

## ОТЗЫВ

Научного руководителя на диссертационную работу Бикбаева Рашида Гельмединовича «Таммовские плазмон-поляритоны в резонансных фотоннокристаллических структурах» представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.05 — оптика и 01.04.07 — физика конденсированного состояния

Среды, периодически структурированные на масштабе длины волны, привлекают к себе внимание на протяжении трех десятилетий. Это связано с возможностью создания на их основе материалов, альтернативных полупроводниковым, носителем информации в которых является фотон, а не электрон. Подобные «оптические полупроводники» получили название «фотонные кристаллы». Привлекательность теории таких сред заключается в том, что описание физических явлений основывается на классических идеях квантовой механики и физики твердого тела. Таким образом может быть проведена аналогия между оптическими свойствами электронных и фотонных кристаллов. Например, оптическим аналогом таммовского электронного состояния является таммовский плазмон-поляритон — состояние, локализованное на границе фотонного кристалла и металлической пленки.

Огромный интерес к подобным локализованным состоянием вызван возможность создания на их основе принципиально нового класса устройств. При этом выбор материала и толщины металлической пленки исчерпывает возможности оптимизации оптических свойств таких структур. Новые возможности появляются, если в качестве материала пленки использовать металл-диэлектрические нанокомпозиты (НК) – искусственно сформированные и особым образом структурированные среды. Нанокомпозит представляет собой диэлектрическую матрицу с равномерно распределенными по ее объему металлическими наночастицами и характеризуется резонансной эффективной диэлектрической проницаемостью. Положение резонанса в видимой области спектра, а также интервал частот, в пределах которого нанокомпозит подобен металлу, определяются эффективной ДП. Она, в свою очередь, зависит от диэлектрических проницаемостей исходных материалов, концентрации, формы, ориентации и размера нановключений. В силу этого, открываются широкие возможности для оптимизации характеристик таммовского плазмон-поляритона, локализованного на границе раздела нанокомпозит фотонный кристалл. Р.Г. Бикбаев приступил к решению этой задачи в 2013 г. В результате, в работе Р.Г. Бикбаева исследован таммовский плазмон-поляритон, локализованный на границе фотонного кристалла и материала с частотной резонансной дисперсией. В качестве такого материала могут выступать металл-диэлектрические нанокомпозиты, пористые и гироидальные плазмонные

пленки. Рассмотрена возможность эффективного управления оптическими свойствами таммовского плазмон-поляритона, посредством варьирования параметров резонансных сред.

Наиболее значимые результаты работы Р.Г. Бикбаева:

- 1) Впервые найден таммовский плазмон-поляритон, локализованный на границе одномерного фотонного кристалла и изотропного нанокompозита с резонансной дисперсией.
- 2) Установлен диссипативный характер формирования таммовского плазмон-поляритона, локализованного на границе фотонного кристалла и нанокompозита с близкой к нулю диэлектрической проницаемостью. Показано, что в подобных структурах одновременно возникает ТПП и формируется состояние, подобное резонаторной моде Фабри-Перо, с локализацией поля внутри слоя НК.
- 3) Исследовано образование симметричных и антисимметричных мод в результате связи таммовских плазмон-поляритонов, локализованных на границе ФК и анизотропного нанокompозита. Показано, что наибольшее расщепление исходной частоты ТПП наблюдается для поляризации поля параллельной длинной оси наносфероида (оптической оси нанокompозита).
- 4) Впервые исследован широкополосный таммовский плазмон-поляритон, локализованный на границе фотонного кристалла и тонкого металлического слоя. Выявлено влияние промежуточного нанокompозитного слоя, образованного вблизи металлической пленки, на спектральные характеристики широкополосного ТПП.
- 5) Впервые при сопряжении ФК с нанокompозитными материалами, такими как пористое и гироидальное серебро, получен таммовский плазмон-поляритон. Показано, что в случае сопряжения ФК с пленкой пористого серебра формируется два ТПП. Установлена высокая чувствительность коэффициентов пропускания и отражения на частотах ТПП к изменению показателя преломления заполняющего поры гироида вещества.

Проведенные в работе исследования расширяют представления о возможности использования резонансных материалов для формирования таммовского плазмон-поляритона и создания на их основе устройств для оптики и оптоэлектроники.

Ключевые результаты диссертационной работы опубликованы в 6 работах в рецензируемых журналах из списка ВАК: «ЖЭТФ», «Optics Communications», «Journal of Optics», «Journal of the Optical Society of America B», «Ученые записки физического факультета Московского университета». Эти работы выполнены в рамках научных проектов РФФИ и госзаданий Министерства Образования.

За время работы Р.Г. Бикбаев проявил себя как исследователь высокой квалификации способный не только решать поставленные задачи с использованием современных методов вычислительной математики и физики, но, что особенно ценно, продемонстрировал умение самостоятельно ставить и решать научные задачи в развитие темы диссертации. Подтверждением его высокой квалификации и самостоятельности является выигранный им в 2018 г. личный грант РФФИ «Мой первый грант».

Считаю, что диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Р.Г. Бикбаев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.05 — оптика и 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Научный руководитель:

Профессор кафедры теоретической физики  
и волновых явлений Сибирского  
федерального университета  
д. ф.-м. н., профессор



/ С.Я. Ветров.

*Ученый секретарь Ученого совета*



*Иванов*

*И.И. Иванов*