

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»
(МФТИ, Физтех)

Юридический адрес: 117303, г. Москва,
ул. Керченская, дом 1 А, корпус 1
Почтовый адрес: 141700, Московская обл.,
г. Долгопрудный, Институтский переулок, 9
Тел.: +7 (495) 408-57-00, факс: +7 (495) 408-68-69
info@mipt.ru

№ _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе МФТИ,
Физтех

Баган Виталий
Анатольевич



марта 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Фримана Александра Владимировича** «Численное моделирование статических и динамических характеристик фотонных кристаллов и волноводных структур с резонансами Фано», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – оптика

Начатое в 1970-е внедрение оптических методов высокоскоростной передачи данных привело к появлению интегральной оптики – нового раздела оптики, который исследует взаимодействие света со структурами, характерный размер которых сравним с длиной волны света. Этот раздел оптики динамично развивается, разрабатываются и совершенствуются новые структуры, выдвигаются новые идеи и принципы работы устройств, публикуются статьи в журналах мирового уровня. Затрагиваемая в диссертационной работе тема представляется актуальной, так как в ней поставлены и решены задачи исследования элементов интегральной оптики, таких как фотонный кристалл и волновод с резонансом Фано. Значимость результатов диссертационного исследования состоит как в усовершенствовании численных методов описания поведения электромагнитных волн, так и в применении этих методов для анализа переходных процессов в оптических системах.

Диссертационная работа представлена на 143 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, рисунков, таблиц, приложения и содержит 40 рисунков и 5 таблиц. В первой главе приведен обзор литературы по особенностям распространения света в фотонных кристаллах и волноводах, условиям, приводящим к появлению резонансов

Фано, а также методам численного исследования структур интегральной оптики.

Во второй главе показаны результаты исследования оптических свойств фотонных кристаллов. В частности, показано влияние заполнения пор фотонного кристалла наночастицами рубина и парами иода на структуру фотонных запрещенных зон. Представлен анализ влияния формы воздушного отверстия на зонную структуру планарного фотонного кристалла. Изучена зависимость динамики переходных процессов в волноводе на основе планарного фотонного кристалла от характера граничных условий.

Третья глава посвящена результатам исследования резонансов Фано в двумерных и трехмерных фотонных волноводах. Рассмотрены процессы формирования резонансов Фано в двумерном волноводе с металлическими стенками и в трехмерном диэлектрическом волноводе. Показано, что в процессе накопления энергии в резонаторе, представляющим собой диэлектрическую вставку в волноводе с отражающими стенками, происходит модуляция значения накопленной энергии с частотой, равной разности частот входящего излучения и собственной частоты резонатора. Глубина модуляции при этом снижается со временем. Аналогичный процесс в трехмерном диэлектрическом волноводе приводит к одиночному импульсу пропускания. Для обоих случаев построена аналитическая модель на основе теории связанных мод, результаты которой совпадают с результатами, полученными численно.

В четвертой главе показаны результаты модификации использованного в исследовании метода конечных разностей во временной области (Finite Difference Time Domain, FDTD). В частности, разработанный способ использования видеопроцессоров в FDTD расчетах приводит к увеличению скорости расчета до 16 крат в зависимости от особенностей структуры. Показана применимость данного подхода как для одномерных, двумерных и трехмерных геометрий. Другой представленной модификацией метода FDTD является имплементация алгоритма расчета гиротропных материалов, а в частности магнитоактивных плазм. Показано совпадение численного решения с аналитическим в случае прохождения электромагнитной волны круговой поляризации через слой магнитоактивной плазмы.

Достоверность и обоснованность положений, выносимых на защиту, и результатов диссертационной работы обеспечивается применением современных методов вычислительной электродинамики, аналитическим методом теории связанных мод и сравнением с литературными данными о резонансах Фано в системах различной природы.

Результаты работы опубликованы в 13 печатных изданиях, 7 из которых в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, а также материалы диссертации были доложены на научных конференциях.

Результаты диссертационной работы могут быть в дальнейшем использованы при проведении исследований в образовательных организациях по данному направлению.

Список цитируемой литературы содержит 192 наименования и полностью соответствует тематике диссертации.

Научная новизна основных результатов состоит в следующем:

1) Показано формирование электромагнитных импульсов при возбуждении резонанса Фано электромагнитной волной полу бесконечной длительности в системе, состоящей из диэлектрического волновода и диэлектрического резонатора.

