

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Донцовой Екатерины Игоревны
«Непрерывная генерация излучения с длиной волны менее 1 мкм
с использованием основной и второй гармоники волоконного
ВКР-лазера» по специальности 01.04.05 «Оптика» на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук.

1. Актуальность темы диссертации

определяется требованиями к непрерывным лазерным источникам видимого диапазона для применения в биомедицинских исследованиях, спектроскопии и сенсорных системах. Более того, во многих случаях требуется применение низкокогерентных лазеров с высокой яркостью генерируемого излучения и возможностью излучения в широкой области спектра.

Однако возможность создания волоконных, твердотельных и полупроводниковых лазеров, излучающих в видимой области спектра, сильно ограничена, а параметрические генераторы света являются слишком дорогими и сложными приборами для широкого применения. Поэтому актуальность темы исследования ВКР лазеров, предлагаемая в работе Е.И. Донцовой, не вызывает сомнений.

2. Новизна результатов

Научная новизна работы определяется тем, что в ней:

- Впервые продемонстрирована возможность создания волоконных лазерных ВКР-источников излучения с прямой накачкой многомодовым полупроводниковым лазером (лазерным диодом) с длиной волны излучения 938 нм. При этом лазер на основе волокна с градиентным профилем изменения показателя преломления был исследован при разных конфигурациях резонатора. Показано, что в градиентном волокне эффект уменьшения расходимости излучения генерации по сравнению с излучением накачки проявляется сильнее для схемы ВКР-лазера со случайно распределённой обратной связью (СРОС-конфигурация).
- Впервые получена генерация второй гармоники излучения непрерывного СРОС ВКР-лазера в кристалле PPLN. Проведено сравнение эффективности удвоения частоты СРОС ВКР-лазера и аналогичного ВКР-лазера с локальными отражателями в резонаторе той же длины.
- Впервые получена и исследована генерация непрерывного излучения сине-зелёного диапазона при удвоении частоты в полностью волоконной схеме с использованием волокна с периодически наведённой квадратичной нелинейностью.

3. Практическая значимость диссертации определяется тем, что

- Создание непрерывных волоконных ВКР-лазеров с прямой многомодовой накачкой и градиентным волокном приводит к высокой яркости источников излучения и предоставляет возможность выбора длины волны источника в субмикронной спектральной области.
- Оптическая схема с прямой накачкой многомодовыми лазерными диодами позволяет упростить конструкцию лазера, а также использовать длины волн накачки вне диапазона генерации иттербиевых лазеров, что позволяет получить новые длины волн генерации.
- Реализованный полностью волоконный лазер с излучением в синезелёной области видимого спектра на основе волокна с наведённой нелинейностью может служить источником излучения в системах проточной цитометрии, спектроскопии, прочих применениях, требующих селективного воздействия излучением небольшой мощности.

4. Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из списка сокращений и условных обозначений, введения, трёх глав, заключения, списка цитируемой литературы и списка публикаций автора по теме диссертации. Диссертация изложена на 105 страницах текста, содержит 43 рисунка. Список цитируемой литературы содержит 96 наименований.

Введение посвящено анализу литературы и описанию области исследований. На основании этого обзора сформулированы цели и задачи работы, и защищаемые положения. В этой части диссертации определяется актуальность и практическая значимость работы, приводятся защищаемые положения, информация о публикациях по теме диссертации и список конференций, на которых представлялись результаты исследований по теме диссертации.

Первая глава диссертации посвящена описанию экспериментальной техники, использованной при выполнении работы. Рассматриваются оптические компоненты, схемы волоконных лазеров на основе легированных и нелегированных волокон, способы организации обратной связи в резонаторе волоконного лазера. Отдельно анализируются методы удвоения частоты волоконных лазеров, работающих в ближнем ИК диапазоне, с целью создания источников видимого излучения.

Во второй главе описаны исследования характеристик волоконных ВКР-лазеров. Представлено несколько оптических схем, отличающихся способами создания обратной связи. Вначале рассмотрены две конфигурации полуоткрытого резонатора со случайно распределённой обратной связью (СРОС). В одной схеме роль глухого зеркала выполняет

узкополосная волоконная брэгговская решётка (ВБР), в другой – широкополосное зеркало Саньяка. Далее рассмотрен вариант резонатора с двумя отражательными элементами – ВБР (выходное зеркало) и зеркало Саньяка.

Проведено сравнение мощностных и спектральных характеристик представленных ВКР-лазеров.

