

ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Лобача Ивана Александровича “Генерация узкополосного перестраиваемого излучения в волоконных лазерах с динамической распределенной обратной связью”, представленную к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.19 – «Лазерная физика»

Диссертация Лобача И.А. посвящена исследованию возможностей генерации узкополосного перестраиваемого излучения в волоконных лазерах с динамической распределенной обратной связью (РОС) в спектральном диапазоне от 1 до 2.1 мкм. Данное направление исследований является актуальным в связи с тем, что благодаря своим уникальным характеристикам волоконные лазеры находят все новые области применения, а создание более простых схем перестраиваемых лазеров, обладающих узкой линией генерации, повышает их доступность. Схемы волоконных лазеров с динамической РОС позволяют генерировать излучение с пассивной перестройкой оптической частоты/длины волны в диапазоне 10-20 нм, что становится востребованным для создания доступных волоконных сенсорных систем. Для достижения прикладного результата необходимо решить ряд задач фундаментального характера: измерить спектр в режиме генерации микросекундных импульсов, сопровождающихся перестройкой оптической частоты; построить модель, адекватно описывающую изменение спектра генерации, а также определить механизм селекции одной продольной моды и пассивной перестройки оптической частоты; проверить правомерность предложенных гипотез на примере волоконных лазерных сред, легированных различными активными элементами; продемонстрировать возможность практического использования разработанных лазеров. Диссертационная работа Лобача И.А. представляет собой комплексное экспериментальное исследование основных процессов, происходящих при генерации узкополосного излучения волоконных лазеров с перестройкой оптической частоты, которое позволило сделать прорыв в данном научном направлении и впервые получить на разных длинах волн (1,0-2,1 мкм) последовательную генерацию продольных мод в волоконных лазерах с пассивной перестройкой за счет использования динамической РОС.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Полный объем диссертации превышает 290 страниц. Список цитируемой литературы составляет 307 наименований.

Во введении описана исследуемая область науки и выполнен обзор публикаций по теме, на основе которого сформулированы цели и задачи работы. В конце введения приведены краткое содержание диссертационной работы, научная новизна, практическая значимость и защищаемые положения.

Первая глава является обзорно-методической: она посвящена описанию как общих основ физики и техники волоконных лазеров, так и конкретных методов и схем, используемых в работе. В частности, здесь рассмотрены физические факторы, определяющие спектральный состав генерируемого излучения, методы теоретического описания генерации излучения с динамической РОС и методы экспериментального исследования лазеров с динамической РОС.

Во второй главе приведены основные экспериментальные результаты, полученные при исследовании иттербиевого лазера с динамической РОС, которые сами по себе во многом явились результатом отработки методик измерений характеристик лазеров с генерацией микросекундных импульсов и динамически изменяющимся спектром. В главе демонстрируется получение режима последовательной генерации единичных продольных мод (так называемых модовых импульсов). Показано, что регулярные смещения центра линии таких лазеров, вызванные изменением уровня инверсии при генерации модовых импульсов, не превышают 1 МГц. Следует отметить, что именно результаты этой главы использовались при построении теоретической модели.

В третьей главе описано применение знаний, полученных при исследовании иттербиевых лазеров с динамической РОС и саимоиндуцированной перестройкой оптической частоты, к висмутовому волоконному лазеру. В висмутовых лазерах из-за низкой степени легирования используются длинные волокна, что позволило продемонстрировать перестройку с рекордно малым для лазеров на основе динамической РОС шагом частоты.

Четвертая глава посвящена описанию тулиевых и гольмиевых лазеров на основе динамической РОС. Для тулиевого лазера в этой главе не только продемонстрирован большой диапазон самоиндуцированного сканирования (26 нм), но также и возможность смены направления сканирования и даже остановки сканирования путем управления мощностью накачки. Спектр генерации гольмиевых лазеров приходится на границу рабочего диапазона кварцевых волокон (~2.1 мкм), где даже в метровых отрезках пассивных волокон возникают заметные потери. Режим одночастотного самоиндуцированного сканирования в гольмиевых лазерах продемонстрировать не удалось, но впервые показано, что для уменьшения тепловой нагрузки и получения стабильного сканирования достаточно использовать водяное охлаждение активного волокна.

Пятая глава посвящена описанию различных вариантов применения лазеров на основе динамической РОС. Возможные применения включают не только обычные измерения спектров пропускания волоконных брэгговских решеток или атмосферы, но и измерения спектров генерации лазеров, а также распределенные рефлектометрические измерения частотной области.

В заключении перечислены результаты и выводы, полученные автором диссертации. В качестве наиболее значимых результатов следует отметить следующие:

- Экспериментальная демонстрация самосканирования оптической частоты с последовательной генерацией одиночных продольных мод в иттербиевом, тулиевом и висмутовом лазерах.
- Экспериментальная демонстрация того, что оптимизация положения активного волокна в линейном резонаторе волоконного лазера с динамической РОС обеспечивает переход в режим одночастотного самосканирования частоты, а частотный сдвиг в пределах длительности генерации одиночного модового импульса не превышает 1 МГц.
- Демонстрация применения волоконного лазера с динамической РОС для распределенных измерений температуры в обычном оптическом волокне с сохранением поляризации с температурным разрешением 1 °С и пространственным разрешением 4 см.

В приложении представлена аналитическая модель, описывающая процесс смены генерации продольных мод в лазерах на основе динамической РОС, полученная при плотном сотрудничестве с член-корр. РАН, д.ф.-м.н. Подивиловым Е.В.

Научная значимость работы заключается в изучении и обобщении широкого класса вопросов, касающихся исследования селекции частоты и формирования спектра генерации в волоконных лазерах с самоиндуцированной перестройкой оптической частоты. В работе сделан серьезный вклад в формирование фундаментальных основ физики волоконных лазеров, а полученные режимы генерации представляют большой практический интерес для сенсорных применений.

Содержание диссертационной работы соответствует указанной специальности, а автореферат полностью отражает ее содержание. По материалам диссертации автором опубликована 21 статья в ведущих профильных российских и зарубежных рецензируемых журналах. Результаты докладывались на многочисленных российских и международных конференциях и получили хорошее цитирование в работах других авторов.

Таким образом, диссертация Лобача Ивана Александровича является законченной научной работой, в которой проведено всестороннее исследование и обобщение вопросов генерации узкополосного перестраиваемого излучения в волоконных лазерах с динамической распределенной обратной связью. По объему и уровню проведенных исследований, научной новизне результатов, их научной и практической значимости диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Лобач И.А. заслуживает

присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.19
– «Лазерная физика».

Заведующий лабораторией

оптических сенсорных систем ИАиЭ СО РАН,

профессор РАН, д. ф.-м. н.

Каблуков С.И.

Подпись Каблукова Сергея Ивановича удостоверяю:

Ученый секретарь ИАиЭ СО РАН

к.ф.-м.н.



Иваненко А.В.

29 » июня 2026 г.