

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.383.03, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 01.02.2022 г. № 52

О присуждении Зелениной Елене Владимировне, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка твердотельных радиолюминесцентных источников света повышенной яркости» по специальности 1.4.15. Химия твердого тела принята к защите 23 ноября 2021 г. (протокол заседания № 50) диссертационным советом 24.2.383.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (190013, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 935/нк от 17 августа 2015 г.

Соискатель Зеленина Елена Владимировна, 1981 года рождения.

В 2004 году соискатель закончил обучение по программе специалитета в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. В 2021 году Зеленина Е.В. окончила заочную аспирантуру в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», в настоящее время работает в должности ведущего специалиста в АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина».

Диссертация выполнена на кафедре теоретических основ материаловедения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Сычев Максим Максимович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», заведующий кафедрой теоретических основ материаловедения.

Официальные оппоненты:

Патрушева Тамара Николаевна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», профессор кафедры «Экология и производственная безопасность»;

Тверьянович Юрий Stanisлавович, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», заведующий кафедрой лазерной химии и лазерного материаловедения,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, принятом на заседании высшей школы физики и технологии материалов (протокол № 3 от 16 декабря 2021 г), подписанном Клинковым Виктором Артемовичем к.ф.-м.н., зав. лабораторией, Толочко Олегом Викторовичем, доктором технических наук, профессором высшей школы физики и технологии материалов, Семенчей Александром Вячеславовичем, кандидатом химических наук, директором высшей школы физики и технологии материалов, утвержденном и.о. проректора по научно-организационной деятельности ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Ключковым Юрием Сергеевичем

указала, что рассматриваемая диссертация может быть оценена только положительно. По мнению ведущей организации, по актуальности, новизне, практической значимости и уровню проведенных исследований работа соответствует требованиям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изм. от 26.05.2020. ред. от 11.09.2021), а её автор, Зеленина Елена Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела. Результаты работы Е. В. Зелениной могут быть рекомендованы для использования в научных организациях и лабораториях: АО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина», ФГУП «ПО Маяк», ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе» Российской академии наук, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», АО «НПО Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова», АО «РНЦ «Прикладная химия (ГИПХ)», Ставропольский завод химических реактивов и люминофоров, ООО НПФ «ЛЮМ», и ряд других, занимающихся разработкой новых люминесцентных материалов и устройств на их основе.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 5 статей в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных (*Web of Science, Scopus, Springer*) и входящих в перечень рецензируемых журналов по списку ВАК РФ, 20 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях. Автору принадлежит ведущая роль в выборе направления исследования, разработке планов экспериментов и непосредственного их проведения; анализе и обобщении полученных результатов, подготовке текстов публикаций. Основная часть исследований проведена лично автором, остальная – при его непосредственном участии.

Опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертационного исследования, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы автора по теме диссертации:

1. Зеленина, Е. В. Перспективы создания твердотельных радиoluminesцентных источников света на основе трития / Е. В. Зеленина, М. М. Сычев, А. И. Костылев, К. А. Огурцов // Радиохимия. – 2019 – Т. 61, №1 – Р. 51 – 55.

