

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.2.306.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Иркутский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от «18» октября 2023 г. № 3

О присуждении Тютрину Александру Александровичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Образование наноразмерных люминесцирующих сред под действием плазмы газового разряда» по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 30 июня 2023 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 24.2.306.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (664003, г. Иркутск, бульвар Гагарина, д. 20, приказ Рособнадзора о создании диссертационного совета № 1634–894 от 13.07.2007 г.).

Соискатель – Тютрин Александр Александрович 1993 года рождения. В 2015 г. с отличием окончил специалитет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (ИГУ) по специальности 010801.65 - Радиоп физика и электроника, в 2019 г. окончил аспирантуру ИЛФ СО РАН по направлению подготовки 03.06.01 - Физика и астрономия. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2023 г. федеральным государственным

бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Иркутский государственный университет».

В период подготовки диссертации соискатель А.А.Тютрин работал в ИФ ИЛФ СО РАН в должности инженера, в настоящее время является научным сотрудником лаборатории лазерных систем и технологий. Кроме того, в настоящее время также является научным сотрудником НИИПФ ИГУ.

Диссертация выполнена в лаборатории лазерных систем и технологий Иркутского филиала федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИФ ИЛФ СО РАН) и научно-исследовательском институте прикладной физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (НИИПФ ИГУ).

Научный руководитель – Мартынович Евгений Федорович, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник Иркутского филиала федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИФ ИЛФ СО РАН), профессор ИГУ.

Официальные оппоненты:

Полисадова Елена Федоровна, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор инженерной школы новых производственных технологий, отделение материаловедения;

Шендрик Роман Юрьевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник лаборатории «Физика монокристаллов»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» - в своем положительном заключении, подписанном Вайнштейном Ильей Александровичем, доктором физико-математических наук (01.04.07 «Физика конденсированного состояния»), директором Научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» УрФУ, профессором РАН, указал, что доклад А.А. Тютрина был заслушан на объединённом научном семинаре Научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» и Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина», представленная диссертация является завершённой работой, которая содержит решение актуальных научных задач в области физики конденсированного состояния и удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., ред. от 18.03.2023), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Тютрин Александр Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния».

Результаты научной деятельности по теме диссертации опубликованы в 6 печатных работах, в том числе 6 публикаций в журналах, включенных ВАК РФ в «Перечень ведущих рецензируемых журналов», индексируемых в системе Web of Science и Scopus, из них две статьи Q1 и Q2. Ряд других публикаций индексирован в системе РИНЦ. В работах представлены результаты по исследованию и применению плазмы газового разряда для формирования наноразмерных люминесцирующих сред. В диссертации не обнаружены недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, авторском вкладе и объеме научных изданий.

Наиболее значимые научные публикации по теме диссертации:

1. *Формирование тонкого люминесцирующего слоя в кристаллах LiF под действием излучения тлеющего разряда* / А.А. Тютрин, Д.С. Глазунов, А.Л. Ракевич, Е.Ф. Мартынович. Письма в ЖТФ. 2018. Т.44. В. 15.

Переиздание на английском: *Formation of a Thin Luminescent Layer in LiF Crystals under Glow Discharge Radiation* / А.А. Tyutrin, D.S. Glazunov, A.L. Rakevich, E.F. Martynovich // Technical Physics Letters. – 2018. – Vol. 44. – № 8. – P. 659-662. <https://doi.org/10.1134/s1063785018080138>

Q3, импакт-фактор 0.808

2. *Creating of luminescent defects in crystalline media by a scanning laser beam* / E.F. Martynovich, V.P. Dresvyansky, A.L. Rakevich, N.L. Lazareva, M.A. Arsentieva, A.A. Tyutrin, O. Bukhtsoozh, S. Enkhbat, P.V. Kostryukov, B.E. Perminov, A.V. Konyashchenko // Applied Physics Letters. – 2019. – Т. 114. – № 12. – С. 121901. <https://doi.org/10.1063/1.5087688>

Q1 Импакт-фактор: 3,599

3. *The axial VUV radiation intensity distribution of a glow discharge and its application for creation luminescence centers in crystalline media.* Т. 2069 / А.А. Tyutrin, D. Glazunov, A. Rakevich, E. Martynovich // AIP Conference Proceedings. – 2019. – 020003 с. <https://doi.org/10.1063/1.5089831>

4. *Fluorescent carbon quantum dots formed from glucose solution by microplasma treatment* / А.А. Tyutrin, R. Wang, E.F. Martynovich // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Т. 2392. – № 1. – С. 040006.

