

Председателю совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук 99.1.044.02, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук при участии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединённого института высоких температур Российской академии наук д.ф.-м.н., профессору, академику РАН Лагарькову А.Н.

Заявление

Я, д.ф.-м.н. Макаров Сергей Владимирович, являюсь главным научным сотрудником физического факультета Национального исследовательского университета ИТМО (Кронверкский проспект, 49А, Санкт-Петербург, 197101).

Согласен быть официальным оппонентом по защите диссертации Доронина Ильи Владимировича на тему: «Формирование когерентного излучения многоатомными системами» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.13 – электрофизика, электрофизические установки.

04.10.2021

Д. ф.-м.н. Макаров С.В.



Сведения

об официальном оппоненте

Фамилия, имя, отчество	Макаров Сергей Владимирович
Гражданство	РФ
Учёная степень	Доктор физико-математических наук
Отрасль науки	Физико-математические науки
Специальность	01.04.05
Учёное звание	-
Должность	Главный научный сотрудник
Место работы	Национальный исследовательский университет ИТМО
Организационно-правовая форма	федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Адрес электронной почты	s.makarov@metalab.ifmo.ru
Телефон	+7(911)760-96-35

СПИСОК

опубликованных работ в рецензируемых научных изданиях

официального оппонента по защите диссертации Доронина Ильи Владимировича

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему

«Формирование когерентного излучения многоатомными системами»

по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки

№	Название публикации	Тип	Соавторы	Выходные данные	Перечень ВАК
1	Lasing action from Anapole Metasurfaces	Научная статья	Tripathi, A., Kim, H. R., Tonkaev, P., Lee, S.J., Makarov, S.V., Kruk, S.S., Rybin, M.V., Hong-Gyu Park, & Kivshar, Y.	Nano Letters, 2021 Doi: 10.1021/acs.nanolett.1c01857	Да
2	Stimulated Raman scattering from mie-resonant subwavelength nanoparticles		Zograf, G. P., Ryabov, D., Rutckaia V., Voroshilov, P., Permyakov, D.V., Kivshar, Y. & Makarov, S.V.	Nano Letters, 20(8), 5786-5791, 2020.	Да
3	Perovskite-gallium phosphide platform for reconfigurable visible-light nanophotonic chip		Trofimov, P., Pushkarev, A.P., Sinev, I.S., Fedorov, V.V., Bruyere, S., Bolshakov, A., Ivan	ACS Nano, 14(7), 8126-8134, 2020.	Да

			S. Mukhin & Makarov, S. V.		
4	Room-temperature lasing from Mie-resonant nonplasmonic nanoparticles.		Tiguntseva, E., Koshlev, K., Furasova, A., Tonkaev, P., Mikhailovskii, V., Ushakova, E. V., Denis G. Baranov, Timur Shegai, Anvar A. Zakhidov, Yuri Kivshar & Makarov, S. V.	ACS nano, 14(7), 8149-8156, 2020.	Да
5	Single-Step Microfluidic Synthesis of Halide Perovskite Nanolasers in Suspension.		Koryakina, I. G., Naumochkin, M., Markina, D. I., Khubezhov, S. A., Pushkarev, A. P., Evstrapov, A. A., Sergey V. Makarov & Zyuzin, M. V.	Chemistry of Materials, 33(8), 2777-2784, 2021.	Да
6	Perovskite nanowire lasers on low-refractive-index conductive substrate for high-Q and low-threshold operation.		Markina, D. I., Pushkarev, A. P., Shishkin, I. I., Komissarenko, F. E., Berestennikov, A. S., Pavluchenko, A. S., Irina P. Smirnova, Lev K. Markov, Mikas Vengris, Anvar A. Zakhidov & Makarov, S. V.	Nanophotonics, 9(12), 3977-3984, 2020.	Да

Официальный оппонент

главный научный сотрудник

Национального исследовательского Университета ИТМО,

д.ф.-м.н.

Макаров С.В.

