

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.1.044.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ РАН ПРИ УЧАСТИИ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.10.2021г. № 6

О присуждении Доронину Илье Владимировичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Формирование когерентного излучения многоатомными системами» по специальности 1.3.13 – электрофизика, электрофизические установки; принята к защите 19.08.2021г., (протокол заседания № 5) диссертационным советом 99.1.044.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики РАН при участии Объединенного института высоких температур РАН (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, (495) 485-9081, itae.ru), утвержденным Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 411/нк от 10.05.2017г.

Соискатель Доронин Илья Владимирович 1995 года рождения, в 2013 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

В настоящее время он является аспирантом Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»).

Диссертация выполнена на кафедре электродинамики сложных систем и нанофотоники физтех-школы фундаментальной и прикладной физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (национального исследовательского университета)»).

Научный руководитель кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт им. Н.Л. Духова» Зябловский Александр Андреевич.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, руководитель лаборатории гибридной нанофотоники и оптоэлектроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» Макаров Сергей Владимирович;

- кандидат физико-математических наук, доцент физического факультета Федерального государственного бюджетного учреждения «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Свяховский Сергей Евгеньевич

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Институт спектроскопии Российской академии наук в своем положительном заключении, составленном зав. лабораторией спектроскопии наноструктур к.ф.-м.н., профессором Лозовиком Ю.Е. (утвержденном 04.10.2021г. директором д.ф.-м.н. Задковым В.Н.) указала, что научная значимость работы определяется в первую очередь новизной полученных результатов практически по всем направлениям работы. Например, предложена модель описания когерентных свойств активных сред с пренебрежимо малым отражением на границе. Кроме того, предложен

способ возбуждения положительной инверсии населенности в квантовых точках за счет взаимодействия с соседними квантовыми точками, ближние поля которых испытывают сверхосцилляции. Интерес представляет также предсказанный эффект возникновения когерентного излучения при отрицательной инверсии населенности в лазере за счет периодической модуляции мощности накачки.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, а также в организациях, разрабатывающих источники излучения на основе активных сред, в частности, в Институте спектроскопии РАН, Физическом институте имени П.Н. Лебедева РАН, Национальном исследовательском университете ИТМО, Московском физико-техническом институте (национальном исследовательском университете), в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ в рецензируемых научных изданиях:

1. *Zyablovsky A. A., Doronin I. V., Andrianov E. S., Pukhov A. A., Lozovik Y. E., Vinogradov A. P., Lisyansky A. A.* Exceptional Points as Lasing Prethresholds // *Laser & Photonics Reviews*. – 2021. – V. 15, № 3. – P. 2000450.
2. *Doronin I. V., Zyablovsky A. A., Andrianov E. S., Pukhov A. A., Vinogradov A. P.* Lasing without inversion due to parametric instability of the laser near the exceptional point // *Phys. Rev. A*. – 2019. – V. 100, № 2. – P. 021801(R).
3. *Doronin, I. V., Zyablovsky, A. A., Andrianov, E. S.* Strong-coupling-assisted formation of coherent radiation below the lasing threshold // *Opt. Express*. – 2021. – V. 29, № 4. – P. 5624-5634.
4. *Doronin I. V., Andrianov E. S., Zyablovsky A. A., Pukhov A. A., Lozovik Y. E., Vinogradov A. P., Lisyansky A. A.* Second-order coherence properties of amplified spontaneous emission // *Opt. Express*. – 2019. – V. 27, № 8. – P. 10991-11005.
5. *Zyablovsky A. A., Doronin I. V., Andrianov E. S., Pukhov A. A., Lozovik Y. E., Vinogradov A. P., Lisyansky A. A.* Formation of positive feedback and coherent

emission in a cavity-free system // Opt. Express. – 2019. – V. 27, № 24. – P. 35376-35384.

