энергии в танталатах гадолиния, стр. 16 автореферата.

- Для керамики, легированной ионами Eu^{3+} , при катодном возбуждении наблюдается набор излучательных переходов из верхних возбужденных состояний иона Eu^{3+} , в то же время они не наблюдаются при фотовозбуждении. В чем причина? Варианты могут быть разные.

3. Отзыв доктора физико-математических наук, специалиста РЦ «Оптические и лазерные методы исследования вещества» Санкт-Петербургского государственного университета Колесникова Ильи Евгеньевича положительный, содержит 2 замечания:

- На приведенных на рисунке 2 КЛ спектрах образцов GdNb_{1-x}Ta_{1-x}O₄ помимо широкой полосы собственной люминесценции матрицы также наблюдаются характеристические полосы ионов европия. Никакого объяснения наличия данных полос ионов Eu³⁺ в автореферате не представлено.

- Из автореферата непонятно, использовалась ли для подтверждения обратной передачи энергии от ионов Eu³⁺ к ионам Tb³⁺ люминесценция с временным разрешением или наличие процесса обратной передачи энергии было обнаружено только с помощью спектров возбуждения люминесценции.

4. Отзыв доктора технических наук, главного научного сотрудника лаборатории материалов электронной техники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН Палатникова Михаила Николаевича положительный, содержит 1 вопрос:

- Каковы характерные размеры ОКР для исследуемых образцов из раздела 4.4 и есть ли корреляция между этими размерами и компонентой времени затухания, которая связана с увеличением безызлучательной рекомбинацией люминесценции, локализованных вблизи протяженных дефектов и границ зерен?

5. Отзыв кандидата технических наук, профессора Физико-технологического института Уральского федерального университета Зацепина Анатолия Федоровича, положительный, замечаний и вопросов не содержит.

Диссертационный совет отмечает, что в рамках выполненных соискателем работ по оптимизации схемы получения тантало-ниобатов гадолиния методом соосаждения с последующей прокалкой, исследованию элементного и фазового составов полученных соединений и изучению кинетики, эффективности и спектров катодо- и фотолюминесценции полученных соединений были получены следующие основные результаты:

1. Синтезированы оптимизированным методом соосаждения с последующей прокалкой порошки тантало-ниобатов гадолиния, активированных РЗИ (Eu³⁺, Tb³⁺ и Eu³⁺+Tb³⁺), и получена керамика на их основе, а также изучены их структурные свойства.

2. В результате изучения фото- и катодолюминесцентных свойств тантало-ниобатов гадолиния, активированных РЗИ получены зависимости интенсивности люминесценции и времен затухания излучательных переходов активатора от содержания активатора и соотношения Nb/Ta в образце. Показана зависимость штарковского расщепления излучательных полос Eu^{3+} от структурных параметров материала. Подтверждено влияние границ кристаллитов, составляющих керамику, на времена затухания полос излучения РЗИ.
3. Впервые определены эффективности захвата возбуждения излучательных уровней Eu^{3+} и Tb^{3+} в тантало-ниобатах гадолиния. На основе исследования спектров возбуждения для этих материалов предложены схемы передачи энергии в них. В том числе, впервые исследован процесс передачи энергии возбуждения к европию и тербию, а также взаимодействие между этими ионами в $(\text{Gd}_{1-x-z}\text{Eu}_x\text{Tb}_z)\text{Nb}_y\text{Ta}_{1-y}\text{O}_4$

Все научные результаты являются новыми и имеют фундаментальную и практическую значимость для разработки сцинтилляторов и люминофоров для гамма и рентгеновского спектральных диапазонов, что востребовано в промышленности, медицине и других областях..