<https://doi.org/10.1063/5.0061798>

5. *Luminescent properties of carbon quantum dots synthesized by microplasma method* / А.А. Tyutrin, R. Wang, E.F. Martynovich // Journal of Luminescence. – 2022. – Vol. 246. – P. 118806. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2022.118806>

Q2, импакт-фактор 4.171

6. *Фотостабильность люминесценции углеродных наноточек,*

синтезированных плазменным методом из раствора глюкозы, под воздействием УФ-излучения / А.А. Тютрин, А.Л. Ракевич, Е.Ф. Мартынович
// Письма в журнал технической физики. – 2023. – Т. 49. – № 6. – С. 3.

<https://doi.org/10.21883/pjtf.2023.06.54807.19427>

Q3, импакт-фактор 0.808

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Официальный оппонент Полисадова Елена Федоровна, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор отделения материаловедения инженерной школы новых производственных технологий.

Замечания:

1. В работе не приведены сведения об исходных данных образцов кристаллов, используемых для создания люминесцирующих слоев (чистота, дефектный состав, оптические свойства и пр.). При изучении процессов окрашивания свойства исходных образцов могут влиять на результаты экспериментов.

2. Нет ясности по режимам воздействия на образцы в процессе их облучения в плазме тлеющего разряда (время воздействия, плотность мощности). Есть ли повторяемость результатов?

3. В разделе 4.2 сказано, что с помощью электронного микроскопа на кристалле LiF создавались люминесцирующие зоны (фигуры) при разных параметрах облучения (дозы, тока, времени). Однако, в работе этих данных не приводится.

4. На рисунке 4.3 приведено изображение образца в люминесцентном свете, при этом сказано, что каждый квадрат имеет разную дозу облучения. При этом информация о дозах отсутствует.

5. Обнаруженный автором эффект изменения соотношения интенсивности полос 540 и 680 нм при облучении электронами различных энергий, и в различных просканированных точках, не получил должного объяснения. Автор связывает данное различие с «временным параметром облучения», под которым, вероятно, подразумевается время облучения. Каков был этот параметр в каждом эксперименте, не ясно из представленных результатов.

6. Для полученных углеродных наноточек было бы не лишним подтвердить дисперсный состав порошка другими методами.

Официальный оппонент Шендрик Роман Юрьевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник лаборатории «Физика монокристаллов»

Замечания:

1. Значительную долю работы, более половины ее объема, занимает обзор литературы. Автор упоминает достаточно давние работы по исследованию механизмов образования дефектов в щелочногалоидных кристаллах, однако сведений из современных работ А. Ч. Лущика, А. Попова и др. практически не приводится. Хотя в них содержатся современные результаты экспериментального определения механизмов радиационного образования в том же фториде лития. Из этого можно заключить, что автор в обзоре ставил целью показать, как изменялось понимание механизмов радиационного дефектообразования в щелочногалоидных кристаллах. Удивительно, что в работе не упомянуты пионерские работы по созданию радиационных дефектов в галоидных кристаллах Пирселла, Беккереля, Рентгена и т. п.

Также в литературном обзоре встречается слишком вольный пересказ некоторых результатов. Например, на стр. 68 утверждается, что F2 и F3+ центры образуются при температуре жидкого азота. В качестве обоснования приводится график, под которым указана неверная ссылка (указана ссылка на

130 источник, хотя рисунок взят из 126). Однако в исходной статье F2 и F3+ центры были получены при комнатной температуре, а их люминесценция измерялась в том числе при температуре 77 К. Более того в данной работе не утверждается, что данные центры могут образовываться при облучении при температуре 77 К.

Таким образом, несмотря на свою объемность, литературный обзор недостаточно полный.

2. Первое защищаемое положение сформулировано не совсем удачно. В приведенной формулировке неясно, в чем же заключается его новизна. Подобные результаты были получены и в более ранних работах. Также не совсем понятен акцент именно на ВУФ фотонах. Кристаллы фторида лития, содержащих различные примесные ионы, могут окрашиваться излучением с энергией значительно меньшей, чем энергия образования экситона в беспримесном LiF. На это влияет в частности примесный состав исходной шихты, из которой были получены образцы, и примесный состав самих образцов. Эти данные в работе, к сожалению, не приводятся.

