

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.070.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 06.09.2024 г. № 2

О присуждении Волошину Гавриилу Валентиновичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Оптические свойства щелочных атомов в условиях нестационарных и неоднородных темных резонансов»** по специальности «1.3.19 – Лазерная физика» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук принята к защите 22.05.2024 г., протокол № 6 диссертационным советом 24.1.070.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 15Б, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Волошин Гавриил Валентинович, 1997 года рождения, в 2020 г. окончил с отличием магистратуру «Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета имени Ж.И. Алферова Российской академии наук» по направлению 03.04.02 «Физика». С 2020 года обучается в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ), а также с 2020 года работает в СПбПУ сначала в должности инженера, а затем в должности ассистента.

Диссертационная работа Волошина Гавриила Валентиновича подготовлена в ходе обучения в аспирантуре и работы в СПбПУ.

Научный руководитель – **Литвинов Андрей Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор Высшей школы прикладной физики и космических технологий СПбПУ.

Официальные оппоненты, давшие положительные отзывы на диссертацию:

Кобцев Сергей Михайлович - доктор физико-математических наук, (специальность 01.04.05 – Оптика), Заведующий Отделом лазерной физики и инновационных технологий Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ), Директор Междисциплинарного Квантового Центра физического факультета НГУ.

Корнев Алексей Станиславович - доктор физико-математических наук, (специальность 01.04.02 – Теоретическая физика), профессор кафедры теоретической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» (ВГУ).

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе), г. Санкт-Петербург дала положительный отзыв на диссертацию. Отзыв составлен ведущим научным сотрудником лаборатории Атомной радиоспектроскопии ФТИ им. А.Ф. Иоффе, д.ф.-м.н., Вершовским Антоном Константиновичем, подписан Картошкиным Виктором Арсеньевичем – д.ф.м.-н., главным научным сотрудником лаборатории Атомной радиоспектроскопии ФТИ им. А.Ф. Иоффе.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их компетентностью в области лазерной физики, атомной спектроскопии и квантовой оптики, известностью своими достижениями в этих областях и способностью оценить научную и практическую ценность диссертации.

В своем положительном заключении ведущая организация указала, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые результаты, имеющую большую научную и практическую ценность, совокупность которых можно квалифицировать, как новое научное достижение в области лазерной физики.

В отзыве **ведущей организации** присутствуют следующие замечания:

1. Работа представляется несколько перенасыщенной данными. Из приведенных многочисленных графиков и текста не всегда понятно, чем именно руководствовался автор при выборе параметров системы в каждом конкретном случае. Автору следует пожелать более строго относиться к отбору и систематизации материала.
2. В работе при описании распространения излучения сквозь среду часто используется словосочетание «перенос излучения», однако эффекты, обсуждаемые в работе, скорее относятся к классу нелинейных эффектов просветления среды. Словосочетание «перенос излучения» может ввести читателя в заблуждение.
3. В тексте диссертации присутствуют жаргонизмы. Например, на странице 8 используется словосочетание «полевые отстройки».

4. На странице 4 диссертации использовано выражение «матрица гамильтониана», что не совсем корректно. Более точным было бы выражение «Матричное представление гамильтониана в таком-то базисе».
5. Использованное на странице 10 диссертации понятие «окно прозрачности» не определено в тексте.
6. На странице 12 диссертации автор пишет: «зачастую во избежание возникновения паразитных темных состояний на магнитных подуровнях в экспериментах ячейка помещается в ненулевое магнитное поле». Не вполне ясно о каких «паразитных состояниях» идет речь. Более корректно было бы сказать, что магнитное поле прикладывается для разрешения магнитной структуры уровней.
7. На странице 42 диссертации говорится: «Изменениями амплитуд полей на временах пролета фотоном длины ячейки пренебрегается ... » и т.д. Как это соотносится с условием «длина свободного пробега фотонов оказалась меньше или порядка длины ячейки» (стр. 40)?
8. На странице 76 диссертации подписи к Рис. 2.2.8 (а) и (б) перепутаны местами.
9. На странице 128 диссертации в пункте 8 Заключения говорится об «исчезновении» различий в форме резонансов. Как следует из предыдущего изложения, вместо «исчезновения» здесь следовало бы говорить о более слабом проявлении.

