

ОТЗЫВ

официального оппонента, Дворецкого Дмитрия Алексеевича, кандидата технических наук на диссертационную работу Харахордина Александра Васильевича «Фото- и термоиндуцированные процессы в световодах с сердцевиной из $\text{GeO}_2 - \text{SiO}_2$ стекла, легированного висмутом», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

Диссертационная работа Александра Васильевича Харахордина посвящена исследованию влияния воздействия лазерного излучения и температурной обработки на абсорбционные и активные свойства световодов с сердцевиной из германосиликатного стекла, легированного ионами висмута. Висмутовые волоконные световоды являются примером лазерных сред, которые обладают уникальными спектрально-люминесцентными свойствами, в сильной степени зависящими от химического состава стеклянной матрицы. Формирование и структура висмутовых активных центров (ВАЦ) полностью ассоциированы с физико-химическими особенностями сетки стекла. В частности, это проявилось в таких процессах, как фотообесцвечивание и термически активированное формирование ВАЦ. Физическая природа таких процессов оставалась малоизученной. Поэтому проведение систематических исследований фото- и термоиндуцированных процессов в висмутовых световодах представляется весьма актуальной задачей, направленной на получение новых научных знаний о механизмах формирования и деструкции активных центров в стеклообразных средах, а также поиском эффективных способов усовершенствования свойств активных висмутовых световодов с целью реализации эффективных волоконно-оптических устройств.

Диссертационная работа А.В. Харахордина состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 128 наименований. Общий объем диссертации составляет 139 страниц, включая 82 рисунка и 5 таблиц.

В введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе, содержащей обзор опубликованных ранее результатов по теме диссертации, рассмотрены основные оптические свойства висмутовых световодов с различным химическим составом стекла сердцевины, характеристики лазеров и усилителей на основе таких световодов,

предложенные ранее физические модели ВАЦ, а также оптические явления, которые являлись предметом научного исследования в рамках данной работы. Из анализа литературного обзора сформулирована основная задача исследования.

Во второй главе подробно описан технологический процесс изготовления преформ и вытяжки из них исследованных германосиликатных висмутовых световодов. Также приведены схемы экспериментальных установок и методология выполнения измерений абсорбционных и активных свойств висмутовых световодов, находящихся при комнатной температуре и нагретых до 600 °С.

В третьей главе представлены результаты детального исследования фотоиндуцированных процессов в висмутовых световодах при комнатной температуре. Основным результатом экспериментального исследования можно считать то, что в процессе воздействия лазерного излучения может происходить перманентное снижение интенсивности стоксовой и антистоксовой полос люминесценции, принадлежащих ВАЦ. Проведены подробные исследования механизма возникновения антистоксовой люминесценции.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния режимов температурной обработки (скорость нагрева, изотермический и изохронный отжиг, условия охлаждения) световодов на формирование ВАЦ и их свойства. Экспериментально показано, что температурная обработка изучаемых световодов может привести к повышению концентрации ВАЦ в более чем 3 раза. Однако замечено, что длительность термообработки приводит не только к росту концентрации ВАЦ, но и повышению уровня ненасыщаемых оптических потерь, связанных с неактивными формами висмута. Показано, что, используя оптимальные условия термообработки, можно улучшить генерационные свойства висмутовых световодов. Также были определены основные параметры термически индуцированного процесса формирования ВАЦ (энергия активации, скорость процесса и др.) благодаря использованию концепции демаркационной энергии. Отдельное внимание в данной главе было уделено исследованию влияния параметров (скорости и температуры) вытяжки на оптические свойства исследуемых световодов. Обнаружено существенное снижение ненасыщаемых потерь в висмутовых световодах, полученных при скоростях более 40 м/мин, что позволило создать на их основе лазеры с улучшенной эффективностью.

В пятой главе диссертации изложены результаты исследования эффекта фотообесцвечивания ВАЦ при повышенных температурах, вызванного излучением накачки. Получены динамические зависимости снижения

интенсивности полос поглощения и люминесценции ВАЦ от температуры тестового отрезка световода. Предложена модель наблюдаемого процесса, которая хорошо согласуется с полученными экспериментальными данными. Данная модель использовалась для оценки прогноза стабильности работы висмутовых лазеров, генерирующих около 1.7 мкм, при различных температурах активного световода. Показано, что выходные параметры висмутовых лазеров сохраняются стабильными при нагреве до 100°С на промежутке времени до 5000 часов.

В заключении перечислены наиболее важные результаты исследования.

Данная диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, что подтверждается 7 опубликованными статьями по теме диссертации в высокорейтинговых зарубежных и отечественных журналах. Достоверность полученных результатов подтверждается использованием хорошо известных и апробированных методов исследования световодов, созданием работающих оптических устройств.

Замечания по диссертационной работе следующие:

1) В Главе 5 не приведено исследование импульсного режима лазерного воздействия, в том числе в режиме синхронизации мод, на ВАЦ при термообработке световодов, что дало бы возможность оценить потенциал использования полученной активной среды, например, для генерации высокоэнергичных сверхкоротких импульсов.

2) В Главе 4 не приведено исследование времени жизни возросшей люминесценции ВАЦ при термообработке висмутовых волоконных световодов, а вывод о принадлежности их к долгоживущим ВАЦ сделан только на основе карты люминесценции.

3) В Главе 5 выбран непрерывный лазер с длиной волны генерации на 1550 нм при накачке мощностью до 1 Вт для проведения исследования о влиянии температуры и одновременной лазерного воздействия, хотя интересны такие же процессы фотообесцвечивания ВАЦ и на порядок большей интенсивности лазерного излучения, на которых сегодня возможно получение генерации на висмутовых активных волоконных световодах.

Все указанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Диссертация А.В. Харахордина является законченным научным исследованием, имеющим важное научное и прикладное значение. Автореферат и опубликованные работы полностью и точно отражают основные результаты диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Александра Васильевича Харахордина полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Ее автор, А.В. Харахордин, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

доцент кафедры РЛ-2
лазерные и оптико-электронные системы,
ФГБУО ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана
кандидат технических наук

Д. А. Дворецкий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 105005, Москва, 2-я Бауманская улица, дом 5, тел.: +7 (903) 783 8807, e-mail: ddvoretskiy@bmstu.ru

Подпись Дворецкого Д.А. удостоверяю

