

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.138.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПРИ УЧАСТИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.10.2019г. № 4

О присуждении Шишкову Владиславу Юрьевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Квантовые свойства электромагнитных полей наноразмерных плазмонных систем» по специальности 01.04.13 – Электрофизика, электрофизические установки принята к защите 21.08.2019г., (протокол заседания № 2) диссертационным советом Д 999.138.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики при участии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, <http://www.itae.ru/>, +7 (495) 484-23-83), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.05.2017г. № 411/нк.

Соискатель Шишков Владислав Юрьевич 1993года рождения, в 2016 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

В настоящее время является аспирантом Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (с 01.09.2016 по 31.08.2020).

Диссертация выполнена на кафедре электродинамики сложных систем и нанофотоники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель доктор физико-математических наук, профессор Пухов Александр Александрович, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор РАН, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук Поддубный Александр Никитич;

- кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научный центр волоконной оптики Российской академии наук Прямиков Андрей Дмитриевич

дали положительные отзывы на диссертацию.

Отзыв ведущей организации, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт спектроскопии Российской академии наук (г. Троицк, г. Москва), составлен заведующим лабораторией спектроскопии наноструктур, к.ф.-м.н. Лозовиком Ю.Е. Подпись к.ф.-м.н. Лозовика Ю.Е. заверена учёным секретарём ФГБУН ИСАН к.ф.-м.н. Перминовым Е.Б. Отзыв заслушан и одобрен на заседании лаборатории спектроскопии наноструктур Института спектроскопии РАН. Протокол №14 от 2 сентября 2019 г. Отзыв утверждён на Учёном Совете ИСАН, протокол №8 от 9

сентября 2019 г. Отзыв утверждён 10.09.2019 г. директором академиком Задковым В.Н. Ведущая организация, ФГБУН ИСАН, в своем положительном заключении, указала, что в диссертационной работе содержится ряд новых результатов, а именно:

1. Впервые предложена каноническая схема вторичного квантования плазмонов, локализованных на субволновом кластере резонансных диполей.

2. Предложен способ нахождения всех стационарных состояний открытой квантовой системы, который не требует знания интегралов движения.

3. Показано, что в низкодобротных плазмонных лазерах с распределённой обратной связью возможно понижение порога генерации при увеличении потерь в лазере.

4. Предложен новый метод усиления сигнала комбинационного рассеяния, не связанный с увеличением локальных полей. Предложенный метод предполагает использование дополнительного когерентного инфракрасного источника света, воздействие которого на молекулу приводит к параметрическому возбуждению колебаний ядер молекулы. При этом параметрическая раскачка колебаний ядер молекулы сопровождается усилением рамановского сигнала. Наиболее эффективно усиление интенсивности рамановского сигнала происходит, когда удвоенная частота инфракрасного источника совпадает с собственной частотой колебаний ядер молекулы.

Результаты работы могут быть рекомендованы для использования в следующих организациях: ФГБУН ИТПЭ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, ФГБУН ФИАН им. Лебедева, ФГБУН ИСАН и других институтах РАН и Министерства образования и науки РФ.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертации в реферируемых журналах из списка ВАК:

1. *Shishkov V.Yu., Zyablovsky A.A., Andrianov E.S., Pukhov A.A., Vinogradov A.P., Dorofeenko A.V. and Lisyansky A.A.* Lowering the lasing threshold of

distributed feedback lasers with loss // *Physical Review B*. – 2015. – V.92, № 24. – P. 245420.

2. *Zyablovsky A.A., Shishkov V.Yu., Andrianov E.S., Vinogradov A.P., Pukhov A.A., Dorofeenko A.V. and Lisyansky A.A.* Theory of the surface plasmon distributed feedback laser // In 2015 9th International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics (METAMATERIALS) IEEE. – 2015. – P. 337-339.

3. *В.Ю. Шишков, А.А. Зябловский, Е.С. Андрианов, А.А. Пухов, А.П. Виноградов, А.В. Дорофеенко, С.А. Никитов, А.А. Лисянский* Широкоапертурные планарные лазеры // *Радиотехника и электроника*. – 2016. – Т. 61, № 6. – С. 509-533.

