

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Парёхина Данила Александровича «Методы стабилизации параметров квантового дискриминатора стандарта частоты на основе эффекта когерентного пленения населённостей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования. Диссертация Парёхина Данила Александровича посвящена актуальной научно-технической и востребованной на сегодняшний день тематике — разработке методов управления составными частями миниатюрного квантового стандарта частоты на основе когерентного пленения населённостей (КПН), обеспечивающих требуемые метрологические и эксплуатационные характеристики стандарта. Такие стандарты особенно нужны для навигации малогабаритных мобильных устройств и для помехозащищенности систем связи.

Общая характеристика диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 107 страниц машинописного текста. Список литературы включает 142 наименования. Список публикаций по теме диссертации включает 14 наименований. Из них 7 — публикации в изданиях, рекомендованных ВАК.

В первой главе диссертации приведен обзор литературы и типов резонансных атомных ячеек, описана структурная схема работы стандарта частоты на основе КПН эффекта, представлен ее анализ, указаны основные факторы, влияющие на частоту КПН-резонанса.

Во второй главе описаны результаты систематического исследования влияния мощности и частоты лазерного излучения, мощности СВЧ-сигнала, модулирующего ток накачки лазера, и магнитного поля на частоту КПН-резонанса. Найдены экстремумы этих зависимостей.

В третьей главе дано описание алгоритмов настройки частоты лазера на оптический резонанс D_1 линии рубидия и СВЧ-частоты на микроволновый КПН-резонанс, а также описаны методы стабилизации этих параметров.

В четвертой главе диссертации дан анализ результатов исследований.

В заключении перечислены основные выносимые на защиту положения и перечислены частные научные задачи, решения которых явились доказательством основных положений.

Новизна научных положений и результатов. Новизна научных результатов отражена в тексте диссертации и автореферата и заключается в следующем:

1. Создан и подробно исследован компактный, автономно работающий микроволновый стандарт частоты на основе эффекта когерентного пленения населённостей.
2. Исследованы зависимости частоты КПН-резонанса от мощности и частоты лазерного излучения, мощности СВЧ-поля, модулирующего ток накачки

лазера, магнитного поля, температуры квантового дискриминатора при использовании резонансной ячейки и лазера отечественного производства.

3. По найденным экстремумам зависимостей, перечисленных в предыдущем пункте, предложен алгоритм нахождения оптимальной комбинации рабочих параметров стандарта.
4. Проведено испытание влияния температуры внешней среды на стабильность частоты стандарта.
5. Проведены испытания стабильности разработанного стандарта на движущихся платформах.
6. Уступая зарубежным аналогам по массогабаритным характеристикам, разработанный стандарт превосходит их по некоторым метрологическим характеристикам (нестабильность частоты меньше $1,0 \times 10^{-12}$ на интервале времени 1000 с).

Практическая значимость работы не вызывает сомнений, поскольку малогабаритные стандарты частоты с малым энергопотреблением и сравнительно высокой долговременной стабильностью необходимы во многих областях, в особенности в системах навигации мобильных устройств.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается систематическими измерениями, проведенными на сертифицированном оборудовании.

Замечания по диссертационной работе:

1. Отсутствует информация о спектре излучения диодного лазера в режиме СВЧ-модуляции. Исследование зависимости частоты КПН-резонанса от мощности СВЧ-поля без одновременного наблюдения спектра – недостаточно информативный метод.
2. Нет подробного описания характеристик использованного лазера.
3. Не сформулированы требования к спектральным, шумовым и модуляционным характеристикам лазера.
4. Алгоритм выбора рабочих параметров по их экстремальным значениям описан только частично.

Перечисленные замечания не снижают общую высокую оценку диссертационной работы и носят рекомендательный характер. Д.А. Парёхин проделал очень большой объем инженерно-технической, технологической и исследовательской работы.

Результаты диссертационного исследования прошли необходимую апробацию, были представлены на конференциях и симпозиумах в России, а также на Международных конференциях, своевременно опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ.

Автореферат соответствует содержанию и структуре диссертации. Результаты диссертационной работы Парёхина Данила Александровича **можно классифицировать как решение важной научной задачи** в области многофакторного анализа долговременной стабильности стандартов частоты на основе эффекта КПН и методов экспериментальной реализации исследований.

Заключение по диссертационной работе. Диссертация Парёхина Данила Александровича «Методы стабилизации параметров квантового дискриминатора стандарта частоты на основе эффекта когерентного пленения населённости» является законченной научно-квалификационной работой. Представленная диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук («Положение о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительством РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 18.03.2023)), а ее автор — Парёхин Данил Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки).

Официальный оппонент:

кандидат физ.-мат. наук, Величанский Владимир Леонидович
ведущий научный сотрудник Троицкого обособленного подразделения
ФИАН им. П.Н. Лебедева РАН

Российская Федерация, 108840, г. Троицк, ул. Физическая 11,
Лабораторный корпус, к. 22,

Тел. +7(916)145-68-32

e-mail: vlvlab@yandex.ru

/Величанский В.Л./

30.10.2024 г.

Подпись Величанского Владимира Леонидовича удостоверяю:

Помощник
директора

Савинов С.Ю.