2. Ульянова, Н.Ю. Имобилизация ионов Eu^{3+} в цеолитных матрицах с целью разработки твердотельных радиолуминесцентных источников света / Н.Ю. Ульянова, Е. В. Зеленина, В.Л. Уголков, О.Ю. Голубева // Физика и химия стекла. – 2019 – Т.45, № 6 – С. 536 – 547.
3. Zelenina, E. V. A modified sol–gel technique of phosphor screens preparation for tritium solid-state radioluminescent light sources (SRLS) / E. V. Zelenina, V. V. Bakhmetyev, E. A. Pechertseva, M. M. Sychoy // J. Sol-Gel Sci. Technol.–2019. – V. 92, №.2. – P. 467 – 473.
4. Zelenina E. Materials for tritium solid-state radioluminescent light sources (SRLS). Modified technique of phosphor screens manufacturing / E. Zelenina, E. Pechertseva // book of abstracts of international conference EURODISPLAY 2019 – Minsk, Belarus, 06-20 September 2019. – p. 65.
5. Зеленина, Е. В. Синтез цинксulfидных люминофоров для твердотельных радиолуминесцентных источников света с использованием электронно-лучевого модифицирования / Е. В. Зеленина, М. А. Швиндин, В. В. Бахметьев, М. М. Сычев// Сб. науч. трудов Международного Семинара «Нанопизика и Наноматериалы» 25 - 26 ноября 2020 г. – Санкт-Петербург: РИЦ Санкт-Петербургского горного университета, 2020. – С. 146-152.
6. Зеленина, Е. В. Изучение влияния условий синтеза на рабочие характеристики цинксulfидных люминофоров для радиолуминесцентных источников света / Е.В. Зеленина, М.А. Швиндин, В.В. Бахметьев // Сб. тр. XIV межд. конф. «Прикладная оптика-2020», 15-18 декабря 2020 г. – Т. 1. – Санкт-Петербург: Оптическое общество им. Д.С. Рождественского, 2020. – С. 59-62.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Попова Евгения Олеговича, доктора физико-математических наук, доцента, старшего научного сотрудника циклотронной лаборатории Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе» Российской академии наук.
2. Каштанова Александра Дмитриевича, доктора технических наук, заместителя генерального директора по научной работе «Центрального научно-исследовательского института конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

3. Юдина Игорь Викторович, доктора химических наук, заведующего кафедрой радиационной технологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)».

4. Блинова Ильи Андреевича, кандидата технических наук, начальника лаборатории 703 АО «Российский научный центр «Прикладная химия (ГИПХ)».

5. Ложкомоева Александра Сергеевича, доктора технических наук, заведующего лабораторией нанобиоинженерии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН).

6. Голубевой Ольги Юрьевны, доктора химических наук, ведущего научного сотрудника ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН.

7. Минаковой Тамары Сергеевны, кандидата химических наук, доцента, профессора кафедры физической и коллоидной химии ФГБАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский университет».

8. Сыркова Андрея Гордиановича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

9. Воробьева Виктора Андреевича, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника, директора ООО НПО «Люм».

10. Волковой Татьяны Сергеевны, кандидата химических наук, начальника ЦЗЛ ФГУП «Производственное объединение «Маяк»

Все отзывы положительные.

В отзывах указывается, что диссертационная работа выполнена по актуальной тематике, обладает научной новизной и практической значимостью, в автореферате полностью отражена суть исследования; в работе осуществлены синтез и исследование сложных систем, проведен глубокий научный анализ полученных результатов, предложены и обоснованы новые технические решения, автор работы заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

В отзывах содержатся следующие замечания критического характера:

- 1) Чем обусловлен выбор столь широкого концентрационного диапазона концентраций активатора для изготавливаемых люминофоров?
- 2) Является ли достаточным выбор среднеэнергетического ускорителя электронов для равномерного облучения шихты по толщине?
- 3) Насколько устойчивыми являются разработанные люминофорные экраны к внешним воздействиям?
- 4) Насколько, по мнению автора, уместна разработка высокоёмких цеолитовых матриц для трития, если в конструкции декларируется неувеличение активности изотопа?
- 5) В технологии люминофорных экранов происходит обволакивание зерен люминофора связующей суспензией. Известно ли, насколько это снижает яркостные показатели по сравнению с прямым контактом люминофора с тритиевым источником?
- 6) Чем обусловлен выбор энергии ускоренных электронов при модифицировании люминофоров? Насколько может быть эффективно воздействие электронов с другими (более высокими или низкими) энергиями?
- 7) Корректное обсуждение данных, приведенных на рис. 3 весьма затруднительно без сведений о погрешностях, с которыми они получены.
- 8) Сведения, приведенные на рисунках 14 и 18, полезно было бы представить в варианте с логарифмической временной шкалой.
- 9) В чем автор видит подтверждение предположению о интенсификации диффузии и перераспределения активирующих примесей при электронно-лучевом модифицировании синтезированных люминофоров?
- 10) Было ли проведено исследование временной стабильности структурно-фазовых изменений после модифицирования готового радиолюминофора? Не падают ли повышенные яркостные показатели со временем?
- 11) Указание погрешностей на рис. 3 могло позволить сделать заключение о линейном или волнообразном изменении содержания ZnO в зависимости от увеличения содержания активатора.
- 12) Стоило указать количественные значения текстурных характеристик матриц-носителей.
- 13) Проводилась ли оценка адгезии люминофорного покрытия к подложке?

