

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 5 июня 2023 г № 48

О присуждении Васьковской Марии Игоревне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Факторы, влияющие на долговременную стабильность стандарта частоты на основе эффекта когерентного пленения населенностей» по специальности 1.3.19 — Лазерная физика принята к защите 3 апреля 2023 года, (протокол заседания № 46) 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 Васьковская Мария Игоревна, 19 июня 1993 года рождения, в 2016 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности «Физика конденсированного состояния вещества». С 2016 по 2020 год обучалась в аспирантуре ФИАН по направлению «Физика и астрономия». Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана ФИАН в 2021 году. С 2017 года является сотрудником ФИАН. В настоящее время работает в должности высококвалифицированного научного сотрудника в Лаборатории

стандартов частоты Троицкого обособленного подразделения ФИАН (ЛСЧ ТОП ФИАН).

Диссертационная работа М.И. Васьковской выполнена в ЛСЧ ТОП ФИАН.

Научный руководитель: Сергей Александрович Зибров, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории стандартов частоты Троицкого обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени 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 Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»);
2. Саакян Сергей Арамович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории №1.4. – лазерного охлаждения и ультрахолодной плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук» (ОИВТ РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН), город Москва, город Троицк, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом физико-математических наук Афанасьевым Антоном Евгеньевичем, старшим научным сотрудником Отдела лазерной спектроскопии Лаборатории лазерной спектроскопии ИСАН, доктором физико-математических наук Рябовым Евгением Артуровичем, главным научным сотрудником, исполняющим обязанности заведующего Отделом лазерной спектроскопии

ИСАН, и утвержденном доктором физико-математических наук Задковым Виктором Николаевичем, директором ИСАН, указала, что диссертация удовлетворяет всем требованиям, установленным Положением 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 по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science опубликовано 5 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем М.И. Васьковской работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Васьковская М.И., Васильев В.В., Зибров С.А., Величанский В.Л., Акимова И.В., Богатов А.П., Дракин А.Е. Амплитудно-фазовая модуляция и спектр излучения диодного лазера с вертикальным резонатором //Квантовая электроника. – 2017. – Т. 47. – №. 9. – С. 835.
2. Vaskovskaya M.I., Tsygankov E.A., Chuchelov D.S., Zibrov S.A., Vassiliev V.V., Velichansky V.L. Effect of the buffer gases on the light shift suppression possibility //Optics Express. – 2019. – Т. 27. – №. 24. – С. 35856-35864.
3. Tsygankov E.A., Vaskovskaya M.I., Chuchelov D.S., Zibrov S.A., Vassiliev V.V., Velichansky V.L., Yakovlev V.P. Polarization asymmetry of the dark-resonance frequency dependence on the magnetic field //JOSA B. – 2021. – Т. 38. – №. 5. – С. 1742-1747.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области лазерной физики и атомной спектроскопии щелочных металлов, а ведущей организации –

ее репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области спектроскопии.

Диссертация Васьковской Марии Игоревны посвящена экспериментальному исследованию, направленному на анализ факторов, влияющих на стабильность частоты стандарта на основе эффекта когерентного пленения населенностей (КПН) в атомах ^{87}Rb . Актуальность работы обусловлена тем, что стандарты такого типа, отличающиеся компактностью и малым энергопотреблением, являются перспективным инструментом в задачах синхронизации различных систем, например, миниатюрных систем спутниковой навигации подвижных объектов, систем скоростной передачи данных и т.п.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Детально изучено влияние наполнения атомных ячеек с ^{87}Rb буферными газами на величину светового сдвига частоты КПН-резонанса, а также на его основные метрологические характеристики. Показано, что возможность подавления светового сдвига частоты КПН-резонанса, возникающего под действием многочастотного лазерного излучения, определяется величиной уширения оптической линии поглощения, обусловленного столкновениями атомов щелочного металла с частицами буферных газов. Обнаружено, что существует такое значение давления буферных газов, при котором минимум зависимости частоты КПН-резонанса от мощности модулирующего ток СВЧ-сигнала достигается одновременно с подавлением светового сдвига.

