ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.111.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 10 февраля 2023 г., № 1

О присуждении Судасу Дмитрию Петровичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация на тему: **«Нелинейно-оптические свойства теллурида висмута на поверхности кварцевого волоконного световода»** принята к защите 28 октября 2022, протокол № 7, диссертационным советом 24.1.111.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук (ФГБУН ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН) (125009, Москва, ул. Моховая. д.11. корп.7) (приказ Рособрнадзора о создании совета № 2397-1776 от 07.12.2007 г.; приказ Минобрнауки РФ о продлении деятельности совета № 75/нк от 15.02.2013 г.)

Соискатель Судас Дмитрий Петрович, 1994 года рождения, в 2018 году окончил с отличием СПб НИУ ИТМО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» по специальности «Техническая физика» с присвоением квалификации «Магистр».

С 01.10.2018 по 30.09.2022 г. проходил очное обучение в аспирантуре ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, направленности (профилю) – Физика конденсированного состояния. За время обучения сдал кандидатские экзамены по иностранному языку (английский), истории и философии науки (физико-математические науки), и по специальности «Физика конденсированного состояния». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН 04.10.2022г.

В настоящее время работает в лаб. №226 «Лаборатории волоконных световодов и элементов на их основе» Фрязинского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН в должности старшего инженера.

Работа выполнена в лаборатории № 226 «Лаборатории волоконных световодов и элементов на их основе» Фрязинского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

Научный руководитель: Голант Константин Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории 195 «Волоконно-оптических технологий» ФГБУН ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, доктор физико-математических наук, профессор, 01.04.10 (физ-мат.науки).

Официальные оппоненты:

Антипов Олег Леонидович, доктор физико-математических наук (01.04.21 – Лазерная физика), ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН).

Семенов Сергей Львович, доктор физико-математических наук (01.04.07 – Физика конденсированного состояния), руководитель Научного центра волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра "Институт общей физики им. А.М.Прохорова Российской академии наук".

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет» (РТУ «МИРЭА»), **в своем положительном отзыве**, подписанном Юрасовым Алексеем Николаевичем, доктором физико-математических наук, доцентом, профессором кафедры наноэлектроники Института перспективных технологий и индустриального программирования МИРЭА – Российского технологического университета, Задерновским Анатолием Андреевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой физики Института перспективных технологий и индустриального программирования МИРЭА – Российского технологического университета **указала**, что диссертация Судаса Дмитрия Петровича «Нелинейно-оптические свойства теллурида висмута на поверхности кварцевого волоконного световода» представляет собой завершенную квалификационную научную работу, полностью удовлетворяющую требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Судас Дмитрий Петрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 (01.04.07) – Физика конденсированного состояния. В отзыве отмечено, что поставленные задачи решены на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, цель диссертационного исследования достигнута. Основные положения работы и выводы сформулированы ясно и аргументированно. Полученные результаты обладают несомненной научной значимостью и новизной.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Изменение пропускания модулятора добротности осуществлялось за счёт изменения показателя преломления покрывающего полимера. Какова величина изменения показателя преломления в работе не сказано;

2. Не ясно, по какой причине автор выбрал методику утонения световодов при помощи травления, а не боковой полировкой, которая также является распространённым типом изменения геометрии оптических волокон;

3. При описании результатов по измерению величины глубины модуляции и интенсивности насыщения вместо указания в тексте, для лучшего понимания материала, необходимо было привезти сходную таблицу, в которой полученные характеристики сравнивались бы с аналогами из литературы;

4. На рисунке 14 не описываются причины возникновения пиков высвечивания дальше по длине от доминантного пика высвечивания на спадающем конусе;

5. В автореферате на рисунке 2б не объясняются возникшие волны в спектре пропускания световода в процессе травления вблизи от сердцевины;

6. После формулы, связывающей интенсивность насыщения и глубины модуляции не дана ссылка на источник;

7. В работе встречаются сленговые стилистические термины, которые затрудняют понимание материала.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 18 работах, из них: 2 публикации в журналах, вошедших в Перечень изданий, рекомендованный ВАК, 7 публикаций в зарубежных рецензируемых журналах, входящих в Международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science, 9 публикаций в трудах международных и российских конференций. Публикации по материалам диссертации полностью отражают ее содержание.