Замечания оппонентов:

1. Вызывает сомнение необходимость обособления материала Главы 3, поскольку её объем мал по сравнению с другими главами.
2. На рисунках 2.2.10 и 2.3.9 диссертации показано существование начальной разности фаз считывающего импульса, при которой зависимость сдвига резонанса от оптической плотности подавляется, однако не обсуждается диапазон параметров, в котором эта разность фаз существует. Также отсутствует анализ зависимости этой разности фаз от различных параметров лазерного возбуждения и атомной среды.
3. Формула на странице 112 диссертации, позволяющая определить положения дополнительных резонансов ЭИП в случае зеркально-когерентного типа отражения атомов от стенок, приведена без вывода.
4. При исследовании резонансов ЭИП используется «слабо реалистичная» модель газовой ячейки, которая имеет конечный размер в продольном лазерному лучу направлении и бесконечные в поперечных направлениях.
5. Игнорирование зеэмановской структуры энергетических уровней щелочного атома при исследовании влияния оптической плотности среды на процесс импульсного возбуждения резонансов КПН.

6. При описании импульсного возбуждения резонансов КПН задача решается численно в форме достаточно сложной с вычислительной точки зрения системы интегро-дифференциальных уравнений. При этом не обсуждается возможность упрощения этой системы в различных предельных случаях.
7. В ряде случаев автор ограничивается только качественным сравнением результатов теории с экспериментальными данными.
8. На странице 51 диссертации в пункте 3 присутствует лишняя запятая после слова «теорию».
9. В работе много внимания уделено описанию процессов в ячейках с антирелаксационными покрытиями стенок, однако, такие ячейки не получили широкого распространения и не используются при массовом производстве метрологических устройств. Необходимо объяснить, почему так важно описать эффекты именно в таких ячейках.
10. Отмечается, что “полученные результаты демонстрируют согласие с экспериментальными данными”. Необходимо прояснить, какие именно результаты и насколько они коррелируют с экспериментальными данными.
11. Практические выводы нуждаются в большей конкретизации, например: “предсказывается ряд новых эффектов, что может найти потенциальные применения в задачах улучшения стабильности квантовых стандартов частоты”. Но может и не найти. Необходимо более конкретно обозначить перспективы применения результатов работы с учётом предполагаемого масштаба улучшений.

Сделанные замечания носят в значительной степени рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

В отзывах оппонентов и ведущей организации отмечается актуальность темы диссертационной работы для атомной спектроскопии и высокий профессиональный уровень её выполнения, а также новизна, научная и практическая значимость результатов. Автореферат в полной мере соответствует диссертации и отражает её содержание, соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.19 – Лазерная физика».

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва:

от к.ф.-м.н. Гладуша М. Г. – Троицкое обособленное подразделение Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ТОП ФИАН), к.ф.-м.н. Зиброва С. А. – Лаборатория стандартов частоты Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), д.ф.-м.н. Дмитриева А. К. – кафедра Лазерных систем Новосибирского

государственного технического университета (НГТУ). Отзывы содержат замечания, которые не влияют на высокий уровень оценки диссертации.

Соискатель имеет по теме диссертации 8 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК РФ:

- 1) Волошин, Г.В. Влияние сверхтонкой структуры возбужденного уровня на форму резонанса когерентного пленения населенностей при рамсеевской схеме опроса в оптически плотной среде // Волошин Г.В., Баранцев К.А., Попов Е.Н., Литвинов А.Н. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2019. Т. 156. № 1 (7). С. 5-13.
- 2) Волошин, Г.В. Влияние столкновений на форму резонанса когерентного пленения населенностей, детектируемого методом Рэмси // Волошин Г.В., Баранцев К.А., Литвинов А.Н. // Квантовая электроника. 2020. Т. 50. № 11. С. 1023-1028.
- 3) Волошин, Г.В. Форма линии и световой сдвиг резонанса когерентного пленения населенностей, детектируемого методом Рэмси в "горячих" атомах в оптически плотной среде // Волошин Г.В., Баранцев К.А., Литвинов А.Н. // Квантовая электроника. 2022. Т. 52. № 2. С. 108-115.
- 4) Волошин, Г.В. Влияние качества антирелаксационного покрытия на характер эффекта электромагнитно-индуцированной прозрачности в газовых ячейках // Волошин Г.В., Хуэй М., Курапцев А.С., Соколов И.М. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2022. Т. 162. № 3. С. 313-321.
- 5) Волошин, Г.В. Влияние столкновений на характер эффекта электромагнитно-индуцированной прозрачности в ячейках конечных размеров с антирелаксационным покрытием стенок // Волошин Г.В. // Оптика и спектроскопия. 2023. Т. 131. № 1. С. 49-57.
- 6) Волошин, Г.В. Электромагнитно-индуцированная прозрачность в ячейках конечных размеров с антирелаксационным покрытием стенок // Волошин Г.В. // Оптика и спектроскопия. 2023. Т. 131. № 5. С. 575-582.
- 7) Баранцев, К.А. Форма спектра и световой сдвиг резонанса когерентного пленения населенностей в ячейках с антирелаксационным покрытием стенок в моделях зеркального и диффузного отражения // Баранцев К.А., Волошин Г.В., Курапцев А.С., Литвинов А.Н., Соколов И.М. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2023. Т. 163. № 2. С. 162-171.
- 8) Волошин, Г.В. Эффекты интерференции различных каналов импульсного возбуждения резонансов когерентного пленения населенностей в ячейках с парами щелочного металла и буферным газом / Волошин Г.В., Баранцев К.А., Литвинов А.Н. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 2024. — Т. 165. — № 5. — С. 1-11.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований показано:

