

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Савельева Евгения Александровича «Кластеризация иттербия в оптических волноводах на основе аморфного диоксида кремния», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Кандидатская диссертация Савельева Е.А. посвящена изучению природы кластерных центров, возникающих в кварцевых стеклах, полученных SPCVD методом при их легировании ионами трехвалентного иттербия. При этом, автор затрагивает и решает широкий спектр вопросов, связанных с идентификацией химической природы кластеров, изменением их структуры и размеров в каждом отдельном случае синтеза. Он также проводит подробный анализ спектральных характеристик полученных образцов и с помощью разработанных качественных моделей устанавливает роль конкретных иттербий содержащих кластеров на механизм деградации лазерных свойств подобных материалов. Затронутая тематика, помимо фундаментального значения, связанного с исследованием процессов релаксации светового возбуждения в двухфазной системе с участием одних и тех же ионов-акцепторов (ионов Yb^{3+}), имеет еще и важное практическое значение, поскольку отвечает задачам разработки и улучшения рабочих характеристик высоколегированных лазерных сред на основе редкоземельных ионов (р.з.и.).

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью понимания особенностей процессов кластерообразования трехвалентных р.з.и. в аморфной матрице диоксида кремния, а также влияния физико-химических факторов (включая термообработку и введение дополнительных примесей фосфора и алюминия) на их изменение при синтезе лазерных материалов на основе кварцевого стекла с ионами Yb^{3+} . Такие исследования позволяют выработать практические рекомендации по повышению эффективности лазерной генерации в области одного микрона у подобных сред с ростом концентрации легирующей добавки. В качестве основного объекта исследований в диссертации использовались образцы легированного ионами Yb^{3+} кварцевого стекла, синтез которого осуществлялся SPCVD методом. Данный метод, остающийся до сих пор высоко востребованным, позволяет проводить синтез стекла через газовую фазу при достаточно низких температурах, что дает возможность получать однородный легированный слой на поверхности опорной трубки.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 99 публикаций и содержит 101 страницу.

Во введении отмечается актуальность исследований, проведенных по данной работе, а также сформулированы цели, задачи диссертации, ее научная новизна и практическая значимость.

В первую главу включены обзор литературы по спектроскопическим свойствам трехвалентных р.з.и., наиболее часто употребляемых для волоконных лазеров, представлены направления практического использования лазеров и усилителей на основе кварцевого стекла, активированного этими ионами. Подробно рассмотрены проблемы, с которыми сталкиваются исследователи при создании и использовании лазерных устройств на их основе, а именно: вопросы плохой растворимости активатора в матрице кварцевого стекла, концентрационного тушения люминесценции, а также зависимости спектральных характеристик ионов Yb^{3+} в стекле от их концентрации.

Во второй главе дается описание оптических волноводов, методов их приготовления и исследования. Приведены результаты анализа с использованием сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии для полученных полосковых световодов двух форм-прогретых дополнительно в пламени кислородно-водородной горелки и непрогретых. Основной вывод, который был сделан на основании этого анализа, связан обнаружением кристаллических кластеров YbPO_4 в матрице как проплавленного, так и непроплавленного образца, где в качестве дополнительной примеси присутствовал фосфор.

Третья глава посвящена анализу спектров потерь исследуемых волноводов с учетом спектров поглощения ионов Yb^{3+} и рассеяния, которое возникает за счет образования кластеров с этими ионами. Благодаря такому анализу автору удалось определить средний размер диаметров кластерных включений и число активных центров в них для каждого из образцов. Было показано, что в отсутствие дополнительных примесей алюминия и фосфора при концентрациях ионов иттербия меньше 0.2ат.% средний размер кластера всегда оказывается меньше в проплавленном образце по сравнению с непроплавленным. Совместное присутствие этих примесей в стекле приводит к уменьшению размеров кластеров в проплавленных стеклах и как следствие – уменьшению рассеяния в коротковолновой части спектра.

В четвертой главе анализируются спектры и их кинетика для одноионной и кооперативной люминесценции трехвалентного иттербия в исследуемых образцах. В результате проведенного анализа установлены особенности самих спектров люминесценции и кинетических кривых в каждом отдельном случае. В частности, хотелось бы отметить обнаруженные различия в спектрах люминесценции при накачке на разных, но близких длинах волн (903 и 964нм), что определяется присутствием ионов активатора в центрах разной симметрии. Кроме того, из кинетических экспериментов получена важная закономерность, связанная с уменьшением среднего времени жизни ионов-доноров за счет роста числа ионов –акцепторов при увеличении размера кластеров.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов заключается экспериментальном обосновании положений, согласно которым

основными факторами, влияющими на спектральными свойствами и времена жизни люминесценции ионов трехвалентного иттербия в кварцевом стекле являются средний размер, химический состав и структура кластеров, образующихся с участием этих ионов.