Список статей автора, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК:

1. Судас Д.П., Кузнецов П.И., Якушева Г.Г., Савельев Е.А., Волоконно-оптические сенсоры на основе резонанса затухающей моды для агрессивных жидкостей, ФОТОН-ЭКСПРЕСС, 6(174), с 286-287, 2021.
2. Судас Д.П., Савельев Е.А., Голант К.М. «Охлаждение пассивных модуляторов добротности на основе покрытого силиконом теллурида висмута в волоконных эрбиевых лазерах», Нелинейный Мир, Т.20, №2, 2022, Стр. 38-42.

Список статей автора в зарубежных рецензируемых журналах, входящих в Международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science:

3. P.I. Kuznetsov, V.A. Jitov, E.I. Golant, E.A. Savelyev, D.P. Sudas, G.G. Yakushcheva, And K.M. Golant, «Transmission spectrum alteration of a silica fiber taper while covering lateral surface with heterostructure of ZnTe/Bi2Te3 thin film», Physica Scripta, Vol. 94, No. 2, 025802 (6pp.), 2019.
4. P. Kuznetsov, G. Yakushcheva, E. Savelyev, V. Yapaskurt, V.Sherbakov, L. Zakharov, V. Jitov, D. Sudas and K. Golant, « MOCVD deposition of zinc and bismuth chalcogenides films on the surface of silica optical fibers,» Lithuanian Journal of Physics Vol. 59 No 4 (2019).
5. Kuznetsov, P.I., Sudas, D.P. & Savel'ev, E.A., «Formation of Fiber Tapers by Chemical Etching for Application in Fiber Sensors and Lasers», Instrum Exp Tech 63, 516–521 (2020).
6. D. P. Sudas et al, Features of repetitively-pulsed oscillation of an erbium fiber laser with a saturable absorber Bi2Te3 covered by silicone at various temperatures, 2021, Phys. Scr. 96 045501.
7. P.I. Kuznetsov, D.P. Sudas, E.A. Savelyev, Fiber optic Lossy Mode Resonance based sensor for aggressive liquids, Sensors and Actuators A: Physical, 2021, 112576, ISSN 0924-4247.
8. E. A. Savelyev, D. P. Sudas, and P. I. Kuztestov, "Using lossy mode resonance for in situ measurement of the refractive index of a layer deposited on an optical fiber lateral surface," Opt. Lett. 47, 361-364 (2022).
9. Sudas, D.P.; Zakharov, L.Y.; Jitov, V.A.; Golant, K.M. Silicon Oxynitride Thin Film Coating to Lossy Mode Resonance Fiber-Optic Refractometer. Sensors 2022, 22, 3665.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На автореферат диссертации поступил отзыв из:

- МГУ им. М.В. Ломоносова от к.ф-м.н., старшего научного сотрудника Кузнецова К.А. Отзыв положительный. (замечания: после рисунка 2б на котором показан спектр пропускания оптического тракта в процессе травления не приведено объяснение возникновения периодических волнообразных изменений амплитуды сигнала по всему измеряемому диапазону длин волн; недостаточно уделено внимания описанию причины уширения и ухудшения формы провала резонанса с ростом толщины покрытия на рисунке 4б; не приведены ссылки на литературу из которой взяты формулы 1 и 2; в тексте автореферата (особенно в списке литературы) имеется некоторое количество опечаток и жаргонизмов.

Обоснование выбора официальных оппонентов и ведущей организации:

Антипов Олег Леонидович, доктор физико-математических наук (спец. 01.04.21 «Лазерная физика»), ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН) является крупным специалистом в области физики лазеров и воздействии когерентного излучения высокой мощности на различные среды,

Семёнов Сергей Львович, доктор физико-математических наук (спец. 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»), руководитель Научного центра волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра "Институт общей физики им. А.М.Прохорова Российской академии наук", является специалистом по всем типам полностью волоконных сенсорных и лазерных систем и применениям низкоразмерных материалов в них.

