

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Капуткиной Наталии Ефимовны на диссертацию Трещина 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».

Диссертационная работа Трещина Ильи Валерьевича посвящена исследованию взаимодействия электромагнитного излучения с решёткой из наноотверстий в металлической плёнке, расположенной на поверхности планарного диэлектрического брэгговского зеркала, а также влиянию одиночного наноотверстия в металлической плёнке на скорость спонтанного излучения элементарной квантовой системы. Тема диссертации является актуальной в связи с тем, что благодаря развитию технологии изготовления наноструктур наноотверстия в металлической плёнке в настоящее время широко используются в устройствах нанооптики и наноплазмоники.

Изученные в диссертационной работе эффекты экстраординарного пропускания света и большой асимметрии коэффициента пропускания света с произвольной поляризацией представляют большой интерес при создании нанолокализованного источника света и эффективного планарного оптического устройства для нанооптики с асимметричным коэффициентом пропускания света. Результаты исследования изменения скорости спонтанного излучения элементарной квантовой системы, расположенной около наноотверстия в металлической плёнке, играют важную роль в экспериментах по наблюдению флюоресценции одиночной молекулы, а также при проектировании апертурного сканирующего ближнепольного оптического микроскопа.

Диссертационная работа изложена на 137 страницах и содержит 40 рисунков. Работа включает введение, три главы основного текста, заключение

и список литературы, содержащий 123 наименования. К работе приложен автореферат, который достаточно полно отражает содержание диссертации.

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации, сформулированы цель работы и решаемые задачи, научная новизна и практическая значимость проведённых исследований. Приведены сведения об апробации и публикации полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору литературы по тематике диссертационной работы. В главе приведено описание оптических систем, в которых проявляются эффекты экстраординарного пропускания света и оптической асимметрии коэффициента пропускания света.

Во второй главе исследуются эффекты экстраординарного пропускания света и оптической асимметрии коэффициента пропускания света, которые проявляются в линейной немагнитной оптической системе, состоящей из брэгговского зеркала на поверхность которого нанесена металлическая плёнка с квадратной решёткой из круглых нанотверстий. Исследование проведено с помощью численного решения системы уравнений Максвелла с заданным внешним источником в частотной области методом конечных элементов. Показано, что эффект экстраординарного пропускания света в рассмотренной оптической системе связан с увеличением электромагнитного поля на границе между металлической плёнкой и брэгговским зеркалом за счёт возбуждения оптического таммовского состояния, а эффект большой асимметрии коэффициента пропускания света обусловлен возникновением в системе оптического таммовского состояния и наличием нескольких побочных дифракционных лепестков. Важным является то, что оба эффекта, исследованных теоретически в данной диссертационной работе, экспериментально подтверждены.

В третьей главе описано теоретическое исследование влияния нанотверстия в металлической плёнке на скорость спонтанного излучения двухуровневой системы. Рассмотрен случай слабого взаимодействия

молекулы с электромагнитным полем, рассеянным наноотверстием. Выявлено сильное влияние на скорость спонтанного излучения положения двухуровневой системы, поглощения в металлической плёнке, а также наличия подложки.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

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

1. Объяснён эффект экстраординарного пропускания света в оптической системе, состоящей из двухмерной квадратной решётки из круглых наноотверстий в плоской металлической плёнке, расположенной на поверхности планарного диэлектрического фотонного кристалла.
2. Теоретически предсказан эффект большой асимметрии коэффициента пропускания света с произвольной поляризацией в линейной немагнитной оптической системе, состоящей из двухмерной квадратной решётки из круглых наноотверстий в плоской металлической плёнке, расположенной на поверхности планарного диэлектрического фотонного кристалла.
3. Методами численного моделирования показано существенное влияние на скорость спонтанного излучения элементарной квантовой системы, расположенной около наноотверстия в металлической плёнке, её положения, поглощения в металлической плёнке и наличия подложки.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 3 статьях в ведущем рецензируемом научном журнале, индексируемом в базе данных Web of Science, и представлены автором лично на российских и международных конференциях, что подтверждает научную новизну результатов.

