ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 05.12.2014 г. № 34

О присуждении Штанг Татьяне Владимировне, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование процессов заряжения и люминесценции при облучении электронами наноструктурных оксидов кремния и алюминия» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 26 сентября 2014 г., протокол № 23 диссертационным советом Д 212.285.02 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Штанг Татьяна Владимировна, 1988 года рождения, в 2011 году окончила ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности «Приборы и методы контроля качества и диагностики», в 2014 году окончила очную аспирантуру ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, работает в должности старшего преподавателя кафедры физических методов и

приборов контроля качества Физико-технологического института ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре физических методов и приборов контроля качества Физико-технологического института ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кортов Всеволод Семенович, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Физико-технологический институт, кафедра физических методов и приборов контроля качества, профессор.

Официальные оппоненты:

Мартынович Евгений Федорович, доктор физико-математических наук, профессор, Иркутский филиал ФГБУН Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук (г. Иркутск), заведующий филиалом;

Арбузов Валерий Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, ОАО «Научно-исследовательский и технологический институт оптического материаловедения Всероссийского научного центра «ГОИ имени Вавилова» (г. Санкт-Петербург), начальник лаборатории лазерных стекол – главный конструктор направления дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБУН Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, в своем положительном заключении, подписанном Осиповым Владимиром Васильевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лаборатории квантовой электроники, указала, что диссертационная работа отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней (пункт 9), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а

ее автор Штанг Татьяна Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 23 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 23 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 5. Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 2 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и материалов всероссийских (6) и международных (10) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 4,19 п.л., авторский вклад –2,09 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. **Штанг (Спиридонова), Т.В.** Компьютерное моделирование процессов заряжения поверхности и приповерхностных слоев диоксида кремния при электронной бомбардировке / В.С. Кортов, С.В. Звонарев, **Т.В. Штанг (Спиридонова)** // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2011. – Т. 54. – № 3. – С. 25-31 (0,43 п.л./0,25 п.л.).

2. **Штанг (Спиридонова), Т.В.** Исследование влияния параметров электронного облучения на заряжение наноструктурного диоксида кремния / В.С. Кортов, С.В. Звонарев, **Т.В. Штанг (Спиридонова)** // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2011. – Т. 54. – № 2/2. – С. 196-201 (0,37 п.л./0,18 п.л.).

3. **Shtang (Spiridonova), T.V.** Explanation and Testing of the Model for Computer Calculations of Luminescence Spectra and Photoluminescence Decay Kinetics under Pulsed Laser Excitation in Silicon Dioxide Crystals / **T.V. Shtang (Spiridonova)**, V.S. Kortov, S.V. Zvonarev // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55. – № 11/3. – С. 219-222 (0,25 п.л./0,16 п.л.).

4. **Штанг, (Спиридонова) Т.В.** Компьютерное моделирование фотолюминесценции при возбуждении наноструктурного оксида алюминия импульсным синхротронным излучением / В.С. Кортов, **Т.В. Штанг (Спиридонова)**, С.В. Звонарев // Поверхность. Рентгеновские,

синхротронные и нейтронные исследования. – 2013. – № 10. – С. 107-112 (0,37 п.л./0,25 п.л.).

5. **Штанг, (Спиридонова) Т.В.** Фотолюминесценция ультрадисперсной керамики оксида алюминия при ВУФ возбуждении / В.С. Кортов, В.А. Пустоваров, **Т.В. Штанг (Спиридонова)**, С.В. Звонарев // Журнал прикладной спектроскопии. – 2013. – Т. 80. – № 6. – С. 844-849 (0,37 п.л./0,25 п.л.).

На автореферат поступили отзывы:

1. От Вараксина Анатолия Николаевича, главного научного сотрудника лаборатории математического моделирования в экологии и медицине ФГБУН Института промышленной экологии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, доктора физико-математических наук, профессора. Содержит вопросы: 1) почему в диссертации, посвященной компьютерному моделированию изучаемых процессов, отсутствуют схема и описание алгоритма вычислений? 2) на каком этапе моделирования взаимодействия пучка электронов с диэлектриками используется метод Монте-Карло?

