



«Утверждаю»

МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени
М.В.ЛОМОНОСОВА
(МГУ)

Ленинские горы, д. 1, Москва,
ГСП-1, 119991
Тел: 939-10-00
Факс: 939-01-26

01.12.2017 № 1636-14/013-03

На № _____

Проректор Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова

д-р физ.-мат. наук, проф.

Федягин Андрей Анатольевич



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Трешина Ильи Валерьевича «Оптические свойства наноотверстий в металлической плёнке и их влияние на излучение элементарной квантовой системы», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 — «Лазерная физика».

Современный уровень развитие технологии изготовления наноструктур позволяет создавать устройства для эффективного управления распространением электромагнитного излучения в области меньшей длины волны света, а также изменения скорости спонтанного излучения квантовых точек, молекул и атомов. Создание таких устройств открывает возможности для проектирования элементной базы оптического и квантового компьютеров, высокочувствительных оптических биосенсоров. Появляются новые возможности для исследования оптических свойств одиночных молекул и атомов. Наноотверстие в металлической плёнке достаточно часто является частью подобного рода систем, поэтому исследования оптических свойств наноотверстий и того, как одиночное наноотверстие влияет на спонтанное излучение элементарной квантовой системы являются важными задачами,

решению которых и посвящена диссертация И.В. Трёшина, что определяет актуальность избранной темы.

Диссертационная работа состоит из введения, трёх оригинальных глав, заключения с основными выводами работы и списка используемой литературы. Диссертация изложена на 137 страницах, содержит 40 рисунков и 123 наименования цитируемых источников.

Во введении обсуждается актуальность исследований, приводится цель работы, сформулированы задачи. Помимо этого, описаны научная новизна, практическая значимость работы, а также представлены сведения об апробации научных результатов и о защищаемых положениях.

Первая глава представляет собой обзор литературы по теме диссертации. Рассмотрены работы по решению задачи о дифракции электромагнитного излучения на одиночном отверстии или массиве из них. Определены экстраординарное прохождение света и оптическая система с асимметричным коэффициентом пропускания света. Представлен метод решения задачи об изменении скорости спонтанного излучения двухуровневой системы, расположенной вблизи наноструктуры.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию оптических свойств квадратной решётки из круглых наноотверстий в металлической плёнке, которая расположена на поверхности планарного диэлектрического фотонного кристалла. Рассмотренная оптическая система состоит из линейных и немагнитных материалов. Для решения данной трёхмерной задачи использовано численное моделирование, в котором система уравнений Максвелла с заданным внешним источником тока численно решается методом конечных элементов. Показано, что возбуждение в рассмотренной системе оптического таммовского состояния и многих дифракционных лепестков существенным образом влияет на её оптические свойства, а именно приводит к эффектам экстраординарного пропускания света (в случае его падения со стороны фотонного кристалла) и асимметрии коэффициента пропускания света.

Третья глава содержит описание теоретического исследования изменения скорости спонтанного излучения двухуровневой системы, расположенной около одиночного круглого наноотверстия в металлической плёнке. Задача решена в приближении слабого взаимодействия элементарной квантовой системы с электромагнитным полем, рассеянным отверстием в металлической плёнке. В этом случае рассмотренная задача сводится к задаче о дифракции электромагнитного поля осциллирующего дипольного источника на наноотверстии, которая решается в работе численно, методом конечных элементов. Показано, что наличие подложки может сильно влиять на скорость спонтанного излучения и приводить к существенному увеличению радиационной скорости спонтанного излучения.

В заключении приведены основные результаты работы.

Результаты исследований, проведённых И.В. Трешиным, представляют несомненный практический интерес. Они доказывают принципиальную возможность использования наноотверстий в металлической плёнке при проектировании компонентов элементной базы оптического компьютера нового поколения, а именно для создания компактных систем возбуждения оптических нановолноводов. Полученные в работе результаты рекомендуются к использованию в следующий организациях: МГУ имени М.В. Ломоносова, Университет ИТМО, ИСАН и в других институтах РАН и организациях Министерства образования и науки.

По диссертационной работе можно высказать ряд замечаний и рекомендаций, которые перечислены ниже.

1. При моделировании взаимодействия электромагнитного излучения с наноотверстиями в металлической плёнке используется численное решение системы уравнений Maxwella в частотной области методом конечных элементов. При этом в тексте диссертации отсутствует информация о параметрах используемой расчётной сетки, которые, как

известно, оказывают существенное влияние на точность численного решения.