14) из автореферата неясно, каким образом, предлагается совмещать разработанные цеолитовые матрицы с люминофором в конструкции ТРИС.

15) При создании люминоформных экранов обволакивание зерен люминофора связующим может приводить к падению яркостных характеристик.

16) Основным материалом, используемым для приготовления шихты, в экспериментах по получению образцов люминофоров являлся сульфид цинка, по всей видимости, товарный (т.е. автор не синтезировал его в рамках данной работы). В тексте автореферата отсутствуют его характеристики (производитель, примесный и фазовый состав). Также весьма интересным было бы проведение оценки изменения фазового состава данного реактива при его электронно-лучевом модифицировании (т.е. до активации медью).

17) В тексте автореферата отсутствует информация о коагулянте, используемом при изготовлении люминофорных экранов, способе формирования люминофорного покрытия, что затрудняет интерпретацию полученных результатов.

18) При сравнении характеристик опытных ТРИС и газонаполненных РИС выпускаемых ФГУП «ПО «Маяк» целесообразно привести ссылку на источник данных (таблица 3 автореферата). В ссылке, указанной в тексте диссертации, информация, указанная в таблице 3 отсутствует. Принципиально ФГУП «ПО «Маяк» выпускает изделия, сопоставимые с опытными образцами ТРИС по значению активности и объему источника. Учитывая, что яркость и эффективность люминесценции при этом сохраняются, то опытные образцы ТРИС, полученные автором, не имеют превосходства перед газонаполненными РИС по габаритам и эффективности (при этом не ставится под сомнение большая безопасность ТРИС, а полученный автором, безусловно, значим с практической точки зрения). Кроме того, не вполне корректно проводить сравнение устройств, в которых используются люминофоры разных производителей (в случае газонаполненных РИС применяется традиционный сульфид цинка марки ФК-1063 производства ЗАО НПФ «Люминофор», г. Ставрополь, а в случае опытных образцов ТРИС автором использован промышленный цинксульфидный катодолюминофор марки P31-G1A производства Kassei Optonics, Япония). Указанные люминофоры обладают разным фазовым составом (имеется в виду соотношение фаз вюрцит-сфалерит), а, как выяснил автор, это является определяющим в характеристиках люминесценции (в

частности, яркости свечения под действием бета-частиц трития). По крайней мере, нужно приводить в тексте столь существенные отличия сравниваемых образцов РИС. Кроме того, не ясно по какой причине автор не использовал разработанный в рамках диссертационной работы люминофор – сульфид цинка усовершенствованного фазового состава с повышенной яркостью люминесценции?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика синтеза ZnS:Cu,Br радиолюминофоров с высокой стабильностью и яркостью;

установлены корреляции фазового состава ZnS:Cu,Br радиолюминофоров с их спектральными и яркостными характеристиками;

впервые исследованы кислотно-основные свойства поверхности ZnS:Cu,Br радиолюминофоров в зависимости от состава и условий синтеза;

показано, что использование синтетического цеолита Beta для иммобилизации трития в форме сверхтяжелой воды ($^3\text{H}_2\text{O}$) позволяет повысить компактность твердотельных радиолюминесцентных источников света (ТРИС);