2. От Тетельбаума Давида Исааковича, ведущего научного сотрудника Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, доктора физико-математических наук, профессора. В отзыве имеются вопросы и замечания: 1) при описании алгоритмов моделирования процессов зарядки автор не приводит схемы экспериментов, для которой проводились расчеты. Отсюда возникает ряд вопросов: где располагаются токовые электроды, учитываются ли продольные (по отношению к нормали) и поперечные (поверхностные) утечки, каков вклад (и как он учитывается) электронейтральной области диэлектрика в результирующее сопротивление, какую роль играет соотношение между пробегом электронов и полной толщиной диэлектрика? 2) учитывались ли и как предпробойные явления, диффузионное и дрейфовое расплывания профиля носителей; безызлучательная рекомбинация при анализе

люминесценции? Последняя играет особенно большую роль для наноматериалов из-за высокой степени дефектности вблизи границ зерен. 3) из автореферата не ясно, проводилась ли автором экспериментальная проверка результатов моделирования катодолюминесценции. Упоминается о сравнении с данными работы [7], но не приведены конкретно результаты самого сравнения, поэтому нельзя судить о степени соответствия. 4) сравнение расчетных и экспериментальных данных на рис. 7 и 8 показывает наличие заметных расхождений, но они не комментируются.

3. От Кащенко Михаила Петровича, заведующего кафедрой физики ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, доктора физико-математических наук, профессора. Без замечаний.

4. От Адуева Бориса Петровича, заместителя по научной работе ФГБУН Института углехимии и химического материаловедения СО РАН, г. Кемерово, доктора физико-математических наук, профессора. Без замечаний.

5. От Кидибаева Мустафы Мусаевича, заведующего лабораторией кристаллофизики Института физико-технических проблем и материаловедения НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек, доктора физико-математических наук, члена-корреспондента НАН Кыргызской Республики. В отзыве имеются замечания: 1) в автореферате не показано, насколько существенно было уширение полос люминесценции в исследуемых наноструктурных образцах оксида алюминия и кремния. 2)имеются опечатки, в том числе в значениях величины напряженности электрического поля (страница 20) и в граничном условии при расчете напряженности электрического поля (страница 8).

6. От Гельчинского Бориса Рафаиловича, заведующего лабораторией порошковых композиционных и наноматериалов ФГБУН Института металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, доктора физико-математических наук, профессора. Без замечаний.

7. От Лисицина Виктора Михайловича, профессора кафедры лазерной и световой техники Института физики высоких технологий ФГАОУ ВПО «Национального исследовательского Томского политехнического университета», г. Томск, доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки РФ. Отзыв содержит замечание: влияние размеров частиц на люминесцентные свойства очень велико. Пример приведен в таблице 1 автореферата. Время затухания импульсной катодолюминесценции в нано- и макрокристаллах различается на 4 порядка. Хотелось бы видеть результаты исследования времени затухания люминесценции в кристаллах с размером в единицы – сотни микрометров.

8. От Алехина Валентина Павловича, профессора кафедры материаловедения и нанотехнологий ФГБОУ ВПО «Московского государственного индустриального университета», г. Москва, доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки РФ. Без замечаний.

9. От Баянкина Владимира Яковлевича, заведующего лабораторией электронной структуры поверхности ФГБУН «Физико-технический институт» УрО РАН, г. Ижевск, доктора технических наук, профессора. В отзыве содержатся вопрос и замечание: 1) автор показал, что при воздействии электронным пучком с энергией 1 кэВ в течение 1 с на оксид алюминия напряженность электрического поля может достигать значений 12 МВ/см. Почему при этом не происходит пробой диэлектрика? 2) из текста автореферата не совсем понятно, какой численный метод использовался при моделировании параметров заряжения исследуемых оксидов?