4. *Shishkov V.Yu., Andrianov E.S., Pukhov A.A. and Vinogradov A.P.* Hermitian description of localized plasmons in dispersive dissipative subwavelength spherical nanostructures // *Physical Review B*. – 2016. – V. 94, № 23. – P. 235443.

5. *Shishkov V.Yu., Andrianov E.S., Pukhov A.A., Vinogradov A.P. and Lisyansky A.A.* Zeroth law of thermodynamics for thermalized open quantum systems having constants of motion // *Physical Review E*. – 2018. – V. 98, № 2 – P. 022132.

6. *В.Ю. Шишков, Е.С. Андрианов, А.А. Пухов, А.П. Виноградов, А.А. Лисянский* Релаксация взаимодействующих открытых квантовых систем // *Успехи Физических Наук*. – 2019. – Т. 189, № 5. – С. 544-558.

7. *Shishkov V.Yu., Andrianov E.S., Pukhov A.A., Vinogradov A.P. and Lisyansky A.A.* Enhancement of the Raman Effect by Infrared Pumping // *Physical Review Letters*. – 2019. – V. 122, № 15. – P. 153905.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук** (главный научный сотрудник, д.ф.-м.н. Манько В.И.) – отзыв положительный, без замечаний.

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

3. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук** (ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н. Дорофеев А.В.) – отзыв положительный, без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

- д.ф.-м.н., профессор Поддубный А.Н. является ведущим ученым в области квантовой оптики и физики твёрдого тела. Публикации оппонента близки по тематике к тематике диссертации:

1. Zhang L., Xie W., Wang J., Poddubny A., Lu J., Wang Y., Gu J., Liu W., Xu D., Shen X. Rubo Y.G. Weak lasing in one-dimensional polariton superlattices // Proceedings of the National Academy of Sciences, Volume 112, Issue 13, p. E1516, 2015;

2. Krasnok A.E., Slobozhanyuk A.P., Simovski C.R., Tretyakov S.A., Poddubny A.N., Miroshnichenko A.E., Kivshar Y.S., Belov P.A. An antenna model for the Purcell effect // Scientific reports, Volume 5, p. 12956, 2015;

3. Poddubny A.N., Iorsh I.V., Sukhorukov A.A. Generation of photon-plasmon quantum states in nonlinear hyperbolic metamaterials // Physical Review Letters Volume 117, Issue 12, p. 123901, 2016;

4. Saravi S., Poddubny A.N., Pertsch T., Setzpfandt F., Sukhorukov A.A. Atom-mediated spontaneous parametric down-conversion in periodic waveguides // Optics letters Volume 42, Issue 22, p. 4734, 2017;

- к.ф.-м.н., Пряников Андрей Дмитриевич является признанным специалистом в области физики лазеров и волоконной оптики. Публикации оппонента близки по тематике к тематике диссертации:

1. Gladyshev A.V., Kosolapov A.F., Khudyakov M.M., Yatsenko Y.P., Kolyadin A.N., Krylov A.A., Pryamikov A.D., Biriukov A.S., Likhachev M.E., Bufetov I.A., Dianov E.M. 4.4- μm Raman laser based on hollow-core silica fibre. // *Quantum Electronics*, Volume 47, Issue 5, p. 491, 2017;
2. Gladyshev A.V., Kosolapov A.F., Kolyadin A.N., Astapovich M.S., Pryamikov A.D., Likhachev M.E., Bufetov I.A. Mid-IR hollow-core silica fibre Raman lasers. // *Quantum Electronics*, Volume 47, Issue 12, p. 1078, 2017;
3. Pryamikov A.D., Alagashev G.K., Kosolapov A.F., Biriukov A.S. Impact of core-cladding boundary shape on the waveguide properties of hollow core microstructured fibers // *Laser Physics*, Volume 26, Issue 12, p. 125104, 2016;

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в области линейной и нелинейной спектроскопии атомов, молекул и конденсированных сред. А также специализируется в разработке и создании спектральной аппаратуры, аналитических приборов, лазеров и систем регистрации. В лаборатории спектроскопии наноструктур ведутся интенсивные работы по физике твёрдого тела и лазерам. Основные публикации сотрудников ИСАН по тематике, близкой к тематике диссертации:

