

## О Т З Ы В

официального оппонента доктора физико-математических наук Куркова Андрея Семеновича на диссертацию Каблукова Сергея Ивановича «Нелинейное преобразование спектра генерации перестраиваемых волоконных лазеров», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Волоконные лазеры являются одной из самых быстроразвивающихся областей современной лазерной физики и оптики. К достоинствам волоконных лазеров относятся их компактность, слабое влияние термических эффектов, отсутствие оптико-механических узлов в схеме лазера и пр. В то же время, диапазон генерации волоконных лазеров ограничен длинами волн, соответствующих оптическим переходам используемых редкоземельных примесей. Поэтому, разработка и исследование методов эффективного нелинейного преобразования частоты генерации волоконных лазеров представляют несомненную актуальность, так как позволяют создавать компактные источники как на любой длине волны ближнего ИК-диапазона, так и в видимой области.

Практическая ценность работы состоит в том, что в результате проведенных исследований появляется возможность разработки коммерчески доступных излучателей видимого и ближнего ИК-диапазона на основе волоконных лазеров. В свою очередь, такие излучатели могут найти самые различные применения, например, в медицине, спектроскопии, оптических датчиках, астрофизике и пр. Особую ценность придает работе тот факт, что в качестве задающих генераторов используются лазеры с плавной перестройкой длины волны излучения.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитируемой литературы, а также списка обозначений и сокращений. Работа изложена на 263 страницах текста, содержит 100 рисунков и 2 таблицы. Список литературы имеет 297 наименований.

Во введении сформулированы цели работы, и защищаемые положения, приведен обзор публикаций, и изложено основное содержание материала по главам. Первая глава диссертации посвящена принципам построения волоконных лазеров. Также обсуждается насыщение усиления и расчёт мощности генерации двух типов

волоконных лазеров, на основе волокон, легированных ионами иттербия и процесса вынужденного комбинационного рассеяния, соответственно. Описывается процедура записи фотоиндуцированных брэгговских решеток в пассивных волокнах и приводятся характерные параметры решёток, использованных в качестве зеркал волоконных лазеров.

Во второй главе проведено исследование формы и ширины спектра генерации, а также способам перестройки частоты в иттербиевых волоконных лазерах. Показано, что спектр генерации иттербиевого волоконного лазера с волоконными брэгговскими решётками имеет форму гиперболического секанса. Исследован эффект самосканирования частоты генерации. Продемонстрирована плавная перестройка длины волны излучения иттербиевого волоконного лазера в широких пределах.

Третья глава посвящена вопросам удвоения частоты перестраиваемых иттербиевых лазеров. Рассмотрены различные схемы удвоения. В частности, рассматриваются особенности оптической схемы резонатора для внутррезонаторной генерации второй гармоники, позволяющие возвращать обратно в резонатор параллельные лучи основного излучения, сформированные на выходе кристалла из-за эффекта сноса. Показано, что применение внутррезонаторной схемы позволяет резко увеличить эффективность преобразования.

В четвертой главе диссертации рассматриваются ВКР-лазеры на основе волокна с фосфорсиликатной сердцевиной. Продемонстрирована перестройка длины волны ВКР-лазера за счет использования перестраиваемого иттербиевого лазера. Исследована форма спектра излучения ВКР-лазера. Реализованы источники излучения красной области спектра, полученные при удвоении частоты излучения ВКР-лазера.

Пятая глава посвящена вопросам параметрического преобразования частоты при накачке перестраиваемыми волоконными лазерами. Изложены основные уравнения четырёхволнового смешения и методы получения синхронизма в одномодовых волокнах, приводятся результаты измерения кривых синхронизма в волокне с сохранением поляризации. В главе экспериментально продемонстрирована генерация антистоксовой волны с эффективностью 15% по отношению к мощности стоксовой компоненты поступающей на вход волоконного световода при величине частотной отстройки 16 ТГц. Такая относительно высокая эффективность позволила

впоследствии отказаться от необходимости использования стоксовой волны и создать однорезонаторный параметрический генератор.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

К наиболее значительным результатам работы следует отнести:

- эффективную перестройку длины волны иттербиевого волоконного лазера в диапазоне больше 45 нм, а также реализацию ВКР лазера с перестройкой длины волны излучения около 50 нм.
- исследование и объяснение режима самосканирования частоты
- увеличение эффективности генерации второй гармоники иттербиевого волоконного лазера во внутррезонаторной схеме в 4-8 раз по сравнению с внерезонаторной схемой.
- Продемонстрирована непрерывная генерация параметрического преобразователя в области 0.92–1.01 мкм с дифференциальной эффективностью до 18% и выходной мощностью на уровне сотен милливольт.

В целом, диссертационная работа является законченным научным исследованием, выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровне, достоверность и значимость полученных результатов не вызывает сомнений. Совокупность полученных результатов может рассматриваться как решение крупной научной проблемы, имеющей важное научное и прикладное значение. Результаты, полученные в диссертации, опубликованы в ведущих журналах и представлялись на международных и российских конференциях, что подтверждает высокий уровень представленной работы. Все указанные в диссертации результаты получены автором лично либо под его научным руководством.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

В то же время можно отметить ряд недостатков работы, а именно:

- В защищаемых положениях утверждается, что «значительно большая величина дисперсии в ВКР-лазере приводит к нелинейному характеру уширения спектра с ростом мощности генерации». Наверное, было бы правильным указать на большую длину резонатора ВКР-лазера.

