

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ДМ 002.262.01  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И  
ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ПРИ УЧАСТИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25.05.2016, протокол № 5

О присуждении Баранову Денису Григорьевичу, гражданину РФ  
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Поглощение и генерация света в плазмонных  
композитах» в виде рукописи по специальности 01.04.13 - Электрофизика и  
электрофизические установки, принята к защите 14.03.2016 г., протокол №4,  
объединенным диссертационным советом ДМ 002.262.01 на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института  
теоретической и прикладной электродинамики при участии Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института  
высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул.  
Ижорская, д.13, <http://www.itae.ru/>, (495) 484-23-83), утвержденного  
Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от  
15.02.2013г. № 75/нк.

Соискатель Баранов Денис Григорьевич 1990 года рождения, в 2013  
году окончил Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Московский физико-технический  
институт (Государственный университет)».

В настоящее время является аспирантом Московского физико-  
технического института (государственного университета) (с 01.09.2013 по  
31.08.2017).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном  
образовательном учреждении высшего профессионального образования  
«Московский физико-технический институт (государственный  
университет)».

**Научный руководитель** – д.ф.-м.н. профессор Виноградов Алексей Петрович, гл.н.с. лаборатории теоретической электродинамики конденсированного состояния (№1) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, <http://www.itae.ru/>, (495) 484-23-83).

**Официальные оппоненты:**

Капуткина Наталия Ефимовна, д.ф.-м.н., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ МИСиС), кафедра физической химии, профессор (119991, Москва, Ленинский проспект, д. 4 +7 495 955-00-32);

Богданов Андрей Андреевич, к.ф.-м.н., Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, сектор теоретических основ микроэлектроники, научный сотрудник (194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 26 8 (812) 297-2245)

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН, г. Москва), в своем положительном заключении, подписанном старшим научным сотрудником Института спектроскопии Российской академии наук, кандидатом физико-математических наук Мелентьевым П.Н. (утвержденным ВРИО директора Задковым В.Н.), указала что:

1. Продемонстрирована экспериментально возможность полного поглощения электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне без явления деструктивной интерференции с использованием сильно анизотропного кристалла.
2. Показано, что сферическая наночастица из кремния может служить резонатором для реализации нанолазера. Величина порога генерации такого нанолазера значительно меньше порога генерации плазмонного нанолазера.
3. Предсказано резонансное увеличение эффекта Фарадея в периодической цепочке плазмонных частиц, помещенных в магнитооптическую среду.
4. Теоретически предсказана возможность возбуждения квантового излучателя суперосциллирующим импульсом, все спектральные компоненты которого лежат ниже резонансной частоты перехода двухуровневой системы.
5. Показано, что при возбуждении нелинейной безынерционной системы гармоническим низкочастотным сигналом может происходить генерация суперосциллирующего сигнала на выходе системы.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Институте теоретической и прикладной электродинамики РАН, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН, Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН, Институте спектроскопии РАН и Московском физико-техническом институте.

Основные результаты диссертации опубликованы в 12 печатных работах, включая 11 статей в реферируемых научных журналах из списка ВАК. Список публикаций проверен, подтверждено, что соискатель является автором данных работ.

Основные работы:

1. Баранов Д.Г., Виноградов А.П., Симовский К.Р., Нефедов И.С., и Третьяков С.А. К электродинамике поглощающей одноосной неположительно определенной (индефинитной) среды // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2012. – Т. 114. – С. 650.
2. Baranov D.G., Andrianov E.S., Vinogradov A.P., and Lisyansky A.A. Exactly solvable toy model for surface plasmon amplification by stimulated emission of radiation // Optics Express. – 2013. – Vol. 21. – P. 10779.
3. Baranov D.G., Vinogradov A.P., Lisyansky A.A., Strelniker Y.M., and Bergman D.J. Magneto-optical spaser // Optics Letters. – 2013. – Vol. 38. – P. 2002.
4. Baranov D.G., Vinogradov A.P., and Lisyansky A.A. Abrupt Rabi oscillations in a superoscillating electric field // Optics Letters. – 2014. – Vol. 39. – P. 6316.
5. Baranov D.G., Edgar J.H., Hoffman T., Bassim N., and Caldwell J.D. Perfect interferenceless absorption at infrared frequencies by a van der Waals crystal // Physical Review B. – 2015. – Vol. 92. – P. 201405(R).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. д.ф.-м.н., профессор **А. Б. Грановский** (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва) – отзыв положительный, с замечаниями:

– в обзорной части не приводятся сведения о различных способах усиления магнитооптических эффектов;

– при обсуждении результатов магнитооптического спазера следовало бы более подробно привести сравнение с предыдущими работами, а не ограничиваться ссылкой на одну работу.

