

**Акционерное общество  
«Высокотехнологический научно-исследовательский институт  
неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»  
(АО «ВНИИНМ»)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор

Л.А. Карпюк

«11» 03 2022 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**на диссертационную работу Никулиной Ольги Владимировны  
«Радиационное упрочнение и оптические свойства материалов на основе  
SiO<sub>2</sub>», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 1.3.8. - Физика  
конденсированного состояния**

**Актуальность темы исследования**

Кварцевое стекло относится к числу наиболее широко применяемых на практике материалом, являющимся основой многих важных изделий для приборостроения и новой техники (специальные стёкла, оптические волокна, стеклоткани, композиционные, др.). Имеется большая практическая потребность для применения изделий из кварцевого стекла для новой техники, работающей в условиях радиационных воздействий (атомная, аэрокосмическая, др.). Применение кварцевого стекла для соответствующих изделий из него, работающих в условиях радиационных воздействий, требует более детальных исследований закономерностей и физико-химических механизмов, определяющих структуры и свойства кварцевого стекла в условиях радиационных воздействий. Однако, область влияния радиационных воздействий разной природы (гамма, ионные, др.) на возникающие в кварцевых стёклах и изделиях из них радиационно-индуцированные процессы, структуры и функциональные свойства (оптические, механические, электро-физические) ещё мало исследована. Поэтому такие исследования актуальны как с научной точки зрения (сложные и многоуровневые радиационно-индуцированные процессы и механизмы в специфических аморфных структурах и их влияние на функциональные свойства кварцевых стёкол), так и материаловедческими и практическими потребностями для расширяющегося применения кварцевых стёкол и изделий из них в новой технике (атомной, аэрокосмической, др.). Особенно важны исследования структур и функциональных свойств кварцевых стёкол и изделий из них при длительных радиационных воздействиях. Проведение таких исследований является темой данной

диссертации, что и определяет её актуальность, научную и практическую потребность в её результатах.

### **Цель диссертационной работы**

Установление взаимосвязи между радиационно-индуцированными процессами и механизмами структурных изменений и их влияния на оптические, электро-физические и физико-механические свойства кварцевых стёкол и изделий на их основе хорошо обоснована и актуальна.

### **Структура, содержание и объем диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 102 страницы, включая 61 рисунок, 3 таблицы, список сокращений. Список литературы содержит 81 источник.

*Во введении* хорошо обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках диссертации, формулируются цели, задачи, научная новизна и практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту.

*В первой главе* анализируются имеющиеся к настоящему времени результаты экспериментальных и теоретических исследований структуры неорганических стекол на атомном и нано- уровнях, влиянии неупорядоченности структуры на оптические свойства в области края фундаментального оптического поглощения. Сделан вывод о том, что наиболее приемлемыми являются представления о том, что стекла вне зависимости от их составов имеют неоднородную нано-кластерную структуру, элементом которой являются домены (нанокластеры размером от 1 до 10 нм) с упорядоченным атомным расположением. Приведены известные экспериментальные результаты влияния гамма-облучения на оптические свойства стёкол различного состава и предложен, как основной, механизм радиационно-индуцированных оптических потерь в стёклах за счёт рассеяния на электрически заряженных нано-кластерах.

*Во второй главе* приведены собственные результаты исследований радиационных изменений оптических свойств силикатных стекол, у которых различалась исходная наноструктура из-за легирования примесями  $Al_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$ ,  $Nd_2O_3$ . Образцы стекол представляли собой преформы, которые предназначены для изготовления оптических световодов. Стекла облучались до дозы  $1,3 \cdot 10^5$  Гр на гамма-источнике  $^{137}Cs$ . В работе обоснованно предполагается, что при гамма-облучении происходит радиационно-индуцированное разделение электрического заряда на структурных нано-неоднородностях стёкол, а изменение оптических свойств происходит в результате потерь на рассеяние в индуцируемой облучением оптически неоднородной среде – объёме стекла. С

помощью теории (модели) рассеяния Релея оценён размер областей когерентного рассеяния (ОКР) света. Оценка проведена из условия совпадения экспериментальных спектров поглощения и рассчитанных спектров потерь на рассеяние. Связь радиационных изменений оптических свойств кварцевых стёкол с их наноструктурой показана с помощью установленного соответствия размеров ОКР рентгеновского излучения и ОКР света.

