



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИАиЭ СО РАН
академик РАН

Шалагин Анатолий Михайлович

2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматки и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН)

Диссертация «Нелинейное преобразование спектра генерации перестраиваемых волоконных лазеров» выполнена в лаборатории волоконной оптики ИАиЭ СО РАН.

В период подготовки соискатель Каблуков Сергей Иванович работал в ИАиЭ СО РАН в должности старшего научного сотрудника.

В 1994 году окончил с отличием Новосибирский государственный университет по специальности Физика.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук защитил в совете, созданном при ИАиЭ СО РАН, по специальности 01.04.05 Оптика.

Научный консультант – член-корреспондент РАН Бабин Сергей Алексеевич работает заместителем директора по научной работе в ИАиЭ СО РАН.

По результатам рассмотрения диссертации «Нелинейное преобразование спектра генерации перестраиваемых волоконных лазеров» принято следующее заключение:

1. Научные результаты исследований на диссертационную тему: «Нелинейное преобразование спектра генерации перестраиваемых волоконных лазеров» получены автором лично во время его работы в тематической группе оптоволоконных лазерных систем и лаборатории волоконной оптики ИАиЭ СО РАН, а также в Университете Астон, Бирмингем.
2. Результаты, полученные автором, достоверны, работа содержит обоснованную доказательную научную базу. Свыше 20 научных работ, опубликованных по результатам диссертации, прошли научное рецензирование в журналах.
3. Актуальность темы диссертационной работы обусловлена важностью создания эффективных источников излучения для проточной цитометрии и конфокальной микроскопии, а также для спектроскопии комбинационного рассеяния и классической лазерной спектроскопии. Волоконные лазеры уже продемонстрировали высокие эксплуатационные характеристики. Основной целью работы стало расширение рабочего

диапазона перестраиваемых волоконных лазерных источников, в первую очередь, иттербиевого волоконного лазера (ИВЛ), за счёт использования нелинейных оптических явлений и экспериментальное исследование этих процессов с целью повышения эффективности нелинейного преобразования волоконных лазерных источников.

Научная новизна заключается в получении новых результатов:

- Проведённые экспериментальные исследования спектра генерации узкополосного ИВЛ впервые показали, что его форма описывается функцией гиперболического секанса. Определены факторы, влияющие на спектральную ширину. Показано, что до перехода в непрерывный режим наблюдаются не только самоподдерживающиеся пульсации мощности, но и самосканирование узкополосной линии генерации вблизи максимума отражения формирующих резонатор зеркал. Самосканирование возникает в результате неоднородного по длине насыщения усиления (выжигания пространственных дыр (ВПД) инверсии) в активной среде лазера с линейным резонатором. Показано, что при переходе в непрерывный режим ширина спектра определяется совместным влиянием эффектов ВПД инверсии и фазовой самомодуляции.
- С помощью перестраиваемых волоконных брэгговских решёток продемонстрирована генерация ИВЛ с перестройкой длины волны более 45 нм при выходной мощности около 5 Вт, уровень которой постоянен во всём диапазоне благодаря однородному насыщению усиления.
- Проведено сравнение формы спектров многомодовых ИВЛ и ВКР-лазера при ваттном уровне мощности. Показано, что наблюдаемые отличия обусловлены разным механизмом дефазировки мод. В ИВЛ нелинейность мала и стохастизация фаз происходит на каждом обходе резонатора. В случае ВКР-лазера обратное время дефазировки мод пропорционально интенсивности, кроме того становится важной дисперсия групповых скоростей. При этом форма спектра ИВЛ и ВКР-лазера одинакова (гиперболический секанс), ширины отличаются более чем на порядок, а их зависимости от мощности – линейная и корневая соответственно. Продemonстрировано наличие продольных мод при генерации ультрадлинного ВКР-лазера (длиной до 270 км).
- Экспериментально продемонстрирована возможность эффективной генерации второй гармоники (ГВГ) случайно поляризованного излучения ИВЛ с плавной перестройкой в диапазоне более 40 нм. Получено увеличение мощности от 4 до 8 раз в зависимости от диапазона генерации по сравнению с внерезонаторной однопроводной схемой ГВГ. Продemonстрирована внутррезонаторная ГВГ на разных длинах волн в диапазоне 515-550 нм с уровнем мощности 400 мВт при мощности многомодовой диодной накачки ИВЛ до 20 Вт.