Наиболее существенными результатами диссертации по мнению оппонента являются следующие:

1. Впервые получены результаты по влиянию высокотемпературной обработки при 1600°C легированных стекол на размеры кластеров и люминесцентные характеристики таких образцов. В частности, в проплавленных стеклах с примесями иттербия и фосфора обнаружено десятикратное увеличение среднего размера кластеров, а в спектрах люминесценции появляются центры с сильно различающимися параметрами.

2. Установлен и впервые качественно объяснен факт влияния размера кластера на время жизни люминесценции ионов иттербия в кварцевых стеклах без дополнительных добавок. Показано, что наибольшее время жизни в этой ситуации достигается при размерах кластера порядка 10 нм .

3. Установлена природа отклонения в меньшую сторону отношения времен экспоненциального затухания одноионной и кооперативной люминесценции (от теоретического значения, равного двум) за счет наличия в одном кластере разных типов центров.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждаются применением различных надежно обоснованных экспериментальных методик электронной микроскопии, различных методов оптической спектроскопии и дополнительным критическим анализом всех полученных результатов. Основные выводы диссертанта не противоречат приведенным в современной литературе данным.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики заключается как в разработке определенных моделей, позволяющих на микроуровне рассматривать процессы передачи энергии между ионами трехвалентного иттербия, находящимися в разных положениях в сетке стекла, так и в конкретных практических рекомендациях, выполнение которых позволит проводить направленное уменьшение размеров кластеров в данных активных средах.

Оценивая всю работу, необходимо отметить следующее. Диссертационная работа Е.А. Савельева выполнена на высоком уровне с подробным анализом полученных экспериментальных данных. Представленные результаты являются новыми для физики лазерных сред, обоснованными и имеют хорошее практическое и большое научное значение. Все защищаемые положения подтверждены как обширным экспериментальным материалом, так и предложенными автором физическими моделями процессов. Диссертация написана доходчиво,

грамотно и, в целом, аккуратно оформлена. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

В то же время по данной диссертационной работе необходимо сделать несколько замечаний.

1. По моему мнению, в тексте первой главы диссертации нужно было, хотя бы в конспективном порядке, уделить внимание рассмотрению природы известных механизмов «разрыхления» сетки кварцевого стекла за счет введения в нее ионов алюминия или фосфора, приводящих к росту растворимости ионов-активаторов в матрице.

2. В одном из последних разделов диссертации (стр.80-86) говорится о роли тепловых эффектов в механизме изменения люминесцентных характеристик ионов Yb^{3+} в данных образцах при высоких уровнях накачки. Хотелось бы, чтобы автор привел приблизительные оценки значений температуры, до которых может нагреваться активный слой в образце при данных способах возбуждения.

3. Имеются также определенные претензии по оформлению результатов работы и написанию самого текста диссертации: а) так, приведенная на стр.73-74 таблица по временам люминесценции во всех образцах оказывается чересчур громоздкой и трудной для восприятия; ее не мешало бы разбить на несколько отдельных блоков, б) встречаются очень длинные со многими придаточными предложения, смысл которых подчас трудно сразу уловить (см. например, стр.77), в) наличие координатных сеток на всех графиках не всегда оправдано и в случае автореферата, где рисунки достаточно малы, это только затрудняет восприятие информации.

Тем не менее, эти замечания не носят принципиального характера и не снижают научной значимости диссертации. Основные результаты диссертационной работы изложены в 5 статьях в рецензируемых отечественных и зарубежных изданиях, определенных ВАК. Материалы работы были также представлены на пяти международных и всероссийских конференциях и хорошо известны научной общественности.

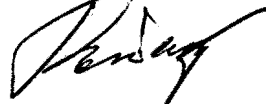
Таким образом, диссертация Савельева Евгения Александровича «Кластеризация иттербия в оптических волноводах на основе аморфного диоксида кремния» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором экспериментальных исследований разработан системный подход для изучения эффектов кластеризации любых редкоземельных активаторов в кварцевых стеклах, полученных SPCVD методом. Данный подход включает комплексный анализ результатов по электронной микроскопии самих заготовок, их спектров потерь и люминесцентных характеристик, на основании которых можно предложить практические решения для создания лазерных устройств с повышенными концентрациями ионов Yb^{3+} . Содержание диссертации соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»,

утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Савельев Евгений Александрович несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории синхротронного излучения и спектроскопии твердого тела отдела физических проблем квантовой электроники Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В.Скобельцына ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Алексей Ольгердович Рыбалтовский



05.02.2018 г.

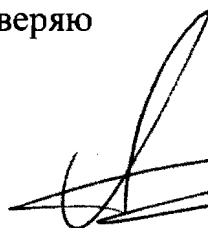
Адрес организации: 119991 Москва ГСП-1,
Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

Тел. +7(495)939-43- 95

Электронный адрес: alex19422008@rambler.ru

Подпись А.О. Рыбалтовского заверяю

директор НИИЯФ МГУ
профессор



И.Панасюк