Официальные оппоненты широко известны своими достижениями в данных отраслях науки, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных журналах, способны определить актуальность, новизну, научную и практическую ценность рассмотренной диссертации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет" известно своими разработками и исследованиями в области наноматериалов и устройств на их основе. Многочисленные работы его сотрудников в области оппонируемой диссертации свидетельствуют об их способности адекватно оценить результаты, представленные автором для защиты.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: присутствует ряд принципиально новых результатов. Описан механизм возникновения и локализация «серых» (не зависящих от длины волны) потерь при изотропном химическом травлении. Впервые обнаружен резонанс затухающей моды, реализованный на покрытии теллурида цинка. Обнаружено, что изменение температуры покрывающего полимера в диапазоне от -20 до 36 °С влияет на интенсивность взаимодействия

света с тонкоплёночным покрытием, а также позволяет управлять внутрирезонаторными потерями за счёт изменения уровня ненасыщаемого поглощения. Более того понижение температуры от комнатной до 0 °C приводит к перестроению длины волны лазерной генерации с 1560 до 1530 нм и нетипичному поведению зависимости длительности импульса при росте мощности накачки, что свидетельствует об уменьшении величины глубины модуляции насыщающегося поглотителя. Адаптированная в ходе выполнения работы технология MOCVD позволяет синтезировать широчайший спектр материалов на поверхности кварцевого волокна, что также применимо для создания конечных устройств таких как рефрактометры, фильтры и поглотители.

Методика охлаждения модуляторов добротности показала, что изменение свойств осаждённой структуры приводит к возможности как оценки величины нелинейности использованных материалов, так и для создания перестраиваемых лазеров. Кроме того, управляя через температуру величиной выхода исчезающего поля моды, получилось существенно уменьшить количество модуляторов добротности, характеристики которых не позволяют достигнуть импульсного режима генерации лазерной схемы.

Теоретическая значимость исследования: теоретически исследованы характеристики резонанса затухающей моды на утонённых волоконных световодах с покрытием из теллурида висмута. Описан процесс возбуждения моды покрытия и взаимодействия отдельных её поперечных компонент с фундаментальной модой сердцевины волокна. Выведена зависимость положения резонанса в спектре пропускания в зависимости от толщины покрытия. С применением аналитической модели описан процесс перестройки длины волны генерации выходного излучения лазера, а также уменьшения длительности лазерного импульса. На основе полученных теоретических результатов созданы прототипы соответствующих датчиков температуры и молярной концентрации водных растворов кислот.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: Полученные результаты существенно уточняют и углубляют знания о свойствах тонкоплёночных покрытий теллурида висмута. Особый интерес вызывает методика изучения тонкоплёночных материалов при помощи излучения, выводимого из боковой поверхности волоконного световода. Более того, продемонстрированный в работе метод измерений позволяет оценивать нелинейно-оптические свойства материалов, имеющих насыщаемое поглощение в режиме реального времени в процессе осаждения. Полученные в ходе диссертационной работы данные о характеристиках покрытий теллуридов висмута и цинка позволят в будущем создавать полностью волоконные лазерные системы, способные работать в импульсном режиме с перестраиваемой длиной волны генерации. Продемонстрированный метод изменения параметров лазерной генерации при помощи температурного влияния на насыщающийся поглотитель открывает новые возможности для создания лазерных систем для научных применений.

Разработанные методы утонения волоконных кварцевых световодов в дополнение к впервые продемонстрированной методике нанесения нанопокрытий на цилиндрическую поверхность сверхмалого диаметра

позволяют создавать компактные сенсоры показателя преломления, способные работать даже в кислотах и растворителях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: Решение поставленных в диссертационном исследовании Судаса Д.П. задач по расчёту взаимодействия мод в связанных волноводах и анализ оптических параметров лазерного резонатора с модулятором добротности выполнено на современном математическом уровне. Основные положения и выводы диссертации не противоречат современным теоретическим представлениям, достоверность полученных результатов подтверждается их сопоставимостью с результатами других авторов, а также соответствие между экспериментальными данными и расчётными. Все основные результаты работы были опубликованы в ведущих международных и российских журналах, а также доложены на международных и отечественных конференциях, что свидетельствует об их достаточной апробации.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все материалы и результаты, вошедшие в данную диссертационную работу, подготовлены либо лично автором, либо совместно с соавторами работ, опубликованных по теме диссертации.

Диссертационная работа Д. П. Судаса является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит решение научных и практических задач по изучению нелинейно-оптических свойств тонкоплёночных покрытий из теллурида висмута при помощи затухающего поля на боковой поверхности утонённых кварцевых световодов. Работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 с изменениями, утвержденными постановлением Правительства РФ от 11.09.2021 №1539, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 10 февраля 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Судасу Д. П. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования участвующие в заседании члены диссертационного совета в количестве 18 человек, из которых 4 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из общего числа 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, академик РАН С.А.Никитов

Ученый секретарь диссертационного совета, доктор
физико-математических наук И.Е.Кузнецова

«10» февраля 2023 г.