Обоснованность и достоверность результатов подтверждается их соответствием известным представлениям о характере явлений в

исследуемых объектах и качественным совпадением с результатами экспериментов.

По диссертации Трешина Ильи Валерьевича «Оптические свойства наноотверстий в металлической плёнке и их влияние на излучение элементарной квантовой системы» можно сделать следующие замечания:

1. В Главе 2 диссертационной работы численно решается задача о дифракции плоской электромагнитной волны на решётке из отверстий в металлической плёнке, расположенной на поверхности брэгговского зеркала. При этом в тексте диссертации почти не обсуждается вопрос, каким образом создаётся падающая плоская волна при численном решении данной задачи.
2. В Главе 3 диссертационной работы, при изучении изменения скорости спонтанного излучения молекулы, расположенной около круглого отверстия в металлической плёнке, численно решается задача об излучении дипольного источника около металлической поверхности. Известно, что в такой задаче возникает проблема, связанная с подавлением отражения поверхностной электромагнитной волны от границы расчётной области. Следовало бы обсудить в тексте диссертации, как в данном случае решалась эта проблема.
3. Автор неоднократно использует выражение «элементарная квантовая система (квантовая точка, молекула, атом)». Следовало бы указать, что имеется в виду модельная двухуровневая система.

Оценка диссертации в целом. Сделанные замечания не умаляют общих достоинств диссертации. В целом работа выполнена на достаточно высоком научном уровне. Автор диссертационной работы И.В. Трешин продемонстрировал владение аналитическими и современными численными подходами к решению задач электродинамики. Считаю, что диссертация Трешина Ильи Валерьевича «Оптические свойства наноотверстий в металлической плёнке и их влияние на излучение элементарной квантовой

системы» удовлетворяет требованиям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года, а сам Трешин Илья Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 — «Лазерная физика».

Официальный оппонент

Профессор Кафедры физической химии

Института новых материалов и нанотехнологий

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»),

доктор физико-математических наук, доцент.

Капуткина Наталия Ефимовна

« 30 » ноября 2017 года
Н.Е. Капуткина / Н.Е. Капуткина /

Почтовый адрес: 119049, Россия, г. Москва, Ленинский просп., д. 4, НИТУ «МИСиС»

Рабочий телефон: +7 (495) 638-46-67

Адрес электронной почты: nataly@misis.ru

Подпись Капуткиной Наталии Ефимовны удостоверяю

Проректор по безопасности и общим вопросам

Исаев Игорь Магомедович



И.М. Исаев /

Список основных научных публикаций в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет доктора физико-математических наук, доцента Капуткиной Наталии Ефимовны по теме диссертации Трешина Ильи Валерьевича «Оптические свойства нанотверстий 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. Altaisky, M.V. Entanglement in a quantum neural network based on quantum dots / M.V. Altaisky, N.N. Zolnikova, N.E. Kaputkina, V.A. Krylov, Yu.E. Lozovik, N.S. Dattani // Phot. Nano. Fund. Appl. — 2017. — Т. 24. — С. 24 – 28.
2. Altaisky, M.V. Towards a feasible implementation of quantum neural networks using quantum dots / M.V. Altaisky, N.N. Zolnikova, N.E. Kaputkina, V.A. Krylov, Yu.E. Lozovik, N.S. Dattani // Appl. Phys. Lett. — 2016. — Т. 108, № 10. — С. 103108.
3. Korotaev, P.Yu. Electronic spectrum and localization of electronic states in aperiodic quantum dot chains / P.Yu. Korotaev, Yu.Kh. Vekilov, N.E. Kaputkina // J. Exp. Theor. Phys. — 2014. — Т. 118, № 2. — С. 304 – 310.
4. Altaisky, M.V. Quantum neural networks: Current status and prospects for development / M.V. Altaisky, N.E. Kaputkina, V.A. Krylov // Phys. Part. Nuclei. — 2014. — Т. 45, № 6. — С. 1013 – 1032.
5. Altaisky, M.V. On quantization of nondispersive wave packets / M.V. Altaisky, N.E. Kaputkina // J. Math. Phys. — 2013. — Т. 54, № 10. — С. 102101.