

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Фримана Александра Владимировича «Численное моделирование статических и динамических характеристик фотонных кристаллов и волноводных структур с резонансами Фано», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 — Оптика

Диссертация А.В. Фримана посвящена исследованию различных типов фотонных волноводных структур, их динамическим и статическим характеристикам. Исследование проводится методом численного анализа. Рассмотренными структурами являются фотонные кристаллы и структуры, содержащие связанные волновод и резонаторы.

Актуальность работы не вызывает сомнений, так как в настоящее время проводятся активные исследования свойств фотонных структур и создание новых фотонных материалов благодаря широкому диапазону их практических применений. Рассмотренные в работе структуры, такие как фотонные кристаллы, волноводные и резонансные структуры, являются базовыми для передачи оптических сигналов, а также для создания оптических устройств: фильтров, линий задержки, модуляторов, переключателей, мультиплексоров. В работе рассмотрено несколько типов структур, причем большой акцент сделан на исследовании их динамических характеристик.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Список литературы включает в себя 192 работы. Объем диссертации составляет 143 страницы и включает в себя 40 рисунков и 5 таблиц.

Во **введении** сформулированы: актуальность темы, цели и задачи работы, научная новизна и практическая значимость результатов диссертации. Представлены положения, выносимые на защиту, и сведения об апробации диссертационной работы.

В **первой главе** проведён обзор работ по физике фотонных кристаллов, фотоннокристаллических волноводов, фотонных структур с резонансами Фано и связанными состояниями в континууме, а также по расчетным алгоритмам и вычислительным проблемам.

Во **второй главе** представлены результаты исследования фотоннокристаллических структур. Показаны особенности дисперсии опалоподобных фотонных кристаллов, содержащих наполнитель из материала с

оптическими резонансами, – в этом случае внутри запрещенной зоны возникают дисперсионные ветви, характеризующиеся крайне малой групповой скоростью. Продemonстрировано изменение ширины запрещенной зоны двумерного фотонного кристалла при варьировании геометрии элементарной ячейки. Также рассмотрены гибридные планарные волноводные структуры на основе двумерного фотонного кристалла с планарным дефектом, выявлены особенности динамических процессов при возбуждении волноводных мод.

В **третьей главе** рассмотрены системы, обладающие резонансами Фано: волновод с диэлектрической вставкой и система, образованная связанными волноводом и резонаторами. Выявлены динамические особенности таких систем (например, формирование затухающего низкочастотного сигнала; сжатие импульсов и генерация фемтосекундных импульсов). Продemonстрировано формирование состояния типа квазисвязанного состояния в континууме. Для рассмотренных явлений предложены физические модели.

В **четвертой главе** разработан метод численного моделирования структур, содержащих гиротропные среды, а также проведена оптимизация метода расчета электромагнитных полей.

В **заключении** содержится описание основных результатов работы. Также приведены список литературы, список рисунков, список таблиц, а также имеется приложение А.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и полностью отражает её структуру.

Диссертационная работа выполнена на компетентном научном уровне, апробирована публикациями в авторитетных журналах и докладами на известных международных конференциях. Среди достоинств работы – обсуждение возможности практической реализации рассмотренных в параграфе 2.2 структур с обсуждением технологических аспектов.

Полученные в работе результаты, безусловно, содержат новизну.

Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в авторитетных журналах, в том числе Optics Express и Physical Review B, и докладывались на международных и всероссийских конференциях. В связи с этим **достоверность** результатов не вызывает сомнений. Изложенные в диссертации результаты отличаются **новизной** и оригинальностью.

Тем не менее, необходимо отметить ряд недостатков данной диссертации.

