

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор

Московского государственного

университета им. М.В. Ломоносова,

д.ф.-м.н., профессор А.А. Федянин



А.А. Федянин

«27» октября 2018 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ им. М. В. Ломоносова)

на диссертационную работу Фирстова Сергея Владимировича *“Активные волоконные световоды, легированные висмутом, для эффективных лазеров ближнего ИК диапазона”*, представленной к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Разработка и исследования новых активных сред является одним из актуальных вопросов современной лазерной физики. Это, прежде всего, связано с тем, что источники лазерного излучения стали основой стремительного прогресса в самых разных областях науки и техники. Наиболее существенный прогресс в настоящее время связан с разработкой волоконных лазеров. Быстрое развитие таких лазеров и их внедрение в различные области науки и техники обусловлено уникальными свойствами (высокая эффективность, малый вес, компактность и др.) волоконных лазеров. До 2005 года основные успехи в создании непрерывных волоконных лазеров были связаны с использованием в качестве активной среды волоконных световодов, легированных редкоземельными ионами (Nd, Yb, Er, Ho, Tm, Pr). В 2005 году были созданы новые активные среды – волоконные световоды, легированные висмутом. Интерес к таким средам был обусловлен тем, что их люминесцентные свойства позволяли надеяться на создание устройств, работающих в тех спектральных областях, где отсутствуют волоконные лазеры на переходах редкоземельных ионов.

Диссертационная работа С. В. Фирстова посвящена разработке и изучению свойств волоконных световодов, легированных висмутом, как основного элемента оптических устройств (лазеров, оптических усилителей и т.п.) для области длин волн 1150 – 1800 нм. Работа С. В. Фирстова вносит значительный вклад в разработку висмутовых волоконных световодов и исследование их спектрально-люминесцентных и генерационных характеристик. Актуальность работы определяется необходимостью проведения исследований, расширяющих наши знания о свойствах новой (малоизученной) активной среды (висмутовых волоконных световодах), фундаментальных представлениях

процессов и механизма появления ИК люминесценции, а также их применимости для создания эффективных устройств на их основе.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы. Общий объем диссертации составляет 252 страницы машинописного текста, включая 132 рисунок и 13 таблиц и список цитируемой литературы из 226 наименований, содержащий публикации автора по теме диссертации.

Во введении сформулированы цели и задачи диссертации, обосновывается актуальность выбранной темы, приведены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость работы, сведения об апробации работы, отражена структура диссертации.

В первой главе проведен подробный обзор литературы, в котором рассмотрены оптические свойства существующих активных световодов для эффективных лазеров ближнего ИК диапазона. Приведено подробное состояние дел по теме диссертации на момент начала исследований. Основное внимание уделено спектрально-люминесцентным свойствам и способам получения световодов, легированных висмутом. Приведено описание специфических особенностей висмутовых волоконных световодов. Из анализа опубликованных результатов были сформулированы основные проблемы и направления исследований.

Вторая глава содержит описание экспериментальных образцов, технологии их изготовления, методик измерений основных характеристик исследуемых световодов (поглощение, люминесценция, времена жизни люминесценции и др.). Значительная часть главы посвящена изучению спектрально-люминесцентных свойств висмутовых волоконных световодов различного состава. Показано, что одномодовые световоды с сердцевиной из высокогерманатного стекла, легированного висмутом, обладают оптическим усилением в диапазоне длин волн от 1600 до 1800 нм и могут использоваться в качестве активной среды для лазеров и оптических усилителей в указанном спектральном диапазоне. Приведены результаты по оптимизации химического состава таких световодов и технологических параметров процесса их изготовления.

В третьей главе приводятся результаты исследований нового обнаруженного явления – явления фотообесцвечивания висмутовых активных центров под воздействием лазерного излучения. Получены динамические и спектральные зависимости изменения интенсивностей полос поглощения и люминесценции для висмутовых активных центров в процессе лазерного облучения на различных длинах волн. Показано, что процесс фотообесцвечивания висмутовых активных центров зависит от энергии фотонов и интенсивности используемого излучения. Установлено, что собственное лазерное излучение не оказывает заметного влияния на оптические свойства активных центров. Обсуждается механизм данного явления. Обнаружен и изучен процесс восстановления активных центров в облученных световодах. Определены оптимальные условия для полного восстановления фотообесцвеченных висмутовых активных центров. Приведены экспериментальные данные о влиянии ионизирующего излучения на спектрально-люминесцентные характеристики висмутовых световодов, важные с практической точки зрения.

Четвертая глава посвящена изучению усилительных и генерационных характеристик разработанных и исследованных висмутовых волоконных световодов. На

основе фосфо- и германосиликатных световодов, легированных висмутом, реализованы волоконные лазеры, генерирующие оптическое излучение в области 1330 и 1460 нм с эффективностью более 50% и максимальной выходной мощностью более 20 Вт. Кроме того, приведены экспериментальные данные по разработке семейства эффективных лазеров, оптических усилителей и суперлюминесцентного источника, работающих в новом спектральном диапазоне 1600 – 1800 нм. Также предложен способ по увеличению количества висмутовых активных центров в световодах с сердцевиной из стекла с содержанием оксида германия около 50 мол.%, который заключается в температурной обработке при температуре 600 °С. На основе таких световодов получена лазерная генерация в области длины волны ≈ 1700 нм с дифференциальной эффективностью 18%.

