

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.228.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.10.2021 г. № 6

О присуждении Авдеевой Анастасии Юрьевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Перестраиваемые оптические моды в наноструктурированных фотонных кристаллах с резонансной дисперсией» по специальностям 1.3.6. Оптика и 1.3.8 Физика конденсированного состояния принята к защите 25 июня 2021 г., протокол № 3 диссертационным советом 24.1.228.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, приказ Минобрнауки № 1514/НК от 25.11.2016 г.

Соискатель Авдеева Анастасия Юрьевна, 29 августа 1986 года рождения, в 2009 году окончила магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ), в 2019 году окончила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре СФУ.

Работает младшим научным сотрудником в лаборатории фотоники молекулярных систем Института физики им. Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении ФИЦ КНЦ СО РАН.

Диссертация выполнена на базовой кафедре фотоники и лазерных технологий СФУ и в лаборатории фотоники молекулярных систем Института физики им. Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении ФИЦ КНЦ СО РАН.

Научный руководитель – д.ф.-м.н. по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния, проф. Ветров Степан Яковлевич, профессор кафедры теоретической физики и волновых явлений СФУ.

Научный руководитель – д.ф.-м.н. по специальности 1.3.6. - Оптика, Тимофеев Иван Владимирович, заведующий лабораторией фотоники молекулярных систем ИФ СО РАН.

Официальные оппоненты: *Шандаров Станислав Михайлович*, д.ф.-м.н. по специальности 1.3.4. - Радиофизика, профессор кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»; *Паршин Анатолий Сергеевич*, д.ф.-м.н. по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния, заведующий кафедрой технической физики ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева» – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук» в своем положительном отзыве, подписанном д.ф.-м.н., проф., главным научным сотрудником СПбАУ РАН им. Ж. И. Алфёрова Калитеевским Михаилом Алексеевичем, указала, что диссертационная работа представляет собой завершенное научное исследование, в котором продемонстрирована актуальность, новизна и перспективность подходов. Выводы и заключения обоснованы и имеют научную и практическую ценность для разработок в области создания новых функциональных материалов.

Соискатель имеет 7 работ по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых журналах. Наиболее значимые публикации: 1) Vetrov S.Ya., Avdeeva A.Yu., Timofeev I.V. Spectral properties of a one-dimensional photonic crystal with a resonant defect nanocomposite layer // J. Exp. Theor. Phys. 2011.

113. 755–761. 2) Avdeeva A.Yu., Vetrov S.Ya., Timofeev I.V. Splitting of a Tamm plasmon polariton at the interface between a metal and a resonant nanocomposite layer conjugated with a photonic crystal // J. Opt. Soc.Am. B 2021. 38. 1792. 3) Vetrov S.Ya., Avdeeva A.Yu., Pyatnov MV. et al Hybrid Tamm-cavity modes in photonic crystal with resonant nanocomposite defect layer // Comput. Opt. 2020. 44. 319–324. 4) Avdeeva A.Yu., Vetrov S.Ya., Bikbaev R.G. et al Chiral optical Tamm States at the Interface between a Dye-Doped cholesteric Liquid Crystal and an Anisotropic Mirror // Materials. 2020. 13. 3255.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные): *Ведущая организация*. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В главе 3 автором показано, что решение дисперсионного уравнения для поверхностных электромагнитных волн, в случае нормального падения света, позволяет определить положение таммовского плазмон-поляритона. Однако, этот метод не был использован в главе 4. **2.** В главе 6 не приводятся определения некоторых использованных величин: $\varepsilon_{\perp}$, $\varepsilon_{\parallel}$, R_x , T_x . **3.** Диссертация содержит три главы, посвященные исследованию структур, включающих в себя нанокomпозитные слои с металлическими включениями сферической формы. При этом размерные эффекты были учтены только в одной главе диссертационной работы. *Д.ф.-м.н., проф. Шандаров С.М. – официальный оппонент*. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Как известно, оптическое таммовское состояние связано с возбуждением плазмонных мод. При этом необходимым условием существования плазмонов у поверхности среды является отрицательное значение действительной части диэлектрической проницаемости, как это имеет место в случае металлических пленок. Описываемая в главе 6 фотонно-кристаллическая структура, содержащая анизотропное зеркало и жидкий кристалл с хиральной добавкой, допированный молекулами красителя, не включает в себя элементов с отрицательной диэлектрической проницаемостью. Таким образом, возникает вопрос о применимости к рассматриваемой структуре термина «оптическое таммовское состояние». **2.** На рис. 15 автором утверждается, что «Распространение электромагнитных волн в ФК

(рис. 1.1) описывается уравнениями Максвелла в системе единиц СИ» и приводятся уравнения (1.1)–(1.4), соответствующие системе единиц измерения СГС. Полагаю, что описание распространения электромагнитных волн в этих двух системах единиц измерений, конечно, является равнозначным, а приведенная выше формулировка является неудачной. Видимо, отнесение системы единиц измерений для уравнений (1.)–(1.4) к СИ является опечаткой? **3.** Имеются отдельные замечания по оформлению текста диссертации. Например, в третьей строке снизу на стр. 35 вместо «оксид циркония» автор употребил термин «оксид цикория». На рисунке 4.1 (стр. 58) использован английский язык, при этом на остальных рисунках, что является несомненным плюсом диссертационной работы, все подписи приведены на русском языке.

