

ОТЗЫВ

официального оппонента профессора физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова на диссертацию Снигирева Степана Александровича «Спектроскопия 5D уровней рубидия в магнитооптической ловушке» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Диссертационная работа С. А. Снигирева посвящена экспериментальному исследованию методов возбуждения и измерению характеристик 5D уровней атомов рубидия в магнитооптической ловушке.

Рубидий играют большую роль в современной технике и экспериментальной физике. Вторичные СВЧ рубидиевые стандарты находятся в сотовых станциях и на спутниках систем глобального позиционирования. Удобными, стабильными, компактными и дешевыми являются также оптические рубидиевые стандарты на линиях D_1 и D_2 с насыщающим поглощением и на двухфотонном бездоплеровском переходе $5S_{1/2}$ - $5D_{5/2}$ (который рекомендован также *Comité consultative des longueurs* для практической реализации стандарта метра). Удобно, что к частотам этих переходов могут быть легко привязаны удвоением частоты коммуникационного диапазона. В частности, рубидиевые переходы рассматриваются в ряде работ в связке с оптическими керровскими гребенками на микрорезонаторах для создания высокостабильных компактных стандартов. Диссертация посвящена исследованию уровней 5D, которые пока метрологические освоены в недостаточной степени по сравнению с основными уровнями.

Диссертация состоит из Введения, трех результативных глав и Заключения. Во Введении приведена постановка задачи и целей исследования, заявлены выносимые на защиту положения и научная новизна. Приводятся сведения об апробации работы, публикациях и личном вкладе диссертанта.

Глава 1 диссертации включает как обзорное описание методов охлаждения, захвата и измерения атомов в ловушке (1.1-1.3) так и оригинальная часть работы с описанием использовавшейся в работе магнитооптической ловушки. На взгляд оппонента вводную часть в этой и остальных главах следовало бы существенно расширить, включив большее количество ссылок на актуальные работы (в списке литературы 78 ссылок из которых около 20 на документацию оборудования). Это позволило бы яснее обозначить контекст работы и ее место в ряду актуальных исследований.

Приведенное описание установки и ее компонентов достаточно подробное. Акцентируется внимание на изготовленных в лаборатории перестраиваемых диодных лазерах с узкой линией для накачки уровней. Для используемых коммерческих компонентов указаны производители и ссылки на спецификации в Интернете. Для измерения населенности уровней 5D, возбуждаемых различными методами использован традиционный подход наблюдения за излучением с промежуточного уровня 6P на длине волны 420 нм. Не вполне понятно, почему в настоящей работе не опробована двухфотонная нелинейная спектроскопия уровня 5D и не оговорены причины, помешавшие это сделать. Методом разлета было показано, что температура захвачиваемого облака из 10^7 атомов составляла 300 мК.

Глава 2 посвящена сравнению традиционного каскадного метода возбуждения уровня 5D и интересного метода вынужденного рамановского адиабатического заселения. Получены результаты не только экспериментальных исследований, но и результаты всеобъемлющего во всем пространстве параметров численного моделирования методом “грубой силы”, потребовавшего привлечения значительных распределенных вычислительных ресурсов. Результаты моделирования и экспериментов падают в очень хорошем согласии и производят сильное впечатление. Оппонент полагает, что для диссертации, в отличие от журнальной публикации, стоило бы в явном виде выписать полную систему решаемых уравнений со всеми параметрами и остановиться на методах расчета более подробно. Следовало бы также оговорить ограничения модели и введенные упрощения. Напрашивался также анализ результатов полных расчетов с целью нахождения параметрических зависимостей, обеспечивающих максимальную эффективность и сравнения с по-видимому точно решаемыми уравнениями для случая гауссовых профилей импульсов. В этой главе также был численно исследован метод избирательного заселения различных магнитных подуровней в скрещенных электрических и магнитных полях при различной поляризации накачки. В этом случае результаты численного расчета, к сожалению, не были подкреплены результатами эксперимента или теоретических моделей.

Глава 3 диссертации содержит важные результаты по экспериментальному метрологическому определению поляризуемостей 5D уровней атомов рубидия. Измерения проводились по нахождению штарковского сдвига переходов во внешнем электрическом поле. В работе приводятся данные предыдущих теоретических, уже в первом знаке заметно различающихся оценок этих величин двумя группами. Измеренные данные в диссертации претендуют на два порядка лучшую точность. Для проверки большей достоверности полученных результатов следовало бы провести аналогичные измерения на

переходах с ранее измеренными дипольными переходами, что позволило бы исключить возможность неопределенных систематических ошибок. Другим возможным методом проверки может служить сравнение с результатами тщательного определения времен жизни 5D состояний, известными по литературе, которые также зависят от дипольных моментов переходов.

Диссертация достаточно хорошо оформлена, содержит ясные схемы и графики. Количество опечаток невелико. Досадным упущением является список литературы, в котором смешались все возможные стили цитирования, и, вероятно, вследствие проблем с текстовым редактором большинство фамилий авторов сократились до одной буквы. Можно надеяться, что этот недостаток будет устранен до защиты.

Указанные в настоящем отзыве замечания не являются принципиальными для выносимого на защиту результата, связанного со спектроскопией рубидиевых атомов в магнитооптической ловушке и зачастую отражают лишь субъективные пожелания оппонента к улучшению работы.

Представленная диссертационная работа является самостоятельным и законченным и научным экспериментальным исследованием, вносящим важный вклад в развитие прецизионной лазерной физики и метрологии. Автор продемонстрировал высокий уровень экспериментальной культуры в сочетании с хорошим владением теоретическим аппаратом и численными методами.

Оппонент считает, что диссертационная работа вполне соответствует требованиям Положения ВАК о порядке защиты, а сам С. А. Снигирев, без сомнения, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию диссертации.

Доктор физико-математических наук,

Профессор физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

М. Л. Городецкий

11.09.2014

Подпись проф. М.Л.Городецкого заверяю

Декан физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

Профессор Н.Н.Сысоев

