

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.231.02, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института 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 28 мая 2021 г., № 5

О присуждении Александрову Дмитрию Валерьевичу, гражданину России ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация на тему «Лазерная интерферометрия на основе частотно-фазовой модуляции для исследования сейсмических и геоакустических колебаний» принята к защите 26 февраля 2021, протокол № 4, диссертационным советом Д 002.231.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Российской академии наук (125009, Москва, ул. Моховая, Д.11. корп.7) (приказ Рособрнадзора о создании совета № 2397-1958 от 21.12.2007 г.; приказ Минобрнауки РФ о продлении деятельности совета № 714/нк от 02.11.2012 г.).

Соискатель Александров Дмитрий Валерьевич, 1983 года рождения, в 2008 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)" по специальности прикладная математика и физика.

С 01.11.2008 по 31.10.2012 проходил обучение в заочной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Работает старшим научным сотрудником лаборатории электродинамики искусственных сред и структур ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН;

Диссертация выполнена в лаб. электродинамики искусственных сред и структур ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

Научный руководитель: **Дубров Мстислав Николаевич**, кандидат физико-математических наук, ст.н.сотр., ведущий научный сотрудник лаборатории «Электродинамика искусственных сред и структур» Фрязинского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Каменев Олег Тимурович, доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, лаб. прецизионных оптических методов измерений, ведущий научный сотрудник.

Захаров Виктор Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», физический факультет, кафедра физики атмосферы, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», в своем положительном отзыве, подписанном к.т.н., И.С. Сильвестровым, зам. нач. НИО-8, и утвержденном первым заместителем генерального директора, заместителем по научной работе д.т.н. А.Н Щипуновым, И.С. Сильвестров, отметил, что тема диссертации Д.В. Александрова актуальна, она представляет завершённую научную работу, содержащую решение научной задачи

разработки метода частотно-модулированной лазерной интерферометрии для измерений деформаций, возникающих в результате искусственных сейсмологических звуковых колебаний, а так же в сейсмологии для выделения колебаний, возникающих при глобальных геофизических явлениях. Полученные результаты достоверны, обладают научной значимостью и новизной.

Соискатель имеет 33 опубликованных работ, в том числе 15 научных статей, из которых 13 статей – в научных журналах, входящих в перечень российских рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, из них 3 статьи - в журналах, входящих в международные системы цитирования Web of Science, 2 статьи – в других изданиях и 18 в сборниках трудов международных и российских конференций. Общий объем, опубликованных по теме диссертации работ, составил 93 печ.л. Из них:

1. **Александров, Д.В.** Особенности работы высокостабильных лазеров при подключении несогласованной оптической нагрузки / Д.В. Александров, М.Н. Дубров, А.Д. Шатров // Радиотехника и электроника. 2011. Т. 56. № 9. С. 1149.

Краткое описание. Приведены результаты исследования электродинамической системы “лазер интерферометр” на примере изучения трехзеркального оптического резонатора как простейшей модели лазера, подключенного к несогласованной нагрузке. Проанализированы интегральные уравнения, описывающие электромагнитное поле в трехзеркальном резонаторе с цилиндрическими зеркалами. Выполнена проверка полученных результатов путем численного моделирования поведения собственных частот для некоторых простейших случаев трехзеркального лазерного резонатора.

2. Шатров, А. Д. Исследование электродинамической системы, состоящей из лазерного резонатора и внешнего слабо отражающего элемента / А. Д. Шатров, М. Н. Дубров, **Д. В. Александров** // Квантовая электроника, 46:12 (2016), 1159–1162 [Quantum Electron., 46:12 (2016), 1159–1162]

Краткое описание. Поведение электромагнитного поля в трехзеркальном лазерном резонаторе описывается методом интегральных уравнений. Приводятся результаты численных расчетов и экспериментальных исследований для конкретных примеров реализации данной конфигурации. Определены условия оптимальной настройки лазерного интерферометра-деформографа с трехзеркальным резонатором. Исследуется вклад отраженного и рассеянного излучений, а также возникающих дополнительных сейсмических помех в результирующую погрешность лазерных гравитационно-волновых детекторов.

3. Дубров, М. Н. Генерация связанных мод в несогласованном трехзеркальном лазерном резонаторе / М. Н. Дубров, **Д. В. Александров** // Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики, 2018. Т. 107. №5-6. С. 353-359.

Краткое описание. Экспериментально обнаружено необычное явление генерации связанных типов колебаний с поперечным распределением поля, соответствующим собственным модам $TE_{m,q}$ с несовпадающими параметрами индексов m и q в основном лазерном резонаторе и во внешнем резонаторе. Возбуждение связанных мод зависит от конфигурации и настройки парциальных резонаторов. Для

решения системы интегральных уравнений трехзеркального резонатора с несогласованными сферическими зеркалами в квазиоптическом приближении предлагается использовать модифицированные граничные условия, учитывающие коэффициенты связи для собственных волн в парциальных резонаторах.