- Показано, что эффективность ГВГ многомодового излучения ИВЛ и ВКР-лазеров выше, чем для одночастотного, если ширина линии генерации находится в пределах ширины синхронизма кристалла. На примере ИВЛ с линейно поляризованным излучением экспериментально показано, статистическое увеличение эффективности не зависит от типа синхронизма и степени фокусировки в кристалл и составляет 1,5-1,65 раза, что близко к расчётному коэффициенту 2 для гауссовой статистики мод. Полученное отличие может быть объяснено частичной фазировкой мод, связанной с однородным характером насыщения усиления. На примере ГВГ случайно-поляризованного излучения волоконного ВКР-лазера в кристалле MgO:ppLN показано, что при увеличении ширины спектра генерации за пределы области синхронизма кристалла (до трёх раз) квадратичный рост мощности заменяется линейным. При этом основными являются процессы суммирования разных частот (мод) спектра генерации многомодового лазера.
 - Экспериментально реализован непрерывный полностью волоконный оптический параметрический генератор (ВОПГ) с отстройкой частоты до 38 ТГц в коротковолновую область при накачке перестраиваемым ИВЛ. Продемонстрирована непрерывная генерация ВОПГ в области 0,92-1,01 мкм с дифференциальной эффективностью до 18% и выходной мощностью на уровне сотен милливатт.
4. Практическая ценность работы состоит в следующем:
- В диссертации рассмотрено влияние механизмов уширения спектра лазеров накачки. Данная информация использовалась при создании перестраиваемых источников в области менее 1 мкм.
 - Создание ВОПГ в области 0,92-1,10 мкм стимулирует создание полностью волоконных перестраиваемых лазерных систем.
 - Продемонстрированы перестраиваемые источники видимого диапазона, излучение которых может быть использовано для проточной цитометрии и конфокальной микроскопии, а также для спектроскопии комбинационного рассеяния и классической лазерной спектроскопии.

5. По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 01.04.05 Оптика в части физико-математических наук.

6. Работа характеризуется логичностью построения, обоснованностью основных научных положений и выводов, а также чёткостью изложения. Основные положения диссертации получили полное отражение в 21 статье в рецензируемых журналах, а также 15 статьях в сборниках трудов научных конференций.

Результаты диссертации представлены на 27 международных и всероссийских

конференциях: European Conference on Optical Communications ECOC 2006 и 2008 (Cannes, 2006; Brussels, 2008); Optical Amplifiers and Their Applications Topical Meeting OAA 2006 (Whistler, 2006); Int. Conf. "Laser Optics" 12, 13 и 15 (С.-Петербург, 2006; С.-Петербург, 2008; С.-Петербург, 2012); Advanced Solid State Photonics 2007 (Vancouver, 2007); Optical Fiber Communication Conference 2007 и 2008 (Anaheim, 2007; San Diego, 2008); CLEO/Europe-IQEC 2007 и 2013 (Munich, 2007; Munich, 2013); ICONO/LAT 2007, 2010 и 2013 (Минск, 2007; Казань, 2010; Москва, 2013); 13th Int. Conf. on Methods of Aerophysical Research, ICMAR XIII (Новосибирск, 2007); Int. Symposium Modern Problems of Laser Physics 5 и 6 (Новосибирск, 2008; Новосибирск, 2013); International Laser Physics Workshop LPHYS 19 и 20 (Foz do Iguac Brazil, 2010; Sarajevo, 2011); SPIE Photonics West 2012 (San Francisco, 2012); SPIE Photonics Europe (Brussels, 2012); 1-3 и 5-й Российский семинар по волоконным лазерам (Новосибирск, 2007; Саратов, 2008, Уфа, 2010, Новосибирск, 2012); 3-я Всероссийская конференция по волоконной оптике (Пермь, 2011); Winter College on Optics: Trends in Laser Development and Multidisciplinary Applications to Science and Industry (Триест, 2013).

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

7. Диссертация Каблукова С.И. является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведённых на высоком научном уровне с применением современных методов исследования. Научные положения и выводы, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Каблукову С.И.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учётом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Нелинейное преобразование спектра генерации перестраиваемых волоконных лазеров» рекомендуется к защите на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 Оптика.

Председатель семинара
академик РАН



Шалагин А. М.