

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.075.02 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 22 июня 2018 г. № 3

О присуждении Панкину Павлу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Спектральные и поляризационные свойства наноструктурированных фотонных кристаллов» по специальностям 01.04.05 – оптика и 01.04.07 – физика конденсированного состояния принята к защите 20 апреля 2018 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 003.075.02 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.

Соискатель Панкин Павел Сергеевич 1991 года рождения. В 2014 году окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ), в 2018 году заканчивает подготовку научно-педагогических кадров в аспирантуре СФУ.

Работает научным сотрудником в «Федеральном исследовательском центре «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), отдел молекулярной электроники.

Диссертация выполнена на кафедре фотоники и лазерных технологий СФУ.

Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, профессор Ветров Степан Яковлевич, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», профессор кафедры теоретической физики и волновых явлений. .

Научный руководитель - доктор физ.-мат. наук, Тимофеев Иван Владимиро-

вич, Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, лаборатория когерентной оптики, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты: *Толмачев Владимир Андреевич*, доктор физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, отделение твердотельной электроники. *Ветлужский Александр Юрьевич*, кандидат физ.-мат. наук, доцент, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория радиозондирования природных сред.

*Ведущая организация* – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет», в своем положительном заключении, подписанным доктором физ.-мат. наук, доцентом, профессором кафедры радиофизики и электроники Санниковым Дмитрием Германовичем, отметила, что диссертационная работа представляет собой цельное завершенное научное исследование, выполненное на актуальную тему; полученные в диссертационной работе результаты могут представлять научный и практический интерес для учебных и научно-исследовательских организаций и могут быть использованы при создании тепловых эмиттеров с увеличенной добротностью, сенсоров, фильтров, органических диодов и поглотителей на основе таммовских плазмон-поляритонов.

Соискатель имеет 16 работ, опубликованных в рецензируемых журналах, в том числе 9 работ по теме диссертации. Наиболее значимые публикации: 1) Vyurishev, A.M. Quasiperiodic one-dimensional photonic crystals with adjustable multiple photonic bandgaps / A.M. Vyurishev, P.S. Pankin, S.E. Svyakhovskiy, I.V. Timofeev, S.Ya. Vetrov // Optics Letters. – 2017. – V. 42, N. 18. – P. 3602–3605. 2) Yang, Z.-Y. Narrowband Wavelength Selective Thermal Emitters by Confined Tamm Plasmon Polaritons / Z.-Y. Yang, S. Ishii, T. Yokoyama, T.D. Dao, M.-G. Sun, P.S. Pankin, I.V. Timofeev, T. Nagao, K.-P. Chen // ACS Photonics. – 2017. – V. 4, N. 9. – P. 2212–2219. 3) Pankin, P.S., Tunable hybrid Tamm-microcavity states / P.S. Pankin,

S.Ya. Vetrov, I.V. Timofeev // JOSA B. – 2017. – V. 34, N. 12. – P. 2633–2639. 4)  
Ветров, С.Я., Особенности спектральных свойств одномерного фотонного кристалла с анизотропным дефектным слоем нанокомпозита, имеющего резонансную дисперсию / С.Я. Ветров, П.С. Панкин, И.В. Тимофеев // Квантовая электроника. – 2014. – Т. 44, № 9. – С. 881–884. Объем публикаций – 2,6 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные): *Ведущая организация (УлГУ)*. Отзыв положительный. Замечания: **1.** На стр.33 диссертации (глава 2) написано, что «для проверки метода была изготовлена серия образцов с распределением ПП, определяемым формулой (2.2)». Однако из предыдущего и последующего описания пространственных частот G1 и G2 в (2.2) неясно, как экспериментально осуществить контроль над этими параметрами; **2.** Применение модели Максвелл-Гарнетта (стр.91 и 92, рис.5.16 и рис.5.17 диссертации) не очевидно в случае высокого содержания металлических частиц, когда их объемная доля  $f = 0.4$ ; **3.** Следует оговорить использование сравнительно высоких значений напряжения U (порядка нескольких вольт), использованных для управления нематическим жидким кристаллом (раздел 4.4 диссертации), а также отсутствие учета теплового расширения ЖК, которое может существенно повлиять на конечный результат; *Д.ф.-м.н. Толмачев В.А. – официальный оппонент*. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В автореферате на стр.5 и в диссертации на стр.10 при описании «Методологии и методов исследования» перечислены методы для расчета по различным моделям. Учитывая, что ряд моделей были успешно проверены с помощью эксперимента в виде спектральных и поляризационных исследований, следовало это ввести как важный подход в методологию исследования; **2.** На стр.56 диссертации автор пишет «Резонанс вблизи 3 мкм соответствует краевой mode ФК.». Почему ее не видно, когда ввод возбуждения происходит через ФК? И это не обсуждается в тексте диссертации; **3.** На стр.98: стр. «Из рис.5.20а видно, что ... появляется дополнительная 33 в спектре пропускания.» и на стр.99: «На рис. 5.21а также видна дополнительная 33, соответствующая поглощению в НК на резонансной частоте...». ... Более уместно называть ее полосой плазмонного (или резонансного) поглощения, а не «плазмонной 33» (стр.98). *К.ф.-м.н. Ветлужский А.Ю. – официальный оппонент*. Отзыв положительный. Замечания: **1.** В главе 3