1. Материал параграфов 1.4, 3.1.1, главы 4 и приложения А посвящен вычислительным аспектам – главным образом оптимизации численных методов расчета оптических характеристик фотонных структур. Материал представляет собой скорее технические детали, а не физику. Приложение А представляет собой

программный код, занимающий 14 страниц. При этом среди научных положений, выносимых на защиту, нет ни одного, соответствующего материалу указанных глав и параграфов. Изложенный материал, безусловно, представляет интерес, однако, по мнению оппонента, паспорту специальности «Оптика» он не соответствует. Можно резюмировать, что в силу отсутствия научных положений, выносимых на защиту, это не является существенным недостатком, но текст излишне перегружен техническими деталями.

2. Параграф 3.2 посвящен свойствам фотонных волноводных структур, обладающих резонансом Фано. Однако, как видно из рис. 3.10-3.13, в рассмотренных структурах резонанс Фано является вырожденным в частный случай лоренцевского антирезонанса. Структуры, обладающие характерным асимметричным резонансом Фано, в данной части работы не рассмотрены.

3. Достоинством работы является достаточно широкий акцент на динамических характеристиках структур. Однако задаваемый сигнал задается функцией Хевисайда. Большой физический смысл имеют, например, импульсы гауссовой формы, однако они в работе не рассмотрены.

4. На графике на рис. 3.13 не подписаны оси.

5. В работе встречаются опечатки. Например, на стр. 32: «Диэлектрическая проницаемость паров иода описывается формулой (??).», при этом остается неясным, какая формула имеется в виду.

Отмеченные недостатки не снижают высокую оценку работы.

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, а ее автор, Фриман Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 - Оптика.

Официальный оппонент:

кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Калиш Андрей Николаевич



18.03.2022

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

Телефон: +79161443914, e-mail: kalish@physics.msu.ru

Подпись Калиша А.Н. заверяю:

Декан физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»,

д.ф.-м.н., профессор



 Сысоев Н.Н.

Список основных публикаций официального оппонента к.ф.-м.н. .Калиша А.Н. в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации Фримана А.В. за последние 5 лет:

- 1) O. V. Borovkova, H. Hashim, D. O. Ignatyeva, M. A. Kozhaev, A. N. Kalish, S. A. Dagesyan, A. N. Shaposhnikov et al. "Magnetoplasmonic structures with broken spatial symmetry for light control at normal incidence." *Physical Review B* 102, no. 8 (2020): 081405.
- 2) Daria O. Ignatyeva, Andrey N. Kalish, Venu Gopal Achanta, Yujun Song, Vladimir I. Belotelov, and Anatoly K. Zvezdin. "Control of surface plasmon-polaritons in magnetoelectric heterostructures." *Journal of Lightwave Technology* 36, no. 13 (2018): 2660-2666.
- 3) Daria Ignatyeva, Pavel Kapralov, Polina Golovko, Polina Shilina, Anastasiya Khramova, Sergey Sekatskii, Mohammad Nur-E-Alam, Kamal Alameh, Mikhail Vasiliev, Andrey Kalish, Vladimir Belotelov "Sensing of surface and bulk refractive index using magnetophotonic crystal with hybrid magneto-optical response." *Sensors* 21, no. 6 (2021): 1984.
- 4) Andrey N. Kalish, Roman S. Komarov, Mikhail A. Kozhaev, Venu Gopal Achanta, Sarkis A. Dagesyan, Alexander N. Shaposhnikov, Anatoly R. Prokopov, Vladimir N. Berzhansky, Anatoly K. Zvezdin, and Vladimir I. Belotelov. "Magnetoplasmonic quasicrystals: an approach for multiband magneto-optical response." *Optica* 5, no. 5 (2018): 617-623.
- 5) D. M. Krichevsky, A. N. Kalish, M. A. Kozhaev, D. A. Sylgacheva, A. N. Kuzmichev, S. A. Dagesyan, V. G. Achanta, E. Popova, N. Keller, and V. I. Belotelov. "Enhanced magneto-optical Faraday effect in two-dimensional magnetoplasmonic structures caused by orthogonal plasmonic oscillations." *Physical Review B* 102, no. 14 (2020): 144408.