

УТВЕРЖДАЮ

директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева

Сибирского отделения Российской академии наук

д.ф.м.н.

Матвиенко Г.Г.

30.12.2014 г.



О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу

Басалаева Максима Юрьевича

**«Поляризационные и нелинейные эффекты при распространении
световых импульсов в резонансной атомной среде в условиях
когерентного пленения населенностей»,**

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

Актуальность темы

Разработка эффективных методов управления групповой скоростью оптических импульсов является важной проблемой на пути создания полностью оптических схем устройств передачи и обработки информации. Реализация оптических сетей и компьютеров, работающих без промежуточных преобразований информации в электрический сигнал, требует наличия элементов, которые могли бы обеспечивать длительную задержку импульсов света. К настоящему времени продемонстрирована возможность сверхмедленного распространения импульсов света в резонансных атомных средах. Атомы при этом находились в состоянии когерентного пленения населенностей, что наряду с сильным замедлением обеспечивает слабое поглощение оптических импульсов. Для дальнейшего прогресса в данной

области необходимы всесторонние исследования особенностей распространения модулированного лазерного излучения в резонансной атомной среде с учетом поляризационного аспекта и нелинейных эффектов. В связи с этим тема диссертации является актуальной и находится в русле современных исследований в оптике.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Общим объемом работы составляет 96 страниц.

Во *Введении* представлен краткий обзор исследований по распространению импульсов света в резонансных средах, отмечены основные результаты, достигнутые в данной области, обозначены нерешенные проблемы, обосновывается актуальность диссертационной работы, сформулированы ее цель, поставленные задачи и выносимые на защиту положения.

В *первой главе* развивается математический подход, используемый для описания в рамках адиабатического приближения распространения импульсов света в резонансной атомной среде. Данный подход основан на формализме матрицы плотности и укороченном уравнении Максвелла. Идея метода заключается в том, что решение для матрицы плотности ищется в виде ряда, где в качестве параметра разложения используется оператор производной по времени. Такое разложение позволяет редуцировать систему уравнений Максвелла-Блоха к укороченным уравнениям Максвелла, в которых коэффициенты при производных медленно-меняющейся комплексной амплитуды поля по времени нелинейным образом зависят от поля.

Во *второй главе* исследуется динамика различных типов импульсов квазимонохроматического эллиптически поляризованного излучения в среде резонансных двухуровневых атомов с вырожденными по проекции углового момента энергетическими уровнями. В качестве параметризации поля используются вещественная амплитуда, угол эллиптичности, фаза и азимутальный угол, определяющий ориентацию эллипса поляризации света в

пространстве. Выделяется четыре типа импульсов, соответствующих модуляции каждого из перечисленных параметров световой волны. Для случая темных переходов получена система дифференциальных уравнений, на основе которой анализируется динамика всех типов импульсов. Обсуждается эффект сильного замедления поляризованных импульсов и эффект вынужденной модуляции фазы, возникающей при вариации пространственной ориентации эллипса поляризации поля. Качественный анализ сопровождается численными оценками и расчетами.

Третья глава посвящена исследованию пространственно-временной эволюции импульсов двухчастотного поля в среде резонансных трехуровневых атомов Λ -типа в условиях когерентного пленения населенностей. Рассматривается два вида возмущений поля: амплитудные и фазовые. Установлено, что эффект сверхсильного замедления имеет место не только при импульсной модуляции интенсивности излучения, но также и в случае импульсной фазовой модуляции (фазовые импульсы). Анализируются особенности распространения фазовых импульсов в нелинейном (по амплитудам частотных компонент поля) режиме. В рамках модели пролетной релаксации рассматривается влияние декогерентизации нижних состояний Λ -атома на динамику импульсов света.

