

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.063.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
ИМ. А.М. ПРОХОРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 марта 2021 г. № 145.

О присуждении Хегаю Александру Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Импульсные висмутовые волоконные лазеры, генерирующие в диапазоне 1.25 – 1.75 мкм» по специальности 01.04.21 – Лазерная физика принята к защите 21 декабря 2020 (протокол заседания №140) диссертационным советом Д 002.063.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (119991 Москва, ул. Вавилова, 38, совет создан приказом Рособнадзора № 2048-1308 от 19 октября 2007 г.).

Соискатель Хегай Александр Михайлович 1991 года рождения. В 2014 году соискатель окончил Волгоградский государственный технический университет. В 2018 году соискатель окончил аспирантуру ИОФ РАН по специальности 01.04.21 – Лазерная физика. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано ИОФ РАН в 2020 г. В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории волоконных лазеров и усилителей Научного центра волоконной оптики Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН. Диссертация выполнена в лаборатории волоконных лазеров и усилителей НЦВО ИОФ РАН.

Научный руководитель – Мелькумов Михаил Александрович, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией волоконных лазеров и усилителей НЦВО ИОФ РАН.

Официальные оппоненты:

Наний Олег Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор по кафедре оптики, спектроскопии и физики наносистем Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;

Дворецкий Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник НОЦ «Фотоника и ИК-техника» Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» в своем положительном заключении, подписанном Кимом Аркадием Валентиновичем, кандидатом физико-математических наук, заведующим лабораторией экстремальной нелинейной оптики ИПФ РАН, утвержденном заместителем директора Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», академиком РАН Хазановым Ефимом Аркадьевичем, указала, что диссертация Хегая А.М. соответствует требованиям ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. В работе получены значения концентрации висмутовых активных центров в фосфоросиликатных световодах. Было бы уместно провести сравнение между полной концентрацией висмута в сердцевине и измеренной концентрацией активных центров.

2. Предпринимались ли попытки измерения распределения активных центров в высокогерманатных световодах с висмутом? Данная информация была бы уместна в рамках представляемой диссертационной работы.

3. В спектре импульсной генерации лазеров с нелинейным кольцевым зеркалом присутствуют пики спонтанной эмиссии, обусловленные большим двулучепреломлением световодов, использованных в зеркале Саньяка. Автору диссертации следовало бы более подробно исследовать влияние спектральной фильтрации, обусловленной двулучепреломлением, на генерационные свойства висмутовых лазеров.

4. В разделе 4.3.1. при описании работы волоконного лазера с пассивной синхронизацией мод на нелинейном активном петлевом зеркале Саньяка отмечено, что запуск режима синхронизации мод инициируется внешним воздействием. Следовало бы более подробно исследовать процессы запуска синхронизации мод, т.к. это важно для практических применений.

5. В разделе 4.3.2. рассмотрена работа нескольких волоконных схем с нелинейным оптическим петлевым зеркалом в режиме генерации диссипативных солитонов при пассивной синхронизации мод. Автор отметил, что иногда сложно по анализу автокорреляционной функции выходного излучения лазера сделать вывод о генерации в одноимпульсном режиме. Для более подробного изучения генерации в одноимпульсном режиме следовало бы использовать методику временного стробирования с частотным разрешением (FROG).

Соискатель имеет 52 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК опубликовано 6 работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Хегай А. М., Афанасьев Ф. В., Рюмкин К. Е., Фирстов С. В., Хопин В. Ф., Мясников Д. В., Мелькумов М. А., Дианов Е. М. Висмутовый волоконный пикосекундный лазер с длиной волны 1.3 мкм и синхронизацией

мод на нелинейном кольцевом зеркале // Квант. электрон. – 2016. – Т. 46. – №. 12. – С. 1077-1081.

2. Khegai A., Melkumov M., Riumkin K., Khopin V., Firstov S., and Dianov E. NALM-based bismuth-doped fiber laser at 1.7 μm // Opt. Lett. – 2018. – Vol. 43. – Issue. 5. – P. 1127-1130.
3. Khegai A., Melkumov M., Firstov S., Riumkin K., Gladush Y., Alyshev S., Lobanov A., Khopin V., Afanasiev F., Nasibulin A. G., and Dianov E. Bismuth-doped fiber laser at 1.32 μm mode-locked by single-walled carbon nanotubes // Opt. Express. – 2018. – Vol. 26. – Issue 18. – P. 23911-23917.
4. Khegai A., Firstov S., Riumkin K., Afanasiev F., and Melkumov M. Q-switched bismuth-doped fiber laser at 1330 nm // IEEE Photonics Technol. Lett. – 2019. – Vol. 31. – Issue 12. – P. 963 – 966.
5. Мелькумов М. А., Михайлов В., Хегай А. М., Рюмкин К. Е., Фирстов С. В., Афанасьев Ф. В., Гурьянов А. Н., Ян М. Ф., Сан Я., Луо Дж., Пак Дж. С., Шенк С. Д., Винделер Р. С., Вестбрук П. С., Лингл Р. Л., ДиДжиованни Д. Дж., Дианов Е. М.. Передача сигнала со скоростью 25 Гб/с с использованием висмутового волоконного усилителя со сдвинутым на длину волны 1300 нм максимумом усиления // Квант. электрон. – 2018. – Т. 48. – №. 11. – С. 989-992.
6. Khegai A., Firstov S., Riumkin K., Alyshev S., Afanasiev F., Lobanov A., Guryanov A. and Melkumov M. Radial distribution and absorption cross section of active centers in bismuth-doped phosphosilicate fibers // Opt. Express. – 2020. – Vol. 28. – Issue 20. – P. 28740-30233.

