

## О Т З Ы В

официального оппонента доктора физико-математических наук Желтикова Алексея Михайловича 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 относятся к перспективным источникам лазерного излучения. Важной для применений является возможность генерации в широком диапазоне длин волн: в области 1.3 мкм и 1.5 мкм, что позволяет использовать такие лазеры для накачки распределенных телекоммуникационных усилителей. Несмотря на большое количество различных технических систем и конфигураций волоконных ВКР-лазеров, вопросы по достижению новых фундаментальных режимов генерации в них не рассматривались. В данной диссертационной работе представлены результаты по реализации и исследованию различных стохастических режимов генерации волоконных ВКР-лазеров, что имеет фундаментальную важность.

Практическая ценность работы состоит в том, что в результате проведенных исследований появляется возможность использовать различные режимы генерации волоконных ВКР-лазеров в распределенных сенсорных системах, распределенных телекоммуникационных линиях.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитируемой литературы, списка обозначений и сокращений. Работа изложена на 269 страницах текста, содержит 101 рисунок и 1 таблицу. Список литературы имеет 399 наименований.

Во введении описана область науки, в которой проводились исследования, приведен обзор публикаций, подтверждающий актуальность работы, сформулированы цели и задачи работы, а также приведено краткое содержание диссертации и сформулированы защищаемые положения.

Первая глава, имеющая в основном методическое значение, посвящена описанию базисных свойств волоконных ВКР-лазеров и методам характеристики динамики их излучения. Обсуждаются основные особенности поведения выходной мощности в волоконных ВКР-лазерах, в том числе эффект последовательного

насыщения мощностей при каскадной генерации, исследуется характер и механизм насыщения ВКР-усиления. Приводятся методики характеристики стохастической временной динамики непрерывных волоконных лазеров, в том числе экспериментальная методика измерения пространственно-временной эволюции излучения.

Во второй главе проведено исследование спектра генерации волоконного ВКР-лазера, излучающего в турбулентном режиме. Экспериментально доказано наличие различных продольных мод в генерации. Показано наличие флуктуаций фазы и интенсивности различных продольных мод и выявлена статистика таких флуктуаций. Наконец, описаны механизмы формирования спектра генерации волоконного ВКР-лазера.

В третьей главе предложена концепция ламинарного режима генерации в волоконном ВКР-лазере и экспериментально продемонстрировано существование такого режима. Кроме того, экспериментально обнаружен ламинарно-турбулентный переход в излучении таких лазеров. Показано, что переход из ламинарного в турбулентный режим осуществляется пороговым образом по мощности генерации. Выявлены когерентные структуры в стохастическом излучении и определена лидирующая роль в разрушении ламинарного режима генерации и перехода в турбулентный режим.

В четвертой главе вводится концепция генерации в волоконном ВКР-лазере за счет случайной распределенной обратной связи на основе рэлеевского рассеяния на микро-неоднородностях показателя преломления сердцевины оптического волокна. Данный режим генерации экспериментально продемонстрирован и подробно описаны основные свойства такого рода генерации. Кроме того экспериментально показано, что существует предел длины линейного резонатора волоконного ВКР-лазера, выше которого генерация осуществляется со спектром, не имеющим определенной модовой структуры.

Пятая глава посвящена описанию спектра генерации волоконного ВКР-лазера со случайной распределенной обратной связью. Экспериментально продемонстрированы различные режимы генерации в таких лазерах с заданными спектральными свойствами, а именно многоволновые режимы и режим с узким спектром генерации. Наконец, проведено экспериментальное исследование формы



спектра генерации волоконного ВКР-лазера со случайной распределенной обратной связью и показано, что в случае малой (по сравнению с усилением) нелинейности и малой же дисперсии спектр генерации такого лазера имеет форму гиперболического секанса.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

К наиболее значительным результатам работы следует отнести:

- Экспериментально показано, что спектр генерации непрерывного многомодового волоконного ВКР-лазера в случае большой по сравнению с нелинейностью дисперсии имеет форму гиперболического секанса и формируется за счет многочисленных четырехволновых взаимодействий продольных мод между собой.
- Реализован ламинарный режим генерации в излучении многочастотных волоконных непрерывных волоконных ВКР-лазеров и обнаружен переход из ламинарного в турбулентный режим генерации в излучении таких лазеров.
- Реализована генерация в волоконных ВКР-лазерах за счет случайной распределенной обратной связи на основе рэлеевского рассеяния. Предложены, описаны и реализованы основные конфигурации лазеров такого типа.
- Экспериментально показано, что спектр генерации непрерывного волоконного ВКР-лазера со случайной распределенной обратной связью в случае пренебрежимой дисперсии имеет форму гиперболического секанса, и определен закон спектрального уширения с ростом мощности.
- Экспериментально показано, что существует предел длины линейного резонатора волоконного ВКР-лазера, выше которого случайная распределенная обратная связь определяет генерацию излучения со спектром, не имеющим определенной модовой структуры.

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 качестве недостатка необходимо отметить, что диссертация сильно выиграла бы, если бы автором в более артикулированном виде было дано компактное определение крупной научной проблемы, решенной в выполненной им работе. В диссертации блестяще изложен материал, относящийся к решению частных задач. Было бы очень полезно дать обобщающую формулировку, дающую ясное конкретное определение крупной научной проблемы, решенной в работе.

Отмеченный недостаток не снижает безусловно положительной оценки работы. Работа Чуркина Д.В. полностью соответствует требованиям п. 7 "Положения о порядке присуждения ученых степеней...", а её автор заслуживает присвоения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05

доктор физико-математических наук, профессор  
физический факультет Московского  
государственного университета им. М.В. Ломоносова,  
119991, ГСП-1, Москва,  
Ленинские горы, Дом 1, строение 2  
Тел: +7 495 939 31 60  
Факс: +7 495 932 88 20



А.М. ЖЕЛТИКОВ

3 марта 2015г.

Декан физического факультета  
Московского государственного  
университета им. М.В. Ломоносова  
доктор физико-математических наук, профессор



Н.Н. СЫСОЕВ