Макаров

Подпись Макарова С.В.
удостоверено
Менеджер ОТС
Шиник А.А.



ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук

Макарова Сергея Владимировича

на диссертацию И.В. Доронина

«Формирование когерентного излучения многоатомными системами»,

представленную на соискание

ученой степени кандидата физико-математических наук

по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки

Диссертационная работа И.В. Доронина представлена на 120 страницах и содержит 44 рисунка. Работа включает введение, шесть глав основного текста, заключение и список литературы. К работе приложен автореферат на 20 страницах, который достаточно полно отражает основные результаты диссертации.

В работе представлено теоретическое исследование когерентных свойств систем с активными средами. Диссертация включает исследования по следующим направлениям:

- Исследование функций когерентности первого и второго порядков излучения активных сред с пренебрежимо малым отражением на границе
- Исследование роли исключительных точек в распределенных системах с активными средами в формировании когерентных свойств излучения этих систем
- Исследование влияния переменной во времени накачки на характеристики излучения лазера в режиме сильной связи
- Исследование возможности возбуждения квантовой точки с высокой частотой перехода сверхосциллирующими ближними полями возбужденных квантовых точек с низкой частотой перехода

Диссертационная работа соответствует специальности 1.3.13 – «Электрофизика, электрофизические установки».

Актуальность исследования

В последние годы развитие методов оптики сделало возможным использование все более сложных характеристик света. К таким характеристикам относится функция когерентности второго порядка, которая описывает статистические свойства флуктуаций интенсивности излучения. Знание статистических свойств излучения источников могут быть использованы подавления шумов в микроскопии, а также для кодирования и передачи информации в рамках квантовой криптографии. Диссертационная работа посвящена широко обсуждаемым научным проблемам, которые касаются возникновения когерентности излучения в различных системах с активными средами. Также в диссертационной работе представлен метод получения когерентной генерации в лазере при отрицательной инверсии населенности активной среды за счет периодической модуляции накачки.

Структура диссертации

Во введении обсуждаются актуальность, новизна, достоверность и практическая ценность полученных результатов. Обсуждаются цели исследования, положения, выносимые на защиту, и приведены публикации по теме диссертации.

В первой главе представлен обзор литературы, включающий сведения о когерентных свойствах света и их современных приложениях, а также о последних достижениях в использовании систем с исключительными точками.

Во второй главе предложен подход к описанию систем с активными средами с пренебрежимо малым отражением на границе. Сложность описания таких систем обусловлена необходимостью учета большого числа мод электромагнитного поля свободного пространства. При помощи

развитого подхода показывается, что во многих типах систем с активными средами (распределенные и сосредоточенные системы с зеркалами и без зеркал) при определенных значениях инверсии населенности активной среды наблюдается появление нового решения, представляющего из себя гибридную поляризацию атомов и мод электромагнитного поля. Данное решение всегда возникает ниже порога когерентной генерации в тех системах, где когерентная генерация возможна.

В третьей главе рассмотрены вопросы, связанные с возникновением когерентности в активных средах с пренебрежимо малым отражением на границе. Показано, что возникновение когерентности в таких системах обусловлено формированием гибридизованной моды, описанной в предыдущей главе. При возникновении данной моды в системе возникает обратная связь даже в отсутствие отражения от границ активной среды, следовательно, возможна когерентная генерация.

В четвертой главе получено условие на возникновение когерентной генерации в произвольной системе, содержащей активную среду. Показано, что роль резонатора (или иной структуры, в которую помещена активная среда) сводится к увеличению плотности состояния в области расположения активной среды. Показано, что в активной среде, помещенной в субволновой объем в свободном пространстве, может наблюдаться когерентная генерация.

В пятой главе представлен метод достижения когерентной генерации в лазере с сильной связью при отрицательной инверсии населенности активной среды. Когерентная генерация достигается за счет возбуждения параметрической неустойчивости в системе при периодической модуляции мощности накачки. Инверсия населенности при такой модуляции накачки остается отрицательной в любой момент времени. Показано, что излучение лазера при отрицательной инверсии за счет модуляции накачки является когерентным.

