

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Поддубровского Никиты Романовича
«Разработка и применение эрбиевых непрерывных одночастотных
самосканирующих лазеров»,

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика

Актуальность и новизна темы исследования

Развитие волоконной оптики приводит к необходимости разработки узкополосных и перестраиваемых источников лазерного излучения, которые находят свое применение в различных практических задачах. По этой причине, изучение новых подходов, упрощающих получение одночастотной генерации с возможностью перестройки длины волны, оказывается актуальной научно-технической задачей.

Новизна темы диссертации состоит в проведении детального исследования относительно нового и неизученного типа волоконных лазеров – а именно, одночастотных самосканирующих лазеров с непрерывной динамикой интенсивности. В более ранних исследованиях были уже изучены импульсные самосканирующие лазеры, позволяющие обеспечить пассивную перестройку длины волны без внешнего управления, в которых наблюдалась генерация импульсов микросекундной длительности с длительными периодами тишины. Однако, в данном исследовании впервые детально изучены самосканирующие лазеры, генерирующие излучение без выраженных периодов тишины – самосканирующие лазеры с непрерывной динамикой интенсивности. Подобные лазеры обладают главным преимуществом самосканирующих лазеров – они обеспечивают пассивную перестройку длины волны – и при этом позволяют обеспечивать длительное накопление полезного сигнала.

Актуальность диссертационной работы обусловлена востребованностью узкополосных перестраиваемых волоконных лазеров в различных приложениях, включающих сенсорику, метрологию, телекоммуникации и так далее. Поскольку ранее уже были показаны практические приложения самосканирующих лазеров, генерирующих микросекундные импульсы, можно ожидать, что разрабатываемые непрерывные самосканирующие лазеры также окажутся полезными. При этом высокий интерес приобретает установление физических принципов, лежащих в основе режима непрерывного самосканирования и проведение анализа свойств непрерывных самосканирующих лазеров, а также создание задела для их дальнейшего практического использования.

Общая характеристика работы

Диссертация хорошо структурирована, должным образом оформлена и проиллюстрирована. Общий объем работы составляет 139 страниц, включая 53 рисунка и 2 таблицы. Список литературы содержит 149 наименований. Структурно диссертация состоит из четырех глав (включая введение) заключения, списка публикаций и списка литературы.

В первой главе – введении – представлен детальный литературный обзор, посвященный подходам обеспечения одночастотной и перестраиваемой лазерной генерации. Описаны основные особенности узкополосной спектральной селекции в волоконных лазерах. Обозначены предпосылки возможности получения режима одночастотного непрерывного самосканирования. Сформулированы цель, задачи, актуальность, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

Во второй главе представлено теоретическое описание спектральной селекции на основе динамических решеток поглощения и усиления. Представлено описание классических методов исследования свойств одночастотного излучения, которые используются в дальнейшей работе. Предложен и описан метод декомпозиции продольных мод, позволяющий анализировать эволюцию отдельных продольных мод самосканирующего лазера.

В третьей главе представлены результаты, посвященные разработке и исследованию непрерывных самосканирующих лазеров. Проведен анализ излучения иттербиевого непрерывного самосканирующего лазера. Представлены результаты, посвященные первой демонстрации эрбиевого одночастотного непрерывного самосканирующего лазера. Проведен анализ свойств излучения, который позволил установить, что генерация при непрерывном самосканировании состоит из набора перекрывающихся одночастотных импульсов прямоугольной формы и миллисекундной длительности. В главе также представлено описание физического механизма, который делает возможным режим непрерывного самосканирования.

В четвертой главе представлены три практических приложения разработанного эрбиевого непрерывного одночастотного самосканирующего лазера. Показана генерация перестраиваемого излучения терагерцового диапазона. Далее показано, что в схеме когерентного оптического частотного рефлектометра за счет проведения длительного накопления сигнала на каждой частоте оказывается возможным существенно улучшить отношение сигнал/шум. Продемонстрированы распределенные измерения температуры в схеме бриллюэновского анализатора на основе разработанного лазера.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

К наиболее значимым результатам, обладающим научной новизной, могут быть отнесены следующие моменты:

- проведен высокоразрешающий анализ модовой динамики непрерывного одночастотного самосканирующего лазера;
- продемонстрирован режим непрерывного одночастотного сканирования в эрбиевом лазере;
- показано использование непрерывных одночастотных самосканирующих лазеров в ряде практических приложений.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Результаты проведенных исследований являются достоверными, поскольку получены с использованием апробированных экспериментальных методов и хорошо согласуются с известными литературными данными.