1. Существует определенная разность фаз между частотными компонентами считывающего импульса, при которой сдвиг центрального резонанса когерентного пленения населенностей, детектируемого импульсным излучением, является наименее чувствительным к изменению оптической плотности среды.
2. Вследствие интерференции различных каналов импульсного возбуждения резонансов когерентного пленения населенностей имеет место немонотонное изменение амплитуд детектируемых резонансов при увеличении величины приложенного магнитного поля или параметра эллиптичности возбуждающего излучения.
3. Зависимость сдвига резонансов когерентного пленения населенностей, детектируемых методом Рэмси, от эллиптичности возбуждающего излучения имеет области минимальной чувствительности сдвига резонансов к изменению эллиптичности.
4. При наблюдении эффекта электромагнитно-индуцированной прозрачности в ячейках конечных продольных размеров без буферного газа с антирелаксационными покрытиями стенок в спектре поглощения пробного излучения могут возникать дополнительные резонансы прозрачности при ненулевых двухфотонных отстройках.
5. В случае, если длина ячейки много меньше длины волны расщепления основного состояния резонансных атомов, появляются различия в дуальной форме резонансов электромагнитно-индуцированной прозрачности между зеркально-когерентным и диффузным типами отражения атомов от антирелаксационных покрытий торцевых стенок.

Теоретическая и практическая значимость исследований заключается в том, что:

- Впервые разработана теория возбуждения нестационарных темных резонансов с учетом ненулевой температуры, оптической толщины и магнитной структуры уровней активных атомов;
- Впервые построена модель, описывающая возникновения резонансов электромагнитно-индуцированной прозрачности с учетом столкновений с торцевыми стенками газовой ячейки;
- Предложена новая интерпретация эффекта различия стоксова и антистоксова каналов рассеяния пробного излучения в терминах одетых состояний;

- Предложены новые способы подавления зависимостей светового сдвига резонансов когерентного пленения населенностей, возбуждаемых методом Рэмси, от оптической толщины среды и эллиптичности возбуждающего излучения;

- Предложены новые способы увеличения амплитуды резонансов когерентного пленения населенностей, детектируемого методом Рэмси, путем подбора определенных состояний поляризации возбуждающего излучения;

- Изучены особенности влияния различных типов покрытия торцевых стенок газовой ячейки без буферного газа на форму детектируемого в них резонанса электромагнитно-индуцированной прозрачности.

Таким образом, в диссертации построены и изучены математические модели, обобщающие существующие теоретические подходы к описанию формирования темных резонансов и позволяющие более корректно описывать процессы, происходящие при экспериментальном наблюдении резонансов когерентного пленения населенностей и электромагнитно-индуцированной прозрачности. Полученные результаты имеют потенциальные приложения в задачах улучшения стабильности квантовых стандартов частоты, а также имеют существенное значение для описания работы соответствующих устройств оптической квантовой памяти.

Достоверность результатов исследования основана на строгом обосновании предложенных математических моделей. Все приближения, сделанные в работе, имеют определенные границы применимости, а полученные зависимости в предельных случаях переходят к общеизвестным физическим результатам. Для всех математических моделей, представленных в диссертационной работе, показано наличие согласия соответствующих результатов с экспериментальными данными, опубликованными авторами других работ.

Личный вклад соискателя

Авторский вклад Г.В. Волошина заключается в участии в постановке задач, осуществлении обзора литературы по теме работы, разработке соответствующих математических моделей, самостоятельном проведении численных расчетов на основе данных моделей, выполнении обработки и анализа результатов расчетов для представления их на конференциях и публикации в научной печати.

Из 21 человека, входящих в состав диссертационного совета, на защите присутствовали, очно и в удаленном интерактивном режимах, 17 человек, из них 12 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации. Дополнительно введенных членов на разовую защиту не было.

При проведении тайного голосования с использованием информационных технологий проголосовали: За - 17, против - нет. Диссертационный совет утвердил протокол о результатах голосования.

На заседании 06.09.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Волошину Гавриилу Валентиновичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.19. – Лазерная физика».

Зам. председателя диссертационного совета,

чл.-к. РАН

Тайченачев Алексей Владимирович

Ученый секретарь диссертационного совета,

д.ф.-м.н.



Прудников Олег Николаевич

6 сентября 2024 г.