

## 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 представлена на 124 страницах, содержит 51 рисунок и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. К работе приложен автореферат на 18 страницах.

**Актуальность исследования.** Диссертационная работа Д. Г. Баранова посвящена исследованию управления электромагнитным излучением на наномасштабе. Особое внимание при этом уделено полному поглощению излучения и лазерной генерации в наноструктурах. Такие востребованные прикладные задачи как разработка радиопоглощающих покрытий, фотодетектирование и фотовольтаика требуют разработки особо эффективных систем для поглощения электромагнитной энергии в различных частотных диапазонах, поэтому постоянно продолжается усовершенствование существующих структур и поиск принципиально новых систем. Достижение лазерной генерации в субволновых структурах также является перспективной задачей, поскольку позволит создать совершенно новые оптические элементы для интегрирования в высокоскоростные вычислительные устройства. Таким образом, исследование новых наноструктур для поглощения электромагнитной энергии и лазерной генерации на наномасштабе являются крайне актуальными задачи 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 имеет обзорный характер. В ней приведен обзор литературы по темам, затрагиваемым в диссертации: поглотителям электромагнитной энергии, нанолазерам и суперосцилляциям.

Во второй главе исследуются теоретически и экспериментально электродинамические свойства диссипативных одноосных сред. Изучено распространение поверхностных плазмонов по поглощающей гиперболической среде. Показано, что для определенных параметров одноосной среды длины пробега плазмона может неограниченно возрастать, несмотря на наличие поглощения в одноосном материале. Такое поведение приводит к новому явлению - существованию угла Брюстера для поглощающей анизотропной среды. Явление полного поглощения одноосной средой продемонстрировано экспериментально с использованием гексагонального нитрида бора – ван дер Ваальсовского кристалла, обладающего сильной анизотропией в инфракрасной области частот.

Третья глава посвящена исследованию нанолазеров. Построена аналитическая модель, позволяющая в рамках классической электродинамики без использования динамических квантовомеханических уравнений описать поведение спазера выше порога генерации, в т.ч. описать компенсацию потерь и синхронизацию лазерных осцилляций внешним полем. Также предложено устройство диэлектрического нанолазера – лазера, резонатором которого является наночастица выполненная из материала с высоким коэффициентом преломления.

Четвертая глава посвящена изучению активных магнито-оптических наноструктур. Исследуются условия лазерной генерации в магнито-оптическом спазере – плазмонной магнито-оптической частице взаимодействующей с усиливающей средой. Также изучается влияние



магнито-оптического эффекта на спектр собственных мод периодической цепочки резонансных плазмонных частиц и возможность компенсации омических потерь в такой системе путем включения усиливающей среды.

Пятая глава посвящена исследованию взаимодействия суперосциллирующих полей с некоторыми физическими системами. В частности, изучается динамика двухуровневого атома взаимодействующего с суперосциллирующим электромагнитным полем. Демонстрируется возможность нерезонансного возбуждения системы на верхний уровень путем подбора импульса электрического поля особой формы. Также изучается создание суперосциллирующих сигналов в обобщенной нелинейной безынерционной системе.

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

1. Исследовано распространение поверхностных плазмонов по поглощающей гиперболической среде, предсказан режим неограниченного возрастания длины пробега плазмона.
2. Показано, что сферическая наночастица из материала с высоким показателем преломления (кремния) может служить резонатором для реализации нанолазера, не содержащего плазмонные металлы.
3. Исследованы лазерные моды магнито-оптического спазера, образованного магнито-оптической плазмонной частицей и усиливающей средой. Найден режим, в котором наблюдается генерация лишь одной из двух циркулярно-поляризованной лазерной моды.
4. Предложен метод получения суперосциллирующих во времени электромагнитных колебаний на выходе нелинейной безынерционной системы.

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.

### **Недостатки диссертации**

1. Во второй главе моделирование анизотропной среды, образованной металлическими проволочками, производится с помощью теории эффективной среды, так что композитная среда предполагается однородной. Такое приближение, однако, может быть неверным по причине сильной пространственной дисперсии таких метаматериалов даже в области длинных волн.
2. В разделе, посвященном исследованию плазмонной магнито-оптической цепочки, решение задачи о собственных модах системы произведено не совсем корректно. При отыскании закона дисперсии учитываются только ближайшие соседи, в то время как известно, что учет всех частиц в цепочке может сильно повлиять на дисперсию собственных мод.
3. В главе 5 решаются задачи о взаимодействии суперосциллирующих электрических полей с различными системами. Поставленные задачи и полученные результаты не имеют непосредственного отношения к поглощению и лазерной генерации. Данная глава могла быть исключена из диссертации 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.

**Закключение.** 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 положения «О порядке присуждения ученых степеней».

Официальный оппонент

Научный сотрудник ФТИ

им. А.Ф. Иоффе к.ф.-м.н.

Богданов Андрей Андреевич

Подпись официального оппонента заверяю

Ученый секретарь ФТИ

им. А.Ф. Иоффе

д.ф-м.н., профессор



Шергин Андрей Петрович

Данные официального оппонента по диссертации – А. А. Богданова:

Почтовый адрес: 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26, ФТИ

им. А.Ф. Иоффе

Телефон (рабочий): 8 (812) 297-2245

Электронная почта: bogdan.taurus@gmail.com