

"Утверждаю"

Врио директора ИЦВО РАН  
д.ф.-м.н. Семенов С.Л.

"15" марта 2016 года.

## Отзыв

ведущей организации на диссертацию Шайдуллина Рената Ильгизовича "Радиочастотная импедансная спектроскопия активных оптических волокон при усилении лазерного излучения", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Диссертационная работа Шайдуллина Рената Ильгизовича посвящена исследованию изменения температуры активных волоконных световодов при усилении (генерации) в них мощного лазерного излучения. Волоконные лазеры и усилители обладают значительным преимуществом перед объемными аналогами по ряду параметров. Они демонстрируют высокие КПД генерации, близкие к квантовому пределу, высокое качество выходного излучения (режим одной поперечной моды надежно определяется волноводными свойствами волконного световода), малыми весами и габаритами, механической стабильностью конструкции (волоконная часть является обычно полностью сварной), малым влиянием термооптических явлений на выходные параметры из-за высокого значения отношения площади боковой поверхности волокна к объему. По этим причинам волоконные лазеры в последнее время нашли широкое применение в различных технологических процессах (сварка, маркировка, резка материалов и многое другое) и в научных исследованиях. За время с 2001 по примерно 2007 годы произошел резкий скачок максимальной средней выходной мощности волоконных лазеров: примерно со 100 Ватт до 100 кВт. В результате даже высокое отношение поверхность/объем волоконных световодов оказалось недостаточным для защиты лазеров и усилителей от отрицательных последствий нагревания световодов в процессе генерации. Для решения данной проблемы необходимо прежде всего исследовать процесс нагрева световода в процессе генерации. Но измерение повышения температуры световода представляет определенные трудности, связанные, во-первых, с малой массой отрезка световода, температуру которого необходимо измерить, и, во-

вторых, с присутствием в области измерения мощного оптического излучения, которое из-за различного рода процессов рассеяния (начиная с рэлеевского и заканчивая рассеянием на различных дефектах), в общем случае попадает на датчики, измеряющие температуру, что может приводить к значительному искажению результатов измерений. Поэтому тема работы, направленной на измерение параметров температурного режима активного световода в процессе генерации, представляется несомненно актуальной. Проведение подобных исследований представляется необходимым для анализа возможностей дальнейшего повышения выходной мощности волоконных лазеров.

В работе диссертанта предложен и реализован новый способ измерения температуры световода, который позволяет обойти значительные трудности при измерении температуры световода работающего лазера и впервые получены таким образом значения повышения температуры световода. Полученные экспериментальные результаты в большинстве случаев поддержаны численными решениями соответствующих математических задач по расчету распределения электрического поля и температуры в областях нахождения исследуемого волоконного световода.

Диссертационная работа Шайдуллина Р.И. "Радиочастотная импедансная спектроскопия активных оптических волокон при усилении лазерного излучения" четко структурирована, она представлена на 129 страницах, содержит 5 глав, введение, заключение и список цитированной литературы из 89 наименований.

К наиболее важным и значимым результатам диссертационной работы Шайдуллина Р.И. могут быть отнесены следующие:

- ❖ Впервые предложен и реализован метод радиочастотной импедансной спектроскопии для измерения температуры активных волоконных световодов в рабочем состоянии (в процессе генерации лазера).
- ❖ Впервые обнаружен дополнительный разогрев оптическим излучением оболочки активного световода в волоконном усилителе.
- ❖ Экспериментально определен коэффициент конвективного теплообмена полимерной оболочки волоконного световода оптического усилителя с окружающей средой.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнения. Основные результаты рассматриваемой диссертационной работы докладывались на международных

и российских конференциях, опубликованы в ряде ведущих отечественных журналов и в журнале Optics Letters.

Результаты диссертации Шайдуллина Р.И. могут быть использованы в ИРЭ РАН, НЦВО РАН, ИПФ РАН, ФИ РАН, НИИ "Полюс" и других организациях, занимающихся разработкой и исследованием волоконных световодов и лазеров с высокой средней выходной мощностью.

По диссертации можно сделать следующее замечание:

На рис.60 и 61 представлены распределения электрического поля в двухпроводном конденсаторе в виде контурных графиков (стр.107). Но на этих графиках не указано четко какая величина обозначается цветом (обозначен, несомненно, скаляр, а электрическое поле - вектор). Кроме того, на обоих рисунках отсутствует цветовая шкала, которая позволила бы определить и то, какая величина здесь изображена, и значение этой величины в различных точках графика. Следует отметить, что аналогично построенные графики на рис.62-64 лишены подобного недостатка.

Указанный недостаток не снижает ценности полученных результатов. Диссертация Шайдуллина Р.И. написана аккуратно и логично. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Шайдуллин Р.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Доклад по материалам диссертации заслушан на семинаре Научного центра волоконной оптики РАН. Отзыв на диссертацию Шайдуллина Р.И. рассмотрен и одобрен на заседании Ученого совета НЦВО РАН №100 от 14 марта 2016 года.

Заведующий лабораторией полых волоконных  
световодов НЦВО РАН,  
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Буфетов И.А.

(119333, Москва, ул. Вавилова, 38, НЦВО РАН; тел. +7 499 1351794; e-mail:  
iabuf@fo.gpi.ru)

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научный центр волоконной оптики Российской академии наук (НЦВО РАН)

почтовый адрес: 119333, Москва, ул. Вавилова, д.38.

