

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Нания Олега Евгеньевича на диссертационную работу Хегая Александра Михайловича «Импульсные висмутовые волоконные лазеры, генерирующие в диапазоне 1,25-1,75 мкм», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Диссертация Хегая А.М. посвящена созданию и изучению работы импульсных лазеров на активных волоконных световодах, легированных висмутом. В рамках диссертации было проведено комплексное исследование свойств висмутовых световодов, с учетом их последующего использования в схемах генераторов и усилителей импульсного излучения. В частности были получены фосфоросиликатные световоды с висмутом, оптимизированные для работы лазеров с модуляцией добротности и синхронизации мод. На основе таких висмутовых световодов был реализован ряд импульсных лазеров, в том числе лазеры с пассивной синхронизацией мод, создаваемой при помощи нелинейного кольцевого зеркала или одностенных углеродных нанотрубок, а также лазер с активной акустооптической модуляцией добротности. Помимо этого в фосфоросиликатных световодах с висмутом были экспериментально измерены распределения активных центров по сердцевине и соответствующие спектры сечений поглощения и люминесценции.

Актуальность данной диссертационной работы обусловлена рабочим спектральным диапазоном, висмутовых волоконных световодов и импульсных лазеров, который с одной стороны труднодоступен для широко распространенных световодов на основе кварцевого стекла, легированного ионами редкоземельных элементов, с другой стороны, крайне востребован в сферах телекоммуникации, биофотоники, медицины и детектирования газов.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка используемой литературы. Во введении определены цели и задачи работы, обоснована актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит обзор литературных источников по теме диссертации. Приведена хронология разработки и исследования висмутовых активных световодов. Проанализированы оптические свойства таких волокон и устройств на их основе. Помимо этого в главе рассмотрены принципы работы лазеров с различными механизмами пассивной синхронизации мод и

активной модуляции добротности, задействованных в рамках диссертационного исследования.

Во второй главе описаны особенности технологии создания волоконных световодов, легированных висмутом, а также изложены экспериментальные методы и подходы, использованные для изучения свойств активных световодов, легированных висмутом, и характеристик импульсных режимов генерации.

Третья глава посвящена исследованию свойств фосфоросиликатных световодов с висмутом. Отдельное внимание уделено изучению зависимостей усиления и ненасыщаемых потерь от общей концентрации висмута. Показано, что с ростом содержания висмута в волокне ненасыщаемые потери растут по квадратичному закону, в то время как количество активных центров увеличивается линейно. В результате проведенного исследования был получен фосфоросиликатный световод, легированный висмутом, с максимальным известным коэффициентом погонного усиления, что важно при создании лазеров с синхронизацией мод.

В четвертой главе рассмотрены лазеры с пассивной синхронизацией мод, как с помощью схем, на основе керровской нелинейности, так и с использованием насыщаемого поглотителя. В качестве активной среды использовались фосфоросиликатные и высокогерманатные световоды с висмутом. Лазеры на фосфоросиликатных световодах с висмутом работали в режиме генерации диссипативных солитонов пикосекундной длительности, с характерной прямоугольной формой спектров импульсов. В рамках исследования схемы с синхронизацией мод на одностенных углеродных нанотрубках проведена оптимизация используемого активного световода, направленная на снижение общей длины резонатора лазера и улучшение стабильности генерации. Кроме того, автором показана возможность усиления полученных импульсов в волоконном усилителе, а также сжатие в решеточном компрессоре. В лазере на высокогерманатном световоде с висмутом была реализована схема резонатора типа восьмерка с нелинейным кольцевым зеркалом, генерирующая симиляритоны. С использованием численной модели на основе нелинейного уравнения Шредингера был изучен установившийся режим генерации в таком лазере. Результаты моделирования показали хорошее согласие с экспериментом.

В пятой главе представлены результаты исследования схемы лазера с активной модуляцией добротности с использованием акустооптического модулятора. В качестве активной среды лазера использовались фосфоросиликатные висмутовые световоды с различным уровнем

ненасыщаемых потерь. Следует отметить, что в такой лазерной схеме были получены предельные для исследуемых активных световодов значения энергии в импульсе. С использованием данных о предельных энергиях удалось рассчитать спектры сечений поглощения висмутовых активных центров, ассоциированных с фосфором.

В заключении изложены основные результаты, полученные автором диссертационной работы.

Данная диссертационная работа представляет интерес, как с фундаментальной, так и с практической точки зрения. В результате проведенного исследования была получена серия висмутовых световодов с параметрами, оптимизированными для использования в качестве активной среды импульсных лазеров, что, в частности, подтверждается рядом реализованных схем импульсных источников. Большим достоинством работы являются экспериментально измеренные распределения висмутовых активных центров и рассчитанные значения сечений поглощения в фосфоросиликатных световодах с висмутом, что может помочь в изучении природы висмутовых активных центров и необходимо для проведения расчетов свойств висмутовых лазеров и усилителей. Научная новизна и практическая значимость работы не вызывают сомнения.

Диссертация Хегая А.М. выполнена на хорошем научном уровне, оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Цели и задачи исследования достигнуты, а выводы соответствуют полученным результатам.

Среди недостатков работы можно отметить следующие:

1. В диссертационной работе рассмотрено влияние общей концентрации висмута на оптические свойства висмутовых волоконных световодов, также было бы интересно изучить влияние других параметров технологического процесса изготовления заготовок и вытяжки волокон на свойства таких световодов в целом и висмутовые активные центры в частности.
2. При описании лазеров с пассивной синхронизацией мод, отмечается, что при повышении мощности накачки наблюдается переключение генерации в многоимпульсный режим. Однако анализу причин и физической природы такой динамики висмутовых лазеров не уделено достаточного внимания.
3. В работе средняя концентрация висмута по сечению сердцевинки определялась по насыщению энергии импульса в световоде. На мой взгляд автору следовало бы более подробно очертить границы применимости данного метода.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Тема исследования соответствует специальности 01.04.21 – Лазерная физика. Автореферат соответствует содержанию и отражает структуру диссертации. Диссертационная работа Хегая А.М. на тему «Импульсные висмутовые волоконные лазеры, генерирующие в диапазоне 1,25-1,75 мкм» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 10.06.2017 г.)), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Хегай Александр Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Официальный оппонент:

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



О.Е. Наний

Декан Физического факультета
ФГБОУ ВО МГУ имени М. В. Ломоносова
доктор физико-математических наук
профессор



Н.Н. Сысоев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова)

119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1 стр. 2

тел.: +7 (495) 939-5981

e-mail: naniy@t8.ru