Д.ф.-м.н., проф. Паршин А.С. – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Автор не обосновывает выбор методов расчета, используемый в диссертации, и не указывает, использует ли автор собственную реализацию или уже существующие программные пакеты для расчета периодических структур? **2.** В описании модели фотоннокристаллической структуры на странице 48 не указан состав нанокompозита. **3.** Нарушена нумерация рисунков: на страницах 62 и 63 за рисунком 4.4 следует рисунок 4.7.

Д.ф.-м.н., проф. Соловьев В.Г. Отзыв положительный. Замечания: в автореферате встречаются отдельные стилистические неточности и опечатки (например, на стр. 9 обсуждаются «сферические шары», а частота измеряется в электрон-вольтах).

К.ф.-м.н., Баранцев К.А. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Д.ф.-м.н., проф. Каманина Н.В. Отзыв положительный. Замечания: Существенных замечаний нет. В качестве рекомендации следует отметить, что латинские символы в формулах должны быть наклонены, а греческие оставаться прямыми.

К.ф.-м.н., Ветлужский А.Ю. Отзыв положительный. Замечания: **1.** К числу замечаний можно отнести лишь некоторые вопросы, связанные с использованной в автореферате терминологией. Так, термин «расталкивающиеся» резонансы представляется не совсем обычным, и требует, на мой взгляд, окавычивания. **2.** В последней части работы при описании модификации дис-

персионных свойств жидких кристаллов за счет привнесения молекул красителя используется термин допирование. Однако из автореферата не следует, что при введении красителя в кристалл возникают новые химические связи, поэтому использование данного термина требует аргументации. *Д.ф.-м.н., Бугай Н.В.* Отзыв положительный. Замечания: к сожалению, в автореферате присутствуют опечатки в размерностях параметров и мелкие терминологические неточности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен тем, что они являются ведущими как в России, так и в мире специалистами в области фотонных кристаллов и наноматериалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Впервые показано расщепление микрорезонаторной моды в спектре пропускания одномерного фотонного кристалла с дефектным слоем нанокompозита при совмещении резонансной частоты нанокompозита с частотой дефектной моды. Показана существенная зависимость положения частот микрорезонаторных мод в спектре пропускания и отражения от объемной доли наночастиц в композите, поляризации и угла падения излучения.

Установлено расщепление моды таммовского плазмон-поляритона на границе серебряной пленки и металл-диэлектрического нанокompозитного слоя, сопряженного с одномерным фотонным кристаллом.

Получены гибридные таммовские моды, обусловленные связью между микрорезонаторной модой фотонного кристалла с нанокompозитным дефектом и таммовским плазмон-поляритоном, сформированным на границе фотонного кристалла и серебряной плёнки. Показано, что в спектре отражения таммовская и брэгговская компоненты гибридного состояния проявляются в виде квазипересечения резонансов.

Показана возможность управления спектром пропускания одномерного фотонного кристалла, содержащего слои резонансно поглощающего газа, за счет вариации поляризации и угла падения света на слоистую среду.

Впервые исследован эффект расщепления хирального оптического тамбовского состояния, локализованного на границе сохраняющего поляризацию анизотропного зеркала и холестерического жидкого кристалла с красителем.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что оно вносит вклад в понимание оптических эффектов в одномерных фотонно-кристаллических структурах на основе резонансно поглощающих материалов. Созданы алгоритмы для моделирования оптических свойств одномерных наноструктурированных фотонных кристаллов на основе материалов с резонансным характером диэлектрической проницаемости. Проведена оптимизация геометрических и структурных параметров фотонно-кристаллических систем.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что они расширяют возможности управления спектральным положением оптических мод с помощью изменения температурных полей и электрического напряжения. В предложенных фотонно-кристаллических системах можно варьировать поляризацию, угол падения и фокус возбуждающего моду излучения, концентрацию и состав жидких и газообразных компонентов, градиент концентрации, величину показателя преломления, двулучепреломление и ориентацию оптической оси для перестройки спектрального положения оптических мод. Такие системы могут стать основой создания миниатюрных лазеров, узкополосных фильтров и спектральных призм с управляемыми характеристиками. Проведенные в работе исследования открывают возможности для создания оптических датчиков и перестраиваемых фильтров на основе расщепления спектральных полос.

Оценка достоверности результатов исследования выявила корректное применение фундаментальных физических и математических моделей, корректное использованных известных численных методов, а также соответствие результатов моделирования аналитическим расчётам и имеющимся экспериментальным данным.

