

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
24.1.070.01

630090, Россия, г. Новосибирск,  
просп. Акад. Лаврентьева 15Б  
Институт лазерной физики  
Сибирского отделения  
Российской академии наук

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Месензовой Ирины Сергеевны  
«**Многочастотная лазерная спектроскопия атомов щелочных металлов в  
миниатюрных газовых ячейках**»

представленной на соискание учёной степени кандидата физико-  
математических науки по специальности 1.3.19 — Лазерная физика

**Цель диссертационной работы** Месензовой Ирины Сергеевны заключается в развитии методов лазерной спектроскопии атомов щелочных металлов ( $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{133}\text{Cs}$ ) в поле многочастотного лазерного излучения, а именно, исследование новых методов наблюдения резонансов КПН для улучшения отношения сигнал/шум и методов уменьшения светового сдвига этих резонансов для разработки миниатюрных атомных часов нового поколения с улучшенной кратковременной и долговременной стабильностью частоты.

### **Содержание работы:**

Работа Месензовой И.С. включает в себя 4 главы. В первой главе описаны физические принципы эффекта когерентного пленения населенностей (КПН) и его применение для создания стандартов частоты. В главе 2 представлены устройство, принцип действия и основные характеристики квантового стандарта частоты (КСЧ) на основе явления КПН на D1 линии  $^{87}\text{Rb}$ . В этой главе также представлены результаты спектроскопии резонансов КПН, оценены основные сдвиги частоты, приводятся результаты измерения стабильности стандарта. В главе 3 приводятся результаты спектроскопических исследований КПН резонанса при возбуждении частотно-модулированным излучением. Глава 4 посвящена исследованиям по созданию миниатюрного оптического стандарта. Был развит новый метод атомной спектроскопии, напоминающий традиционный метод РНП с одночастотными пучками. В новом методе используются двухчастотные лазерные пучки с особой геометрией поля: линейно поляризованные встречные пучки с взаимным углом между поляризациями, равным  $90^\circ$  градусов, которые за счёт эффекта КПН, формируют резонанс со знаком обратным РНП

### **Результаты и выводы**

Работа выполнена на очень хорошем уровне. Представлен большой объем

экспериментальных данных, проведен их анализ. Реализованы методы улучшения кратковременной стабильности стандарта за счет увеличения частоты модуляции зондирующего излучения, а также показано эффективное подавление полевого сдвига частоты КПН резонанса за счет применения СВЧ модуляции на частоте, равной полной частоте сверхтонкого расщепления. Исследования выполнены квалифицированно и грамотно изложены. В результате проведенных исследований были выполнены все поставленные перед автором задачи. Очевидно, что результаты работы имеют высокую практическую ценность для создания перспективных стандартов частоты на основе эффекта КПН.

На основании представленного соискателем автореферата в диссертационной работе можно выделить следующие недостатки:

1. На рисунке 4 представлены результаты измерения функции Аллана для различных режимов модуляции тока лазера. Сделан вывод о существенном улучшении параметров КСЧ на малых временах до  $3 \times 10^{-12} \tau^{-1/2}$  при модуляции тока на частоте 6,8 ГГц. Однако не приведены измеренные значения при модуляции на частоте 3,4 ГГц, с которой происходит сравнение. Из рисунка можно определить данную величину  $\sim 6 \times 10^{-12} \tau^{-1/2}$ . Можно ли считать такое улучшение “существенным”?
2. Из рисунка 4 видно, что на больших временах девиация Алана при модуляции тока на частоте 6,8 ГГц хуже. Автор связывает это со свойством СВЧ генератора. Почему при модуляции на частоте 3,4 ГГц генератор так не влиял? Использовался другой генератор или используемый генератор имеет разные стабильности на используемых частотах?
3. В работе исследуется три метода для построения оптического КСЧ: (1) с использованием ЭОМ, (2) с СВЧ-модуляцией тока DBR-лазера и (3) с использованием лазера с вертикальным резонатором с СВЧ-модуляцией. Для сравнения различных подходов используется параметр качества резонанса. Из автореферата и текста диссертационной работы не понятно, как он определялся. Измерялось отношение амплитуды резонанса к шуму, или отношение ширины резонанса к шуму, или отношение отношения амплитуды к ширине и к шуму? Из текста автореферата следует, что использовался именно последний подход. При этом, не понятно, как выглядел шум. Не хватает характерного экспериментального спектра и поясняющей формулы.
4. Результаты сравнения различных методов приведены на рисунках 5 и 6. Делается вывод, что метод прямой модуляции тока лазера более перспективный по сравнению с методом основанном на использовании ЭОМ, по причине того, что параметр качества выше “почти в два раза”. Однако, из рисунков видно обратное. Параметр качества при модуляции с использованием ЭОМ равен 0,4, а при использовании прямой модуляции тока – 0,3. Получается, что параметр качества не вырос в два раза, а уменьшился в 1,3 раза при использовании прямой модуляции.

Защищаемая диссертация И.С. Месензовой является законченной квалификационной работой. О научной и практической значимости результатов говорит большое количество работ, опубликованных автором. Из автореферата следует, что

диссертация И.С. Месензовой отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а И.С. Месензова заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико—математических наук по специальности 1.3.19 — Лазерная физика.

Даю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя И.С. Месензовой и их дальнейшую обработку.

Отзыв составил:

Старший научный сотрудник Лаборатории лазерной спектроскопии ИСАН, кандидат физико-математических наук /Афанасьев Антон Евгеньевич/

Адрес: 108840 г. Москва, г. Троицк, ул. Физическая, д. 5.

Телефон: +7 (965)376-99-78

E-mail: afanasiev@isan.troitsk.ru

Подпись сотрудника ИСАН А.Е. Афанасьева заверяю. /Кильдиярова Римма Рифовна/

Учёный секретарь ИСАН, кандидат физико-математических наук

Адрес: 108840 г. Москва, г. Троицк, ул. Физическая, д. 5.

Телефон: +7 (495)851-02-21

E-mail: rimma@isan.troitsk.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН)

Адрес: 108840 г. Москва, г. Троицк, ул. Физическая, д. 5.

Телефон: +7 (495)851-05-79

E-mail: isan@isan.troitsk.ru