6. *Doronin I., Pukhov A., Andrianov E., Vinogradov A., Lisiansky A.* Inversion of a two-level atom by quantum superoscillations // Optics letters. – 2017. – V. 42, № 21. – P. 4303-4306.

7. *Доронин И. В., Пухов А. А., Виноградов А. П.* Энергетика возбуждения сверхосцилляций, близких к гармоническим // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2017. – Т. 106, № 7. – С. 459-462.

8. *Doronin I. V., Zyablovsky A. A., Andrianov E. S., Pukhov A. A., Lozovik Y. E., Vinogradov A. P.* Universal Lasing Condition // Scientific Reports. – 2021. – V. 11, № 1. – P. 4197.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»** (профессор кафедры теоретической физики д.ф.-м.н., профессор Крайнов В.П.) – отзыв положительный, без замечаний.

2. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук** (старший научный сотрудник лаборатории лазерной спектроскопии к.ф.-м.н. Мелентьев П.Н.) – отзыв положительный, с замечанием:

- отсутствие анализа найденных эффектов при использовании квантовых эмиттеров света с эффективной трёх-уровневой системой энергетических уровней, широко используемых как в лазерной физике, так и создания современных пробников света на основе плазмонных нанолазеров.

3. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН»**

(заместитель директора по научной работе д.ф.-м.н., Бутов О.В.) – отзыв положительный, с замечанием:

- в работе не обсуждается способ экспериментального обнаружения предпорога когерентной генерации, о котором идет речь во второй главе.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., Макаров Сергей Владимирович является ведущим ученым в области физики лазеров, волоконной оптики и спектроскопии.

1. Tripathi A., Kim H.R., Tonkaev P., Lee S.J., Makarov S. V., Kruk S.S., Rybin M.V., Hong-Gyu Park, Kivshar Y. Lasing action from anapole metasurfaces // Nano Letters. – 2021. – V. 21, № 15. – P. 6563-6568;

2. Zograf G.P., Ryabov D., Rutckaia V., Voroshilov P., Tonkaev P., Permyakov D. V., Kivshar Y., Makarov S.V. Stimulated Raman scattering from mie-resonant subwavelength nanoparticles // Nano Letters. – 2020. – V. 20, № 8. – P. 5786-5791;

3. Trofimov P., Pushkarev A.P., Sinev I.S., Fedorov V.V., Bruyere S., Bolshakov A., Mukhin I.S., Makarov, S. V. Perovskite–gallium phosphide platform for reconfigurable visible-light nanophotonic chip // ACS nano. – 2020. – V. 14, № 7. – P. 8126-8134;

- к.ф.-м.н., Свяховский Сергей Евгеньевич является признанным специалистом в области плазмоники и спектроскопии.

1. Vyunishev A.M., Pankin P.S., Svyakhovskiy S.E., Timofeev I.V., Vetrov S.Ya. Quasiperiodic one-dimensional photonic crystals with adjustable multiple photonic bandgaps // Optics Letters. – 2017. – V. 42, № 18. – P. 3602-3605;

2. Строкова Ю.А., Свяховский С.Е., Салецкий А.М. Перенос энергии электронного возбуждения между молекулами красителей, адсорбированных в одномерных фотонных кристаллах // Оптика и спектроскопия. – 2018. – Т. 125, № 8. – С. 200-203;

3. Pavlikov A.V., Forsh P.A., Sviakhovsky S.E., Matsukatova A.N., Forsh E.A., Kazanskii A.G., Kashkarov P.K. Giant enhancement of free charge carrier

concentration in boron-doped amorphous hydrogenated silicon under femtosecond laser crystallization // Applied Physics Letters. – 2018. – V. 113. – P. 203103;

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в области линейной и нелинейной спектроскопии как отдельных молекул и атомов, так и конденсированных сред. А также специализируется в разработке и создании спектральной аппаратуры, лазеров и систем регистрации. В лаборатории спектроскопии наноструктур ведутся интенсивные работы по физике твёрдого тела и физике лазеров.