работы рассматриваются условия возбуждения таммовских плазмон-поляритонов.... При этом в заключительной части главы (стр. 56) говорится: «Из рисунков видно, что для схемы возбуждения ТПП через ФК ... не удается подобрать условия критической связи с заданными ПП и толщинами слоев. ... Если сделать оптический контраст слоев и их толщины меньше, то это позволит подобрать их необходимое количество для достижения условий критической связи». На мой взгляд, следовало бы это продемонстрировать в работе на конкретном примере; **2.** В описании к рис. 5.3 (стр. 76): «Из рисунка видно, что при близких значениях МР моды с резонансными частотами НК...». Насколько я могу судить, из рисунка это не видно. *К.ф.-м.н., Остаточников В.А.* Отзыв положительный. Замечания: **1.** в качестве подтверждения теоретической и практической значимости, среди многих достойных результатов, указано разработанное программное обеспечение для моделирования, что не является подтверждением практической значимости. *Д.ф.-м.н. Штыгашев А.А.* Отзыв положительный. Замечание: В качестве замечания отметим использования в главе 3 не совсем корректного термина «добротность таммовского плазмон-поляритона», так как добротность является характеристикой систем. *К.ф.-м.н. Савельев М.В.* Отзыв положительный. Замечания: **1.** При записи выражения (1) автор ограничивается рассмотрением двух гармоник разложения в ряд Фурье, однако не приводит обоснования такого упрощения; **2.** В последней части главы 5 рассматривается нанокомпозит, состоящий из наночастиц золота в прозрачной матрице, хотя в предыдущих параграфах рассматривались серебряные наночастицы. Не приводится обоснование перехода от одного материала частиц к другому. *Д.ф.-м.н. Буриков Н.И.* Отзыв положительный. Замечаний нет. *К.ф.-м.н. Хохлов Н.Е.* Отзыв положительный. Замечаний нет. *К.ф.-м.н. Бугай А.Н.* Отзыв положительный. Замечаний нет.

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.

Совет отмечает, что в ходе выполненных соискателем исследований:

*Предложен метод суперпозиции модуляции показателя преломления для структурирования квазипериодических фотонных кристаллов, позволяющий осу-*

ществлять независимую настройку положения и глубины нескольких запрещенных зон. Метод проверен на основе неупорядоченных дисперсных систем из пористого кремния.

*Найдена оптимальная схема возбуждения таммовского плазмон-поляритона, позволяющая получить резонанс с увеличенной добротностью, в условиях его критической связи с падающим излучением инфракрасного диапазона.*

*Продемонстрирована возможность температурной и электрической настройки спектрального положения гибридных таммовских-микрорезонаторных мод. Показан скачок положения мод в точке фазового перехода из нематического жидкого кристалла в изотропную жидкость.*

*Исследована зависимость положения микрорезонаторных мод в спектре пропускания фотонного кристалла с дефектным слоем нанокомпозита от поляризации и угла падения излучения, формы наночастиц и фактора заполнения.*

*Теоретическая значимость работы обоснована тем, что использованные физические модели предсказывают спектральные и поляризационные свойства различных конфигураций наноструктурированных фотонных кристаллов. Предсказательные возможности модели позволяют оптимизировать параметры наноструктурированного фотонного кристалла для его экспериментальной реализации.*

*Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в том, что описан ряд фотонных устройств со спектральными свойствами, оптимизированными за счет анизотропных и резонансных наноструктурированных материалов. Предложен частотный фильтр на основе квазипериодического фотонного кристалла с заранее заданным положением нескольких запрещенных зон; узкополосный частотный фильтр на основе фотонного кристалла, содержащего жидкий кристалл, перестраиваемый электрическим полем; высокодобротный тепловой эмиттер на основе таммовского плазмон-поляритона.*

*Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что в работе использованы современные аналитические и численные методы моделирования в оптике конденсированных сред. Проведенные расчеты согласуются с основными физическими представлениями и с имеющимися экспериментальными данными в пределах их точности.*

*Личный вклад соискателя* заключается в разработке теоретических и численных подходов, проектировании и оптимизации параметров образцов, планируемых для исследования, анализе и обсуждении результатов экспериментов. Основная часть численных расчётов, а также разработка и тестирование программ, выполнены лично автором. Все представленные в диссертации оригинальные результаты получены автором, либо при его непосредственном участии.

На заседании 22 июня 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Панкину Павлу Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 6 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики», 5 – по специальности 01.04.03 «Радиофизика», 8 – по специальности 01.04.05 «Оптика», 3 – по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 20, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – 2.

Председатель  
диссертационного совета Д 003.075.02  
д.ф.-м.н., академик РАН

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 003.075.02  
д.ф.-м.н., с.н.с.

22.06.2018 г.



Шабанов В.Ф.

Втюрин А.Н.