

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию А.А. Зябловского
«Оптика и магнитооптика лазеров на основе фотонных кристаллов и метаматериалов», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.13 –
Электрофизика, электрофизические установки

Диссертационная работа посвящена исследованию оптических свойств композитных материалов, содержащих усиливающую среду, и лазеров на их основе. Работа актуальна, поскольку использование композитных материалов при создании лазеров нового поколения позволяет существенно улучшить их рабочие характеристики. В частности, фотонные кристаллы применяют для создания лазеров с высокодобротными резонаторами размером в несколько длин волн. Последние применяются в оптоэлектронике для конвертации электрического сигнала в оптический. На основе плазмонных наноструктур возможно создавать нанолазеры с размерами, много меньшими длины волны, которые могут применяться в качестве ближнепольных сенсоров отдельных молекул, наноразмерных источников когерентного излучения и т.п. Благодаря малому размеру, подобные лазеры обладают существенно меньшим временем отклика, чем традиционные лазеры, что делает их привлекательными для оптоэлектроники. В тоже время, несмотря на большое количество полезных свойств, лазеры на основе композитных материалов обладают большими потерями, которые затрудняют их практическое применение. Поэтому исследование свойств композитных материалов, содержащих усиливающую среду, и лазеров на их основе необходимо для развития оптоэлектроники.

Диссертация состоит из введения, шести глав и списка литературы, включающего 132 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и представлены основные результаты и положения выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена обзору литературы по тематике диссертационной работы. В главе приводится вывод системы уравнений Максвелла-Блоха, обсуждается применимость описания усиливающей среды с помощью диэлектрической проницаемости с отрицательной мнимой частью. Даются определения PT -симметричных квантово-механических и оптических систем. Обсуждаются причины возможности наблюдения фазового перехода в PT -симметричных оптических системах.

Во второй главе исследуется распространение электромагнитных волн через однородный диэлектрический слой, содержащий усиливающую среду, при различных углах падения света и толщинах слоя. Сравниваются результаты точного численного решения уравнений Максвелла-Блоха с результатами, получаемые по методу Френеля и методу Эйри. Находится угол полного внутреннего отражения от слоя, содержащего усиливающую среду.

В третьей главе проводится подробное рассмотрение распространения электромагнитных волн через фотонный кристалл, содержащий усиливающие слои. Исследуются условия лазерной генерации на частотах, соответствующих как из разрешенной, так и запрещенной зоне фотонного кристалла. Предложен метод определения границы между разрешенной и запрещенной зоной фотонного кристалла, содержащего усиливающие слои.

Четвертая глава посвящена исследованию режимов генерации лазера с анизотропным резонатором на основе дефект-моды в фотонном кристалле во внешнем магнитном поле. В работе обнаружен эффект выключения лазерной генерации внешним магнитным полем, определено время такого выключения, которое оказалось сопоставимым со временем подавления генерации за счет модуляции тока накачки.

В пятой главе исследуется лазерная генерация в двумерном массиве плазмонных наночастиц и квантовых точек. Обнаружена синхронизация колебаний дипольных моментов отдельных наночастиц, в результате чего излучение от массива становится узконаправленным, а его интенсивность воз-

растает на два порядка подобно тому, как это происходит при сверхизлучении.

Шестая глава посвящена изучению влияния дисперсии диэлектрической проницаемости на свойства PT -симметричных оптических систем, которые одновременно состоят как из усиливающих, так и поглощающих сред. Доказано, что практическая реализация PT -симметричных систем возможна только при дискретном наборе частот.

К работе имеются следующие замечания.

1. Во второй главе проведено интересное сопоставление подходов Френеля и Эйри и подход Эйри модифицирован так, чтобы его результаты совпадали с результатами подхода Френеля. Вместе с тем остается не ясным, зачем нужно использовать подход Эйри, если подход Френеля (формальным воплощением которого является метод Т-матриц, успешно использованный в работе) дает правильные результаты ниже порога генерации. То есть на практике достаточно использовать метод Френеля. Может быть метод Эйри, модифицированный с учетом результатов диссертации, окажется лучше, чем метод Френеля, для численных расчетов?
2. Определение порога лазерной генерации – как «выход полюсов линейной функции отклика (2.1) в верхнюю полуплоскость комплексных частот» – см. 3-й абзац выводов 2.5 слишком формальное. Физическое определение порога – равенство усиления и потерь в активной среде. Выход полюса в верхнюю полуплоскость комплексных частот – очевидное формальное следствие превышения усиления над потерями.
3. В диссертации иногда рассматривается «полубесконечная усиливающая среда», например, отражение поля от такой среды. На мой взгляд, лучше ограничиться анализом слоя усиливающей среды, это – реальный физический объект.

4. В диссертации рассмотрена генерация в запрещенной зоне фотонного кристалла, содержащего усиливающую среду - раздел 3.4. Это, в принципе, интересно, но следовало бы подробнее пояснить, для каких практических целей может потребоваться осуществление генерации в запрещенной зоне.

5. Во втором абзаце выводов 3.5 написано: «фазовые условия лазерной генерации никогда не выполняются». Следует пояснить, что имеется в виду под «фазовыми условиями» лазерной генерации. Известны пороговые условия генерации. Что такое «фазовые условия»? Или следует исключить понятие «фазовые условия лазерной генерации».

6. В главе 4 рассматривается взаимодействие мод лазера с вертикальным резонатором с анизотропной, в магнитном поле, активной средой. Это – характерная задача теории катастроф, где существует стандартная классификация бифуркаций – переходов между стационарными решениями при изменении параметров системы. Было бы желательно установить более тесное (чем ссылка на «язык Арнольда») соответствие результатов этой главы, в частности, переходов между модами с результатами теории катастроф. В частности, «Аналитическое описание языка Арнольда» (раздел 4.4) можно было бы выполнить с помощью стандартных методов теории катастроф. Или хотя бы упомянуть об стандартном подходе теории катастроф. Нет определения «сильного взаимодействия мод» (2-й абзац после рис.4.2). Похоже, что область сильного взаимодействия мод как раз соответствует точке (или поверхности и т.п.) бифуркаций в пространстве параметров в теории катастроф.

Сделанные замечания не умаляют общих достоинств диссертации. В целом работа выполнена на высоком научном уровне. Результаты диссертации опубликованы в виде 9 работ в реферируемых журналах из списка ВАК, представлялись на многих российских и международных конференциях, в результате чего были апробированы практически все результаты диссертации, в чем можно убедиться из приведенного в автореферате списка опубликованных работ.

По положению ВАК, кандидатская диссертация является квалификационной работой. Исходя из представленного на защиту материала, можно с уверенностью констатировать, что соискатель А.А. Зябловский обладает квалификацией кандидата наук, а диссертация полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Она соответствует п.9 "Положения о присуждении ученых степеней". Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент

с.н.с. Физического института РАН,

к.ф.-м.н.

Проценко И.Е.

Подпись официального оппонента заверяю

Ученый секретарь

Физического института РАН,

д. ф.-м.н.



Полухина Н.Г.

Данные официального оппонента по диссертации - И.Е. Проценко:

Почтовый адрес: 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53, ФИАН

Телефон (рабочий): +7 499 132-61-39

Электронная почта: protsen@sci.lebedev.ru, protsenk@gmail.com