На автореферат диссертации поступили один отзыв:

Из Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН, подписал отзыв научный сотрудник лаборатории оптоэлектронных и волоконно-оптических систем, кандидат физико-математических наук Рыбалтовский Андрей Алексеевич. Отзыв положительный, содержит 3 замечания.

Во-первых, в тексте автореферата (в отличии от текста диссертации) не указаны ключевые волноводные параметры исследованных автором активных световодов: длины волн отсечки высшей моды сердцевины, диаметры сердцевины и оболочки, значения разности показателей преломления сердцевины и оболочки. Наличие этой информации существенно упростило бы анализ приведенных в тесте оптоволоконных схем лазеров.

Во-вторых, на страницах 15 и 16 автореферата, а так же на рисунках 2, 6 и 8, упоминаются источники накачки с длинами волн 1,23 и 1, 234 мкм. Было бы желательным конкретизировать эти близкие по длинам волн источники, чтобы избежать возможной путаницы.

В-третьих, в автореферате недостаточно полно обоснован выбор длин активных и нелинейных волокон в каждой отдельной схеме лазера.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации широко известны своими достижениями в соответствующей области науки и способны оценить научную и практическую значимость рассматриваемой в диссертации проблему.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен и исследован волоконный световод с сердцевиной из фосфоросиликатного стекла, легированного висмутом, с максимальным, известным на данный момент, коэффициентом усиления 0,32 дБ/м вблизи 1,3 мкм.

создан не имеющий аналогов в мире кольцевой лазер на фосфоросиликатном висмутовом световоде с активной модуляцией добротности с помощью акустооптического модулятора. С помощью набора волоконных брегговских решеток, была последовательно реализована генерация на нескольких длинах волн в диапазоне 1310-1350 нм.

выявлена и объяснена зависимость максимально достижимой энергии в разработанном импульсном лазере с модуляцией добротности от уровня ненасыщаемых потерь в используемом активном световоде
созданы лазеры вблизи 1,3 мкм на основе фосфоросиликатного и вблизи 1,7 мкм на основе высокогерманатного висмутовых световодов с синхронизацией мод с использованием активного и пассивного нелинейного кольцевого зеркала (NALM, NOLM).

установлена динамика распространения импульсов в лазере на высокогерманатном световоде с висмутом с использованием численного моделирования нелинейного уравнения Шредингера.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложен и применен на практике метод измерения средней концентрации висмутовых активных центров (ВАЦ) в фосфоросиликатных световодах на основе эффекта ограничения энергии в импульсе за счет баланса между ненасыщаемыми потерями и экстрагируемой энергией;

определен спектр сечения поглощения в таких световодах с использованием измеренного распределения ВАЦ по сердцевине, абсолютное значение сечения поглощения в пике линии на 1250 нм составило $\sim 2,35$ пм²;

определены зависимость усиления в фосфоросиликатных световодах от длины волны возбуждающего излучения, а также спектр ненасыщаемых потерь;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и реализованы пикосекундные источники лазерного излучения, работающие в области 1.3 и 1.7 мкм, которые могут быть использованы в различных научных и прикладных исследованиях, например, для детектирования газов, в биофотонике и рефлектометрии;

созданы фосфоросиликатные световоды с максимальным известным погонным коэффициентом усиления, что позволило повысить стабильность генерации лазера с синхронизацией мод на таком световоде;

достигнуты предельные значения энергии в импульсе для разработанных фосфоросиликатных световодов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

экспериментальные данные получены с помощью современного оборудования, с использованием известных отработанных методов, экспериментальные результаты хорошо согласуются с численными расчетами, литературными данными и теоретическими представлениями.

Личный вклад соискателя состоит в активном участии в разработке используемых активных висмутовых световодов, создании импульсных лазеров, проведении экспериментов и численных расчетов, интерпретации полученных данных, апробации результатов на конференциях, подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 29 марта 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Хегаю Александру Михайловичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за « 19 » , против « 0 », недействительных бюллетеней « 0 ».

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН

Ученый секретарь диссертационного совета,
канд. физ.-мат. наук



С.В. Гарнов

А.А. Ушаков

31 марта 2021 г.