

## О Т З Ы В

**официального оппонента на диссертацию М.Ю. Басалаева "Поляризационные и нелинейные эффекты при распространении световых импульсов в резонансной атомной среде в условиях когерентного пленения населенностей", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 "оптика"**

Диссертационная работа М.Ю. Басалаева посвящена теоретическому исследованию динамики распространения импульсов эллиптически поляризованного оптического излучения через резонансную среду в условиях когерентного пленения населенности. Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью построения общей теоретической модели, которая могла бы описывать поведение световых импульсов не только амплитудных, а связанных с временным изменением любого параметра плоской волны с произвольной поляризацией при когерентном пленении населенности.

Диссертация состоит из Введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во Введении приведен обзор литературы по теоретическому и экспериментальному исследованию групповой скорости импульсов электромагнитного излучения, распространяющихся через разные физические среды с нормальной и аномальной дисперсией. Приведено краткое описание физических принципов, лежащих в основе уменьшения или увеличения групповой скорости относительно скорости света в вакууме, либо появления отрицательной групповой скорости. Также сформулированы цели работы, новизна полученных результатов и защищаемые положения.

В первой главе описывается оригинальная идея, лежащая в основе общей теоретической модели. Для получения зависимости вектора поляризации среды от амплитуды электромагнитного излучения в адиабатическом приближении матрица плотности атома раскладывается на ряд членов, каждый из которых пропорционален  $n$ -ой производной по времени.

Вторая глава посвящена исследованию распространения оптических импульсов в среде двухуровневых атомов с вырожденными по проекции углового момента энергетическими уровнями в условиях когерентного пленения населенности. Вначале автор вводит четыре основных параметра, описывающие вектор медленно меняющейся амплитуды поля: вещественная амплитуда, фаза, угол эллиптичности и азимутальный угол, определяющий ориентацию эллипса поляризации света в пространстве. Далее представляется модель, в основе которой лежит существование так называемого

«темного» состояния, которое является когерентной суперпозиции зеемановских подуровней основного состояния. Вероятность перехода из «темного» состояния равна нулю. Показано, что при наличии «темного» состояния вектор поляризации среды перпендикулярен вектору напряженности распространяющегося электромагнитного поля. В этом случае автором получена система уравнений, описывающая пространственно-временную эволюцию всех четырех вещественных параметров поля. Вводится коэффициент замедления импульсов, который определяет групповую скорость импульсов и зависит от амплитуды поля и угла эллиптичности. Все дальнейшие исследования сводятся к поиску аналитического выражения коэффициента замедления импульсов для частных случаев конфигурации энергетических уровней атома. В общем случае импульс амплитуды поля распространяется сквозь среду со скоростью света в вакууме, импульсы угла эллиптичности и угла поляризации – с замедлением, а импульс фазы может модулироваться импульсом угла поляризации с разделением на два импульса с разными скоростями. Далее рассматриваются два частных случая: переход  $J_g = J \rightarrow J_e = J$  ( $J$  – целое) и переход  $J_g = J \rightarrow J_e = J - 1$  ( $J$  – любое). В первом случае существует одно «темное» состояние, во втором – два. Это приводит к тому, что в первом случае коэффициент замедления максимален при линейной поляризации света и минимален при круговой, а во втором случае – в точности наоборот. Далее рассматривается случай движущихся атомов с учетом пространственной дисперсии. Показано, что для направленного атомного пучка групповая скорость импульсов может быть как меньше, так и больше скорости света в вакууме, а также приобретать отрицательное значение в зависимости от скорости и направления движения атомов относительно направления распространения света.

Третья глава посвящена распространению бихроматических импульсов в среде трехуровневых атомов с системой переходов  $\Lambda$ -типа. В отличие от рассматриваемых в Главе 2 систем в данном случае основной уровень невырожден, и учитывается релаксация атомов к равновесному изотропному распределению по нижним подуровням. Это приводит к тому, что заселяется так называемое «яркое» состояние. Входящий в среду фазовый импульс разделяется на две фракции, одна из которых движется с низкой групповой скоростью, а другая имеет скорость, превышающую скорость света в вакууме или отрицательную. И как показано автором, вторая фракция появляется вследствие заселения «яркого» состояния.

К несомненным достоинствам диссертации относятся получение ясных завершенных результатов в виде простых аналитических формул.

В то же время имеются некоторые замечания:

1) Непонятно происхождение формулы (1.2), названной укороченным уравнением Максвелла. Вывод этой формулы автор не приводит, и также не приводит ссылку на источник, откуда она возможно заимствована. Между тем, данная формула является одной из ключевых в разработанной в диссертации теории.

2) Существует несоответствие между уравнениями (1.26) и (2.1). Коэффициенты, связывающие вектор поляризации и производную амплитуды поля по времени, оказываются разными, что приводит к некоторой путанице.

Указанные замечания никак не уменьшают ценности результатов, полученных в диссертации. Научная ценность работы подтверждена публикациями в реферируемых журналах и трудах конференций. Практическая значимость заключается в возможном использовании полученных результатов для реализации устройств передачи, обработки и хранения информации.

В целом, диссертация М.Ю. Басалаева выполнена на хорошем научном уровне, что подтверждает высокую квалификацию соискателя как теоретика в своей области. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 "оптика".

Официальный оппонент

н.с. Института физики

полупроводников СО РАН, к.ф.-м.н.

*Третьяков*

Д.Б.Третьяков

Ученый секретарь Института физики

полупроводников СО РАН, к.ф.-м.н.

*ll*

А.В.Каламейцев

