

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ГО «НИИ НАН Беларуси по
материаловедению»

В.М. Федосюк
« 15 » марта 2023 года

ОТЗЫВ

оппонирующей организации о диссертационной работе

Ковгар Виктории Викторовны

«Спектрально-люминесцентные и лазерные свойства иттербий-содержащих иттрий-алюмоборатных и теллуритно-вольфраматных стекол», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

(принят на заседании объединенного научного семинара лаборатории оптической спектроскопии полупроводников, лаборатории физики полупроводников, лаборатории физики твердого тела и лаборатории радиационных воздействий 15 марта 2023 года, протокол № 3)

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки.

В диссертационной работе В.В.Ковгар описаны методика синтеза и результаты исследования спектрально-люминесцентных и лазерных свойств, Yb-содержащих иттрий-алюмоборатных, иттрий-кремний-алюмоборатных и теллуритно-вольфраматных стекол, солегированных хромом и эрбием. Определена особенность инкорпорации хрома в разработанном материале и исследованы процессы внутриионной конверсии и межионного переноса возбуждений. Полученные в диссертации результаты опубликованы в научных журналах физико-математического профиля, включенных в перечень ВАК.

Область исследований и результаты диссертационной работы соответствуют отрасли физико-математических наук. Цель, задачи, содержание и результаты исследований соответствуют пункту: 3 (спектроскопия твердого тела, люминесценция, обратимые и необратимые фотопроцессы) раздела III паспорта специальности 01.04.05 – оптика и удовлетворяют требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости.

Научный вклад соискателя в решение поставленной в диссертации задачи заключается в подготовке ряда шихт для синтеза стекол, термообработке образцов,

численной и аналитической обработке спектров, определении механизмов межзонного переноса и диссипации возбуждений в исследуемых материалах.

Научная значимость полученных соискателем результатов состоит в разработке и исследовании новых Yb-содержащих иттрий-алюмооборатных стекол с составом вблизи стехиометрии хантита, а также определении степени влияния расстояния между ионами активатора на эффективность в кооперативных процессах. Несмотря на относительно высокие кристаллизационные способности, такие стекла пригодны для вытяжки оптоволокна, что позволяет рассматривать их в качестве перспективного активного материала для волоконных лазеров, в том числе микрочип-лазеров.

Вызывает интерес установленное разновалентное вхождение хрома в Yb-Cr-содержащие иттрий-алюмооборатные и иттрий-кремний-алюмооборатные стекла, что приводит к зависимости квантового выхода сенсibilизированной люминесценции ионов Yb^{3+} от длины волны возбуждения.

Для Yb-содержащих теллуридно-вольфраматных стекол определено положение штарковских подуровней энергетических состояний ${}^2F_{7/2}$ и ${}^2F_{5/2}$ ионов Yb^{3+} , что позволило рассчитать возможный стоков сдвиг (12–92 нм) и квантовый дефект (1,2 % – 9,1 %). Это указывает на возможное использование разработанных стекол в лазерных системах с минимальным тепловыделением.

Материал диссертации систематизирован, логично и ясно изложен с использованием общепринятой научной терминологии. Вклад соискателя в получение представленных в работе результатов четко выделен. В тексте имеются ссылки на все публикации соискателя, указанные в диссертации и автореферате.

Значимость полученных результатов диссертационного исследования подтверждена актом о практическом использовании в учебном процессе кафедры «Химическая технология стекла и ситаллов» РХТУ им. Д.И. Менделеева (г. Москва), 2 патентами на изобретение в Республике Беларусь и 2 патентами на изобретение в Российской Федерации.

3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень.

Основные результаты диссертационной работы В.В. Ковгар, за которые может быть присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук, а также положения, выносимые на защиту, являются новыми и оригинальными. Наиболее важные из них:

1. Синтезировано активированное ионами Yb^{3+} иттрий-алюмооборатное стекло с составом вблизи стехиометрии хантита, которое характеризуется низкими значениями кооперативной люминесценции, практически отсутствующим фотовосстановлением ионов Yb^{3+} до Yb^{2+} , вызывающим фотозатемнение в видимой и ближней ИК областях спектра, а также относительно высокими значениями

теплопроводности ($0,73-0,95$ Вт/м·К) и порога лазерно-индуцированного разрушения поверхности (27 ± 3 Дж/см²).