В пятой главе представлены результаты исследований по созданию активной среды на основе волоконных световодов, солегированных висмутом и эрбием, с полосой оптического усиления более 200 нм. Показано, что такая активная среда может быть реализована на основе волоконных световодов из высокогерманатного стекла. Проведены эксперименты по оптимизации соотношения содержания висмута и эрбия для достижения сверхширокополосного усиления в области длин волн от 1500 до 1800 нм. Представлены основные характеристики разработанных световодов и устройств на их основе.

В заключении формулируются наиболее важные результаты и выводы, полученные автором в ходе проведенных исследований.

В качестве основных результатов диссертационной работы можно выделить следующее:

1. Впервые обнаружено и подробно изучено явление фотообесцвечивания активных центров в волоконных световодах с сердцевиной из высокогерманатного стекла с висмутом. Обнаружен процесс восстановления активных центров, который инициируется при нагреве облученных световодов.
2. Разработаны и исследованы новые висмутовые световоды для оптических устройств, работающих в спектральной области 1600 – 1800 нм.
3. Созданы стабильно работающие эффективные непрерывные мощные волоконные лазеры в различных спектральных областях ближнего ИК диапазона с рекордными характеристиками.
4. Предложен способ повышения количества висмутовых активных центров с полосой оптического усиления в спектральной области 1600–1800 нм, основанный на нагреве световодов до 550–600 °С (~ 25 °С/мин) и последующем медленном охлаждении (~ 1 –5 °С/мин).
5. Впервые разработан висмут-эрбиевый световод с шириной полосы более 200 нм оптического усиления по уровню 10 дБ в области длин волн от 1515 до 1775 нм.

Существенных недостатков в работе нет. Отметим лишь следующие замечания, возникшие в ходе ознакомления с работой.

1. При описании генерационных свойств термически обработанных световодов было бы уместным провести сравнение с аналогичными свойствами исходного (необработанного) световода.
2. Для висмутовых волоконных лазеров использовались световоды с высоким содержанием оксида германия (> 40 мол.%), что приводит к повышению

вероятности возникновения нелинейных эффектов при лазерной генерации. Однако в работе данных о таких эффектах не приведено.

3. В работе приводится способ повышения количества висмутовых активных центров в световодах с высоким содержанием оксида германия. Однако остается непонятным, работает ли данный подход для других типов волоконных световодов.

Отмеченные замечания не влияют на общую высокую положительную оценку работы и не снижают ценность полученных результатов.

Достоверность полученных результатов, обоснованность научных положений и выводов обеспечивается применением отработанных методов исследования волоконных световодов; использованием современного научного оборудования; сопоставлением данных, полученных различными методами; созданием реально работающих устройств, широким обсуждением полученных результатов на российских и международных конференциях и их публикациями в престижных рецензируемых научных журналах.

Результаты, полученные в диссертации, представляют практический интерес в организациях, связанных с изучением лазерных сред и разработкой устройств на их основе. Результаты могут быть использованы в Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, Институте прикладной физики РАН, Институте спектроскопии РАН, Институте радиотехники и электроники РАН, Институте автоматики и электрометрии РАН, Физическом институте РАН и др.

Материал диссертации хорошо и понятно изложен и наглядно проиллюстрирован. Полученные результаты опубликованы в 43 работах в отечественных и зарубежных научных рецензируемых изданиях, 21 из которых входит в перечень ВАК РФ, также получен 1 патент РФ на изобретение. Результаты работы неоднократно докладывались на ведущих международных и российских научных конференциях по волоконно-оптической тематике и лазерной физике.

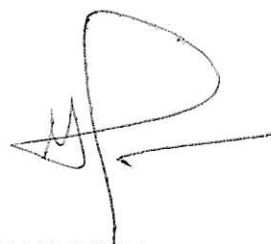
Диссертационная работа Фирстова С.В. "Активные волоконные световоды, легированные висмутом, для эффективных лазеров ближнего ИК диапазона" является законченным научным исследованием.

Содержание диссертационной работы соответствует указанной специальности. Автореферат полно и правильно отражает основные результаты и выводы работы и соответствует содержанию диссертации.

Диссертация "Активные волоконные световоды, легированные висмутом, для эффективных лазеров ближнего ИК диапазона" полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Фирстов Сергей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Отзыв составил Наний Олег Евгеньевич, профессор кафедры Оптики, спектроскопии и физики наносистем Физического факультета ФГБУО ВО МГУ им. М. В. Ломоносова доктор физико-математических наук (контактные данные: тел. 8 (495) 939-59-81; e-mail: naniy@t8.ru).

Профессор
кафедры Оптики, спектроскопии
и физики наносистем
Физического факультета
ФГБУО ВО МГУ им. М. В. Ломоносова
доктор физико-математических наук



О. Е. Наний

Доклад соискателя по теме диссертации был заслушан и проект отзыва обсужден на заседании кафедры Оптики, спектроскопии и физики наносистем Физического факультета ФГБУО ВО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, протокол № 7 от «12» сентября 2018 г.

Заведующий отделением
экспериментальной и теоретической
физики Физического факультета
ФГБУО ВО МГУ им. М. В. Ломоносова
доктор физико-математических наук



Б.И. Садовников

Ученый секретарь
кафедры Оптики, спектроскопии
и физики наносистем
Физического факультета
ФГБУО ВО МГУ им. М. В. Ломоносова
кандидат физико-математических наук



О. М. Вохник

Сведения о ведущей организации
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ им. М. В. Ломоносова)
Почтовый адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1 стр. 2
Контактный телефон: тел. 8 (495) 939-16-82
Интернет-сайт: <https://phys.msu.ru/> e-mail: info@physics.msu.ru

С отзывом ознакомлен
04.10.2018 г.

