

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Доктора физико-математических наук, руководителя Научного центра волоконной оптики имени Е. М. Дианова РАН – обособленного подразделения федерально-исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН» Семенова Сергея Львовича 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.

Наиболее часто используемым методом получения сверхкоротких лазерных импульсов петаваттного уровня мощности является метод CPA (chirped pulse amplification – усиление чирпированных импульсов). Реализация данного метода в большинстве случаев предполагает использование активных сред усилителей с достаточно широкой полосой люминесценции. Именно поэтому разработка новых составов и технологий получения активных сред твердотельных лазеров, обладающих эффективной широкополосной люминесценцией, остается одним из важнейших направлений оптического материаловедения.

Стекла на основе фосфатной стеклообразующей системы хорошо известны в качестве активных сред лазеров. Благодаря уникальным свойствам фосфатной матрицы, таким как низкая энергия фононов, высокая прозрачность в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях спектра, фосфатные стекла активно применяются в активных элементах лазерных устройств. Однако, стоит отметить, что большинство стекол на основе фосфатной матрицы обладают сравнительно небольшой шириной полосы люминесценции вблизи 1 мкм.

Разработка новых составов стекол, активированных ионами Nd^{3+} и Yb^{3+} , обладающих широкополосной люминесценцией с сохранением высоких значений квантового выхода, способствует развитию твердотельной лазерной техники, в частности, устройств, генерирующих мощные лазерные импульсы фемтосекундного диапазона длительности.

Изменение люминесцентных свойств стекол, активированных ионами Nd^{3+} , в частности эффективной ширины полосы люминесценции, является сложной задачей из-за экранирования лазерных уровней вышележащими электронными оболочками. Поэтому разработка новых активированных сред требует особого

подхода к поиску составов и условий синтеза. В связи с этим, диссертационная работа Степко А.А., посвященная решению задач, связанных с созданием новых люминесцирующих сред, обладающих широкополосной люминесценцией вблизи 1 мкм и высокими значениями квантового выхода, является крайне актуальной. В целом, разработка новых составов, позволяющих получать оптически-однородные активированные стекла с особыми спектрально-люминесцентными свойствами, является важным направлением для развития науки и лазерной техники.

Диссертационная работа Степко А.А. состоит из введения, обзора литературы, методической части, результатов исследований и их анализа, общих выводов и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 129 страницах машинописного текста, содержит 48 рисунков и 30 таблиц, список цитируемой литературы включает в себя 119 источников.

Во введении диссертационной работы приведено обоснование актуальности выбранной тематики работы, определены цели и задачи исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных при выполнении работы результатов.

В обзоре литературы представлен анализ актуальных работ, посвященных свойствам активированных сред из числа фосфатных и высококремнеземистых стекол. Пристальное внимание в данной главе уделено активированным ионами Nd^{3+} и Yb^{3+} стеклам, обладающим люминесценцией вблизи 1 мкм. Рассмотрено влияние состава на некоторые специфические свойства стеклянных активных сред. Описано влияние различных компонентов стеклянной матрицы на нелинейный показатель преломления и теплофизические характеристики. Рассмотрены причины падения квантового выхода, такие как: концентрационное тушение люминесценции, тушение на примесных ионах и остаточных ОН-группах, неизбежно присутствующих в стеклах.

В заключении обзора литературы автор обоснованно резюмирует, что получение высокоэффективных лазерных сред на основе фосфатных матриц возможно при использовании в качестве модификаторов матрицы оксидов калия и бария, так как их использование в составе стекол не снижает квантовый выход люминесценции редкоземельных ионов. Кроме того, для увеличения термической и химической стойкости фосфатных стекол целесообразно введение в состав стекла оксида алюминия и дополнительных стеклообразователей, таких как диоксид кремния и оксид бора. В выводах из обзора литературы указывается перспективность стекол, активированных ионами Yb^{3+} , в качестве активных сред фемтосекундных лазеров ближнего ИК-диапазона. Кроме того, отмечена

перспективность активированных высококремнеземистых стекол в качестве активных сред высокоэнергетических лазерных устройств.

