

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Д. Г. Баранова
«Поглощение и генерация света в плазмонных композитах»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.13 –
Электрофизика, электрофизические установки

Диссертационная работа Д. Г. Баранова посвящена исследованию поглощения электромагнитной энергии и генерации лазерного излучения в наноструктурах.

Актуальность исследования. Эффективное поглощение электромагнитного излучения является ключевой проблемой для большого количества прикладных задач, к которым относятся разработка радиопоглощающих покрытий, фотодетектирование и фотовольтаика, биофотоника. Значительная часть диссертации посвящена изучению лазерной генерации в оптических наносистемах. Уменьшение размеров лазеров до субволнового масштаба является перспективным направлением в свете различных прикладных применений, в число которых входит разработка интегрированных оптических каналов связи между электронными компонентами вычислительной схемы. Другой потенциальной областью применения нанолазеров может стать микроскопия биологических тканей и отдельных клеток и селективный нагрев определенных клеток организма. Таким образом, исследования процессов полного поглощения электромагнитного излучения и лазерной генерации на субволновом масштабе являются крайне актуальными задачами нанофотоники.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы, включающего 219 наименований.

Во введении обсуждаются актуальность, новизна, достоверность и практическая ценность полученных результатов. Также обсуждаются цели

исследования, приведены положения, выносимые на защиту, и публикации по теме диссертации.

Первая глава является обзором литературы, в котором показано, какое место занимают решенные задачи среди большого объема имеющегося материала. Также в ней приведены общие сведения, необходимые для последующего изложения об электромагнитных поглотителях, нанолазерах и явлении суперосцилляций.

Во второй главе исследуются оптические свойства анизотропных поглощающих материалов. Решена задача о распространении поверхностного плазмона по одноосной поглощающей среде. Теоретически предсказано новое явление - существование угла Брюстера при падении p -поляризованной волны на поглощающий материал. Как известно, в случае изотропных сред добавление поглощения приводит к нарушению явления Брюстера – падение волны на полубесконечный слой сопровождается отражением. Наличие сильной анизотропии у метаматериала позволяет добиться режима, в котором отраженная волна отсутствует. Автором представлено экспериментальное подтверждение полного поглощения p -поляризованной волны в инфракрасном диапазоне с использованием гексагонального нитрида бора.

Третья глава посвящена исследованию нанолазеров. Развита упрощенная «игрушечная» модель, позволяющая в рамках классической электродинамики описать поведение спазера выше порога генерации. В рамках модели показана возможность компенсации потерь спазером ниже порога генерации и синхронизации лазерных осцилляций внешним электромагнитным полем.

Четвертая глава посвящена изучению распространения электромагнитного излучения и лазерной генерации в системах, содержащих одновременно усиливающую и магнито-оптическую среды. В частности, в этой главе предложен дизайн нового оптического устройства – магнито-оптического спазера, представляющего собой субволновой источник

когерентного циркулярно-поляризованного электромагнитного поля. Также исследовано распространение собственных мод по плазмонной магнито-оптической цепочке. Предсказано сильное увеличение магнито-оптических свойств такой системы, в том числе, фарадеевского вращения поляризации, по сравнению с однородной магнито-оптической средой.

Пятая глава посвящена задачам взаимодействия суперосциллирующих сигналов с физическими системами. В частности, была исследована динамика квантового излучателя в суперосциллирующем электрическом поле. Показано, что можно создать импульс внешнего поля, используя только низкочастотные компоненты, под действием которого произойдет переход в возбужденное состояние с положительной инверсией населенностей. Данный результат важен в контексте более гибкого когерентного управления атомными состояниями, что перспективно для управления состояниями кубитов в вычислительных системах.

Научная новизна и достоверность результатов. Представленная работа содержит ряд новых результатов, из которых наиболее значимыми являются следующие:

1. Показана возможность полного поглощения падающей p -поляризованной электромагнитной волны без использования деструктивной интерференции полубесконечным слоем одноосной поглощающей среды – ван-дер-ваальсовским кристаллом гексагонального нитрида бора.
2. Представлена модель, позволяющая в рамках классической нелинейной электродинамики аналитически описать поведение спазера выше порога лазерной генерации.
3. Предсказано гигантское увеличение фарадеевского вращения поляризации в плазмонной наноструктуре – периодической магнито-оптической цепочке плазмонных частиц.
4. Продемонстрирована возможность возбуждения двухуровневой системы суперосциллирующим полем, все спектральные компоненты которого лежат ниже резонансной частоты перехода квантового излучателя.

Научная новизна подтверждается публикациями в рецензируемых журналах из списка ВАК и выступлениями на российских и международных конференциях.

Достоверность результатов подтверждается их соответствием известным представлениям о характере явлений в исследуемых объектах и совпадением с результатами численных экспериментов.

В качестве замечаний хотелось бы заметить следующее.

1. Во второй главе представлены результаты измерений отражения от оптически толстого слоя нитрида бора. Однако не обсуждается спектр прохождения через образец, а также диффузионное рассеяние от шероховатой поверхности кристалла. Эти измерения могут изменить выводы о полном поглощении падающего излучения исследуемым веществом.
2. В разделах, посвященных лазерной генерации, недостаточное внимание уделяется обсуждению люминисценции активной среды. Спонтанное излучение приводит к появлению дополнительной мощности, которая излучается наноструктурой. Кроме того, учет люминисценции может повлиять на оценку порога лазерной генерации.
3. В главах 2 – 5 решаются достаточно разнородные задачи нанофотоники. Значительный объем материала допускает исключение из диссертации некоторых результатов с целью получения более однородной работы.

Оценка диссертации в целом. Сделанные замечания не умаляют общих достоинств диссертации. В целом работа выполнена на достаточно высоком научном уровне. Автор диссертационной работы Д. Г. Баранов продемонстрировал владение как аналитическими, так и численными методами современной теоретической физики.

Заключение. По положению ВАК, кандидатская диссертация является квалификационной работой. Исходя из представленного на защиту

материала, можно с уверенностью констатировать, что соискатель Д. Г. Баранов обладает квалификацией кандидата наук, а диссертация полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Она соответствует п. 9-11 положения "О порядке присуждения ученых степеней" № 842.

Профессор кафедры физической химии

Национального исследовательского технологического университета
«МИСиС»

доктор физ.-мат. наук

Капуткина Наталия Ефимовна

Отзыв профессора кафедры физической химии НИТУ «МИСиС»,
доктора физ.-мат. наук Н. Е. Капуткиной заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета
Национального исследовательского
технологического университета «МИСиС»

к.т.н., профессор



Делян В.И.

Данные официального оппонента по диссертации - Н.Е. Капуткиной:

Почтовый адрес: 119991 Москва, Ленинский проспект, д. 4, НИТУ «МИСиС»

Телефон (рабочий): +7 495 638-4667

Электронная почта: kaputkina@mail.ru; nataly@misis.ru