

ОТЗЫВ

официального оппонента Наний Олега Евгеньевича
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 М.И. Скворцова посвящена исследованию 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. В работе были поставлены и решены задачи достижения одночастотного режима генерации РОС-лазеров без физического воздействия на резонатор, уменьшение физических размеров лазеров и уменьшение мгновенной ширины линии их излучения.

Актуальность

Компактные одночастотные волоконные лазеры в настоящее время широко используются в ряде приложений: от различных сенсорных применений до метрологии. Наиболее распространенной конфигурацией волоконного одночастотного лазера является РОС-лазер, резонатор которого формирует волоконная брэгговская решетка (ВБР) с фазовым сдвигом, изготовленная в активном волоконном световоде. Развитие методики фемтосекундной поточечной записи позволяет реализовать ВБР с уникальными характеристиками, поскольку изготовление решеток возможно в любых оптических волокнах, при этом, величина наведенного двулучепреломления в структуре ВБР на порядок превышает значение остаточного двулучепреломления в волокне. Возможность записи ВБР с фазовым сдвигом с применением фемтосекундной поточечной методики была продемонстрированы и ранее, но исследования характеристик РОС-лазеров с такими решетками ранее не проводились.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, благодарностей, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Полный объём диссертации составляет 139 страниц, включая 65 рисунков и 3 таблицы. Список литературы содержит 163 наименования.

Введение включает описание области исследований, обоснование актуальности работы, определение цели и задач, представление научной новизны и практической значимости исследований. Также приводится основное содержание по главам, информация о публикациях по теме диссертации и формулируются защищаемые положения.

В первой главе рассматриваются теоретические основы резонатора РОС-лазера: приводятся упрощенные выражения для характеристик структуры (спектральная ширина, коэффициенты отражения/пропускания), также описана методика, основанная на теории связанных мод, для моделирования оптического спектра резонатора. Приведено сравнение методики изготовления резонаторов с применением фемтосекундной поточечной записи с голографической методикой с использованием ультрафиолетового излучения. Представлена обобщенная схема РОС-лазера и описаны методы управления мощностью и спектром его излучения.

Вторая глава посвящена исследованию характеристик эрбиевых РОС-лазеров на основе резонаторов, реализованных с применением фемтосекундной поточечной методики записи. Теоретически обосновывается генерация единственной поляризационной компоненты лазером на основе 32-мм резонатора. Продемонстрирован РОС-лазер с рекордно коротким резонатором с физической длиной в 5.3 мм, записанным в высоколегированном композитном световоде. В конце главы приведено сравнение частотного состава излучения РОС-лазеров, резонаторы которых изготовлены с применением поточечной фемтосекундной методики и голографической с использованием УФ-излучения.

В третьей главе дана теоретическая оценка мгновенной ширины линии РОС-лазера, к свободному концу резонатора которого приварена многокилометровая катушка одномодового волокна SMF-28, формирующая случайную распределенную обратную связь (СРОС). Теоретические оценки, подтвержденные экспериментально, показали возможность сузить мгновенную ширину РОС-лазера в гибридной конфигурации на несколько порядков. В качестве альтернативы длинной катушке волокна SMF-28 предложена СРОС на искусственной случайной структуре, изготовленной с применением фемтосекундной поточечной методики. Данная структура была также приварена к свободному концу резонатора РОС-лазера, и с применением методики самогетеродинамирования было установлено, что ширина линии РОС-лазера в гибридной конфигурации сузилась в 7.5 раз на временах ~ 100 мксек. Изготовленная с применением фемтосекундной методики СРОС структура применялась, также, в схемах с полукруглым и кольцевым резонаторами, в которых был продемонстрирован режим одночастотной генерации. Показано, что применение широкополосной СРОС значительно упрощает реализацию перестройки длины волны генерации, что было продемонстрировано в схеме с полукруглым резонатором.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем: Впервые реализован и исследован волоконный РОС-лазер на основе ВБР с фазовым сдвигом в качестве резонатора, изготовленной с применением фемтосекундной поточечной методики в коммерческом световоде без сохранения поляризации. Данный лазер работал в одночастотном режиме (с единственной поляризационной модой) без физического воздействия на него. Реализован волоконный РОС-лазер с рекордно короткой длиной резонатора (5,3 мм), спектральные и мощностные характеристики которого соответствуют аналогичным параметрам РОС-лазеров с длиной резонатора на порядок больше.

Предложен и экспериментально реализован метод сужения мгновенной ширины линии генерации РОС-лазера до субгерцовых значений с применением дополнительной СРОС на основе рэлеевского рассеяния в многокилометровой катушке одномодового волоконного световода. Продемонстрирована возможность сужения линии с использованием СРОС на основе отражения от искусственной случайной структуры, записанной поточечной фемтосекундной методикой.

Реализован узкополосный эрбиевый лазер с полуоткрытым резонатором, где в качестве слабоотражающего распределенного зеркала впервые использовалась СРОС на основе искусственной случайной рэлеевской структуры, изготовленной с помощью поточечной фс методики. В совокупности с механическим растяжением ВБР для данной схемы получена перестройка длины волны узкополосной генерации.

Реализован одночастотный эрбиевый лазер в кольцевой конфигурации, где в резонатор была включена СРОС на основе искусственной случайной рэлеевской структуры. Для данного лазера был получен одночастотный режим во всем диапазоне генерации.

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. Для оценки мгновенной ширины линии РОС-лазера величина спектральной плотности спонтанного излучения в полосе излучения лазера принята равной ~ 0.5 пВт/пм (стр. 91). Как было получено это значение, на

сколько оно отличается от полностью теоретического значения и как это отличие влияет на оценку мгновенной ширины линии?

2. В работе отмечено, что СРОС обладает низкими потерями, но не дано количественное сравнение потерь с аналогичными структурами, реализованными при другом режиме записи.

3. Ширина полосы узкополосного эрбиевого лазера с СРОС для мощностей до ~3 мВт приведена в килогерцах, а для мощностей до 100 мВт ширина линии приведена в пикометрах. Удобнее сравнивать характеристики, приведенные в одинаковых единицах.

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:

профессор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
д.ф.-м.н.



Наний О.Е.

29.01.2025

Адрес: 119991, Москва,

Ленинские горы, д.1, физический факультет

Тел.: 8 499 131-03-48

e-mail: naniy@t8.ru

Специальность ВАК – 01.04.21 «Лазерная физика»

Подпись Наний О.Е. удостоверяю:

Ведущий специалист
по кадрам

Королевская Р.М.

