

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Волошина Гавриила Валентиновича “Оптические свойства щелочных атомов в условиях нестационарных и неоднородных темных резонансов”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 “Лазерная физика”.

Диссертация Волошина Г.В. посвящена теоретическому исследованию свойств резонансов когерентного пленения населенностей (КПН) и электромагнитно-индуцированной прозрачности (ЭИП), возбуждаемых в резонансных средах щелочных атомов, при импульсном опросе в средах с буферным газом и при непрерывной накачке в газовых ячейках с антирелаксационными покрытиями стенок соответственно.

Актуальность темы диссертации. Явление темного резонанса находит применение в различных практических областях, а в последнее время привлекает все больший исследовательский интерес. Это обусловлено рядом факторов. Одним из них является то, что такое проявление темного резонанса, как эффект КПН, обуславливает возможность создания миниатюрных атомных стандартов частоты с низким энергопотреблением для использования в системах спутниковой и инерциальной навигации, а также в телекоммуникационных системах. Другой важный фактор состоит в том, что родственный эффект ЭИП имеет широкое применение в задачах создания оптической квантовой памяти. Таким образом, исследование, направленное на детальное изучение процессов формирования темных резонансов, является актуальным, поскольку понимание физических механизмов и особенностей формирования резонансов КПН и ЭИП позволит разработать новые перспективные подходы для квантовой метрологии и квантовой памяти, позволяющие улучшить параметры соответствующих устройств.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы и одного приложения. Полный объем диссертации составляет 151 страницу, включает 48 рисунков и 1 таблицу. Список цитируемой литературы содержит 138 наименований.

Во введении даются основные сведения о явлении темного резонанса, делается обзор литературы по данной теме, обосновывается актуальность исследования резонансов КПН и ЭИП в рассматриваемых случаях, формулируются цель и задачи диссертационной работы, представляются основные защищаемые положения.

Глава 1 посвящена описанию, используемой в работе, теоретической модели, которая основана на подходе описания состояний атомного ансамбля методом матрицы плотности в вигнеровском представлении. Глава содержит описание математических подходов и выводы основных уравнений, описывающих процессы формирования темных резонансов в рассматриваемых случаях. При рассмотрении резонансов ЭИП в главе получено аналитическое выражение, описывающее спектральную форму данных резонансов.

Глава 2 содержит результаты численного решения систем уравнений, описывающих импульсное возбуждение резонанса КПН в оптически тонких и плотных атомных средах при учете сверхтонких расщеплений в основном и возбужденном состояниях. В данной главе анализируется зависимость формы и сдвигов резонансов от различных параметров среды и лазерного возбуждения. Особое внимание уделено влиянию оптической плотности среды на поведение сдвига центрального резонанса при изменении различных параметров. В частности, показано, что при определенной начальной разности фаз на считывающем импульсе зависимость сдвига от оптической плотности может быть подавлена.

Глава 3 посвящена описанию результатов расчетов спектральных форм резонансов КПН, возбуждаемых импульсным излучением в средах щелочных атомов при учете полной магнитной структуры атомных уровней. При этом основное внимание сосредоточено на изучении влияния эллиптичности возбуждающего излучения и величины приложенного магнитного поля. Ряд результатов позволяет автору утверждать, что различные каналы импульсного возбуждения резонансов КПН способны испытывать взаимную интерференцию, которая проявляется в немонотонных зависимостях амплитуды резонансов от величин магнитного поля и параметра эллиптичности.

Глава 4 посвящена исследованию резонансов ЭИП, возбуждаемых непрерывным излучением, в ячейках без буферного газа с антирелаксационными покрытиями стенок. Анализ спектральных форм резонансов производится на основе аналитического выражения, полученного в первой главе. На основе данного выражения автором предложена новая физическая интерпретация различия стоксова и анти-стоксова каналов рассеяния пробного излучения, основанная на эффекте расщепления Аутлера–Таунса. Также в данной главе показывается, что взаимодействие излучения с нерезонансным подуровнем в возбужденном состоянии приводит к возникновению дополнительных резонансов в спектре прозрачности. Количество и форма таких резонансов зависит от типа отражения атомов от стенок.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Научная новизна работы связана с обобщением существующих теоретических подходов к описанию резонансов КПН и ЭИП, что позволяет более корректно описывать

процессы, происходящие при наблюдении данных резонансов. В работе предсказывается ряд новых эффектов, имеющих интерес для практических приложений. Так, например, эффект фазовой компенсации зависимости сдвига резонансов КПН, возбуждаемых импульсным излучением, от температуры имеет потенциал применения в задачах улучшения стабильности соответствующих атомных стандартов частоты. Эффект возникновения дополнительных резонансов в спектре ЭИП, при их детектировании в ячейках с антирелаксационными покрытиями стенок, имеет существенное значение для описания работы соответствующих устройств оптической квантовой памяти.

Научная новизна и значимость полученных результатов не вызывает сомнений и подтверждена публикациями результатов в рецензируемых журналах из перечня рекомендованных ВАК (8 статей), а также публикациями тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях (7 тезисов).

Практическая значимость результатов диссертационной работы обусловлена возможностью использования разработанных теоретических методов и предсказанных эффектов для подбора оптимальных условий работы атомных стандартов частоты и устройств оптической квантовой памяти.

В качестве недостатков работы можно указать следующее:

1. 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.
2. Отмечается, что “полученные результаты демонстрируют согласие с экспериментальными данными”. Необходимо прояснить, какие именно результаты и насколько они коррелируют с экспериментальными данными.
3. 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.

Перечисленные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы, результаты которой являются оригинальными, а тема актуальной. Работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию представленной работы. Представленная диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»,