новые понятия, термины, измененные трактовки старых понятий не введены.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

показано, что электронно-лучевая обработка шихты и готовых ZnS:Cu,Br люминофоров способствует увеличению доли вюрцитной фазы в них, трансформации «синих» центров люминесценции в «зеленые» и возрастанию яркости радиолюминесценции;

изложены и обсуждены закономерности изменения кислотно-основных свойств поверхности ZnS радиолюминофоров при электронно-лучевом модифицировании;

предложена схема строения активных центров поверхности ZnS:Cu,Br радиолюминофоров;

применительно к проблематике диссертации результативно, с получением обладающих новизной результатов использован новый подход к разработке радиолуминофоров для твердотельных радиолюминесцентных источников света, основанный на использовании электронно-лучевого модифицирования шихты и готовых люминофоров;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

установлено повышение яркости радиолюминесценции на 15-20% вследствие модифицирования шихты и на 80% при повторном модифицировании готового люминофора;

установлено более прочное связывание трития в структуре цеолита Beta PDD, что способствует надежной фиксации изотопа в составе ТРИС;

разработана методика на основе золь-гель процесса для изготовления люминофорных экранов для ТРИС с оптимальной поверхностной плотностью;

разработана и реализована конструкция ТРИС;

изготовлены и испытаны экспериментальные образцы ТРИС с меньшей включенной активностью и габаритами по сравнению с аналогами;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов исследования обеспечена применением современных аналитических методов контроля полученных образцов, воспроизводимостью полученных результатов и их непротиворечивостью с данными из литературных источников;

теория основана на достоверных и проверяемых данных и в целом соответствует современным представлениям о путях синтеза твердых веществ, отраженных в научной литературе по теме диссертации;

идея базируется на критическом анализе отечественных и зарубежных литературных данных по синтезу и свойствам цинкосульфидных люминофоров, а также по конструированию радиолюминесцентных источников света;

использованы известные подходы и соответствующие решаемым задачам методы обработки и теоретического анализа экспериментальных результатов;

установлено качественное и количественное соответствие авторских результатов с результатами по аналогам материалов, представленным в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и анализа исходной информации, методы анализа и стандартизованные методики;

Личный вклад соискателя заключается в выборе и формулировке темы диссертации, непосредственном участии в планировании, постановке цели, задач и разработке методологии исследования. Основная синтетическая и аналитическая часть исследований проведена лично автором. Участие коллег автора в исследованиях, приведенных в данной диссертации, отражено в виде их соавторства в опубликованных статьях. Вклад автора является основным на всех этапах работы. Результаты, выносимые на защиту и составляющие научную новизну работы, получены автором диссертации лично.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Не могли бы Вы нам напомнить период полураспада трития и особенности его распада. Правильно ли, что время жизни тритиевых источников света во многом определяется временем полураспада?

2. Поясните, пожалуйста, рисунок 6. Яркость радиолюминесценции измерялась под воздействием бета?

3. Вопрос по поводу индикаторного метода измерения характеристик поверхности. Какая удельная поверхность образцов, которые Вы использовали при проведении эксперимента? Вы измеряете константы, и это всё вопросы адсорбции, которые связаны с поверхностью образцов. Какой примерно размер частиц? Хватало ли чувствительности метода?

4. Связь между поверхностными центрами и объемной структурой. Поверхностные центры очень подвержены внешней среде и могут быть легко изменены при воздействии, и в этом случае насколько сопоставимы корреляции?

5. Если все процессы, о которых вы сказали, происходят в основном на поверхности, есть ли корреляция между яркостью и размером частиц? Вы не стремились изменить размер, чтобы повысить эффективность?

6. Покажите пожалуйста двадцатый слайд. Эффективность люмен на Ватт – поясните, какой это Ватт?

7. Можно ли было использовать какой-либо промышленный люминофор, а не синтезировать свой?

8. Вы проводили электронно-лучевую обработку для промышленных люминофоров?