2. Из текста диссертации не очевидно, что возбуждение оптического таммовского состояния является единственной причиной возникновения эффекта экстраординарного пропускания света в рассмотренной оптической системе. Следовало бы решить задачу на собственные колебания данной системы, чтобы исследовать влияние на эффект и других собственных мод системы.
3. Построенные аналитические и численные модели для решения задачи о спонтанном излучении молекулы вблизи круглой апертуры позволяют проводить расчёты для заданного дипольного момента произвольной ориентации, но это направление не зависит от направления внешнего поля, в котором находится молекула. Однако во многих реальных экспериментах дипольные моменты молекул могут ориентироваться по полю, что требует учёта зависимости направления дипольного момента от направления вектора напряжённости ближнего поля в данной точке. Данную ситуацию следовало бы проанализировать в диссертационной работе.
4. Встречаются необычно длинные подписи к рисункам. Например, подписи к Рисункам 3.16, 3.17, 3.18 занимают почти полстраницы. Это затрудняет чтение и понимание текста диссертационной работы.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не влияют на достоверность и значимость полученных результатов и выводов.

Диссертационная работа И.В. Трешина является законченной научно-квалификационной работой и содержит решение задачи в области исследования взаимодействия электромагнитного излучения с наноотверстием и его влияния на спонтанное излучение двухуровневой системы, что имеет важное значение для развития нанофотоники и плазмоники. Новизна и достоверность полученных результатов не вызывают сомнений.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертационной работы. Научные результаты диссертации опубликованы в 3 научных статьях автора в ведущем рецензируемом международном научном журнале, индексируемом в базе данных Web of Science.

Диссертационная работа Трешина Ильи Валерьевича «Оптические свойства наноотверстий в металлической плёнке и их влияние на излучение элементарной квантовой системы» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам Трешин Илья Валерьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 — «Лазерная физика».

Доклад Трешина Ильи Валерьевича по материалам диссертационной работы заслушан на семинаре Кафедры общей физики и волновых процессов Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова 03 ноября 2017 года. Отзыв подготовлен старшим преподавателем Кафедры общей физики и волновых процессов Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидатом физико-математических наук Владимировой Юлией Викторовной и утверждён на заседании кафедры 03 ноября 2017 года, протокол № 29/2017.

Старший преподаватель Кафедры общей физики и волновых процессов
Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
кандидат физико-математических наук
Владимирова Юлия Викторовна

 / Ю.В. Владимирова /

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 62,
МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, Кафедра общей физики и
волновых процессов

Рабочий телефон: +7 (495) 939-51-73

Адрес электронной почты: yu.vladimirova@physics.msu.ru

Заведующий Кафедрой общей физики и волновых процессов

Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,

доктор физико-математических наук, профессор

Макаров Владимир Анатольевич



/ В.А. Макаров /

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 62,
МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, Кафедра общей физики и
волновых процессов

Рабочий телефон: +7 (495) 939-12-25

Адрес электронной почты: vamakarov@phys.msu.ru

Список научных публикаций в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет сотрудников ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова) по теме диссертации Трешина Ильи Валерьевича «Оптические свойства наноотверстий в металлической плёнке и их влияние на излучение элементарной квантовой системы», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 — «Лазерная физика».

1. Yu.V. Vladimirova, E.D. Chubchev, V.N. Zadkov Resonance fluorescence of a two-level quantum emitter near a plasmonic nanoparticle: role of the near-field polarization // Laser Phys. — 2017. — T. 27, № 2. — C. 025901.
2. S.A. Dyakov, D.M. Zhigunov, A. Marinins, M.R. Shcherbakov, A.A. Fedyanin, A.S. Vorontsov, P.K. Kashkarov, S. Popov, M. Qiu, M. Zacharias, S.G. Tikhodeev, N.A. Gippius Optical properties of silicon nanocrystals covered by periodic array of gold nanowires // Phys. Rev. B. — 2016. — T. 93, № 20. — C. 205413.
3. V.M. Pastukhov, Yu.V. Vladimirova, V.N. Zadkov Photon-number statistics from resonance fluorescence of a two-level atom near a plasmonic nanoparticle // Phys. Rev. A. — 2014. — T. 90, № 6. — C. 063831.
4. E.D. Chubchev, Yu.V. Vladimirova, V.N. Zadkov Controlling near-field polarization distribution of a plasmonic prolate nanospheroid by its aspect ratio and polarization of the incident electromagnetic field // Opt. Express. — 2014. — T. 22, № 17. — C. 20432 – 20445.
5. B.I. Afinogenov, V.O. Bessonov, A.A. Nikulin, A.A. Fedyanin Observation of hybrid state of Tamm and surface plasmon-polaritons in one-dimensional photonic crystals // Appl. Phys. Lett. — 2013. — T. 103. — C. 061112.