*В третьей главе* предложен механизм радиационно-индуцированного кулоновского упрочнения за счет взаимодействия разно-заряженных нано-областей в кварцевых стёклах. Сделана оценка дозы облучения, при которой происходит их максимальное упрочнение ( $\cong 10^6$  Гр). С помощью методики измерений акустических колебаний в составном пьезо-электрическом датчике в условиях облучения протонами экспериментально в кварцевых стёклах получена та же доза их упрочнения ( $\cong 10^6$  Гр). Полученное значение совпадает с дозой, при которой завершается радиационное окрашивание кварцевых стёкол. Полученные экспериментальные результаты подтверждают предложенный в диссертации механизм влияния радиационно-индуцированных структурных изменений на оптические и механические свойства кварцевых стёкол.

*В четвертой главе* приведено описание высокотемпературного радиационно-стойкого композиционного материала (КМ) на основе алюмохромфосфатного связующего и кварцевого волокна. Результаты исследований изменений механических свойств КМ после облучения на гамма-источнике  $^{137}\text{Cs}$  указывают на важное влияние кулоновского упрочнения кварцевого волокна на свойства КМ.

*В заключении* сформулированы основные результаты диссертационной работы.

### **Научная новизна исследования и полученных результатов**

Обнаружено соответствие между размерами доменов (кластеров) в нанонеоднородной структуре кварцевых стекол и размерами областей когерентного рассеяния света в облучённых кварцевых стёклах. Оптические потери в гамма-облучённых кварцевых легированных стёклах пропорциональны четвертой степени размера доменов.

Предложен механизм радиационного упрочнения кварцевых стёкол за счёт механических напряжений, возникающих при кулоновском взаимодействии радиационно-индуцированного разделения электрических зарядов на структурных нанонеоднородностях. Величина механических напряжений в результате радиационно-индуцированного кулоновского упрочнения может достигать больших значений (до 400 МПа).

С помощью акустомеханических измерений в условиях интенсивного облучения протонами в кварцевом стекле обнаружена доза достижения максимального радиационного упрочнения  $10^6$  Гр. До этой дозы при



## **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, личный вклад автора**

Достоверность научных положений и выводов обеспечена использованием комплекса различных экспериментальных методов исследований (рентгенография, оптическая спектроскопия, физико-механические измерения, в том числе непосредственно в условиях ионного облучения), современного теоретического обоснования, а также тем, что основные закономерности радиационно-индуцированных изменений структур и свойств материалов были установлены как в процессе непосредственного радиационного воздействия, так и в результате пострадиационных исследований. В диссертационной работе соблюдается системность исследований. Диссертант Никулина О.В. лично участвовала в постановке задач, проведении экспериментов, расчётов, обработке и анализе полученных результатов.

## **Апробация работы**

По материалам диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых журналах из Перечня ВАК РФ, 2 патента, 5 работ в иностранных журналах и тезисах докладов на международных научно-технических конференциях.

## **Замечания по содержанию диссертации**

Существенных замечаний нет.

## **Заключение**

Диссертационная работа Никулиной О.В. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, посвящённую актуальной научно-технической проблеме и имеющей теоретическое, материаловедческое и практическое значение и выполнена на высоком научно-техническом уровне. По объектам, целям, методам проведённых исследований и содержанию данная диссертация соответствует формуле пп. 1 и 6 паспорта специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния. Автореферат хорошо соответствует содержанию диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию, публикациям и оформлению представленная диссертационная работа «Радиационное упрочнение и оптические свойства материалов на основе SiO<sub>2</sub>» удовлетворяет всем требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Никулина Ольга Владимировна заслуживает присуждения учёной

степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

Работа рассмотрена и обсуждена на Научно-Техническом Совете АО «ВНИИНМ» (Протокол № 5 от 17.03.2022 г.). Экспертиза диссертации проведена членом НТС АО «ВНИИНМ», главным научным сотрудником, доктором физ.-мат. наук, профессором В.М. Черновым.

Отзыв составлен на основании диссертации, автореферата и публикаций Никулиной О.В.

Эксперт:

Главный научный сотрудник,  
доктор физ.-мат. наук, профессор

В.М. Чернов

Учёный секретарь

М.В. Поздеев

Чернов Вячеслав Михайлович  
8(499)190-89-99, доб. 8262  
Э-почта: VMChernov@bochvar.ru  
www.bochvar.ru