

ОТЗЫВ

официального оппонента Трикшева Антона Игоревича
на диссертационную работу Скворцова Михаила Игоревича
на тему:

**«ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ НА ОСНОВЕ
РЕГУЛЯРНОЙ И СЛУЧАЙНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
НА СТРУКТУРАХ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ
ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ПОТОЧЕЧНОЙ ЗАПИСИ»,**
представленную на соискание ученой степени кандидат физико-
математических наук по специальности 1.3.6 – «Оптика»

Диссертационная работа Скворцова Михаила Игоревича направлена на исследование возможностей улучшения технических характеристик эрбиевых волоконных лазеров с распределённой обратной связью (РОС-лазер) при использовании компонентов, изготовленных с применением поточечной фемтосекундной методики формирования регулярных и случайных структур показателя преломления.

Актуальность

Создание одночастотных РОС-лазеров потребовало проведения исследований, связанных как с поиском оптимальных параметров формирования как самих решеток методом поточечной фемтосекундной записи, так и выбор оптимальных схем резонаторов.

Современное развитие техники и технологий ставит задачу создания лазеров работающий в режиме генерации одной продольной моды и волоконные РОС-лазеры созданные и исследованные автором диссертации как раз являются хорошей альтернативой полупроводниковым лазерам. В такой постановке задачи исследование является актуальным и, безусловно, имеет как научную, так и практическую значимость.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация включает введение, три главы, заключение, благодарности, список сокращений и условных обозначений, а также список литературы. Объем работы составляет 139 страниц, содержащих 65 рисунков и 3 таблицы. Список литературы включает 163 источника.

Во введение обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и задачи работы, а также приводится научная новизна и практическая значимость проведённых исследований. Здесь также представлено краткое содержание каждой главы, перечислены публикации автора по теме диссертации и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена теоретическим аспектам резонатора РОС-лазера. В ней приводятся формулы для расчёта характеристик структуры, таких как спектральная ширина и коэффициенты отражения/пропускания. Описана методика моделирования оптического спектра резонатора, основанная на теории связанных мод. Проведено сравнение двух методов изготовления резонаторов: фемтосекундной поточечной записи и голографической технологии с использованием ультрафиолетового излучения. Также представлена общая схема РОС-лазера и рассмотрены способы управления его мощностью и спектром излучения.

Вторая глава посвящена изучению характеристик эрбиевых РОС-лазеров, резонаторы которых созданы с использованием фемтосекундной поточечной записи. Приводятся теоретические обоснования генерации одной поляризационной компоненты в лазере на основе 32-мм резонатора. Описано создание РОС-лазера с рекордно коротким резонатором длиной 5.3 мм, на базе высоколегированного композитного световода. В конце главы приведено сравнение РЧ спектров РОС-лазеров, резонаторы которых были созданы с использованием фемтосекундной и голографической методик.

Третья глава посвящена теоретическим оценкам мгновенной ширины линии РОС-лазера, к свободному концу резонатора которого подключена многокилометровая катушка одномодового волокна SMF-28, создающая случайную распределённую обратную связь (СРОС). Теоретические расчёты, подтверждённые экспериментально, показали, что в гибридной конфигурации возможно значительное сужение мгновенной ширины линии РОС-лазера. В качестве альтернативы длинной катушке предложена СРОС на основе искусственной случайной структуры, изготовленной с использованием фемтосекундной поточечной записи. Экспериментально было показано, что включение данной структуры в резонатор привело к сужению линии генерации в 7.5 раз на временных интервалах порядка 100 мксек. Кроме того, такая структура была применена в схемах с полуоткрытым и кольцевым резонаторами, где был достигнут режим одночастотной генерации. Показано,

что использование широкополосной СРОС упрощает перестройку длины волны генерации, что было продемонстрировано в схеме с полуоткрытым резонатором.

В заключении содержатся основные выводы и результаты проведенного исследования.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

Впервые создан и исследован волоконный РОС-лазер на основе ВБР с фазовым сдвигом, изготовленной методом фемтосекундной поточечной записи. Лазер с резонатором длиной 32 мм генерировал одну поляризационную моду без физического воздействия (скручивания) на длине волны 1550 нм.