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

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из:

- Новороссийского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО "КубГТУ" от д.ф.-м.н. В.Г. Шеманина (замеч.: в автореферате на странице 16 и 17 к рисункам 4 и 5 нет комментария о величине шума на этих осциллограммах, а так же в тексте имеются опечатки).
- Института теоретической и прикладной электродинамике РАН от к.ф.-м.н. А.С. Зубова (замеч. нет).
- АО "НПП "ИСТОК" им. А.И. Шокина" от к.т.н. А.К. Балыко (замеч. нет).
- Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН от д.ф.-м.н. О.Б. Хаврошкина (замеч. нет).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается: назначенные советом официальными оппонентами по диссертации Д.В. Александрова ученые широко известны своими достижениями в данной отрасли науки, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных журналах, способны определить актуальность, новизну, научную и практическую ценность оппонируемой диссертации - доктор физико-математических наук, **О.Т. Каменев** - известный специалист в области лазерной техники. Ряд его работ посвящен разработке и исследованию волоконно-оптического интерферометра для мониторинга природных и техногенных объектов; кандидат физико-математических наук, доцент **В.И. Захаров** - один из ведущих в России специалистов в области изучения ионосферы, в частности ее отклика на тайфуны и землетрясения.

Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», широко известна своими исследованиями в области геометрических, координатно-временных, радиотехнических и гравиметрических измерений, разработки измерительных средств, а также их метрологического обеспечения. Многочисленные работы её 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:

Предложен новый метод интерферометрических измерений деформаций с методиками линеаризации и цифровой обработки для достижения высокой точности в широком динамическом до 200 дБ диапазоне с точностью регистрации деформаций $\Delta L/L = 10^{-12}$.

Предложена двумерная модель трехзеркального лазерного резонатора, для которого в квазиоптическом приближении сформулирована система интегральных уравнений.

Проведены исследования и комплексные испытания экспериментальных макетов трехзеркального лазерного интерферометра-деформографа.

Показана возможность сейсмо-деформационного и акустического мониторинга геодинамических процессов на основании подтверждения результатов сравнительных измерений разными методами и разными высокочувствительными пространственно-разнесенными приборами в сейсмо-энергоактивных зонах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: Предложен и впервые применен метод лазерной интерферометрии с новым принципом частотной модуляции, методиками определения параметров обратной связи, линеаризации и цифровой обработки сигналов для исследований акустических и сейсмических колебаний. Предложена двумерная модель трехзеркального лазерного резонатора, на основании которой сформулирована система интегральных уравнений. В результате теоретического анализа характеристик электромагнитного поля, вытекающих из решений интегральных уравнений, численных расчетов и экспериментального моделирования обнаружены режимы нестабильной работы и предложены способы стабилизации с помощью установления необходимых параметров обратной связи.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: Разработанные методики могут использоваться при решении различных научных и прикладных задач: - изучение динамики сейсмического и геофизического полей, связанных со стихийными бедствиями (землетрясения и ураганы), - проведение оценки фоновых процессов в природных условиях, включая промышленные и строительные объекты, подземные и горные выработки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: использование широко распространенных апробированных методов интерферометрии, интегральных уравнений и компьютерного моделирования, подтверждением теоретических моделей в экспериментах, а также сравнением результатов экспериментальных исследований с существующими работами других авторов.

Полученные результаты рассмотрены в ходе обсуждений на научных семинарах и конференциях, а также имеют положительные рецензии при их публикации в научных журналах.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке задач для диссертации, обработке экспериментальных результатов. Все использованные в диссертации результаты получены автором лично или при его участии. Материалы, представленные в работе, получены в результате исследований, выполненных автором на автоматизированных интерферометрических установках в лабораторных условиях и на базе подземного лучеводного полигона ФИРЭ РАН. Автор непосредственно участвовал в разработке схемных решений и сборке экспериментальных установок в ФИРЭ РАН, а также на Камчатке и Владивостоке. При определяющем участии автора разрабатывалось программное обеспечение для обработки и анализа экспериментальных интерферограмм.

Диссертационная работа Д.В. Александрова является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит решение научной и практической задачи разработки методов частотно-модулированной лазерной интерферометрии для измерений деформаций. Работа удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 824, предъявляемым к диссертациям на соискании ученой степени кандидата наук. На заседании 28 мая 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Александрову Д.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 11 докторов по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 19, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета
д.ф.-м.н., член-корр. РАН

Черепенин В.А.

Ученый секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор РАН

Кузьмин Л.В.

« 28 » мая 2021 г.

