

Отзыв на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
Купалова Дмитрия Сергеевича "Разработка и исследование спектроскопа для атомных
стандартов частоты фонтанного типа"
по специальности 05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение.

Диссертационная работа Купалова Д.С. посвящена актуальной теме создания атомных стандартов частоты фонтанного типа на основе атомов рубидия. Атомные фонтаны на ультрахолодных атомах обеспечивают возможности Рэмси-спектроскопии высокого разрешения на сверхтонких компонентах основного состояния, что позволяет достичь предельных характеристик нестабильности частоты на уровне единиц 16 знака. Сигналы, получаемые от атомных фонтанов на атомах цезия, лежат в основе национальных шкал времени и обеспечивают современные возможности таких высокотехнологических систем, как глобальные системы спутниковой навигации, высокоскоростной телекоммуникации и многих других.

Для обеспечения надежного функционирования национальной шкалы времени помимо первичных стандартов частоты – цезиевых фонтанов - требуются высоконадежные хранители времени, т.е. системы, позволяющие с высокой точностью поддерживать шкалу времени на различных интервалах времени вплоть до нескольких суток. До последнего времени такими хранителями в большинстве лабораторий мира являлись водородные мазеры. В данной работе реализована возможность использования рубидиевых стандартов частоты фонтанного типа для обеспечения хранения единиц времени частоты. Достоинством таких стандартов по сравнению с водородными мазерами является отсутствие дрейфа частоты. В свою очередь, по сравнению с цезиевыми фонтанами, рубидиевые системы обладают меньшим столкновительным сдвигом за счет спин-обменного взаимодействия, что позволяет увеличить количество рабочих атомов и, соответственно, повысить стабильность сигнала.

Необходимо отметить, что в России такие системы разработаны впервые. При этом в мире только несколько национальных метрологических институтов имеют возможность использовать рубидиевые фонтаны в качестве хранителей времени (США, Франция). Это выводит Россию на передовые рубежи в области обеспечения потребителей высокоточными и стабильными сигналами времени и частоты.

В диссертационной работе представлены выполненные Купаловым Д.С. исследования, нацеленные на обеспечение и исследование метрологических характеристик рубидиевых стандартов частоты фонтанного типа. Новизна исследования заключается в реализации нескольких оригинальных методов: импульсного режима вспомогательной магнитооптической ловушки и подстройки резонатора спектроскопа к атомному резонансу. Первый метод, основанный на манипуляции магнитными полями магнитооптической ловушки, позволил увеличить на 20% количество рабочих атомов, что, в свою очередь, привело к повышению стабильности сигнала. Второй метод позволяет исключить трудоемкую настройку резонатора с помощью температуры окружающей среды, что позволяет точно настраиваться на резонанс и размещать несколько установок в помещении с единой системой кондиционирования.

Основным и самым важным результатом работы является исследование частотных характеристик рубидиевого фонтана. Были выполнены сличения с водородным стандартом, которые показали, что суммарная нестабильность практически полностью определяется характеристиками мазера. В свою очередь, сличение двух независимых рубидиевых стандартов частоты фонтанного типа показало, что каждый из них (в предположении идентичности) обеспечивает нестабильность частоты на уровне $(1-2)10^{-16}$ при интервале усреднения 16 суток. Эта характеристика является предельной для систем такого типа и ограничивается фундаментальным пределом квантово-проекционных шумов. Автором продемонстрированы одни из лучших метрологических

характеристик стандартов частоты микроволнового диапазона, работающих в мире. При этом реализовано надежное и непрерывное функционирование системы на интервалах времени в несколько месяцев, что также является крупным достижением в области метрологии. Перечисленные характеристики являются достаточными для решения поставленной задачи обеспечения хранения единицы времени.

Диссертационная работа Купалова Д.С. является целостным и законченным исследованием, выполненном на самом современном уровне. Полученные результаты сопоставимы и превосходят мировой уровень разработок стандартов частоты фонтанного типа и обеспечения их предельных характеристик. Результаты опубликованы в трех научных публикациях в профильном научном журнале "Измерительная техника" и докладывались на ряде российских и международных конференций.

Диссертационная работа "Разработка и исследование спектроскопа для атомных стандартов частоты фонтанного типа", представленная Купаловым Д.С. на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней. Считаю, что Купалов Д.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение.

Отзыв составил

Директор ФГБУН Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,

Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Колачевский Николай Николаевич

119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53,

тел.: +7 (499)135-42-64,

e-mail: office@lebedev.ru