2) Показано формирование затухающих колебаний низкой частоты при формировании резонанса Фано в диэлектрической вставке внутри волновода с металлическими стенками.

3) Разработанный метод использования параллельных вычислений на видеопроцессорах позволяет многократно ускорить исследования фотонных систем.

Автореферат диссертации полностью и точно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе. Несмотря на общую положительную оценку, при изучении материалов исследования возникли следующие небольшие замечания:

1. В диссертации исследуются процессы формирования резонанса Фано в двух схожих структурах: двумерном металлическом волноводе с диэлектрической вставкой и в трехмерном диэлектрическом волноводе с шарообразным резонатором. При этом процесс генерации низкочастотных осцилляций показан только в первой системе.

2. На рисунке 3.15 для случая численного исследования структуры с двумя резонаторами показана немонотонность коэффициента пропускания в первые 200 фс. Данный феномен никак не описан и не объяснен.

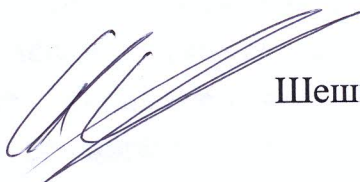
Указанные недостатки ни в коей мере не умаляют общего положительного впечатления от работы и не снижают ее высокого научного уровня.

Заключение.

Диссертация Фримана Александра Владимировича «Численное моделирование статических и динамических характеристик фотонных кристаллов и волноводных структур с резонансами Фано» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (ред. от 11.09.2021), а ее автор, Фриман Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

Отзыв ведущей организации на диссертацию обсуждён и одобрен на семинаре кафедры вакуумной электроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» 2 марта 2022 г., протокол № 3/22.

Заместитель зав. кафедры
вакуумной электроники,
доктор ф.-м. наук, профессор



Шешин Евгений Павлович

Почтовый адрес: 141700, Московская область, г. Долгопрудный,
Институтский пер., 9

Телефон: 8 (495) 408- 59 - 44

Адрес электронной почты: sheshin.ep@mipt.

Организация – место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», кафедра вакуумной электроники

Должность: Заместитель заведующего кафедрой

Web-сайт организации: <https://mipt.ru/>



Список основных публикаций сотрудников ведущей организации МФТИ в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации Фримана А.В. за последние 5 лет:

1. Myo M. Maung, Evgeny P. Sheshin, Ye H. Min, Kyaw A. Moe, Cathodoluminescent UV Radiation Sources With A Field-Emission Cathode Based On Carbon Materials / International Journal of Advanced Science and Technology, Vol 29 №7, pp 1933 -1940 (2020).
2. Wai Zin Hlaing, Evgeny P. Sheshin, Htet Win Aung, Ye Min Htwe, Kyaw Moe Aung, Research of field-emission properties of flat field emission cathodes based on graphite foils / International Journal of Advances in Electronics and Computer Science, Vol. 7, № 5, pp 11-15 (2020)
3. Hameed M.H.K., Sheshin E.P., The effect of silicon-organic modifier of CdZnS/ZnS (GT) quantum dot with wavelength 390 nm on cathodoluminescent mode, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, v. 9, no. 1, pp. 1411-1413 (2019)
4. Hameed M.H.K., Sheshin E.P., Researching CdZnS/ZnS (GT) quantum dots in cathodoluminescent mode, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, v. 8, issue. 9, special issue 2 pp. 841-843 (2019)
5. Шешин Е.П., Маджма Х.Х. Сравнительный анализ образцов квантовых точек CdZnS/ZnS и CdZn/ZnS (ГТ) с длиной волны 390 нм в режиме катодолуминесценции / Естественные и Технические Науки-2019, Т. 135, №9, С 20-23.
6. Akimov P.I., Gavrilin A.A., Nikitin A.P., Syrovoy V.A., Sheshin, E. P., Electron-Optical Systems with a Shielded Cathode and an Elliptical Ribbon Beam, Journal of Communications Technology and Electronics, v. 63, no. 11, pp. 1303-1318 (2018)
7. Egorov N. V., Sheshin E. P., Journal of Surface Investigation, On the Current State of Field-Emission Electronics, Journal of Surface Investigation, v. 11, no. 2, pp. 285-294 (2017)