2. Продемонстрирован эффект поляризационной асимметрии зависимости частоты КПН-резонанса, образованного на подуровнях основного состояния с $m_F=0$, от величины продольного магнитного поля. Обнаруженный эффект позволяет подавить линейный отклик частоты КПН-резонанса на флуктуации магнитного поля при определенном сочетании круговой поляризации (левая или правая) лазерного излучения и направления рабочего

продольного магнитного поля. Подавление происходит за счет конкуренции двух эффектов: квадратичного эффекта Зеемана и затягивания частоты КПН-резонанса вследствие различного влияния магнитоинвариантных резонансов.

3. Исследованы устойчивость поляризации излучения лазеров с вертикальным резонатором и их спектрально-модуляционные характеристики в режиме СВЧ-модуляции тока накачки. Экспериментально подтверждена корректность теоретического подхода к описанию генерации лазера такого типа в режиме СВЧ-модуляции, основанного на анализе уравнений Максвелла для комплексных амплитуд полей.

4. Разработана оригинальная конструкция квантового дискриминатора, собран макет КПН-стандарта частоты. Достигнутое значение нестабильности частоты макета при времени измерения 1000 с составило $5.7 \cdot 10^{-13}$, что превосходит стабильность коммерчески доступных аналогичных устройств зарубежного производства.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна заключается в следующем:

– Предложен новый метод подавления светового сдвига частоты КПН-резонанса в атомах ^{87}Rb , основанный на использовании атомных ячеек с давлением буферных газов, обеспечивающим совмещение минимума зависимости частоты КПН-резонанса от мощности СВЧ-сигнала с подавлением чувствительности частоты к флуктуациям интенсивности излучения. Для технической реализации предложенного метода, в отличие от методов, известных ранее, не требуются дополнительные устройства, увеличивающие габариты и энергопотребление стандарта частоты.

– Предложен метод подавления линейного отклика частоты КПН-резонанса на флуктуации продольного магнитного поля, основанный на корректном выборе комбинации направления циркулярной поляризации излучения и направления и величины магнитного поля.

– Описана совокупность характеристик лазеров с вертикальным резонатором, необходимых для их применения в составе КПН-стандартов

частоты. Установлены требования к виду модуляционных спектров излучения для подавления светового сдвига частоты КПН-резонанса. Выявлены закономерности формирования спектров излучения в режиме глубокой СВЧ-модуляции тока накачки.

– Впервые предложен алгоритм выбора наполнения атомных ячеек буферными газами, выбора рабочей температуры ячейки и интенсивности лазерного излучения, позволяющий оптимизировать параметр качества КПН-резонанса (отношения контраста к ширине) с одновременным подавлением температурной зависимости частоты КПН-резонанса.

Практическая значимость полученных соискателем результатов исследования обусловлена возможностью их использования при разработке отечественных КПН-стандартов частоты или других квантовых сенсоров на основе спектроскопии щелочных металлов.

Полученные результаты могут быть использованы в таких организациях как НИЯУ МИФИ, ФИАН, АО «Российские космические системы», АО «Время-Ч», ФГУП ВНИИФТРИ и других.

Достоверность результатов работы подтверждается использованием протестированного измерительного оборудования, воспроизводимостью данных, полученных в ходе различных экспериментов, а также их соответствием теоретическим оценкам.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Васьковской М.И. получены лично автором, либо при его непосредственном участии. В частности, автором лично были предложены новый метод поиска значения мощности СВЧ-сигнала, обеспечивающей подавление светового сдвига частоты КПН-резонанса, алгоритм оптимизации метрологических характеристик КПН-резонанса. Также, автором лично были сформулированы требования к спектральному составу излучения лазеров с вертикальным резонатором в режиме СВЧ-модуляции для применения их в составе КПН-стандарта частоты. Помимо этого, автор внес существенный вклад в создание и

усовершенствование экспериментальной установки, задействованной в работе. Подготовка результатов к публикации проводилась совместно с соавторами.

В ходе защиты соискатель Васьковская М.И. аргументированно ответила на заданные ей вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 5 июня 2023 года диссертационный совет принял решение присудить М.И. Васьковской учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи по разработке КПН-стандартов частоты и исследованию факторов, влияющих на долговременную нестабильность их частоты.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 25 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 25,
против присуждения учёной степени 0,
недействительных бюллетеней 0.

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

Колачевский Николай Николаевич

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

Золотько Александр Степанович

5 июня 2023 г.