1. Sokolik A.A., Kotov O.V., Lozovik Y.E. Plasmonic modes at inclined edges of anisotropic two-dimensional materials // Physical Review B. – 2021. – V. 103, № 15. – P. 155402;

2. Laptev V.B., Kompanets V.O., Pigulsky S.V., Makarov A.A., Mishakov G.V., Serebryakov D.V., Sharkov A.V., Chekalin S.V., Ryabov E.A. Vibrational Levels of the ν_1 Mode in $(CF_3)_2C=C=O$ Molecules Excited by Resonant IR Femtosecond Radiation // The Journal of Physical Chemistry A. – 2019. – V. 123, № 4. – P. 771-779;

3. Nechaeva N., Prokopkina T., Makhaeva G., Rudakova E., Boltneva N., Dishovsky C., Eremenko A., Kurochkin I. Quantitative butyrylcholinesterase activity detection by surface-enhanced Raman spectroscopy // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2018. – V. 259. – P. 75-82;

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Показано, что в активной среде явление затягивания частот электромагнитных мод наблюдается при накачках ниже пороговой. С ростом накачки это явление приводит к возникновению исключительной точки (exceptional point) в пространстве параметров среды и к образованию

локализованной в активной среде моды, которая является коллективным состоянием электромагнитного поля и поляризации атомов;

– выведено условие формирования когерентного излучения в системе без резонатора, которое предсказывает генерацию в активных средах, имеющих пренебрежимо малое отражение на границах;

– теоретически предсказано появление когерентной генерации в лазере при отрицательной инверсии активной среды за счёт периодической модуляции мощности накачки;

– Показано, что низкочастотные двухуровневые системы могут возбудить высокочастотную двухуровневую систему вследствие явления сверхосцилляций.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– впервые предсказано возникновение исключительной точки в пространстве параметров системы, в которой отсутствуют выделенные моды;

– теоретически описано возникновение когерентной генерации в активной среде с пренебрежимо малым отражением на границе;

– показана возможность генерации когерентного излучения при отрицательной инверсии активной среды.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что:

– полученное условие формирования когерентности излучения в активных системах, позволяет оценить порог генерации в системе без трудоемких расчетов;

– предложенный способ получения когерентной генерации при отрицательной инверсии позволит создать источники когерентного излучения нового типа, работающие при меньшей мощности накачки, чем классические лазеры;

– предсказанный эффект возбуждения двухуровневых систем с высокой частотой перехода за счет сверхосцилляций ближних полей может быть

использован для создания инверсии в квантовых точках, лежащих в основе квантовых компьютеров.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, а также в организациях, разрабатывающих источники излучения на основе активных сред, в частности, в Институте спектроскопии РАН, Физическом институте имени П.Н. Лебедева РАН, Национальном исследовательском университете ИТМО, Московском физико-техническом институте (национальном исследовательском университете), в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных результатов подтверждается численным моделированием с использованием проверенных ранее методик, анализом погрешностей измерений, согласием результатов, полученных аналитически, с результатами численного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы. Постановка задачи, численное моделирование и получение аналитических результатов проходили при определяющем участии автора. Автор принимал активное участие в анализе и интерпретации полученных результатов.

Апробация результатов исследования проводилась на 11 российских и международных конференциях и симпозиумах. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Доронин Илья Владимирович ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы от членов совета, а также на замечания, поступившие на автореферат и ведущей организации, и привел собственную аргументацию по ним.

На заседании от 27.10.2021г. диссертационный совет принял решение

присудить Доронину Илье Владимировичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.13 – электрофизика, электрофизические установки.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 15 человек (из них - очно: 12 докторов наук, дистанционно: 3 докторов наук) по специальности 1.3.13 – электрофизика, электрофизические установки, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета 99.1.044.02
д.ф.-м.н., доцент


Гавриков А.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета 99.1.044.02
д.ф.-м.н.


Дорофеев А.В.

27.10.2021г.