Представлены результаты первой экспериментальной демонстрации непрерывного ВКР-лазера с длиной волны генерации 980 нм на основе градиентного волокна с прямой диодной накачкой длиной волны 938 нм и резонатором, образованным ВБР с высоким коэффициентом отражения и френелевским отражением от прямого торца волокна. Также приведены результаты исследования схемы в СРОС-конфигурации при замене прямого торца волокна на скошенный.

Третья глава посвящена описанию исследований по генерации второй гармоники непрерывных волоконных лазеров в видимой области спектра. Этот метод рассматривается в качестве одного из наиболее перспективных способов создания источников излучения видимого диапазона.

Исследования проводились как для ВКР-лазеров с накачкой иттербиевым волоконным лазером и удвоением частоты в нелинейном кристалле MgO:PPLN, так и с использованием волокна с периодически наведённой квадратичной нелинейностью в качестве удвоителя частоты.

Получена генерация второй гармоники (в красной области спектра) в однопроходной схеме волоконного лазера с ВКР-усилением и локальными отражательными элементами, а также волоконного СРОС-лазера с ВКР-усилением.

Эксперименты по генерации второй гармоники в сине-зелёной области (около 515 нм) проведены с кристаллом КТР и образцами волокна с периодически наведённой квадратичной нелинейностью. Большая спектральная ширина синхронизма кристалла КТР с оптимизированной геометрией и использование перестраиваемого волоконного лазера позволяют получить перестраиваемый источник излучения видимого диапазона с длинами волн излучения 509-520 нм.

В случае небольшой выходной мощности, созданный полностью волоконный источник сине-зеленого диапазона является альтернативой существующим лазерам с объёмной оптикой.

Таким образом, можно выделить следующие наиболее значимые результаты работы:

1. В работе получена непрерывная генерация на длине волны 980 нм волоконных ВКР-лазеров с прямой многомодовой диодной накачкой как в конфигурации с локальными отражательными элементами, так и в схеме со случайно распределённой обратной связью, обусловленной рэлеевским рассеянием.

2. Впервые реализовано удвоение частоты одномодового волоконного ВКР-лазера со случайно распределённой обратной связью на рэлеевском рассеянии в кристалле MgO:PPLN. Показано, что более узкий спектр генерации СРОС ВКР-лазера позволяет получить большую мощность излучения второй гармоники.

3. Впервые проведено исследование генерации второй гармоники в волокне с периодически наведённой квадратичной нелинейностью, помещённом во внешний волоконный резонатор, что привело к увеличению мощности второй гармоники примерно в 2 раза по сравнению с однопроходной схемой. Показано, что коэффициент увеличения мощности в резонаторе ограничен высоким уровнем потерь нелинейного волокна для основного излучения.

5. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа представляет целостное исследование. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации Е.И. Донцовой, являются обоснованными. Достоверность выводов и рекомендаций обсуждается автором в тексте диссертации, подтверждается их сравнением с известными из литературы теоретическими и экспериментальными результатами. Новизна научных положений, сформулированных автором, не вызывает сомнений.

6. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основные результаты диссертации изложены в 17 публикациях, в том числе 5 статей в научных журналах, которые включены в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций. В публикациях достаточно полно отражены главные результаты диссертации.

7. Автореферат

Автореферат полностью соответствует диссертации и опубликованным по ней работам.

8. Замечания по работе

По работе и тексту диссертации можно сделать следующее замечание:

- при описании наблюдаемого в эксперименте эффекта уменьшения расходимости излучения ВКР-лазера по сравнению с излучением накачки (Глава 2) следовало бы более четко описать методику измерения расходимости.

Тем не менее, указанное замечание не снижает общей положительной оценки диссертационной работы.

9. Заключение

Диссертация Е.И. Донцовой является законченным исследованием, выводы основаны на большом и достоверном экспериментальном материале. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, хорошо обоснованы, обладают научной новизной и представляют как научную, так и практическую ценность. Сочетание научной новизны, достоверности результатов и практической значимости позволяет заключить, что диссертация Е.И. Донцовой представляет собой законченную научно-квалификационную работу и отвечает критериям, установленным в п. 9-11, 13-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Донцова Екатерина Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 «Оптика».

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией активных
сред твердотельных лазеров
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института общей физики им. А.М.
Прохорова РАН (ИОФ РАН)

В.Б. Цветков

ФИО: Цветков Владимир Борисович
Почтовый адрес:
119991, Москва, ул. Вавилова, 38
Рабочий телефон: +7(499)503-8274
E-mail: tsvetkov@lsk.gpi.ru

Подпись В.Б. Цветкова заверяю:
Ученый секретарь ИОФ РАН



С.Н.Андреев