В *Заключении* перечисляются основные результаты проведенных исследований, обсуждается практическая и теоретическая значимость диссертационной работы и предполагаемое направление дальнейшего развития темы.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Предложен подход к теоретическому исследованию в рамках адиабатического приближения нелинейной динамики поляризованных импульсов света, распространяющихся в среде резонансных атомов, с учетом временной и пространственной дисперсии.

2. Впервые получены аналитические выражения для коэффициентов замедления поляризованных импульсов поля, распространяющихся в атомной среде с резонансным произвольным темным переходом типа $J \rightarrow J$ (J – целое) и $J' \rightarrow J' - 1$ (J' – любое).
3. Предсказан эффект вынужденной модуляции фазы поля в виде двух импульсов (быстрого и сверхмедленного), возникающей при вращении эллипса поляризации световой волны, распространяющейся в атомной среде с резонансным темным переходом типа $J \rightarrow J$ (J – целое) и $J' \rightarrow J' - 1$ (J' – любое).
4. Впервые исследована эволюция фазовых импульсов двухчастотного поля, распространяющихся в срезе резонансных атомов с конфигурацией энергетических уровней Λ -типа в условиях когерентного пленения.

Обоснованность и достоверность результатов

Достоверность результатов диссертации подтверждается тем, что полученные в работе новые результаты при предельном переходе к частным случаям полностью согласуются с известными в литературе теоретическими и экспериментальными данными. Также важно отметить, что ключевые выводы, сделанные в диссертационной работе, обоснованы достаточно подробными теоретическими расчетами с указанием приближений, в рамках которых они выполнены.

Научная и практическая значимость результатов

Полученные в ходе теоретического исследования результаты носят фундаментальный характер. В работе выявлены неизвестные ранее закономерности распространения импульсов света в резонансных атомных средах, что имеет важное научное значение для оптики когерентных сред. Описанные в диссертации эффекты создают основу для постановки новых экспериментов.

Апробация работы и публикации

По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах, удовлетворяющих требованиям ВАК, остальные работы – в материалах российских и международных конференций. Все публикации соответствуют теме диссертации и достаточно полно отражают ее основное содержание.

Замечания по диссертации

1. В начале диссертации (стр.15) говорится о том, что актуальной задачей является анализ распространения световых импульсов вне концепции сильное/слабое поле.

В первых двух главах не приводится, каких либо критериальных соотношений, описывающих условия действия “слабого”, либо “сильного” поля. Имеется лишь словесное упоминание, что разложение матрицы плотности в ряд до членов первого порядка позволяет не учитывать поглощение поля за счет процесса спонтанного распада (стр.31). Оценка для интенсивности излучения, когда реализуется режим ”сильного” поля дается лишь при анализе задачи о бихроматических световых импульсах в среде трехуровневых атомов Λ типа (стр.71, формула (3.90)).

2. В диссертации не обсуждаются вопросы, связанные с эволюцией амплитуды поля в нелинейной среде, обусловленной изменением групповой скорости.
3. В диссертации присутствуют опечатки (стр. 10, 31, 52).

Указанные замечания являются не столь существенными и не снижают научный уровень диссертации.

Заключение

Диссертация М. Ю. Басалаева «Поляризационные и нелинейные эффекты при распространении световых импульсов в резонансной атомной среде в условиях когерентного пленения населенностей» оформлена в соответствии с требованиями ВАК и представляет собой законченную научно-

квалификационную работу, содержащую решение актуальных задач оптики резонансных атомных сред. По объему выполненных исследований и их научному уровню диссертационная работа отвечает всем критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует паспорту специальности 01.04.05 – оптика. Текст автореферата в полной мере отражает содержание диссертации.

Автор диссертации – Басалаев Максим Юрьевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Материалы диссертации заслушаны и обсуждены на семинаре научного направления ”Распространение оптических волн и дистанционное зондирование” (Протокол №6 от 10 декабря 2014 г.).

Председатель семинара,
д.ф.-м.н., профессор



А.А.Землянов

Секретарь,
к.ф.-м.н.



Д.В.Апексимов