ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ОПТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
Всероссийского научного центра «ГОИ им. С. И. Вавилова»
(ОАО «НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С. И. Вавилова»)
192171, Санкт-Петербург, ул. Бабушкина, д.36, корпус 1,
тел.: (812) 386-73-16, факс: (812) 560-10-22; e-mail: info@goi.ru
ИНН/КПП 7811483834/781101001, ОКПО 07505944, ОГРН 1117847038121

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Штанг Т. В. «Моделирование процессов заряжения и люминесценции при облучении электронами наноструктурных оксидов кремния и алюминия», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Монокристаллические оксиды кремния и алюминия находят широкое применение в таких областях науки и техники, как оптоэлектроника, твердотельная дозиметрия, радиационная физика. С их использованием создаются светоизлучающие устройства и устройства визуализации ионизирующих излучений. При этом в случае воздействия на них заряженных частиц, в частности потоков электронов, протекают процессы заряжения приповерхностных слоев указанных диэлектриков, следствием чего является изменение их зонной структуры, а, следовательно, и их функционально важных свойств. В каких пределах они изменяются, что с ними происходит при переходе от монолитных кристаллических сред к наноструктурным объектам того же химического состава, можно ли управлять этими процессами и моделировать их так, чтобы результаты моделирования совпадали с экспериментальными данными – до начала рецензируемой диссертационной работы надежных ответов на эти вопросы не было, тем более, что их получение

Вх. №05-19/1-267
от 20.11.14 г.

экспериментальным способом относится к очень дорогостоящим занятиям. В этой связи компьютерное моделирование спектральных и кинетических свойств наноструктурных люминофоров на основе указанных оксидов, моделирование процессов заряжения при их облучении потоками электронов представляется перспективным способом исследования, который может существенно сократить временные и материальные затраты на поиск и создание новых материалов для указанных выше областей науки и техники. В связи со сказанным **тему диссертационной работы Штанг Т. В. следует признать актуальной**. Подтверждением актуальности работы диссертантки служит и то обстоятельство, что она трижды становилась победителем конкурса на проведение научных исследований аспирантами УрФУ, а также была соисполнителем работ по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых и по гранту ОПТЭК Carl Zeiss для поддержки молодых ученых ведущих высших учебных заведений и научных исследовательских центров.

Научная новизна диссертационной работы, выполненной Штанг Т. В., сомнений не вызывает. Во-первых, ею усовершенствованы физические модели и разработаны программные модули для расчета процессов заряжения, а также спектрально-кинетических параметров фото- и катодолюминесценции наноструктурных диэлектрических материалов на основе оксидов алюминия и кремния. Во-вторых, установлено, что при стационарной бомбардировке образцов указанных наноструктурных оксидов низкоэнергетическими электронами (1 кэВ) глубина локализации заряда соответствует размерам наночастиц, а напряженность внутреннего электрического поля в 1.5 – 2.0 раза меньше таковой в монокристаллах. При этом расчетным путем показано, что напряженность индуцированного электрического поля при облучении наноструктурного оксида алюминия наносекундными импульсами высокоэнергетических (130 кэВ) электронов на полтора порядка меньше таковой, наблюдаемой в случае стационарной электронной бомбардировки. В-третьих, обнаружено, что заряжение приповерхностных слоев наноструктурных

оксидов алюминия и кремния при их электронной бомбардировке приводит к уменьшению времени затухания внутрицентровой люминесценции. В-четвертых, количественно оценено влияние размеров наночастиц на спектрально-кинетические параметры фото- и катодолюминесценции наноструктурных оксидов алюминия и кремния.

Выполненная Штанг Т. В. диссертационная работа характеризуется **высокой практической значимостью.** Во-первых, полученный автором комплекс данных о заряжении поверхности и приповерхностных слоев наноструктурных оксидов алюминия и кремния может быть использован при проектировании новых радиационно-стойких электронных приборов, предназначенных для эксплуатации в радиационных полях, в частности, в космическом пространстве. Во-вторых, он пополняет базу данных о спектрально-кинетических параметрах наноструктурных диэлектриков, перспективных с точки зрения создания светоизлучающих устройств и изделий оптотехники. В-третьих, он может быть использован в процессе обучения студентов физических специальностей. В-четвертых, разработанные автором программные комплексы (получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ) можно применять при прогнозировании поведения других монокристаллических и наноструктурных оксидных диэлектриков в условиях электронной бомбардировки.