2. Установлено, что (1) хром входит в синтезированное на воздухе иттрий-алюмоборатное стекло преимущественно в степени окисления Cr(III) с заметной примесью Cr(IV) и Cr(V), (2) частичное замещение Al₂O₃ либо B₂O₃ на SiO₂, а также Y₂O₃ на Yb₂O₃ в различной степени отражается на концентрации оптических центров ионов хрома, (3) при введении щелочи либо барботировании расплава кислородом формируются центры Cr(VI) за счет окисления ионов хрома с более низким зарядом и в первую очередь четырехкоординированных Cr⁴⁺ и Cr⁵⁺, (4) основной вклад в сенсibilизацию люминесценции ионов Yb³⁺ вносят ионы Cr³⁺, а ионы Cr⁴⁺ и в меньшей степени ионы Cr⁵⁺ играют роль тушителей люминесценции и внутренних фильтров. Кроме сенсibilизации люминесценции ионов Yb³⁺ ионами Cr³⁺, имеет место сенсibilизация через полосу переноса заряда в Cr(VI).

3. Анализ спектров поглощения и испускания, измеренных при $T=77$ и 300 К, для стекол системы Yb₂O₃-TeO₂-WO₃ с концентрацией активатора до $6,0\times 10^{21}$ ионов/см³ позволил установить положение штарковских подуровней Yb³⁺ в данном стекле и определить сечения поглощения и испускания с учетом больцмановских факторов. Кроме того, для них возможно варьирование стоковского сдвига в интервале 12–92 нм и квантового дефекта – 1,2 % – 9,1 %. Это может найти применение в тандемной схеме накачки для волоконных лазерных систем высокой мощности. Легирование таких стекол эрбием позволяет получить эффективную люминесценцию в переходе $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ ионов Er³⁺, однако из-за малой вероятности перехода $^4I_{11/2} \rightarrow ^4I_{13/2}$ потери на «up»-конверсию и «пленение» возбуждений в канале сенсibilизации при получении генерации на $\lambda \approx 1,55$ мкм будут существенны.

Все результаты являются новыми и расширяют представления о процессах переноса и диссипации энергии возбуждения в Yb- и Yb-M-содержащих плавленных стеклах (M = Cr, Er).

Практическая значимость состоит в создании серии новых оптических стекол, перспективных для использования в качестве активных элементов лазеров, антистоксовых визуализаторов ближнего ИК-диапазона и люминесцентных концентраторов, и конверторов солнечного излучения.

4. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует.

На основании анализа диссертации и автореферата можно сделать вывод о глубоких знаниях соискателя в области спектроскопии и люминесценции твердого тела. Достоверность результатов и обоснованность выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается использованием хорошо апробированных спектрально-люминесцентных методов исследования активированных стекол. Основные результаты работы опубликованы в международных научных журналах (Optical Materials, Оптика и спектроскопия, Glass and Ceramics) и прошли

апробацию на международных и региональных конференциях. По совокупности проведенной работы и результатов можно заключить, что *научная квалификация соискателя соответствует ученой степени кандидата физико-математических наук.*

5. Замечания.

1. В главе 4 приводится информация об определении соискателем положений штарковских подуровней энергетических состояний ${}^2F_{7/2}$ и ${}^2F_{5/2}$ ионов Yb^{3+} в теллуритно-вольфраматных стеклах, но нет таких данных для Yb -содержащего иттрий-алюмообортого стекла.

2. Проводилось ли сравнение интенсивности кооперативной люминесценции Yb – Yb -пар между разработанными стёклами и в первую очередь между иттрий-алюмооборотными и теллуритно-вольфраматными?