2. к.ф.-м.н. **М. Р. Щербаков** (Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва) – отзыв положительный, с замечаниями:

– во второй главе при обсуждении результатов по измерению поглощения в гексагональном нитриде бора не приводятся результатов измерения диффузного рассеяния поверхностью поглощающего кристалла;

– при рассмотрении диэлектрического нанолазера не обсуждаются оптические нелинейные эффекты, которые могут значительно повлиять на резонансные свойства наночастицы и активной среды при накачке мощным оптическим импульсом;

3. к.ф.-м.н. **Д. Ю. Федянин** (Московский физико-технический институт, Москва) – отзыв положительный, с замечаниями:

– диссертация представляет собой комбинацию трех независимых и не связанных между собой задач, хотя автор, очевидно, имеет достаточный задел, квалификацию и количество публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах для того, чтобы сосредоточиться на одной из этих задач;

- в автореферате не приведены некоторые важные численные результаты что несколько затрудняет оценку практической значимости работы и реализуемости предложенных новых идей;

– в третьей главе при моделировании нанолазера не учтена спонтанная эмиссия активной среды, что может заметно сказаться на величине порога генерации нанолазера.

Выбор официальных оппонентов обосновывается проводимыми ими исследованиями по теме диссертации.

Выбор д.ф.-м.н. **Капуткиной Н.Е.** в качестве оппонента обосновывается тем, что она является ведущим ученым в области квантовой оптики, физики твердого тела, автором большого количества работ, посвященных различным эффектам, в том числе, лазированию в гетероструктурах, таких как квантовые точки, квантовые ямы, и др., в частности:

1. Altaisky M. V., Kaputkina N. E., Krylov V. A. Quantum neural networks: Current status and prospects for development //Physics of Particles and Nuclei. – 2014. – V. 45. – №. 6. – P. 1013-1032.

2. Коротаев П. Ю., Векилов Ю. Х., Капуткина Н. Е. Электронный спектр и локализация электронных состояний в аперриодических цепочках квантовых точек // Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики. – 2014. – Т. 145. – №. 2. – С. 348.

3. Altaisky M. V., Kaputkina N. E. On quantization of nondispersive wave packets // *Journal of Mathematical Physics*. – 2013. – V. 54. – № 10. – P. 102101.

Выбор к.ф.-м.н. **Богданова А. А.** в качестве оппонента обосновывается тем, что он является признанным специалистом в области нанофотоники и метаматериалов. Автор многих работ по данной тематике, в частности

1. Yermakov O.Y., Ovcharenko A.I., Song M., Bogdanov A.A., Iorsh I.V., and Kivshar Y.S. Hybrid waves localized at hyperbolic metasurfaces // *Physical Review B*. – 2015. – Vol. 91. – P. 235423..

2. Bogdanov A.A. et al. Mode selection in InAs quantum dot microdisk lasers using focused ion beam technique // *Optics Letters*. – 2015. – Vol. 40. – P. 4022.

3. Petrov M.I., Sukhov S.V., Bogdanov A.A., Shalin A.S., and Dogariu A. Surface plasmon polariton assisted optical pulling force // *Laser Photonics Reviews*. – 2015. – Vol. 122. – P. 116.

Выбор ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки **Института спектроскопии** Российской академии наук обусловлен тем, что данный институт является многопрофильной организацией, проводящей обширные исследования, в том числе по тематике диссертации. В частности, эти исследования направлены на экспериментальное создание оптических нанолазеров, разработку новых методов управления атомными состояниями с помощью света. Основные публикации сотрудников ИСАН по тематике, близкой к тематике диссертации:

1. Melentiev P. N. et al. Giant enhancement of two photon induced luminescence in metal nanostructure // *Optics Express*. – 2015. – V. 23. – №. 9. – P. 11444-11452.

2. Berman O.L., Kezerashvili R.Y., and Lozovik Yu. E. Graphene nanoribbon based spaser // *Physical Review B*. – 2013. – Vol. 88. – P. 235424.