Полученные результаты позволили соискателю сформулировать и защитить следующие положения:

1. Величина штарковского расщепления уровней Eu^{3+} в ряду от ниобата к танталату гадолиния в твердых растворах $(\text{Gd}_{0.94}\text{Eu}_{0.06})\text{Nb}_y\text{Ta}_{1-y}\text{O}_4$ возрастает. Это связано с уменьшением объема элементарной ячейки, которое приводит к увеличению локального поля, действующего на ионы Eu^{3+} .
2. Эффективность захвата возбуждения уровня $^5\text{D}_0$ Eu^{3+} в танталате гадолиния выше, чем в твердых растворах, содержащих ниобий. Это связано с тем, что каналы возбуждения уровня $^5\text{D}_0$ в этих материалах различны. В танталатах гадолиния существенную роль играют возбужденные уровни энергии, относящиеся к Gd^{3+} .
3. В тантало-ниобатах гадолиния, активированных Eu^{3+} и Tb^{3+} , независимо от соотношения Nb/Ta, наблюдается как передача энергии от ионов Tb^{3+} к ионам Eu^{3+} , так и обратный процесс – передача энергии от ионов Eu^{3+} к ионам Tb^{3+} .

Достоверность представленных в диссертации результатов и обоснованность положений основываются на применении современных методик исследований, последовательном переходе от синтеза материалов к их структурной характеристике и исследованию физических свойств, хорошем согласии между экспериментальными данными и предложенными моделями, а также на соответствии выводов и заключений, сделанных в работе, с современными представлениями в данной области физики конденсированного состояния.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на семинарах лаборатории диффузии и дефектообразования в полупроводниках ФТИ им. А.Ф. Иоффе, а также на следующих российских и международных конференциях:

- 1) 8th International Symposium on Optical Materials (IS-OM8) 2019, Poland, Wroclaw, June 9-14 2019;
- 2) Международная конференция Физика.СПб, Санкт-Петербург, 22-24 октября 2019 г.;
- 3) XLVIII «Неделя науки СПбПУ», Санкт-Петербург, 18-23 ноября 2019 г.;
- 4) Международная конференция Физика.СПб, Санкт-Петербург, 19-23 октября 2020 г.;
- 5) «Неделя науки ИФНиТ 2020», Санкт-Петербург, 16-20 ноября 2020 г.;
- 6) Международная конференция Физика.СПб, Санкт-Петербург, 18-22 октября 2021 г.;
- 7) Объединённая конференция «Электронно-лучевые технологии и рентгеновская оптика в микроэлектронике» (КЭЛТ 2021), Черногоровка, 13-17 сентября 2021 г.;
- 8) Научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РедМет-2021), Москва, 9-10 декабря 2021 г.;

9) XVIII Международный Феофиловский симпозиум по спектроскопии кристаллов, активированных ионами редкоземельных и переходных металлов (IFS-2022), Москва, 22-27 августа 2022 г.;

10) IV Всероссийская научная конференция с международным участием «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов», Апатиты, 17-21 апреля 2023 г.

Результаты были получены в том числе в рамках реализации двух грантов РФФИ (мол_нр №19-33-50149 и Аспиранты №20-32-90088) и гранта «УМНИК» 2019.

Кроме того, результаты работы были неоднократно отмечены грантами Комитета по науке и высшей школе правительства Санкт-Петербурга, такими как: Грант для студентов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга 2019, 2020 и 2022 гг.; Субсидия физическим лицам в возрасте до 35 лет, являющимся молодыми учеными (за исключением студентов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга), молодыми кандидатами наук вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга 2022 г. Также диссертант являлся лауреатом стипендии правительства РФ (по приоритетным направлениям) 2020-2021 гг.

Выбор и постановка задач, получение представленных в диссертации экспериментальных результатов, моделирование процессов осуществлены непосредственно автором или при его определяющем участии, что отмечено в тексте автореферата.

Диссертация Гусева Г.А. является законченным научным исследованием, вносящим существенный вклад в развитие таких актуальных направлений современной физики как спектроскопия редкоземельных ионов, развитие методов получения и исследование люминесцентных материалов с высокой механической, радиационной, химической стойкостью.

На заседании 19 октября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Гусеву Г.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 12 докторов наук по специальности 1.3.8 - «физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя

диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

Соколов Игорь Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета

PhD

Калашникова Александра Михайловна

19 октября 2023 г.