



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Купалова Дмитрия Сергеевича
на тему:

«Разработка и исследование спектро스코па для атомных стандартов
частоты фонтанного типа»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности: 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение»

Требования к точности измерения времени непрерывно возрастают, и в ближайшей перспективе составят величины порядка одной наносекунды. Потребителями точного времени являются космические системы, в первую очередь ГЛОНАСС, геодезические системы, перспективные системы связи, высокоскоростной транспорт. Все активнее точное время использует банковский сектор. В связи с этим требования к первичным национальным эталонам также непрерывно возрастают. На сегодняшний день развитие первичных эталонов единиц времени и частоты характеризуется активным освоением микроволновых стандартов частоты фонтанного типа на основе холодных атомов. Тема диссертационного исследования Купалова Д.С. соответствует современным тенденциям и является, несомненно, актуальной. Автор диссертации решена актуальная научная проблема, посвященная уменьшению нестабильности стандарта частоты фонтанного типа за счет разработанного атомного спектроскопа со вспомогательной ловушкой, используемой как источник медленных атомов, и перестраиваемый СВЧ резонатором.

Следует отметить, что предложенный автором режим работы магнитооптической ловушки позволил на 20 % увеличить число рабочих атомов. Кроме того, уникальная конструкция СВЧ резонатора позволила произвести его тонкую настройку при фиксированной температуре в помещении и без нарушения герметичности установки.



Полученные в ходе диссертационной работы научные результаты были использованы при изготовлении атомных «фонтанов» на основе холодных атомах рубидия, нестабильность которых составила $1,76 \cdot 10^{-13}/\sqrt{\tau}$. Этот результат соответствует мировому уровню для стандартов частоты фонтанного типа.

Результаты диссертации прошли апробацию на международных и всероссийских научных конференциях и опубликованы в научных журналах, входящих в список рекомендованных ВАК. Достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается за счет использования экспериментальных методик, выполненных на основе калиброванного сертифицированного измерительного оборудования и современных прецизионных приборов, а также предварительно проведенных теоретических исследований.

По материалам автореферата имеется следующее замечание:

1. Из текста автореферата неясно, с чем связано ограничение температуры 21 – 28 °С эксплуатации атомного «фонтана». Допускает ли наличие перестраиваемого резонатора возможность температурной компенсации частоты атомного «фонтана»?
2. В тексте автореферата рассматривается импульсный режим работы источника охлажденных атомов. Однако не проводится оценка выигрыша величины сигнал-шум для импульсного режима, по сравнению с непрерывным режимом работы источника охлажденных атомов.
3. Из автореферата не ясно, какие требования предъявляются к фазовым шумам источника зондирующего СВЧ сигнала для обеспечения заданной нестабильности частоты «фонтана».



4. В тексте автореферата, на стр. 10, говорится о том, что принципы лазерного охлаждения позволяют выделить изотоп рубидия из его природной смеси. Не приведет ли использование природной смеси изотопов рубидия в работе «фонтана» к увеличению шумов детектируемых атомов (по сравнению, с чистым изотопом Rb^{87})?

Однако указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Считаем, что диссертация Д.С. Купалова «Разработка и исследование спектро스코па для атомных стандартов частоты фонтанного типа» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – метрология и метрологическое обеспечение.

Заместитель главного инженера по разработкам,
к.ф.-м.н.

Баранов А.А.

Подпись Баранова А.А. удостоверяю,

Начальник ОП АО Морион
дата



Косинова Е.В.