тел. 8 499 135 74 49; факс: 8 499 135 81 39;

адрес официального сайта: <http://www.fibopt.ru/>

Список основных публикаций работников НЦВО РАН по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. Гладышев А.В., Колядин А.Н., Косолапов А.Ф., Яценко Ю.П., Прямикова А.Д., Бирюков А.С., Буфетов И.А., Дианов Е.М., "Эффективная ВКР-генерация излучения с длиной волны 1.9 мкм в полом волоконном световоде с водородом" // Квантовая электроника, 45(9), 807–812 (2015)
2. Фирстова Е.Г., Буфетов И.А., Хопин В.Ф., Вельмискин В.В., Фирстов С.В., Буфетова Г.А., Нищев К.Н., Гурьянов А.Н., Дианов Е.М., «Люминесцентные свойства висмутовых активных ИК центров в стеклах на основе SiO<sub>2</sub> в спектральном диапазоне от УФ до ближнего ИК» // Квантовая электроника, 45(1), 59–65 (2015)
3. Firstov S., Alyshev S., Khopin V., Melkumov M., Guryanov A., Dianov E., "Photobleaching effect in bismuth-doped germanosilicate fibers" // Optics Express, 23(15), 19226-19233 (2015)
4. Firstov S.V., Alyshev S.V., Riumkin K.E., Melkumov M.A., Medvedkov O.I., Dianov E.M., "Watt-level, continuous-wave bismuth-doped all-fiber laser operating at 1.7 μm" // Optics Letters, 40(18), 4360-4363 (2015)
5. Gladyshev A.V., Corbari C., Medvedkov O.I., Vasiliev S.A., Kazansky P.G., Dianov E.M., "UV-induced absorption in all-fiber frequency doublers: characterization and photobleaching" // Journal of Lightwave Technology, 33(2), 439-442 (2015)
6. Kotov L., Likhachev M., Bubnov M., Medvedkov O., Lipatov D., Guryanov A., Zaytsev K., Jossent M., Février S. "Millijoule pulse energy 100-nanosecond Er-doped fiber laser" // Optics Letters, 40(7), 1189-1192 (2015)
7. A.V. Shubin, I. A. Bufetov, M. A. Melkumov, S. V. Firstov, O. I. Medvedkov, V. F. Khopin, A. N. Guryanov, and E. M. Dianov, "Bismuth-doped silica-based fiber lasers operating between 1389 and 1538 nm with output power of up to 22 W," Opt. Lett. 37, 2589-2591 (2012)
8. Д.А. Дворецкий, И.А. Буфетов, В.В. Вельмискин, А.С. Зленко, В.Ф. Хопин, С.Л. Семенов, А.Н. Гурьянов, Л.К. Денисов, Е.М. Дианов, "Оптические свойства волоконных световодов на основе плавленого кварца, легированного висмутом, в диапазоне температур 300 — 1500 К", Квант. электроника, 42 (9), 762–769 (2012).
9. S. Zlenko, S. V. Firstov, K.E. Riumkin, V.F. Khopin, L.D. Iskhakova, S.L. Semjonov, I.A. Bufetov, E. M. Dianov. "Optical properties of IR-emitting centres in Pb-doped silica fibres", Quantum Electronics 42 (4), 310-314 (2012).
10. I.A. Bufetov, M.A. Melkumov, S.V. Firstov, K.E. Riumkin, A.V. Shubin, V.F. Khopin, A.N. Guryanov, E.M. Dianov "Bi-Doped Optical Fibers and Fiber Lasers", Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal of, vol.20(5), #903815 (2014).

11. Riumkin, K. E.; Melkumov, M. A.; Varfolomeev, I. A.; Shubin, A. V.; Bufetov, I. A.; Firstov, S. V.; Khopin, V. F.; Umnikov, A. A.; Guryanov, A. N.; Dianov, E. M. "Excited-state absorption in various bismuth-doped fibers", *Optics Letters*, vol.39(8), 2503-2506 (2014).
12. M. A. Chernysheva, A. A. Krylov, C. Mou, Raz N. Arif, A. G. Rozhin, M. H. Rmmeli, S. K. Turitsyn, and E. M. Dianov, "Higher-Order Soliton Generation in Hybrid Mode-Locked Thulium-doped Fiber Ring Laser," *IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS*, VOL. 20, NO.5, 1100908 (1–8), DOI: 10.1109/JSTQE.2014.2307757 (2014).
13. Е.М. Дианов, С.Л. Семенов, И.А. Буфетов. "Новое поколение волоконных световодов", *Квантовая электроника*, **46**, №1, с.1-10 (2016).
14. А.Ф. Косолапов, Г.К. Алагашев, А.Н. Колядин, А.Д. Прямикова, А.С. Бирюков, И.А. Буфетов, Е.М. Дианов. "Револьверный световод с полый сердцевинной и отражающей оболочкой из двойных капилляров", *Квантовая электроника*, **46**, №3, с.267-270 (2016).
15. Kolyadin A. N., Kosolapov A. F., Pryamikov A. D., Biriukov A. S., Plotnichenko V. G., Dianov E. M. "Light transmission in negative curvature hollow core fiber in extremely high material loss region", *Optics Express* **21**, 9514 (2013).