3. Второе защищаемое положение сформулировано на мой взгляд также неудачно. В нем описывается только результат одного из экспериментов, проведенных в работе. Тогда как хотелось бы видеть некое обобщение наблюдаемого эффекта. В приведенной формулировке данное положение больше похоже на один из выводов к главе. Представляет интерес объяснение того, почему наблюдаемые центры на поверхности в объеме не отличаются друг от друга и почему авторы ожидали, что они будут отличаться по своим характеристикам. Не влияют ли кислородные примеси, которые могут содержаться в кристаллах, на наблюдаемый эффект?

4. Очень скупо описаны полученные диссертантом экспериментальные результаты. Зачастую они носят следующий характер: «на рисунке 3.22 представлено аксиальное распределение интенсивности ВУФ излучения тлеющего разряда в воздухе», «На рисунке 3.17 представлены 4 спектра люминесценции двух пластинок LiF (один спектр для каждой из сторон

образца) ...» и т. п. И далее результаты в тексте практически не описываются. Хотелось бы увидеть более детальное описание полученных результатов в диссертационной работе.

5. В пятой главе приводится распределение углеродных наночастиц по размерам, рассчитанное косвенными методами по спектрам оптического поглощения. Вероятно, следовало бы сравнить полученные распределения с результатом прямых измерений на просвечивающем электронном микроскопе.

б. В работе имеются незначительные небрежности в оформлении:

а) На рисунках в главе 5 ряд подписей на английском языке

б) В таблице 5.1 немного сместилось форматирование.

в) В качестве разделителя десятичной части числа иногда используется точка (особенно в Главе 5), тогда как в основной части работы запятая.

г) В тексте работы пропущены запятые в причастных оборотах, встречаются опечатки («аждая» на стр. 80 и т. п.)

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечания:

1. При обсуждении центров окраски в тексте диссертации используются три термина: объемные, поверхностные и приповерхностные (поверхностный и приповерхностный слой). При этом два последних, по всей видимости, относятся к одним и тем же дефектам. Следует придерживаться единой терминологии – поверхностные центры окраски. В противном случае, необходимо прояснить, каковы критерии отличий приповерхностных от двух других типов центров окраски? Чем по мнению автора обусловлено, что спектрально-кинетические характеристики люминесценции агрегатных центров окраски «в приповерхностном слое кристаллов фторида лития ... аналогичны соответствующим характеристикам тех же центров,

находящихся в объеме кристалла», см. п. 4.3 и Выводы по главе 4 диссертации?

2. Учитывался ли возможный нагрев образцов, вызванный воздействием плазмы? Учитывалось ли влияние этого нагрева на термолуминофор при оценке дозы ультрафиолетового облучения?

3. В работе, в частности в Заключение на стр.123, указано, что синтезированы экологичные и биосовместимые УНТ, однако неясно, какие экспериментальные результаты подтверждают этот вывод. Проводилась ли оценка квантового выхода фотолуминесценции исследуемых точек? В диссертации не представлены исходные экспериментальные спектры оптического поглощения.

4. Обнаруженные неточности и опечатки:

– в тексте встречается термин «соотношение Тауса». Однако, в русскоязычной научной литературе общепринято написание – «соотношение Тауца»;

– в разделе «Структура и объем диссертации» в текстах диссертации и автореферата указано, что список использованной литературы состоит из 178 наименований, тогда как сам список содержит 176 источников;

– в тексте автореферата отсутствует ссылка на рисунок 4.

Отзывы на автореферат:

1. Шамирзаев Тимур Сезгирович, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников», ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук.

Замечания:

1) В качестве замечания хочу отметить, что из текста автореферата не ясно, проводились ли тестовые эксперименты по формированию изучаемых в работе центров окраски на поверхности кристаллов фторида лития при

облучении этих кристаллов ВУФ излучением из какого либо источника, альтернативного плазме тлеющего разряда.

2. Базаров Баир Гармаевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук.

Замечания:

- 1) По мере ознакомления с работой, описанной в автореферате возникает вопрос: «Почему был выбран кристалл фторида лития? Можно ли применить такой же подход исследований к другим щелочно-галогидным кристаллам, а не только к LiF?»