Практическая значимость диссертационной работы

Полученные результаты значительно углубляют понимание режима непрерывного одночастотного самосканирования, а также показывают возможность использования непрерывных одночастотных самосканирующих лазеров в различных сенсорных приложениях.

Публикации, отражающие основное содержание диссертационной работы

По теме диссертации опубликованы 6 статей в рецензируемых зарубежных научных журналах, среди которых следует отметить публикации в журналах Optics Letters и Optics & Laser Technology, относящихся к первому квартилю. Основные положения диссертационной работы докладывались на ряде всероссийских и международных конференций.

В целом, диссертационная работа является законченным исследованием, выполненном на высоком научном уровне. Диссертация хорошо и логично написана, автореферат достаточно полно отражает ее содержание. Собран большой объем экспериментальных исследований, который позволил получить новые практически значимые результаты. Также создан задел для дальнейших исследований.

Отмечая высокий уровень работы, тем не менее, необходимо сформулировать несколько замечаний - вопросов, которые могут быть разрешены диссертантом непосредственно на защите:

- В определенной степени название диссертации не соответствует ее содержанию. Название диссертации звучит как «Разработка и применение эрбиевых непрерывных одночастотных самосканирующих лазеров». Однако, значительная часть третьей главы посвящена экспериментальному исследованию иттербиевого лазера. Эта частичное несоответствие требует объяснения.

- Вопросы вызывает схема и, частично, описание работы иттербиевого лазера, представленная на рис. 3.2. В каком направлении осуществляется накачка иттербиевого усилителя в кольце от лазерного диода? Нет ли несогласованности между направлением распространения излучения в циркуляторе и положением выходного волокна в разветвителе? О каком излучении идет речь в начале описания работы схемы? Также в описании лазера не указана явно фундаментальная частота резонатора.

- В работе метод гомодинного детектирования используется для оценки чирпа частоты и ширины линии генерации лазера. Обычно при измерении ширины линии в одночастотных лазерах осуществляют ее декомпозицию на гауссовскую и лоренцевскую составляющие. В этих терминах в работе оценена гауссовская составляющая ширины линии. Что можно сказать о лоренцевской составляющей в данном случае? Применимо ли это понятие для самосканирующих одночастотных лазеров? Может ли метод гомодинного детектирования дать ее оценку?

- Важными характеристиками непрерывных одночастотных лазеров являются амплитудный и фазовый шум. Могут ли подобные характеристики быть применены к самосканирующим непрерывным лазерам? Какие характеристики самосканирующих непрерывных лазеров могут быть использованы для описания его шумовых свойств?

- На рисунке 3.10 представлены различные режимы работы лазера. Какие из этих режимов представляют наибольший интерес для потенциальных приложений лазера. Что нужно сделать, чтобы улучшить характеристики лазера для этих приложений?

– В одном из защищаемых положений зафиксирована длина линии бриллюэновского распределенного датчика 24.9 км. А в таблице сравнения на стр. 119 указана длина датчика 100 км. Поясните эту разницу в цифрах. И еще, самосканирующий лазер обеспечивает дискретизацию по частоте на уровне десяти МГц. Не является ли этот шаг дискретизации слишком грубым для реальных приложений? Сколько времени занимает опрос волокна в полном диапазоне сканирования частоты?

– В работе никак не сравниваются разработанные схемы опроса датчиков с коммерческими аналогами. Было бы уместным привести пример того, насколько (при решении одной и той же задачи) коммерческое устройство оказывается сложнее, чем устройство, предложенное автором. В чем состоит выигрыш предложенных решений?

– Текст диссертации содержит небольшое количество опечаток, не влияющих на понимание смысла прочитанного.

Перечисленные вопросы носят скорее дискуссионный характер, не умаляют значимости полученных результатов и не снижают общий высокий научный уровень работы.

Заключение

Диссертационная работа «Разработка и применение эрбиевых непрерывных одночастотных самосканирующих лазеров» полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Поддубровский Никита Романович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник
Ульяновского государственного университета
кандидат физико-математических наук
(специальность 01.04.10. – физика твердого тела)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный университет»

Адрес: 432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, дом 42

Тел.: +7-925-7132303, электронный адрес andrei.fotiadi@gmail.com

Выражаю согласие на обработку моих персональных
данных, связанных с защитой диссертации



Подпись кандидата физ.-мат. наук
А. А. Фотиади заверяю
Ученый секретарь УлГУ
кандидат педагогических наук



Фотиади Андрей Александрович

2 декабря 2024 года

Литвинко Ольга Александровна