

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Кандидата технических наук, начальника научно-технологического бюро варки оптических сред акционерного общества «Лыткаринский завод оптического стекла» Гулюкина Михаила Николаевича на диссертационную работу Степко Александра Александровича «АЛЮМОБОРОСИЛИКОФОСФАТНЫЕ И ВЫСОКОКРЕМНЕЗЕМИСТЫЕ СТЕКЛА, АКТИВИРОВАННЫЕ ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Развитие оптического материаловедения неразрывно связано с разработкой новых активных сред твердотельных лазеров. Наиболее технологичными для их создания являются многокомпонентные стекла. Кроме лазерных стекол, обладающих высокими значениями сечения излучения, в последнее время интерес вызывают стекла, обладающие широкополосной люминесценцией, перспективные для применения в усилителях ультракоротких лазерных импульсов.

Большинство стекол на основе фосфатной стеклообразующей системы обладают рядом особенностей, обуславливающих их высокую технологичность. Сравнительно низкая температура синтеза и высокая кристаллизационная устойчивость способствуют получению высокооднородных материалов, обладающих низкой пузырьностью и бессвильностью. Однако, современные фосфатные лазерные стекла большинства коммерческих марок не обладают спектрально-люминесцентными характеристиками, позволяющими реализовать в них метод усиления чирпированных лазерных импульсов из-за сравнительно узкополосной люминесценции. Разработка и исследование свойств новых составов стекол, активированных ионами  $Nd^{3+}$  и  $Yb^{3+}$ , обладающих широкополосной люминесценцией и высоким квантовым выходом люминесценции при средних концентрациях активатора, способствовали бы

дальнейшему активному развитию твердотельной лазерной техники импульсов гигантской мощности.

Известно, что спектрально-люминесцентные свойства активированных ионами  $\text{Nd}^{3+}$  стекол слабо поддаются направленному изменению в пределах одной стеклообразующей системы ввиду хорошей экранированности лазерных уровней вышележащими электронными оболочками. При этом, уширение полосы люминесценции с сохранением высоких значений квантового выхода является сложной задачей, требующей тщательного подхода к поиску составов и условий синтеза. В этом отношении работа Степко А.А. посвящена решению крайне актуальной задачи – разработке новых составов, позволяющих получать однородные стекла с особыми спектрально-люминесцентными свойствами.

Диссертационная работа Степко А.А. включает в себя введение, обзор литературы, методическую часть, результаты исследований и их анализ, выводы и список цитируемой литературы, состоящий из 119 источников. Работа изложена на 129 страницах машинописного текста, содержит 48 рисунков и 30 таблиц.

Во введении приведено обоснование актуальности выбранного направления исследований, установлены цели и задачи исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов.

В обзоре литературы диссертант представил анализ актуальных работ, посвященных структурным и спектрально-люминесцентным свойствам активированных фосфатных и высококремнеземистых стекол. Обширная часть обзора литературы посвящена лазерным средам, активированным ионами  $\text{Nd}^{3+}$  и  $\text{Yb}^{3+}$ . Особое внимание уделено причинам снижения квантового выхода люминесценции ионов-активаторов в фосфатных стеклах и влиянию состава стекол на их оптические, спектрально-люминесцентные и теплофизические свойства. В заключении главы автор обоснованно резюмирует, что основным рычагом изменения спектрально-люминесцентных свойств активных лазерных сред, является расширение активаторного

ансамбля. Отмечено, что стекла, активированные ионами иттербия, являются весьма перспективными материалами для источников широкополосной люминесценции. В выводах так же уделено внимание высококремнеземистым активированным стеклам, получаемым на основе нанопористых заготовок.

В главе 2 (методическая часть) автором описаны способы лабораторного синтеза исследуемых стекол. Описанные в методике синтеза стекол приемы относятся к области оптического стекловарения. В главе указаны используемые методы исследования структуры и свойств синтезированных образцов стекол. Приведенные в главе данные позволяют говорить о весьма продуманном подходе к синтезу объектов исследования и последующему изучению их свойств. Применяемые в работе современные методы исследования с использованием высокотехнологичного и высокоточного оборудования говорит о высоком уровне достоверности полученных в работе результатов.

В главе 3 автором приведены результаты исследований и их анализ. Подробное рассмотрение которых позволяет сделать вывод о большом объеме экспериментальной работы, выполненной диссертантом и позволившей ему добиться решения поставленных в диссертационной работе целей и задач. Тщательное изучение влияния химического состава синтезированных стекол на их структуру и спектрально-люминесцентные свойства является несомненным достоинством представленных результатов. Подобный подход позволяет добиться определения составов стекол, обладающих увеличенной эффективной шириной полосы люминесценции ионов-активаторов с сохранением высокого квантового выхода.