10. От Гапоненко Николая Васильевича, заведующего лабораторией нанофотоники, профессора кафедры микро- и наноэлектроники Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, доктор физико-математических наук, доцент. Без замечаний.

11. От Акилбекова Абдираша Тасановича, декана физико-технического факультета Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, доктора физико-математических наук, профессора. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями и высокой научной компетентностью в области исследований воздействия электронных пучков на материалы, а также изучения электронных возбуждений и люминесцентных свойств кристаллов и низкоразмерных систем, включая оксиды алюминия и кремния.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **усовершенствованы** физические модели и **разработаны** новые программные модули для компьютерных расчетов процессов заряжения, катодо- и фотолюминесценции в диэлектрических материалах с учетом основных механизмов рассеяния носителей заряда и особенностей наноструктур;

– **впервые установлено**, что при стационарной бомбардировке наноструктурных оксидов алюминия и кремния электронами средних энергий объемная плотность заряда и напряженность электрического поля примерно в 1,5 – 2 раза меньше, чем в монокристаллах, а глубина локализации заряда соответствует размеру наночастиц (20-30 нм);

– **показано**, что при облучении наноструктурных оксидов алюминия и кремния наносекундным пучком электронов с энергией 130 кэВ напряженность электрического поля, возникающего в образце, на полтора порядка меньше, чем при стационарной электронной бомбардировке;

– **обнаружено** уменьшение времени затухания внутрицентровой люминесценции при импульсном облучении электронами наноструктурных оксидов алюминия и кремния и его немонотонная зависимость от размера частиц;

– **впервые получена** количественная оценка влияния размеров наночастиц на спектрально-кинетические характеристики импульсной катодолюминесценции и фотолюминесценции в наноструктурных оксидах алюминия и кремния;

– **обоснована** и **впервые апробирована усовершенствованная методика** идентификации уширенных и перекрывающихся полос свечения в экспериментальных спектрах фотолюминесценции наноструктурных люминофоров.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

– в результате анализа полученных данных существенно **расширены представления** о возможных механизмах и закономерностях прохождения заряженных частиц через вещество;

– результаты диссертационного исследования **вносят вклад и расширяют** представления о процессах заряжения и люминесценции в наноструктурных материалах;

– **применительно к проблематике диссертации эффективно использован** комплекс методов компьютерного моделирования и люминесцентной спектроскопии.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что необходимо учитывать рассчитанные параметры заряжения и люминесценции оксидов алюминия и кремния под действием электронного пучка при проектировании радиационно-стойких электронных приборов, изделий микро- и оптоэлектроники, светоизлучающих устройств.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила**:

– эксперименты по фотоэлектронной спектроскопии выполнены на сертифицированном оборудовании;

– показана воспроизводимость результатов расчета параметров заряжения и люминесценции;

– все полученные результаты непротиворечиво согласуются друг с

другом, предлагаемыми моделями и известными литературными данными.

**Личный вклад соискателя** состоит в следующем: постановка целей и задач исследований совместно с научным руководителем; усовершенствование физической модели и разработка алгоритма для расчета параметров заряжения и люминесценции; создание программного обеспечения, проведение моделирования процессов заряжения поверхности, катодо- и фотолюминесценции в монокристаллических и наноструктурных оксидах алюминия и кремния; обсуждение результатов и подготовка их к публикации при участии научного руководителя; анализ, интерпретация результатов моделирования и экспериментальных данных, обработка спектров и идентификация полос свечения; подготовка основных публикаций по выполненной работе; формулировка выводов и защищаемых положений диссертации.

На заседании 05 декабря 2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Штанг Т.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Огородников Игорь Николаевич
(приказ ректора УрФУ № 6039/04
от 24.11.2014 )

Ученый секретарь
диссертационного совета Ищенко Алексей Владимирович

05 декабря 2014 г.