

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Яникова Михаила Владимировича**  
**«ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ И ГИБРИДНЫХ  
МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОПАЛОВ»**,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

**Актуальность темы диссертации.** Диссертация М.В. Яникова посвящена решению важной научной и практически значимой для физики конденсированного состояния задачи – установлению оптических свойств фотонных кристаллов и гибридных металлодиэлектрических структур на основе опалов. Создание и исследование фотонно-кристаллических систем относится к числу наиболее актуальных научных проблем оптики и физики твердого тела XXI века. Современные нанотехнологии позволяют получать одномерные, двумерные и трёхмерные наноструктуры с периодически меняющимся показателем преломления, обладающие фотонно-кристаллическими свойствами, которые в настоящее время активно изучаются как теоретиками, так и экспериментаторами, работающими в области физики конденсированного состояния. Примерами таких структур могут служить фотонные кристаллы и гибридные металлодиэлектрические структуры на основе опаловых матриц, закономерности оптических явлений в которых исследованы в работе М.В. Яникова. Гранецентрированная кубическая решетка опалов построена из плотно упакованных сфер субмикронных размеров и может выступать в роли трехмерной дифракционной решетки для видимого света. Благодаря этому опалы рассматривают как фотонные кристаллы, способные управлять потоками электромагнитного излучения. Для расширения функциональных возможностей фотонных кристаллов неоднократно предпринимались попытки дополнить дифракционные резонансы оптическими возбуждениями иной природы, например, плазмонными, экситонными, фононными и т.д. Так в последние годы выделился особый перспективный класс гибридных металлодиэлектрических плазмонно-фотонных кристаллов на основе опалов, перенос света в которых определяется совместно действующими дифракционными и плазмонными резонансными транспортными механизмами.

Таким образом, тема диссертационной работы, безусловно, является **актуальной**.

**Целью данной работы** являлось установление закономерностей оптических явлений фотонных кристаллов и гибридных металлодиэлектрических структур на основе опалов.

Для достижения указанной цели автором был поставлен ряд **задач**, в том числе:

1. Получение на основе опаловых матриц новых нанокпозиционных материалов, обладающих фотонно-кристаллическими свойствами.

2. Расширение арсенала экспериментальных методик, используемых для исследования структуры и оптических свойств фотонных кристаллов на основе опалов.

3. Экспериментальное исследование закономерностей распространения электромагнитного излучения в фотонных и гибридных металлодиэлектрических плазмонно-фотонных кристаллах на основе опалов.

Для решения этих задач использовались такие экспериментальные методы, как атомно-силовая и сканирующая электронная микроскопия, спектроскопия брэгговского отражения с угловым разрешением, спектральная эллипсометрия и другие.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** «Состояние физики фотонных и гибридных плазмонно-фотонных кристаллов» представляет собой литературный обзор, сопровождающийся подробным анализом результатов, изложенных в научных публикациях. Рассмотрены существующие представления о структуре и оптических свойствах фотонных кристаллов, основные методы изготовления трёхмерных фотонных кристаллов. Описаны современное состояние физики плазмонно-фотонных кристаллов, а также решение классической задачи о распространении электромагнитных волн вдоль границы раздела металл-диэлектрик и методы возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов.

**Во второй главе** «Объекты и методы исследования» описаны структурные особенности опалов как фотонных кристаллов, использованные в работе методы приготовления образцов и проведения экспериментальных исследований.

**В третьей главе** «Оптические свойства гетерогенных металлодиэлектрических кристаллов на основе опалов и наноструктур, полученных введением наночастиц в опаловую матрицу» приведены результаты экспериментального исследования оптических свойств образцов исходных опаловых матриц, нанокompозитов типа I / опал, а также гибридных металлодиэлектрических композитов. При этом асимметрия формы полос в спектрах отражения металлодиэлектрических структур Ag / опал интерпретирована как проявление резонанса Фано.

