

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**НЕВСКАЯ ФОТОНИКА-2023**  
**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**  
**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

9-13 октября 2023 г.

**ИТМО**



**НЕВСКАЯ  
ФОТОНИКА**

Санкт-Петербург  
2023

УДК 53.04, 53.08, 53.09, 61, 531.7, 535, 537.87, 538.95, 616, 620.3, 681.7  
ББК 22.34, 28.70, 32.86, 34.58, 53.4

Невская фотоника-2023, Всероссийская научная конференция с международным участием, сборник научных трудов (9-13 октября 2023 г.) / под ред. д.ф.-м.н. Цыпкина А.Н. – СПб.: Университет ИТМО, 2023. – 315 с.

Издание содержит материалы лекций заслуженных ученых и результаты научных работ молодых ученых, доложенные на Всероссийской научной конференции с международным участием "Невская фотоника-2023", проходившей с 9 по 13 октября 2023 г., по тематикам: промышленная фотоника, оптические материалы фотоники, сверхбыстрая фотоника и когерентная оптика, физика наноструктур, лазерная и силовая оптика, оптическая метрология, биофотоника, квантовая оптика и коммуникации, артфотоника.

ISBN 978-5-7577-0698-6

**ИТМО**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург) — национальный исследовательский университет, ведущий вуз России в области информационных, фотонных и биохимических технологий. Альма-матер победителей международных соревнований по программированию: ICPC (единственный в мире семикратный чемпион), Google Code Jam, Facebook Hacker Cup, Яндекс.Алгоритм, Russian Code Cup, Topcoder Open и др. Приоритетные направления: IT и искусственный интеллект, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, трансляционная медицина, Life Sciences, Art&Science, Science Communication. Входит в ТОП-100 по направлению «Автоматизация и управление» Шанхайского предметного рейтинга (ARWU) и занимает 74 место в мире в британском предметном рейтинге QS по компьютерным наукам (Computer Science and Information Systems). Представлен в мировом ТОП-200 по телекоммуникационным технологиям (Telecommunication engineering), а также в ТОП-300 по нанонаукам и нанотехнологиям (Nanoscience & Nanotechnology) ARWU. Входит в ТОП-200 по инженерным наукам (Engineering and Technology), в ТОП-300 по физике и астрономии (Physics & Astronomy), наукам о материалах (Materials Sciences), а также по машиностроению, аэрокосмической и промышленной инженерии (Mechanical, Aeronautical & Manufacturing Engineering) рейтинга QS. Лидер проекта «Приоритет - 2030».

© Университет ИТМО, 2023

© Авторы, 2023

УЯЗВИМОСТИ СИСТЕМ КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН Наседкин Б.А., Исмагилов А.О., Чистяков В.В., Гайдаш А.А., Литвин А.П., Цыпкин А.Н., Козубов А.В., Егоров В.И.....	186
АБСОЛЮТНАЯ ГРАНИЦА УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ АТАКЕ «ТРОЯН HORSE» НА СИСТЕМЫ КРК Сущев И.С., Богданов С.А., Булавкин Д.С., Бугай К.Е., Сидельникова А.С., Дворецкий Д.А. ....	187
ВЛИЯНИЕ ДВУХУРОВНЕВОГО АТОМА НА ДИНАМИКУ ПОЛЯ ВНУТРИ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА Попов Е.Н., Трифанов А.И. ....	188
ЗАКОНЫ ДИСПЕРСИИ ПОЛЯРИТОННОГО ТИПА ДЛЯ ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВЫХ АТОМОВ С НЕЭКВИДИСТАНТНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СПЕКТРОМ ПРИ УЧЕТЕ МНОГОФОТОННЫХ ПЕРЕХОДОВ Коровой О.В., Надькин Л.Ю., Марков Д.А.....	189
УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТАМИ ФОТОНОВ, ИЗЛУЧАЕМЫХ ОДИНОЧНОЙ КВАНТОВОЙ ТОЧКОЙ В ОДНОМЕРНОМ ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ Гарифуллин А.И., Гайнутдинов Р.Х., Хамадеев М.А. ....	190
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРАХ Кузнецов К.А., Фролов А.Д., Коновалов А.М., Ковалева П.М., Китаева Г.Х. ....	191
ОБ ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ В РАВНОВЕСНОЙ КВАНТОВОЙ СИСТЕМЕ Невдах В.В. ....	192
МОДУЛЯЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ КРАЕВЫХ ВОЛН В НЕЛИНЕЙНЫХ ФОТОННЫХ РЕШЁТКАХ Смолина Е.О., Смирнов Л.А., Смирнова Д.А. ....	193
ДИССИПАТИВНАЯ ДИНАМИКА ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОМОДОВОГО СВЕТА ПРИ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ Матвеева М.В., Табиева А.В., Тушавин Г.В., Трифанов А.И. ....	194
<b>АРТФОТОНИКА.....</b>	<b>195</b>
КОМБИНИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ОЧИСТКИ СЛОЖНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ЖИВОПИСИ Васильева А.В., Карева А.К., Кафарова О.Б., Старостина И.В., Парфенов В.А. ....	196
ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДНЕВЕКОВЫХ СЕРЕБРЯНЫХ МОНЕТ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНО-ИСКРОВОЙ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ Леонидова А.А., Прокуратов Д.С., Асеев В.А., Горлов К.В.....	197
ЛАЗЕРНЫЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ ПОЛНОЦВЕТНЫХ РИСУНКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ: ОТ ЦВЕТНОЙ МАРКИРОВКИ ДО “РУКОТВОРНОЙ” ЖИВОПИСИ Вейко В.П., Морозова А.А., Наволоцкая К.С., Одинцова Г.В.....	198
АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЙ ГОЛОГРАФИИ Петров Н.В., Рабош Е.В.....	199
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАБОТЫ С ПЛОТНЫМИ ВОКСЕЛЬНЫМИ ДАННЫМИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЖИВОПИСИ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ Пинаев З.А., Волынский М.А.....	200
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗУРИТА МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ Андреев И.И., Сирро С.В., Асеев В.А.....	201

УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТАМИ ФОТОНОВ, ИЗЛУЧАЕМЫХ ОДИНОЧНОЙ  
КВАНТОВОЙ ТОЧКОЙ В ОДНОМЕРНОМ ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ

Гарифуллин А.И.<sup>1,2</sup>, Гайнутдинов Р.Х.<sup>1,3</sup>, Хамадеев М.А.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Институт физики, Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанский квантовый центр, Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева - КАИ, Казань, Россия

<sup>3</sup>Институт прикладных исследований, Академия наук Республики Татарстан, Казань, Россия

В данной работе на основе квантово-электродинамического эффекта изменения электромагнитной массы электрона показана возможность управления частотами фотонов, излучаемых одиночной квантовой точкой в одномерном фотонном кристалле.

Ключевые слова: фотонные кристаллы, квантовые точки, квантовая электродинамика.

Фотонные структуры на основе квантовых точек (КТ) являются перспективной системой для создания однофотонных источников и детекторов [1], устройств нанопотоники и наноплазмоники, фотовольтаики и пр. [2]. Данные приложения основаны на уникальных оптических свойствах КТ, таких как высокая фотостабильность, широкий спектр поглощения и узкая линия излучения, высокий квантовый выход и перестраиваемая длина волны люминесценции [3].

В последнее десятилетие большое внимание привлекают КТ, помещенные в среду фотонного кристалла (ФК) [4]. ФК, состоящие из периодического массива оптических резонаторов, значительным образом модифицируют плотность фотонных состояний. Эта модификация приводит к усиленному взаимодействию квантовых излучателей с электромагнитным полем. Данные системы перспективны для создания фотонных кубитов и микролазеров [5], однофотонных источников с управляемой частотой фотонов [6], для наблюдения и исследования фундаментальных квантово-электродинамических (КЭД) эффектов. Преимуществом системы КТ в ФК является достаточно малый модовый объем и возможность интеграции с оптическими волноводами и электроникой на чипе [4].

В работе [7] было показано, что модификация электромагнитного поля в фотонно-кристаллической структуре приводит к существенному изменению взаимодействия атомарного электрона, помещенного в вакуумную полость, с собственным полем излучения. В связи с этим, возникает поправка к собственной энергии заряженной частицы, приводящая к сдвигам уровней энергии атома и значительному изменению его энергии ионизации [8]. Будучи анизотропной по отношению к направлению импульса электрона, данная поправка зависит от состояния заряженной частицы и на несколько порядков больше лэмбовского сдвига в вакууме [8, 9].

В данной работе показана возможность управления спектром излучения одиночной КТ InAs, помещенной на поверхность одномерного ФК. ФК состоит из периодического массива вакуумных полостей в GaAs. Мы рассмотрели три механизма управления спектром излучения одиночной КТ в ФК: модификация электромагнитной массы электрона в среде ФК [7], инжекция свободных носителей заряда и квадратичный электрооптический эффект Керра [10]. Настройка показателя преломления слоев GaAs осуществлялась последними двумя механизмами.

Исследование выполнено за счет субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету по государственному заданию в сфере научной деятельности (Проект: Вакансии 20-124, 021110124) и за счет средств программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Казанского федерального университета при Правительстве Российской Федерации.

- [1] Krasheninnikov A.V., Openov L.A., *JETP Lett.*, **64**, 231-236, (1996).
- [2] Hosokawa H., Tamaki R., Sawada T., et al., *Nat. Commun.*, **10**, 1-8, (2019).
- [3] Eremchev I.Y., Eremchev M.Y., Naumov A.V., *Phys.-Uspekhi*, **62**, 294-303, (2018).
- [4] Faraon A., Majumdar A., Englund D., et al., *New J. Phys.*, **13**, 055025(1-13), (2011).
- [5] Yu Y., Xue W., Semenova E., et al., *Nat. Photonics*, **11**, 81-84, (2017).
- [6] Chuprina I.N., Kalachev A.A., *Phys. Rev. A*, **100**, 043843(1-7), (2019).
- [7] Gainutdinov R.Kh., Khamadeev M.A., Salakhov M.Kh., *Phys. Rev. A*, **85**, 053836(1-7), (2012).
- [8] Gainutdinov R.Kh., Garifullin A.I., Khamadeev M.A., Salakhov M.Kh., *Phys. Lett. A*, **404**, 127407 (1-7), (2021).
- [9] Gainutdinov R.Kh., Garifullin A.I., Khamadeev M.A., *B. Lebedev Phys. Inst+*, **46**, 115-117, (2019).
- [10] Mondia J.P., Tan H.W., Linden S., et al., *JOSA B*, **22**, 2480-2486, (2005).