9. Происходил ли разогрев люминофоров при электронно-лучевой обработке? Вы мерили температуру?

10. На каком оборудовании вы производили синтез люминофоров состава ZnS:Cu,Br ?

11. Что представляет люминофор с точки зрения кристаллического строения? Это твердый раствор меди в сульфиде цинка? Бром тоже входит в этот раствор?

12. Как вы создавали азотную среду?

13. Указано, что независимо от атмосферы отжига образовывались значительное количество ZnO . В воздушной атмосфере я понимаю, но откуда в азотной атмосфере столько кислорода, чтобы происходило образование оксида цинка?

14. Что Вы понимаете под структурными дефектами? Как вы находили корреляцию между структурными дефектами и данными о состоянии поверхности?

15. У Вас синтезирован хороший люминофор с хорошими показателями. Почему Вы его не запатентовали?

16. За счет чего вы добивались равномерности покрытия и точности распределения по поверхности?

17. И бром, и медь в составе люминофора влияют на яркость? Вы обнаружили замечательную зависимость от содержания меди. А, что насчет содержания брома? Как это влияет?

18. Вы использовали отжиг для некоторых серий и показали, что без отжига яркость выше. А зачем вообще вы испытывали отжиг?

Соискатель Зеленина Е. В. согласилась с частью замечаний, подробно и аргументированно ответила на задаваемые ей вопросы.

1. Период полураспада трития составляет 12,3 года, это мягкий чистый бета-распадчик, распадающийся до стабильного изотопа гелий-3. Да, в основном для

твердотельных источников, как света, так и энергии время жизни без падения рабочих характеристики принимается как половина времени полураспада, то есть для тритиевых источников составляет 5-6 лет.

2. Яркость определялась на радиометре, его параметры представлены. Возбуждение осуществлялось на твердотельном тритиевом источнике активностью 0,4 кюри.

3. Да, связаны. Размер частиц составлял около трех микрометров. Чувствительность метода составляет 0,5 %.

4. На самом деле для нас то, что происходит в объеме люминофора не имеет большого практического значения, так как радиолюминесценция является поверхностным процессом по донорно-акцепторному механизму, поэтому для нас важны процессы и изменения, происходящие именно на поверхности. Естественно поверхностные изменения происходят в том числе и за счет изменений происходящих в объеме, поскольку происходит перераспределение активирующих примесей между объемом и поверхностью.

5. Образцы, показавшие максимальную яркость, с концентрацией активатора 0,03 % масс. в шихте имели размер 1 - 3 мкм. Эффективность радиолюминесценции повышалась за счет электронно-лучевой обработки, которая способствовала уменьшению размера частиц. В литературе есть данные о зависимости яркости от размера частиц, но я не припомню, чтобы там приводились ещё какие-то параметры.

6. Эффективность люминесценции рассчитывалась как светоотдача. Мощность излучения на 1 Кюри активности трития связанного в титановой матрице составляет 34 мкВт. Это рассчитанная величина.

7. В начале исследования мы довольно долго занимались изучением промышленных люминофоров перед тем, как начали синтезировать свои. В рамках упомянутого конкурса Госкорпорации «Росатом» была проведена закупка промышленных люминофоров у основного Российского производителя – НПО «Люминофор», г. Ставрополь. И сравнение яркости радиолюминесценции при возбуждении в идентичных условиях показали, что яркость нашего люминофора выше яркости самого яркого промышленного люминофора, ФК-1063 используемого для производства газовых РИС на ПО «Маяк», на 20%.

8. Электронно-лучевую обработку для промышленных люминофоров мы не проводили.

9. Нет, не происходило. Я температуру не измеряла, я их в руках держала сразу после ускорителя.

10. Синтез проводился в корундовых тиглях в восстановительной атмосфере под слоем активированного угля в муфельной печи.