**В заключении** представлены основные результаты диссертационной работы.

**Достоверность и обоснованность** результатов и выводов диссертационного исследования обеспечены его комплексным характером, корректностью использованных экспериментальных методик, сопоставлением с литературными данными по проблеме исследования, опорой на современные физические представления.

**Научная значимость и новизна** диссертационной работы определяется следующим.

1. В диссертации экспериментально показана возможность использования для изучения оптических свойств фотонно-кристаллических структур метода спектральной эллипсометрии, который при больших углах падения света дополняет традиционные методы брэгговской спектроскопии.

2. Автор впервые получил методом электротермомодиффузии новый нанокompозиционный материал Ag / опал с высокой концентрации серебра в образце и возможным образованием металлических дендритов. При этом существенная модификация фотонно-энергетической структуры опала, которая проявляется в виде асимметрии профиля резонансных полос в спектрах отражения нанокompозита Ag / опал, объяснена резонансом Фано.

**Практическая значимость работы** состоит в следующем.

Проведенные автором исследования имеют практическое значение для развития технологии приготовления и экспериментального исследования оптических свойств фотонно-кристаллических структур на основе опалов.

Полученные результаты позволяют, в частности, расширить функциональные возможности фотонных кристаллов за счет дополнительного переноса энергии поверхностными плазмон-поляритонами вдоль границы раздела металл-диэлектрик в многослойных металлodieлектрических структурах. В диссертации продемонстрировано, что метод спектральной эллипсометрии позволяет определять положения фотонных запрещенных зон в опале при больших углах падения света на образец. Это существенно дополняет возможности стандартных методов брэгговской спектроскопии по исследованию оптических свойств фотонных кристаллов в указанном диапазоне углов.

**Замечания** по диссертационной работе М.В. Яникова:

1. В главе 3 диссертационной работы автором высказано предположение о том, что рассеяние электромагнитного излучения в образцах Ag / опал может происходить на неоднородностях в виде тонких металлических дендритов, которые проникают в твердый диэлектрик с серебряного анода при длительном высокотемпературном электролизе. Однако в тексте диссертации не представлены результаты экспериментов, доказывающие образование дендритов при введении серебра в опаловую матрицу при использованных в работе условиях опыта.

2. Следовало бы более четко и конкретно сформулировать второе положение, выносимое на защиту, суть и практическая значимость которого становятся ясными лишь при подробном изучении текста параграфа 2.4 главы 2 диссертации.

3. В диссертации имеются отдельные опечатки на страницах 8, 84, 115, 144, 146, 147 и 157.

Указанные замечания не снижают общей **положительной оценки** диссертационной работы, в которой с применением комплекса современных экспериментальных методов физики конденсированного состояния **получены важные результаты**, характеризующие оптические свойства фотонных кристаллов и гибридных металлodieлектрических структур на основе опалов.

По теме диссертации имеется **27 публикаций**, 5 из них – статьи в журналах, рекомендованных **ВАК РФ**. Промежуточные этапы исследования обсуждались на **17 представительных научных конференциях**.

Работа является **законченным научным трудом**, в котором содержится **решение задач, имеющих существенное значение для развития физики**

**конденсированного состояния.** Представленные в диссертации результаты исследования **достоверны**, выводы и рекомендации **обоснованы**.

Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. **Автореферат** полностью и правильно **отражает содержание диссертации**. Диссертация **соответствует специальности 01.04.07** – физика конденсированного состояния.

В целом диссертационная работа М.В. Яникова является **законченным научным и квалификационным исследованием**. По актуальности, научной новизне, практической значимости и обоснованности выводов диссертация **соответствует** п.9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842). Соискатель – Михаил Владимирович Яников – **заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07** – физика конденсированного состояния.

Доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИ физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена»

/ Рене Алехандро Кастро Арата /

191186, Санкт-Петербург,  
наб. реки Мойки, 48,  
тел. +7-921-7561870  
e-mail: recastro@mail.ru

РГПУ им. А.И. Герцена

подпись Кастро Арата

удостоверяю «14» сентября 2016 г.

Отдел персонала

управления кадров и социальной работы



документовед  
персонала  
Лунева А.В.