

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИАиЭ СО РАН
Член-корр. РАН
Бабин Сергей Алексеевич

« 6 » 12 2018 г.
М.П.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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

на диссертационную работу Бобкова Константина Константиновича «Одномодовые иттербиевые волоконные импульсные лазеры с предельно высокой пиковой мощностью и факторы, влияющие на их долговременную надежность», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «лазерная физика».

Диссертационная работа Бобкова К.К. посвящена созданию нового типа одномодового иттербиевого волоконного усилителя с высокой пиковой мощностью, обладающего высокой долговременной надежностью и стабильностью выходных характеристик. Актуальность темы обусловлена необходимостью создания мощных импульсных усилителей, отличающихся предельно высоким уровнем выходной мощности, компактностью и надежностью конструкции, стабильностью выходных характеристик для целей промышленности, медицины и научных исследований. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка цитируемой литературы. Полный объем диссертации – 174 страницы, включая 70 рисунков и 4 таблицы. Список цитируемой литературы составляет 133 наименования.

Во **введении** изложены общие проблемы мощных импульсных иттербиевых волоконных усилителей, на основании чего определены цели и задачи диссертационной работы. Здесь же обсуждается актуальность выбранной темы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В **главе I** представлен обзор литературных данных по основным свойствам ионов трехвалентного иттербия в кварцевом стекле с различными добавками, по механизмам потерь, снижающих эффективность работы иттербиевых волоконных лазеров и усилителей и по основным негативным факторам, ограничивающим максимально достижимый уровень выходной мощности волоконных систем. Рассмотрены существующие конструкции световодов с большой площадью поля моды, характеризующиеся повышенным порогом нелинейных эффектов. Описаны негативные эффекты, снижающие долговременную и кратковременную стабильность излучения мощных иттербиевых волоконных систем.

Глава II посвящена исследованию процесса фотопотемнения в иттербиевых волоконных световодах с различной матрицей стекла сердцевинны. В главе проведен анализ существующих моделей данного процесса, объясняющих механизм образования кислородно-дырочных центров окраски под действием излучения с энергией 1.27 эВ (976 нм). Представлены доказательства в пользу модели возбуждения состояния с переносом заряда в комплексе из иона трехвалентного иттербия и близкорасположенных атомов кислорода, в результате чего происходит образование кислородно-дырочного центра окраски и двухвалентного иона иттербия. В главе объясняется природа повышенной

стойкости световодов на основе фосфоросиликатного и фосфоалюмосиликатного стекла к эффекту фотопотемнения.

В **главе III** посвящена процессу деградации моды в мощных иттербиевых импульсных усилителях на основе маломодовых световодов с большой площадью поля моды. Приведены экспериментальные доказательства существования нового негативного эффекта, приводящего к плавному ухудшению качества выходного излучения и показано, что обнаруженный эффект стабилен (необратим) при нормальных условиях. Предложен и обоснован механизм деградации моды – наведение в результате процесса фотопотемнения длиннопериодной решетки показателя преломления, на которой излучение из фундаментальной моды рассеивается в первую высшую моду. Связь эффекта деградации моды и процесса фотопотемнения подтверждена в ходе экспериментов по фотообесцвечиванию наведенных центров окраски.

В **главе IV** диссертационной работы представлены результаты работ по оптимизации конструкции иттербиевого конусного световода для целей усиления коротких импульсов. Приведены результаты математического моделирования усилителя импульсов на основе реализованного иттербиевого световода-конуса, в результате которого было обнаружено, что порог вынужденного комбинационного рассеяния растет прямо пропорционально длине световода. Представлены результаты экспериментов по созданию усилителя чирпированных импульсов с дифракционно-ограниченным качеством выходного излучения и рекордно высоким уровнем пиковой мощности на основе иттербиевого световода-конуса.

В **заключении** перечислены наиболее важные результаты, полученные автором диссертационной работы.

В качестве наиболее значимых результатов, полученных автором диссертации, необходимо отметить следующие:

- Экспериментально показано, что процесс фотопотемнения иттербиевых световодов на основе стекол различного состава (алюмосиликатного, фосфоросиликатного, фосфоалюмосиликатного) связан с возбуждением состояния с переносом заряда в комплексе из иона трехвалентного иттербия и окружающих его атомов кислорода. Возбуждение состояния с переносом заряда приводит к образованию кислородно-дырочных центров окраски и ионов двухвалентного иттербия.
- Экспериментально зафиксировано постепенное ухудшение качества моды на выходе импульсных волоконных лазеров с высокой пиковой и относительно небольшой средней мощностью на основе иттербиевых световодов с большой площадью поля моды.
- Установлена связь обнаруженного эффекта деградации моды с процессом фотопотемнения.
- Проведено теоретическое исследование работы усилителя импульсов на основе конусного иттербиевого световода, в ходе которого обнаружен новый режим усиления, особенностью которого является увеличение порога нелинейных эффектов при увеличении длины активного конусного световода.
- Созданы образцы иттербиевых одномодовых анизотропных конусных световодов с большой площадью поля моды (около 1000 мкм^2) и высоким уровнем поглощения накачки из оболочки (24 дБ/м на длине волны 976 нм).
- С использованием разработанного световода-конуса реализован усилитель чирпированных импульсов с рекордно высокой для полностью волоконных систем пиковой мощностью (350 кВт).

Научная значимость диссертации заключается в том, что в работе приведено объяснение механизма процесса фотопотемнения и показано существование нового негативного эффекта – модовой деградации.

Содержание диссертационной работы соответствует указанной специальности, а автореферат полностью отражает ее содержание. По материалам диссертации автором

опубликовано 19 работ. Из них 5 статей в ведущих профильных российских и зарубежных рецензируемых журналах из списка ВАК. Результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях. Диссертационная работы заслушана, обсуждалась и была одобрена на межлабораторном семинаре ИАиЭ СО РАН 06.12.2018.

При этом на семинаре было высказано замечание:

Выбор наилучшего из трех доступных для эксперимента профилей конуса еще не является полноценным решением задачи оптимизации. Для полного решения требуются численные расчеты и экспериментальная проверка.

Указанные замечания не снижают ценности работы и ее положительной оценки. Таким образом, диссертационная работа Бобкова Константина Константиновича является законченной научной работой. По объему и уровню проведенных исследований, научной новизне результатов, их научной и практической значимости диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.7 “Положения о порядке присуждения ученых степеней”), а ее автор Бобков К.К. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – “лазерная физика”.

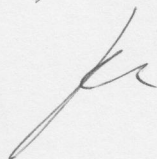
Старший научный сотрудник лаборатории
волоконной оптики, к.ф.-м.н.



А.Г. Кузнецов

С отзывом ознакомлен

11.12.2018



СПИСОК
опубликованных научных и учебно-методических работ

№ п/п	Наименование работы	Вид работы	Выходные данные	Объем работы	Соавторы
1	2	3	4	5	6
Публикации в рецензируемых журналах					
1	All-fiber highly chirped dissipative soliton generation in the telecom range	статья	Opt. Lett., vol. 42, no. 16, p. 3221, 2017	4 стр.	D. S. Kharenko, I. S. Zhdanov, A. E. Bednyakova, E. V. Podivilov, M. P. Fedoruk, A. Apolonski, S. K. Turitsyn, and S. A. Babin,
2	Actively Q-switched Raman fiber laser	статья	Laser Phys. Lett., 2015, vol 12, №3	5 стр.	E. V. Podivilov, S. A. Babin
3	Generation of Raman dissipative solitons near 1.3 microns in a phosphosilicate-fiber cavity	статья	Opt. Express, vol. 26, no. 12, p. 15084, 2018	10 стр.	D. S. Kharenko, V. D. Efremov, E. A. Evmenova, and S. A. Babin
4	Fifty-ps Raman fiber laser with hybrid active-passive mode-locking	статья	Optics Express, Vol. 24, No. 14, 2016	7 стр.	D. S. Kharenko, E. V. Podivilov, S. A. Babin
5	Усиление диссипативных солитонов РМ-тейперным волоконным усилителем.	статья	Квантовая электроника, 2018, т48 №12	4 стр	Харенко Д.С., Бабин С.А.
6	Cascaded random lasing in a multimode LD-pumped graded-index fiber.	статья	Scientific Reports, 8:17495, 2018	7 стр	E. A. Evmenova, I. N. Nemov, A. A. Wolf, A. V. Dostovalov, S. I. Kablukov, S. A. Babin.
7	50 nJ 250 fs all-fibre Raman-free dissipative soliton oscillator	статья	Laser Phys. Lett., vol. 13, no. 2, p. 025107, 2016	4 стр	D. S. Kharenko, V. A. Gonta, and S. A. Babin
8	Multicolour nonlinearly bound chirped dissipative solitons	статья	Nat. Commun., vol. 5, p. 4653, 2014.	6 стр	S. A. Babin, E. V. Podivilov, D. S. Kharenko, A. E. Bednyakova, M. P. Fedoruk, V. L. Kalashnikov, and A. A. Apolonski

Ученый секретарь ИАиЭ СО РАН:

6 декабря 2018 г.

М.П.



к.ф.-м.н. Е.И. Донцова