Реализован РОС-лазер с рекордно коротким резонатором (5.3 мм), созданным методом фемтосекундной записи в высоколегированном эрбиевом световоде. Данный лазер представляет альтернативу РОС-лазерам с длиной резонатора на порядок больше с аналогичными спектральными и мощностными параметрами.

Предложен метод сужения линии генерации РОС-лазера до субгерцовых значений с использованием СРОС на основе рэлеевского рассеяния в многокилометровом волокне. Также экспериментально продемонстрировано сужение линии с искусственной СРОС, записанной поточечной фемтосекундной методикой.

Создан узкополосный эрбиевый лазер с полуоткрытым резонатором, где в качестве слабоотражающего зеркала использована 10 см искусственная СРОС с высоким уровнем обратного рассеяния (+40 дБ/мм). Реализован одночастотный режим генерации с шириной линии около 10 кГц и мощностью до ~3 мВт. Осуществлена перестройка длины волны в диапазоне 1533.4–1545 нм с помощью механического растяжения ВБР.

Реализован одночастотный эрбиевый лазер в кольцевой конфигурации с СРОС на основе искусственной структуры длиной около 4 м.

Общая оценка работы

Диссертационная работа М.И. Скворцова выполнена на высоком научном уровне и содержит новые результаты в области одночастотных волоконных лазеров. Защищаемые положения подтверждены экспериментально, а изложенные результаты опубликованы в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах.

Замечания по диссертационной работе:

1. Было дано объяснение в разности плотности структур для поляризационных компонент в случае 32 мм и 5 мм образцов (для одного резонатора более плотная медленная поляризационная компонента, в другом -быстрая). Но не понятно, с чем связано образование пустот в случае резонатора с длиной 5 мм?

2. Обзор литературы, касающийся сужения мог быть существенно расширен в том числе отечественными работами (например И. С. Паняев, П. А. Итрин, Д. А. Коробко, А. А. Фотиади, "Стабилизация узкополосной генерации полупроводникового РОС-лазера в схеме с самозахватом частоты на волокне с сохранением поляризации", Квантовая электроника, 53:10 (2023), 778–783 [Bull. Lebedev Physics Institute, 50:suppl. 13 (2023), S1440–S1448]).

3. Глава 3, п. 3.2.3. Схема с кольцевым резонатором. Чем обуславливался выбор диапазон в 40-50 см между областями с повышенным рассеянием?

4. Обратил внимание на то, что у большинства представленных в работе лазерах относительно небольшой дифференциальный КПД <1%. Было бы не плохо привести способы его повышения.

5. Спектры поглощения для композитного волокна представлены, а для большинства остальных представленных в работе активных волокон нет.

6. По тексту порой размерности улетают на следующую строчку.

Как пример на ст. 101.

«_____ Данная структура представляла из себя набор точечных отражателей с произвольным расстоянием между соседними областями модификации в интервале 10-30 мкм.»

7. Качество/способ отображения информации некоторых рисунков можно было сделать по лучше.

Пример:

рис. 1.25, 3.9, 3,10. Мелкий шрифт подписей линий/осей.

рис. 2.3. Неправильное отображение цвета линий.

Заключение

Приведенные замечания не влияют на полученные результаты и значимость диссертационной работы М.И. Скворцова. В работе представлены результаты оригинальных исследований, защищаемые положения подкреплены изложенным в работе материалом и логично из него вытекают, выводы представляются разумными и обоснованными.

Таким образом, диссертационная работа «Исследование волоконных лазеров на основе регулярной и случайной распределенной обратной связи на структурах, сформированных методом фемтосекундной поточечной записи» удовлетворяет необходимым требованиям, а Скворцов Михаил Игоревич заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – оптика.

Официальный оппонент:

Старший научный сотрудник
ОЛКиТЛ НЦЛМТ ИОФ РАН
к.ф.-м.н.

 Трикшев А.И.

Адрес: 119991 ГСП-1, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38

Тел.: +7 (499) 503-8734

e-mail: trikshev@kapella.gpi.ru

Специальность ВАК – 01.04.21 «Лазерная физика»

Заместитель директора по
научно-организационной работе



 Глушков В.В.

« 06 » 02 2025