11. Кристаллы или поликристаллический порошок. Бром используется в качестве плавня, но также играет роль соактиватора, как и другие галогены, как, например, хлор, и соответственно он тоже входит в состав.

12. Это была герметичная печь, к которой подключался баллон с азотом, и таким образом создавалась азотная атмосфера в печи.

13. Нами был использован не очень качественный покупной азот либо в силу того, что когда люминофор после синтеза в азоте оставляли остывать, а остывал он вместе с печью, то подачу азота отключали и вероятно это вызвало образование оксида цинка при остывании.

14. Вакансии, междоузельные ионы и иные изменения кристаллической структуры, как примесные, включая активатор и соактиватор, так и собственные дефекты структуры. Сложно разделить при анализе какие дефекты являются примесными, а какие собственные. Мы определяли количество активных центров на поверхности и сопоставляли их с содержанием вюрцитной фазы. Как говорилось в докладе, в ранних исследованиях моих коллег была показана связь между вакансиями цинка и серы с содержанием определенных структурных центров. В частности, льюисовские основания с $pK_a -4,4$ связаны с содержанием вакансий цинка, а бренстедовские основания с $pK_a 14,2$ связаны с содержанием на поверхности вакансий серы. Индикаторным методом можно определить только то, что на поверхности. О том, что происходит в объеме, можно судить только опосредованно.

15. Поскольку прототипы твердотельных радиолюминесцентных источников разрабатывались в рамках конкурса по договору с ГК «Росатом», вся интеллектуальная собственность по договору принадлежит заказчику. Мы отправили уведомление о получении в ходе работы результата интеллектуальной деятельности, и далее заказчик должен был принять решение о форме патентования и дать добро на

подачу заявки. Но по какой-то причине этого не произошло, поэтому мы можем только публиковаться и у нас есть только акты испытаний.

16. Это толщина экрана, которая замерялась на нашем электронном микроскопе и составила 18 – 25 мкм. Поверхностная плотность это расчетная величина. Толщина экрана регулировалась массой навески люминофора в суспензии, а равномерность обеспечивалась за счет равномерного распределения частиц люминофора во взвеси. Для придания равномерности распределения люминофора по объему применяли ультразвуковую обработку. Экран осаждался на поверхности подложки из суспензии и для расчета поверхностной плотности мы, разумеется, определяли разность масс подложки до и после нанесения экрана.

17. Да, они участвуют в формировании центров зеленой люминесценции. Брома везде, во всех синтезированных сериях, входило равное количество, поскольку он участвует как пламень, его нельзя добавлять меньше или больше по технологии.

18. Потому что ранее исследовались люминофоры для фото и электролюминесценции и для них отжиг после синтеза улучшал яркостные показатели. Мы исследовали, как отжиг повлияет на радиолюминесценцию и выяснилось, что влияет отрицательно.

Диссертация Зелениной Елены Владимировны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленных п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с последующими изменениями), в которой предложены новые научно обоснованные подходы к процессу синтеза радиолюминофоров повышенной яркости с применением электронно-лучевого модифицирования; оптимизирован процесс нанесения люминофорных экранов заданной толщины; изготовлены опытные образцы твердотельных радиолюминесцентных источников света с эффективностью на уровне промышленных газонаполненных РИС, но существенно меньшими габаритами.

Результаты диссертационного исследования соответствуют паспорту специальности 1.4.15. Химия твердого тела, а именно: п.1 - Разработка и создание методов синтеза твердофазных соединений и материалов; п. 7 - Установление закономерностей «состав – структура – свойство» для твердофазных соединений и материалов; п. 8 - Изучение влияния условий синтеза, химического и фазового

состава, а также температуры, давления, облучения и других внешних воздействий на химические и химико-физические микро- и макроскопические свойства твердофазных соединений и материалов.

На заседании 01 февраля 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Зелениной Е. В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, участвовавших в заседании, из них 6 докторов технических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Малыгин Анатолий Алексеевич

Малков Анатолий Алексеевич

01 февраля 2022 г.