К значимым результатам работы можно отнести результаты исследования в части разработки и определения свойств составов, отработки методики получения стекол, активированных ионами  $Yb^{3+}$  и парой активаторов  $Nd^{3+}/Yb^{3+}$ . В работе выявлен диапазон оптимальных концентраций активатора в рассматриваемой стеклянной матрице, определены параметры проведения процесса варки стекла, позволяющие

получать высокоэффективные активные среды. Благодаря исследованию стекол с различной концентрацией активатора методом малоуглового рассеяния рентгеновского излучения, показавшего нанонеоднородное строение высококонцентрированного стекла, выявлена вероятная причина падения квантового выхода при высокой концентрации активатора – сегрегация ионов активатора. Кроме того, немаловажным результатом работы является разработка составов стекол с ультраширокой полосой люминесценции. Такие активные среды могут быть применены во множестве приложений, от источников излучения с перестраиваемой длиной волны генерации, до широкополосных усилителей лазерного излучения.

Еще одним важным результатом работы является разработанная методика получения нанопористых стекол и люминесцирующих высококремнеземистых материалов на их основе. В работе показано существенное ускорение химического травления и значительное увеличение выхода нанопористых заготовок при увеличении температуры проведения процесса химической обработки. Интересным так же является влияние одновременного введения солей РЗЭ и алюминия в пористые заготовки на люминесцентные свойства конечных высококремнеземистых материалов.

В целом, работа выполнена на высоком научном и экспериментальном уровне. Полученные в работе результаты не противоречат общепринятым представлениям химии твердого тела, обладают существенной новизной как в РФ, так и в мире и вносят весомый вклад в понимание зависимостей спектрально-люминесцентных свойств активированных стекол от их состава. Выводы по работе достаточно обоснованы.

Несмотря на законченность данной научно-исследовательской работы, дальнейшие исследования в области составов активированных сред на основе стекол носят весьма актуальный характер как с научной, так и с практической точек зрения, а полученные Степко А.А. результаты будут являться несомненной фундаментальной основой для их осуществления.

По работе можно сделать следующие замечания:

- 1) В тексте диссертационной работы имеются опечатки, например на странице 33 имеется ошибочно напечатанная буква «ё», коэффициент нелинейности показателя преломления представлен с размерностью «м<sup>2</sup>/вт» вместо «м<sup>2</sup>/Вт».
- 2) На странице 79 диссертационной работы имеет место опечатка во фразе «начинают преобладать метафосфатные структурные единицы»
- 3) В тексте диссертационной работы и автореферате указывается возможность получения стекол исследованных составов в оптическом качестве, однако не указаны результаты определения классов бесвильности и пузырности полученных стекол в соответствии с ГОСТ 23136-93 «Материалы оптические».
- 4) В диссертационной работе указано, что стекла с увеличенным содержанием В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> обладают несколько более широкой полосой люминесценции ионов Nd<sup>3+</sup>, что является плюсом для реализации метода усиления чирпированных импульсов, однако, нет упоминания о негативном влиянии В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> на интенсивность и квантовый выход люминесценции ионов Nd<sup>3+</sup>.

Тем не менее, высказанные замечания не влияют на общую положительную характеристику работы и носят рекомендательный характер. Содержание автореферата и публикаций полностью отражают содержание работы.

Диссертационная работа Степко Александра Александровича «Алюмоборосиликофосфатные и высококремнеземистые стекла, активированные ионами редкоземельных элементов» соответствует паспорту специальности 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», полностью удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.13 в редакции от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020 г.) и п. п. 2.1-2.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И.

Менделеева» утвержденного приказом ректора от 14.11.2019 г. Результаты работы, их актуальность, научная новизна и практическая значимость имеют весьма существенное практическое значение для развития науки и производства. Автор диссертации, Степко Александр Александрович, заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук,  
начальник научно-технологического бюро  
варки оптических сред АО ЛЗОС



Гулюкин М.Н.

Адрес: 140080 г. Лыткарино, ул. Парковая, д.1

Телефон, email: +7 (495) 552-95-74,  
m.gulyukin@lzos.ru

Подпись Гулюкина М.Н. заверяю

*Начальник департамента развития персонала*



*Косова ЕА*