

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П. Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11 апреля 2022 г № 23

О присуждении Жаднову Никите Олеговичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Флуктуации частоты высокостабильных лазерных систем с опорным монолитным оптическим резонатором» по специальности 1.3.19 — «Лазерная физика» принята к защите 4 февраля 2022 года, (протокол заседания № 18) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Жаднов Никита Олегович, 5 декабря 1993 года рождения, в 2017 году с отличием окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по направлению «Прикладные математика и физика». С 2017 года обучался в аспирантуре МФТИ по направлению «Физика и астрономия» и закончил её в 2021 году. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2021 году. С 2016 года Н. О. Жаднов работает в Физическом институте им. П. Н. Лебедева, в настоящее время в должности высококвалифицированного младшего научного сотрудника в Лаборатории оптики сложных квантовых систем Отделения оптики.

Диссертационная работа Н. О. Жаднова выполнена в Отделении оптики ФИАН.

Научный руководитель: член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук Колачевский Николай Николаевич, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Пальчиков Виталий Геннадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Главного метрологического центра Государственной службы времени и частоты (ГМЦ ГСЧ (НИО-7)) Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»);
2. Гончаров Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, заведующий Лабораторией квантовых сенсоров Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт лазерной Физики Сибирского отделения Российской академии наук» (ФГБУН ИЛФ СО РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ), город Москва, в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук Руденко Валентином Николаевичем, заведующим отделом Гравитационных измерений Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ, а также кандидатом физико-математических наук Поповым Сергеем Михайловичем, старшим научным сотрудником отдела Гравитационных измерений ГАИШ МГУ, и утвержденном доктором физико-математических наук Федяниным Андреем Анатольевичем, проректором МГУ,

указала, что диссертация является законченным научным исследованием, по тематике соответствует специальности 1.3.19 – «Лазерная физика» и удовлетворяет требованиям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science, опубликовано 4 работы. По материалам диссертации получен патент на полезную модель.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Н. О. Жадновым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Н. О. Жаднов, К. С. Кудеяров, Д. С. Крючков, И. А. Семериков, К. Ю. Хабарова, Н. Н. Колачевский, “О пределе теплового шума высокостабильных оптических резонаторов”, Квантовая электроника, 2018, т. 48, № 5, стр. 425–430.
2. Д. С. Крючков, Н. О. Жаднов, К. С. Кудеяров, Г. А. Вишнякова, К. Ю. Хабарова, Н. Н. Колачевский, “Компенсация флуктуаций остаточной амплитудной модуляции в оптоэлектронной системе стабилизации частоты лазерного излучения”, Квантовая электроника, 2020, т. 50, № 6, стр. 590–594.
3. N. O. Zhadnov, K. S. Kudeyarov, D. S. Kryuchkov, G. A. Vishnyakova, K. Y. Khabarova, N. N. Kolachevsky “48-cm long room-temperature cavities in vertical and horizontal orientations for Sr optical clock”, Applied Optics, 2021, vol. 60, № 29, p. 9151-9159.

4. Н. О. Жаднов, Н. Н. Колачевский, “Частичная компенсация тепловых шумов в основной моде оптического резонатора”, Краткие сообщения по физике ФИАН, 2021, т. 8, стр. 27–37.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области лазерной физики и оптических стандартов частоты, а ведущей организации – ее репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области прецизионных лазерных интерферометрических измерений.

Диссертация Жаднова Н. О. посвящена разработке и исследованию характеристик высокостабильных лазерных источников на основе внешних оптических высокодобротных резонаторов Фабри-Перо. Актуальность исследования обеспечивается широким использованием таких лазерных систем в качестве локальных осцилляторов в современных стандартах времени и частоты, а также в ряде прецизионных экспериментов по лазерной спектроскопии и интерферометрии. Диссертационный совет отмечает, что в диссертации проведены обширные исследования различных шумовых процессов в высокостабильных лазерных системах, стабилизированных по собственным модам внешних высокодобротных оптических резонаторов. Предложен и реализован ряд оригинальных методов компенсации и подавления флуктуаций частоты таких лазерных систем.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Предложен новый метод, позволяющий осуществить частичную компенсацию флуктуаций частоты лазера, стабилизированного по основной моде опорного резонатора (TEM_{00}), вызванных тепловым шумом зеркал. В методе используются два вспомогательных лазерных пучка, соответствующих паре старших мод этого резонатора (LG_{10} и LG_{03} * с орбитальным моментом). Сличение частот данных пучков позволяет измерять и компенсировать тепловые флуктуации частоты основной моды.