1. Svyakhovskiy S.E., Maydykovskiy A.I., Novikov V.B., Kompanets V.O., Skorynin A.A., Bushuev V.A., Chekalin S.V., Murzina T.V., Mantsyzov B.I. Dynamical Bragg Diffraction in the Laue Geometry in 1D Porous Silicon-Based Photonic Crystals. // *Journal of Russian Laser Research*, Volume 36, Issue 6, p. 588, 2015;
2. Konopsky V.N., Alieva E.V., Alyatkin S.Y., Melnikov A.A., Chekalin S.V., Agranovich V.M. Phase-matched third-harmonic generation via doubly resonant optical surface modes in 1D photonic crystals // *Light: Science & Applications*, Volume 5, Issue 11, p. 16168, 2016;
3. Pikalov, A.M., Dorofeenko, A.V., Granovsky, A.B. and Lozovik, Y.E.

Plasmons in Chains of Spherical Nanoparticles with the Account of All Pairwise Interactions // Journal of Communications Technology and Electronics, Volume 63, Issue 3, p. 189, 2018.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– предложена каноническая схема вторичного квантования плазмона, локализованного на субволновом кластере резонансных диполей;

– предложен прямой способ нахождения инвариантных подпространств открытых квантовых систем. Показано, что знание этих инвариантных подсистем позволяют найти все интегралы движения системы;

– показано, что в низкодобротных плазмонных лазерах с распределённой обратной связью возможно понижение порога генерации при увеличении потерь в лазере;

– предложен новый метод усиления сигнала комбинационного рассеяния с помощью инфракрасного источника света.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– предложенная процедура квантования показывает, что для квантования плазмонов одновременно с квантованием электромагнитного поля необходимо производить квантование элементарных возбуждений среды. Также с фундаментальной точки зрения важным результатом является вычисленная при каноническом квантовании величина ближнего электрического поля плазмона;

– показано, что взаимодействие между открытыми квантовыми подсистемами может приводить как к дополнительным каналам релаксации, так и, наоборот, к накачке. Показано, что игнорирование этих процессов в расчётах динамики открытых составных квантовых систем может приводить к нарушению начал термодинамики и к неправильному предсказанию динамики системы.

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

– с практической точки зрения представленная теория квантования локализованных плазмонов может быть полезна для плазмонных лазеров и плазмонных наноантенн, поскольку напряжённость ближнего электрического поля, создаваемого одним плазмоном определяет величину энергии взаимодействия поля плазмона с окружающими его молекулами;

– достижение, а также сохранение желаемых состояний составных открытых квантовых систем является сложной проблемой, поскольку эволюция таких систем ограничена законами термодинамики. В свете этого представленный в главе метод определения стационарных состояний открытых составных квантовых систем имеет прикладное значение;

– предложенный метод усиления интенсивности рамановского сигнала при освещении молекул инфракрасным источником, частота которого равна половине собственной частоты колебаний ядер молекул, имеет потенциальные прикладные перспективы, поскольку обладает некоторыми преимуществами по сравнению с когерентной антистоксовской рамановской спектроскопией;

Исследования, проделанные В.Ю. Шишковым, и их результаты представляют значительный как практический, так и теоретический интерес. Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования в следующих организациях: НИТУ МИСиС, ИТМО, ФИАН, ИСАН, МГУ.

Оценка достоверности результатов выявила:

– расчетно-теоретические исследования построены общепризнанных законах квантовой механики, электродинамики и оптики. Полученные результаты не противоречат опубликованным экспериментальным данным по теме диссертации;

– результаты работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы. Все изложенные в диссертации оригинальные результаты получены лично автором, либо при

его непосредственном участии. Автор принимал непосредственное участие в выборе объектов исследования, постановке задач, разработке теоретических подходов, численном моделировании и обсуждении полученных результатов.

Апробация результатов исследования проводилась на 16 российских и международных конференциях. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 30.10.2019г. диссертационный совет принял решение присудить Шишкову Владиславу Юрьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.13.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 17 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.13 – электрофизика и электрофизические установки, из 20 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 999.138.02

д.ф.-м.н.

Амиров Р.Х.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 999.138.02

к.ф.-м.н.



Кугель К.И.

30.10.2019 г.