В главе 2 автором описаны способы лабораторного синтеза алюмоборосиликофосфатных и высококремнеземистых стекол, активированных ионами Nd^{3+} и Yb^{3+} . Представлены методы исследования свойств и структуры полученных образцов стекол. Стоит указать, что использование высокотехнологичного исследовательского оборудования и современных методов исследований свидетельствует о высокой достоверности полученных в работе результатов.

В главе 3 приведены результаты исследований и их анализ. Подробное рассмотрение представленных данных позволяет говорить о проведении большого объема экспериментальных исследований, позволившем добиться решения поставленных в работе целей и задач.

Особым достоинством работы является подробное изучение вопроса влияния химического состава стекол на их структуру и спектрально-люминесцентные характеристики. При этом, особое внимание уделено возможности получения высокооднородных стекол.

К наиболее значимым результатам работы можно отнести результаты эксперимента в части определения составов и методов получения активированных алюмоборосиликофосфатных стекол. В работе определены оптимальные концентрации оксидов редкоземельных элементов и параметры проведения процессов варки рассмотренных стекол, показано влияние глубины осушения стекольных расплавов на эффективность люминесценции ионов-активаторов. Использованный в работе метод малоуглового рассеяния рентгеновского излучения позволил выявить формирование системы невзаимодействующих наночастиц в объеме стекла, что может служить причиной снижения квантового выхода люминесценции в высококонцентрированных стеклах.

Еще одним важным результатом работы является разработка составов стекол соактивированных парой ионов $\text{Yb}^{3+}/\text{Nd}^{3+}$, обладающих широкополосной люминесценцией. $\text{Yb}^{3+}/\text{Nd}^{3+}$ - активированные стекла являются весьма перспективными для применения в лазерной технике.

Разработанная методика получения нанопористых стекол и люминесцирующих высококремнеземистых материалов на их основе так же является немаловажным результатом работы. Методика получения нанопористых стекол, описанная в работе отличается высокой скоростью процесса вытравливания химически-нестойкой натриевоборосиликатной фазы из высококремнеземистого

каркаса и значительным увеличением выхода целевого продукта – монолитных заготовок пористых стекол.

В целом, работа выполнена на высоком научном и экспериментальном уровне. Полученные в работе результаты обладают существенной новизной и вносят весомый вклад в понимание зависимостей спектрально-люминесцентных свойств активированных стекол от их состава. Выводы по работе достаточно обоснованы.

Проведенные в работе исследования в области составов активированных сред на основе стекол являются актуальными как с научной, так и с практической точек зрения. Результаты, полученные Степко А.А. при проведении работы, являются несомненной фундаментальной основой для дальнейших исследований в области разработок составов высокоэффективных люминесцирующих сред, обладающих широкополосной люминесценцией.

По работе можно сделать следующие замечания:

- 1) В тексте диссертационной работы имеется ряд опечаток и недочетов оформления. Например, на странице 26 используется размерность cm^{-1} вместо cm^{-1} . На странице 38 в слове «высококремнеземистые» пропущена буква.
- 2) В описании результатов эксперимента отсутствуют данные по остаточному содержанию Na_2O и B_2O_3 в пористых заготовках при использовании разработанной методики. Сведения о содержании Na_2O и B_2O_3 в заготовках очень важны, для анализа возможности их применения при получении активированных сред на их основе.
- 3) В методической части указаны аппаратная база и условия записи кинетики люминесценции ионов Yb^{3+} для определения длительности затухания люминесценции, но не указаны размеры образцов, что является очень важным. Ввиду наличия на спектрах люминесценции и поглощения ионов Yb^{3+} резонансной полосы большая толщина образца, особенно при высокой концентрации активатора, создает видимость большой длительности затухания люминесценции за счет многократного перепоглощения и переизлучения энергии возбуждения, что может привести к неверным расчетам значений квантового выхода.

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 существенное практическое значение для развития науки и технологии. Автор диссертации, Степко Александр Александрович, заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
Руководитель Научного центра волоконной оптики
имени Е. М. Дианова РАН – обособленного подразделения
Федерального исследовательского центра
«Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН»

Семенов С.Л.

Адрес:
119333, Москва, ул Вавилова, д. 38, к. 3, НЦВО РАН
Телефон: +7-499-503-8750
Email: SLS@FO.GPI.RU



ЗАВЕРЯЮ

СЕКРЕТАРЯ ИОФ РАН

Глушков В.В.

20__г.

Семенова С.Л.