3. Melentiev P. N. et al. Split Hole Resonator: A Nanoscale UV Light Source // *Nano Letters*. – 2016. – Vol. 16. – P. 1138.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

1. Изучено распространение поверхностных плазмонов по поглощающей гиперболической среде;

2. Показана теоретически и экспериментально возможность полного поглощения падающей р-поляризованной электромагнитной волны полубесконечным слоем одноосной поглощающей среды – ван-дер-Ваальсовским кристаллом;

3. Представлена модель, позволяющая в рамках классической нелинейной электродинамики аналитически описать поведение спазера выше порога лазерной генерации;
4. Предложено устройство магнитооптического спазера – субволнового источника ближнего когерентного, циркулярно-поляризованного электромагнитного поля;
5. Получены данные по распространению собственных мод по плазмонной магнитооптической цепочке. Предсказано сильное увеличение магнитооптических свойств такой системы;
6. Показано, что сферическая наночастица из материала с высоким показателем преломления (кремния) может служить резонатором для реализации субволнового лазера, не содержащего плазмонные металлы;
7. Продемонстрирована возможность возбуждения двухуровневой системы суперосциллирующим полем, все спектральные компоненты которого лежат ниже резонансной частоты перехода квантового излучателя.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

1. Изучен закон дисперсии поверхностных плазмонов, распространяющихся по поглощающей гиперболической среде. Показано, что для определенных параметров одноосной среды длины пробега плазмона может неограниченно возрастать, несмотря на наличие поглощения в одноосном материале.
2. Предсказана теоретически возможность полного поглощения падающей р-поляризованной волны полубесконечным слоем Ван-дер-Ваальсовского кристалла – гексагонального нитрида бора. Явление продемонстрировано экспериментально в оптически толстом слое материала;
3. Развита модель спазера, 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. Подход позволяет описать как амплитуду лазерной моды в зависимости от накачки активной среды, так и отклик нанолазера на внешнее осциллирующее поле.
4. Исследованы лазерные моды магнитооптического спазера. Получены выражения для порога и частоты генерации двух мод с правой и левой циркулярной поляризацией дипольного момента наночастицы;
5. Исследован спектр собственных мод плазмонной магнитооптической периодической цепочки. Предсказано резонансное увеличение эффекта Фарадея по сравнению с однородной магнитооптической средой.

6. Исследованы лазерные моды системы «диэлектрическая частица из материала с высоким показателем преломления – усиливающая среда», получено условие порога лазерной генерации;

7. Предсказана возможность нерезонансного возбуждения двухуровневой системы суперосциллирующим полем, все спектральные компоненты которого лежат ниже резонансной частоты перехода системы.

8. Показано, что при возбуждении нелинейной безынерционной системы гармоническим низкочастотным сигналом может происходить генерация суперосцилляций Берри на выходе системы; частота такого сигнала на порядок превосходит частоту падающего сигнала.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что:

– в диссертации исследована возможность возбуждения двухуровневой квантовой системы из основного состояния при помощи нерезонансного электрического поля, все спектральные компоненты которого лежат ниже резонансной частоты перехода атома. Данный эффект может быть важным для разработки новых методов когерентного контроля состояний двухуровневых систем - атомов и кубитов;

– продемонстрированный эффект полного поглощения в одноосном кристалле может найти важные применения при разработке фотовольтаических и фотодетектирующих устройств, а также сенсоров, работающих в инфракрасном диапазоне;

- в диссертации построена модель, позволяющая описать поведение плазмонного нанолазера без использования квантово-механических уравнений, что может значительно упростить расчеты систем, содержащих большое количество нанолазеров.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Институте теоретической и прикладной электродинамики РАН, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН, Физико-техническом институте им. А.Ф.Иоффе РАН, Институте спектроскопии РАН, Московском физико-техническом институте и во многих других научных учреждениях.

**Оценка достоверности результатов** исследования выявила, что:

– расчетно-теоретические исследования построены на проверяемых данных и фактах и общепризнанных законах электродинамики и оптики. Они

согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

– результаты работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в выборе темы исследования, постановке задачи. Автор лично проводил все вычисления, результаты которых представлены в диссертации. Подготовка публикаций по выполненной работе осуществлялась совместно с соавторами при определяющем вкладе соискателя. Результаты были представлены лично диссертантом на 10 всероссийских и международных конференциях. На основании проведенных исследований соискателем были сформулированы положения, выносимые на защиту.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании 25.05.2016 г. диссертационный совет ДМ 002.262.01 принял решение присудить Баранову Д. Г. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 17 докторов наук по специальности 01.04.13 – электрофизика и электрофизические установки, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета ДМ 002.262.01  
д.ф.-м.н., профессор, академик

Лагарьков А.Н.



Ученый секретарь диссертационного совета ДМ 002.262.01

к.ф.-м.н.

М.П.

Кугель К.И.

25.05.2016 г.