2. Созданы две высокостабильные лазерные системы на основе полупроводниковых лазеров с длиной волны излучения 698 нм и стабилизацией частоты по модам горизонтального и вертикального резонаторов Фабри-Перо большой длины (48 см) из стекла ULE со сверхнизким коэффициентом теплового расширения. Ширина спектральной линии сигнала биений лазерных систем на полувысоте составляет <1.5 Гц; девиация Аллана относительных флуктуаций частоты составила $<2 \cdot 10^{-15}$ на временах усреднения 30 мс - 10 с. Достигнутые характеристики позволили реализовать оптический репер частоты на холодных атомах стронция с относительной нестабильностью на уровне 10^{-17} при использовании этих лазерных систем для опроса часового перехода.
3. Осуществлена стабилизация частоты двух волоконных лазеров на длине волны 1.5 мкм по опорным резонаторам из монокристаллического кремния при температуре 124 К (температура нулевого теплового расширения кремния). На их основе разработана система подавления флуктуаций паразитной амплитудной модуляции в методе Паунда-Драйвера-Холла, что позволило уменьшить вклад указанных флуктуаций в нестабильность частоты лазерной системы до уровня тепловых шумов длины кремниевых резонаторов.
4. Разработан и исследован метод создания опорных резонаторов с нулевым коэффициентом теплового расширения (КТР) без использования материалов, имеющих такое свойство. Компенсация теплового расширения достигается за счёт напряженного сочленения тела резонатора с кольцом, КТР которого значительно превосходит КТР тела. Моделирование показало, что резонатор из плавленого кварца, обжатый кольцом из алюминия, имеет точку нулевого КТР и приблизительно в два раза менее чувствителен к изменению температуры, чем резонатор из стекла ULE.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. В том числе:

1. Впервые предложены, разработаны и исследованы метод частичной компенсации тепловых шумов и метод компенсации теплового расширения опорного резонатора;
2. Впервые создана и исследована высокостабильная лазерная система со стабилизацией по моде длинного (48 см) ULE-резонатора с вертикальной ориентацией оптической оси;
3. Впервые созданы и исследованы лазерные системы телекоммуникационного диапазона на основе кремниевых опорных резонаторов, охлажденных до 124 К в заливном азотном высоковакуумном криостате.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что созданные в рамках диссертационной работы лазерные системы с длиной волны излучения 698 нм на основе опорных резонаторов из ULE-стекла используются для опроса часового перехода в оптическом репере частоты на холодных атомах стронция, входящем в государственный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ-1. Результаты диссертации также могут быть использованы при разработке оптических стандартов частоты нового поколения, в задачах дальнометрии, передачи точных сигналов времени и частоты, а также в экспериментах по прецизионной лазерной спектроскопии и интерферометрии.

Достоверность полученных соискателем результатов экспериментов подтверждается использованием высокоточных, поверенных и протестированных измерительных приборов и воспроизводимостью экспериментальных данных. Достоверность теоретических выводов обеспечивается согласованием с результатами компьютерного моделирования и обоснованностью использованных моделей и приближений.

Н. О. Жаднов принимал ключевое участие во всех этапах разработки, создания и исследования высокостабильных лазерных систем, описанных в диссертации. Он также сыграл основную роль в разработке и исследовании

метода компенсации теплового расширения опорного резонатора и метода частичной компенсации тепловых шумов зеркал. Подготовка результатов к публикации проводилась совместно с соавторами.

В ходе защиты соискатель Жаднов Н. О. дал аргументированные ответы на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 11 апреля 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Н. О. Жаднову учёную степень кандидата физико-математических наук за новые научные и технические решения в области создания высокостабильных лазерных источников для оптических стандартов частоты, использование которых внесло значимый вклад в развитие координатно-временного обеспечения РФ.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 24 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.19 — «Лазерная физика»), участвовавшие в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 23,
против присуждения учёной степени - 1,
недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор

Ионин Андрей Алексеевич

Учёный секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Золотько Александр Степанович

11 апреля 2022 г.