Детальное знакомство с диссертационной работой Штанг Т. В. позволяет сделать уверенный вывод о **надежности и достоверности ее результатов**. В пользу этого утверждения свидетельствует, прежде всего, сам выбор объектов исследования, которые относятся к числу наиболее исследованных материалов, надежные данные о разнообразных свойствах которых имеются в справочной и научной литературе. Далее, автор хорошо ориентируется в теоретических вопросах как заряжения поверхностных слоев диэлектриков в условиях их облучения электронами, так и в вопросах их люминесценции при разных видах и режимах возбуждения. Все это, а также свободное владение навыками программирования позволило автору грамотно сформулировать цель и задачи

диссертационной работы, сформировать и использовать широкий комплекс экспериментальных и теоретических методов исследования, которые дали качественно и количественно согласующиеся друг с другом результаты, а также с результатами других исследователей, полученными независимыми способами. Далее, некоторые виды экспериментов проводились за рубежом (в Гамбурге, Германия), что всегда означает более серьезное обсуждение программы и методики проведения экспериментов, а также более строгое обсуждение полученных результатов. Все это обеспечило **обоснованность выводов**, сделанных на основе полученных автором результатов.

По теме исследований, вошедших в диссертацию, автором опубликовано 5 статей в ведущих реферируемых отечественных и зарубежных периодических изданиях из Перечня ВАК РФ, 2 статьи в сборниках трудов международной и российской конференций, их результаты докладывались на 14 конференциях, проводившихся в России и за рубежом, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ на ЭВМ. Все это дает основание говорить о **достаточной апробации результатов** диссертационной работы.

По содержанию работы, по доказательству защищаемых положений, по методам получения результатов, по глубине их анализа, по сделанным на их основе выводам серьезных замечаний у оппонента нет. Тем не менее, нельзя не остановиться на вопросе о недостаточной проработанности проблемы «реконструкции спектров фотолюминесценции для идентификации уширенных и перекрывающихся полос свечения наноструктурных люминофоров» (6 пункт раздела Научная новизна). Следует сразу отметить, что эта проблема с точки зрения ее математического решения относится к числу неоднозначно решаемых. Хорошо известно, что любой сколь угодно сложный спектр тем точнее описывается суммой элементарных спектральных контуров, чем больше их число. Тем не менее, это число приходится сводить к какому-то минимуму, основываясь только на физической обоснованности каждого элементарного контура (наличие ярко выраженных максимумов в сложном контуре, информация из литературы о положении и полуширине отдельных полос и т.

д.). Примером качественного математического разложения сложного экспериментального спектра фотолюминесценции на элементарные компоненты может служить рис. 4.10 диссертации: в исходном спектре отчетливо выявляется, по меньшей мере, 6 максимумов, поэтому оправданными представляются элементарные контура от 1 до 6. Что же касается 7 контура, он получается чисто математически при учете формы контура 6 и длинноволнового края сложного спектра. Оставим при этом за рамками рассмотрения тот факт, что разложение сложного спектра на компоненты проведено в шкале длин волн, а не в шкале волновых чисел или в энергетической шкале, как это обычно делается. Казалось бы, рис. 4.12 диссертации (рис. 8 автореферата) демонстрирует тот же самый экспериментальный спектр, однако его разложение на элементарные компоненты сильно отличается от того, которое представлено на рис. 4.10. Одна из причин различия экспериментального и расчетного спектров состоит в том, что автор попыталась привлечь данные обо всех возможных центрах свечения с их «литературными» спектроскопическими данными, тогда как в реальности, по-видимому, их номенклатура иная. Другая причина – в сложности самой номенклатуры центров свечения: тут и собственные центры, и примесные.

Отмеченный недостаток, однако, не сказывается на общей высокой оценке диссертационной работы Штанг Т. В. Диссертация написана хорошим языком, графически прекрасно оформлена, автореферат в полной мере передает содержание диссертации. Считаю, что в целом Штанг Т. В. достигла поставленной перед собой цели. Ею внесен весомый научный и практический вклад в моделирование процессов возбуждения и высвечивания, а также заряжения приповерхностных слоев наноструктурных оксидов кремния и алюминия при облучении их электронами. Рецензируемая диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по физике, а ее автор – ШТАНГ Татьяна Владимировна – заслуживает присуждения ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент – начальник лаборатории лазерных стекол – главный конструктор направления ОАО НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С. И. Вавилова» доктор физико-математических наук, профессор Арбузов Валерий Иванович, E-mail: arbuzov@goi.ru

18 ноября 2014 г., г. Санкт-Петербург.

Подпись руки В.И. Арбузова заверяю
начальник отдела делопроизводства и архива И.О. Шилова