В шестой главе рассмотрены приложения сверхосцилляций Ааронова-Берри. Предложена процедура получения сверхосциллирующих функций,

сходных с одночастотными гармониками. Показано, что сверхосциллирующим полем низкочастотных квантовых точек можно возбудить высокочастотную квантовую точку.

Научная новизна и достоверность результатов

Представленная диссертационная работа содержит следующие новые результаты:

1. Показано, что в активной среде при накачках ниже пороговой наблюдается затягивание мод электромагнитного поля на частоту перехода активной среды. С ростом накачки это явление приводит к возникновению исключительной точки (exceptional point) в системе и к образованию коллективного состояния ЭМ поля и поляризации атомов.

2. Показано, что наличие исключительной точки в пространстве параметров системы определяет возможность начала когерентной генерации в системе. Если исключительной точки не существует, то когерентная генерация невозможна.

3. Предсказана когерентная генерация света в активных средах, имеющих пренебрежимо малое отражение на границах. Для режима постоянной накачки выведено условие формирования когерентности излучения в таких системах.

4. Показано, что возбужденные двухуровневые системы с низкой частотой перехода за счет сверхосцилляций ближних полей могут возбудить двухуровневую систему с высокой частотой перехода.

Достоверность результатов диссертации подтверждается их соответствием известным представлениям о характере явлений в исследуемых объектах, совпадением с результатами численных экспериментов, публикациями в рецензируемых научных журналах из списка ВАК и выступлениями на международных и российских конференциях.

Практическая значимость

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

Недостатки диссертации

1. В четвертой главе предсказывается возможность когерентной генерации в активной среде, сосредоточенной в субволновом объеме. При указанных параметрах диполь-дипольное взаимодействие между активными частицами в такой системе может быть велико. Как это взаимодействие скажется на когерентной генерации?

2. В шестой главе не освещен вопрос о возможных приложениях предложенного метода создания инверсии населенности в квантовой точке с высокой частотой перехода.

3. В пятой главе предлагается лазер, излучающий когерентно при отрицательной инверсии населенности, однако не уточняется возможность реализации такого лазера с точки зрения характеристик существующих активных сред и резонаторов.

4. В тексте присутствует ряд неудачных переводов терминов с английского языка. Например, «toy model of laser» переведено как «игрушечная модель лазера», что вызывает двусмысленность. Точнее было бы использовать такие термины, как «упрощенная модель лазера» или аналоги. Также странно звучит фраза «Пустая Вселенная моделируется как большой ящик», которая, видимо, была также неаккуратно переведена с английской фразы, начинающейся как «Free space...», что, очевидно, должно быть переведено как «Свободное пространство...».

Оценка диссертации в целом

В целом, несмотря на указанные выше замечания, диссертационная работа И.В. Доронина производит положительное впечатление. Она является цельным, завершенным исследованием, посвященным актуальной научной проблеме, содержит признаки научной новизны и отвечает принятым критериям достоверности. Автор диссертационной работы И.В. Доронин продемонстрировал способность формулировать и решать широкий круг научных задач, связанных с квантовой оптикой и физикой лазеров. Он владеет аппаратом математической физики, как в области аналитических исследований, так и в области численного моделирования.

Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., ред. 01.10.2018г., а ее автор И.В. Доронин заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.13 – «Электрофизика, электрофизические установки». Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент
главный научный сотрудник
Национального исследовательского
университета ИТМО
д.ф.-м.н.

Подпись
удостоверяю

Менеджер ОП
Шипик В.А.



Макаров С.В.

Данные официального оппонента по диссертации – С.В. Макаров:
Почтовый адрес: 191002, Санкт-Петербург, улица Ломоносова, дом 9
Телефон (рабочий): +79117609635
Электронная почта: s.makarov@metalab.ifmo.ru