

«Утверждаю»

Директор ИОФ РАН

академик

И.А. Щербаков

«18» марта 2015 г.



О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию Чуркина Дмитрия Владимировича «Стохастические режимы генерации непрерывного волоконного ВКР-лазера», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика».

Волоконные ВКР-лазеры являются важным классом источников лазерного излучения. Они позволяют получать эффективную непрерывную генерации в ближней инфракрасной области и широко используются в науке и технике, в том числе в качестве источников накачки распределенных волоконных усилителей, источников непрерывной накачки других типов волоконных лазеров, в биомедицинских применениях. Волоконные ВКР-лазеры излучают в непрерывном режиме, однако допускают существование сильных флуктуаций интенсивности на малых временных масштабах. Несмотря на то, что спектральные и временные характеристики волоконных ВКР-лазеров важны для многих применений, фундаментальные основы формирования спектра излучения в стохастических режимах генерации таких лазеров, а также вопросы реализации новых типов таких режимов генерации не рассматривались. Данная диссертационная работа посвящена реализации и всестороннему исследованию различных стохастических режимов генерации в волоконных ВКР-лазерах, что важно как с фундаментальной, так и практической точки зрения. Актуальность диссертационной работы Д.В. Чуркина, целью которой является получение и описание новых режимов генерации непрерывных волоконных ВКР-лазеров, связанных со случайными процессами дефазировки мод в длинных

резонаторах и генерации за счёт случайной распределённой обратной связи в отсутствие резонатора фиксированной длины, не вызывает сомнений.

К достоинствам диссертационной работы следует отнести последовательный подход к изучаемой проблеме, в котором важное внимание уделяется разработке новых концепций, экспериментальной их демонстрации и объяснению наблюдаемых закономерностей, что позволило получить существенно новые научные результаты. Д.В. Чуркиным фактически создано новое научное направление – волоконных лазеров со случайной распределенной обратной связью.

Можно выделить следующие наиболее значительные результаты работы:

1. Впервые продемонстрировано, что в волоконных ВКР-лазерах несмотря на существенные процессы дефазировки, существуют различные продольные моды в излучении. Экспериментально показано, что спектр генерации непрерывного многомодового волоконного ВКР-лазера в случае большой по сравнению с нелинейностью дисперсии формируется за счет многочисленных четырехволновых взаимодействий продольных мод между собой, а его форма описывается гиперболическим секансом. Экспериментально выявлен корневой закон уширения внутризонального и выходного спектра таких лазеров.
2. Получены приоритетные результаты по реализации в излучении многочастотных волоконных непрерывных волоконных ВКР-лазеров нового режима генерации – ламинарного режима генерации, отличного от турбулентного режима малой шириной спектра и подавленным уровнем флуктуаций. Кроме того экспериментально обнаружен переход из ламинарного в турбулентный режим генерации и описан механизм разрушения когерентности и перехода в турбулентный режим.
3. Проведена экспериментальная демонстрация того, что случайная распределенная обратная связь на основе рэлеевского рассеяния может приводить к генерации в волоконном ВКР-лазере в новом режиме, в котором отсутствуют различные продольные моды в излучении. Предложены, описаны и экспериментально реализованы основные конфигурации лазеров такого типа, в том числе конфигурации с заданными спектральными свойствами излучения.
4. Экспериментально показано, что спектр генерации лазера, излучающего в режиме случайной распределенной обратной связи, имеет форму

гиперболического секанса в случае пренебрежимой дисперсии, также выявлен закон спектрального уширения с ростом мощности генерации случайного волоконного лазера.

5. Обнаружен предел длины линейного резонатора волоконного ВКР-лазера. При длине лазера меньше данного предела, величина которого определена экспериментально, излучение лазера состоит из различных продольных мод, так как обратная связь формируется за счет отражения от зеркал резонатора. Выше данного предела основную роль играет случайная распределённая обратная связь, которая определяет генерации излучения, в спектре которого отсутствует определённая модовая структура.

Работа не вызывает сомнения в достоверности полученных оригинальных результатов мирового уровня: результаты опубликованы в ведущих рецензируемых журналах, докладывались на международных конференциях.

Научная ценность представляемой работы заключается как в экспериментальной демонстрации новых режимов стохастической генерации волоконных ВКР-лазеров и демонстрации нового типа источника лазерного излучения – волоконного лазера со случайной распределенной обратной связью, и наблюдению такого явления как ламинарно-турбулентный переход в волоконных лазерах. Диссертационная работа Д.В. Чуркина вносит существенный вклад в решение проблемы описания механизмов формирования спектра генерации в различных режимах генерации волоконного ВКР-лазера: описан как спектр генерации волоконного ВКР-лазера, излучающего в турбулентно режиме, так и спектр лазера со случайной распределенной обратной связью.

Следует отметить и практическую ценность созданных источников лазерного излучения: волоконные лазеры со случайной распределенной обратной связью нашли применение в распределенных сенсорных системах и линиях телекоммуникационной передачи данных.

Результаты диссертации Д.В. Чуркина могут быть рекомендованы для использования в НЦВО РАН, ИОФ РАН, ИПФ РАН, ФИАН РАН, НИИ «Полус», ОАО «ПНППК» и других организациях, занимающихся разработкой, технологией

изготовления и применения волоконных источников лазерного излучения, а также изучением фундаментальных процессов лазерной генерации в оптических волокнах

В то же время можно сделать ряд замечаний, а именно:

- В Главе 2 отмечается, что режим генерации непрерывного частично-когерентного волоконного ВКР-лазера соответствует турбулентному режиму генерации. Данный вывод сделан на основании исследования одного типа лазера, построенного на основе волокна с достаточно низкой нелинейностью. Предстало бы интерес исследование ВКР-лазера с использованием высоконелинейных волокон меньшей длины.
- В работе слабо прослеживается связь наблюдаемых эффектов с такими параметрами волокна как величина нелинейности, площадь моды, хроматическая дисперсия.
- Для полноты картины было бы правильным включить в рассмотрение возможные поляризационные эффекты

Отмеченные недостатки не снижают ценности полученных результатов.

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему.

Работ отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, номер 842, а ее автор Д.В. Чуркин заслуживает присвоения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика».

Отзыв на диссертацию Д.В. Чуркина рассмотрен на семинаре отдела лазерных кристаллов и твердотельных лазеров ИОФ РАН 18 марта 2015 г.

Отзыв составил

Заведующий лабораторией активных сред
твердотельных лазеров ИОФ РАН,
доктор физико-математических наук.

/В.Б. Цветков/

18 марта 2015г.