3. Максимова Наталья Тимофеевна, кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика», доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет»

Замечания: - нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области физики конденсированного состояния, наличием публикаций по данному направлению, а также способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы. Официальный оппонент доктор физико-математических наук, Полисадова Е.Ф. – известный учёный в области люминесценции конденсированных сред, а также радиационной физики диэлектрических кристаллов, имеет более 70 научных работ, в том числе в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах. Официальный оппонент кандидат физико-математических наук Шендрик Р.Ю. – высококвалифицированный специалист по физике конденсированного

состояния, чьи исследования направлены на изучение люминесценции и переноса энергии в кристаллах щелочно-земельных галоидов; оптических свойств квантовых точек CdSe, ZnSe, наночастиц золота в полисахаридных матрицах и наноразмерных кристаллитов кварца, имеет более 40 научных публикаций в области физики конденсированного состояния. Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» – научное учреждение, широко известное своими работами в области физики конденсированного состояния, нанофотоники и лазерных технологий, а доктор физико-математических наук Вайнштейн И.А. – высококвалифицированный ученый в областях оптической спектроскопии твердого тела и физикохимии широкозонных функциональных материалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *разработаны* новые плазменные методы создания наноразмерных люминесцентных сред, исследованы механизм образования и свойства точечных дефектов на поверхности кристаллов фторида лития, помещенных в плазму тлеющего разряда, а также исследован синтез углеродных наночастиц микроплазменным методом при атмосферном давлении; *предложен* метод исследования пространственного распределения интенсивности вакуумного ультрафиолетового излучения в тлеющем разряде, основанный на измерении распределения интенсивности термостимулированной люминесценции специального термолуминофора, чувствительного только к вакуумному ультрафиолетовому излучению.

Теоретическая значимость. Впервые показано, что центры окраски на поверхности кристаллов фторида лития, помещенных в плазму тлеющего разряда в воздухе низкого давления, генерируются под действием вакуумного ультрафиолетового излучения тлеющего разряда, а не за счет взаимодействия электронов и ионов разряда с электронной подсистемой кристалла.

Установлено, что низкоэнергетические электроны, проникающие на глубину менее 1 нм, образуют в кристаллах LiF агрегатные центры окраски, имеющие спектрально-кинетические характеристики, аналогичные соответствующим характеристикам объемных центров. Отсутствие поверхностных центров окраски с отличающимися спектрально-кинетическими характеристиками обусловлено их разрушением при взаимодействии с молекулами атмосферных газов.

Впервые показано, что кратковременный компонент люминесценции с постоянной времени затухания менее 1 нс относится к кислородсодержащим функциональными группами, в частности к карбонильной функциональной группе C=O на поверхности углеродных наноточек, синтезированных микроплазменным методом из раствора глюкозы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики. Полученные в работе результаты могут быть использованы при формировании центров люминесценции вакуумным ультрафиолетовым излучением в тонком поверхностном слое кристаллов с широкой запрещенной зоной и могут быть применены для управления величиной концентрации создаваемых центров путем выбора положения кристалла в соответствующих зонах тлеющего разряда.

Результаты исследований синтеза экологичных и биосовместимых углеродных наноточек, полученных методом микроплазменной обработки раствора глюкозы при атмосферном давлении, могут быть использованы в бионано- и фотонных технологиях. В работе показано, что значительный вклад в люминесценцию обусловлен кислородсодержащими функциональными группами на поверхности углеродных наноточек. Этот результат можно использовать для регулирования интенсивности люминесценции за счет окислительно-восстановительных реакций в растворе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные в диссертационном исследовании результаты являются

достоверными. Это обеспечено воспроизводимостью полученных результатов, использованием апробированных методов анализа и применением современного высокоточного сертифицированного экспериментального оборудования. **Выводы базируются** на обобщении результатов экспериментов и теоретических расчетов; в работе **использованы** современные методики сбора, обработки и визуализации данных.

Личный вклад соискателя. Исследования, опубликованные диссертантом совместно с научным руководителем и другими коллегами, включают в себя экспериментальные данные, которые большей частью получены им самим. Автор диссертации внес значительный вклад в интерпретацию экспериментальных результатов, формулировку выводов и научных положений, вынесенных на публичную защиту. У автора нет конфликта интересов с другими коллегами, принимавшими участие в исследованиях, отраженных в диссертации.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Тютрина А.А. является законченным научным исследованием, выполненным по актуальной тематике, результаты которого имеют высокую научную и практическую значимость. Работа соответствует специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» и п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., редакция от 18.03.2023, а также отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 18 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Тютрину Александру Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в совет, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Д 24.2.306.01,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник


Буднев Николай Михайлович

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 24.2.306.01, доктор физико-
математических наук, профессор


Аграфонов Юрий Васильевич

18 октября 2023 г.