3. Учитывая одновременную реализацию в иттрий-алюмооборотных стёклах ионов хрома в степени окисления от $3+$ до $6+$, соискателю рекомендовано исследовать радиационно-оптическую устойчивость таких стекол к гамма- и УФ-излучению, а также возможность управления таким излучением степенью окисления этих ионов.

4. В диссертационной работе встречаются некоторое количество опечаток и ошибок, например, на странице 41 имеется стилистическая ошибка: SiO_2 и M_2CO_3 отнесены к неорганическим нитратам; на странице 65 опечатка в слове вводимых (ввождимых); рисунок 3.20 на страницах 77-78 разделен на две части, что является отклонением от правил оформления рисунков; на странице 101 на рисунке 4.5 нет единообразия в обозначении длин волн генерации одного из переходов; в заключении в абзацах 3 и 4 в перечислении ссылок на оригинальные публикации перепутаны цифры и буквы.

5. В разделе 3.1 на рисунке 3.2а представлены спектры люминесценции и поглощения образца 2, но описания данных спектров нет, в тексте упоминаются только вставки этого рисунка. Рисунок 3.2б не имеет расшифровки цифровых обозначений и не указана интенсивность возбуждения.

6. В тексте диссертации и в подписях к рисункам автор использует единую нумерацию (образец №1, №2 и т.д.) для различных составов. Составы стекол указаны в таблицах 3.1, 3.2, 3.4, однако ссылки на таблицы приводятся не везде. Наибольшая путаница возникает при сравнении результатов для стекол с различным составом, что затрудняет восприятие представленных результатов.

Сделанные замечания не затрагивают сути и качества работы и не влияют на общую высокую оценку проведенных исследований и полученных результатов.

Заключение

Диссертационная работа *Ковгар Виктории Викторовны «Спектрально-люминесцентные и лазерные свойства иттербий-содержащих иттрий-алюмооборотных и теллуритно-вольфраматных стекол»* является завершённым

самостоятельным квалификационным исследованием, соответствующим требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (Глава 3 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий). Автора *заслуживает присуждения ученой степени* кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика за совокупность следующих научных результатов:

– разработку Yb-содержащего иттрий-алюмооборатного стекла, в котором наблюдается возбуждение ионов Yb³⁺ за пределами их абсорбционной полосы ${}^2F_{7/2} \rightarrow {}^2F_{5/2}$ и отнесение этого эффекта к процессу безызлучательного переноса энергии от стоксовых спутников комбинационного рассеяния света;

– установление разновалентного вхождения хрома в Cr- и Yb–Cr-содержащие иттрий-алюмооборатные и иттрий-кремний-алюмооборатные стекла и обоснование схемы основных процессов переноса энергии в этих стеклах;

– разработку Yb-содержащего теллуритно-вольфраматного стекла, характеризующегося относительно малым (до 472 см⁻¹) расщеплением штарковских подуровней основного состояния ${}^2F_{7/2}$.

Отзыв о диссертационной работе Ковгар Викторией Викторовны «Спектрально-люминесцентные и лазерные свойства иттербий-содержащих иттрий-алюмооборатных и теллуритно-вольфраматных стекол», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика, согласно приказа генерального директора ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» от 23.02.2023 № 03 был обсужден и принят на заседании объединенного научного семинара 15 марта 2023 г. протокол № 3, после заслушивания и обсуждения доклада соискателя по теме диссертации.

Присутствовало 17 чел., из них 12 – с ученой степенью. В голосовании приняли участие члены данного научного собрания, имеющие ученые степени. Результаты голосования: «за» – 12, «против» – нет, «воздержался» – нет.

Председатель семинара
д. ф.-м. н., заведующий лабораторией
физики полупроводников

В.Ф. Гременок

Эксперт от оппонирующей организации
к. ф.-м. н., заведующий лабораторией
оптической спектроскопии полупроводников

В.Д. Живулько

Секретарь семинара
к. ф.-м. н., заведующий лабораторией
радиационных воздействий

С.Б. Ластовский