

Заключение

диссертационного совета 24.2.331.06, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 05 июня 2024 г. № 3

О присуждении У Мэнюань, гражданке Китайской Народной Республики, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Взаимодействие электромагнитного излучения с суспензиями нано- и субмикронных частиц – фундаментальные и прикладные аспекты» по специальностям 1.3.8. Физика конденсированного состояния и 1.3.6. Оптика принята к защите 03.04.2024 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.331.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г., полномочия которого установлены приказом Минобрнауки России № 561/нк от 03 июня 2021 г. на срок действия номенклатуры научных специальностей.

Соискатель У Мэнюань, 07 февраля 1990 года рождения, в 2019 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский педагогический государственный университет» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (направленность образовательной программы: Физика и технология наноструктур и наноматериалов). В 2023 году У Мэнюань освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по очной форме обучения по направлению 03.06.01 Физика и астрономия по направленности: Физика конденсиро-

ванного состояния. В настоящее время У Мэнюань является соискателем кафедры физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Чернега Николай Владимирович, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, ведущий научный сотрудник оптического отдела Отделения оптики.

Официальные оппоненты:

Маслова Наталья Сергеевна, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», доцент кафедры квантовой электроники физического факультета,

Евтушенко Геннадий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное научное учреждение Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы, главный научный сотрудник дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, исполняющей обязанности заведующего кафедрой оптико-электронных приборов и систем Института перспективных технологий и индустриального программирования РТУ МИРЭА Кобыш А.Н. и утвержденном доктором химических наук, первым проректором РТУ МИРЭА Прокоповым Н.И., указала, что диссертационная работа У Мэнюань, посвященная исследованию процессов взаимодействия лазерного излучения оптического диапазона с гетерогенными системами, таки-

ми как суспензии нано- и субмикронных частиц, является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором на высоком научном уровне, актуальной как для физики конденсированного состояния, так и для оптики, в связи с чем представление диссертации к защите по двум научным специальностям является полностью оправданным.

Ведущая организация отметила, что задачи, рассмотренные в диссертационной работе, имеют как фундаментальную, так и практическую значимость с точки зрения развития физики и технологии материалов. В диссертации У Мэнюань теоретически рассмотрен и подтвержден экспериментом метод управления параметрами лазерного излучения с помощью нелинейно-оптических процессов, происходящих под действием лазерного излучения в суспензиях наноразмерных частиц. Практическая значимость диссертационной работы обусловлена тем, что полученные в ней результаты можно использовать для решения задач, связанных с целенаправленным преобразованием временных, спектральных и пространственных характеристик лазерных импульсов в широком спектральном интервале. Ведущая организация считает, что результаты работы можно применить для создания модуляторов добротности нового типа, обладающих рядом преимуществ по сравнению с пассивными модуляторами на основе красителей (широкий спектральный интервал, низкая стоимость, простота производства, высокая радиационная стойкость).

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, приравненных к журналам Перечня ВАК категории К1, опубликованы 3 работы. Материалы, составляющие основу диссертации, докладывались на международных и всероссийских конференциях. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 3,37 п.л., из которых 2,04 п.л. принадлежат лично соискателю. Требования п.п. 11-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024), предъявляемые к публикации основных научных результатов диссертации, выполняются. Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Stimulated low-frequency Raman scattering of light: An effective way of laser Q-switching / Mengyuan Wu [et al.] // Optics and Laser Technology. 2022.

V. 156. P. 108559 (0,81 п.л./0,65 п.л.). Соискателем лично была реализована пассивная модуляция добротности рубинового лазера с использованием вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света. В качестве устройства модуляции добротности использовались водные суспензии частиц различной природы. У Мэньюань было показано, что длительность импульса может варьироваться от десятков наносекунд до микросекунд за счет изменения характеристик субмикронной системы. Показано преимущество данного метода пассивной модуляции добротности по сравнению с насыщающимся красителем.

2. Forward and backward stimulated Brillouin scattering in aqueous suspension of SiO₂ spherical nanoparticles / Mengyuan Wu [et al.] // Applied Physics Letters. 2020. V. 117, № 14. P. 141101. (0,46 п.л./0,38 п.л.). Соискателем лично было зарегистрировано вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна в водной суспензии наночастиц SiO₂ в направлениях как назад, так и вперед по отношению к накачивающему лазеру.

3. Raman Scattering Enhancement Based on High-Pressure High-Temperature Diamonds / Mengyuan Wu [et al.] // Journal of Russian Laser Research. 2021. V. 42, № 6. P. 671-676 (0,69 п.л./0,34 п.л.). Соискателем лично исследовано усиление комбинационного рассеяния света различных комбинационно-активных веществ при использовании НРНТ (High-Pressure High-Temperature) алмазов. Было определено, что количество вещества на поверхности алмаза, необходимое для измерения спектров комбинационного рассеяния света, на один-три порядка меньше количества, необходимого для измерения спектров исходного вещества в тех же условиях эксперимента, также была исследована зависимость интенсивности комбинационного рассеяния (КР) линии от размера алмазной частицы.

4. Горелик В.С., Wu Mengyuan. Комбинационное рассеяние света в микроструктурированном полистироле // Необратимые процессы в природе и технике: Труды одиннадцатой Всероссийской конференции. Часть II. М., 2021. С. 232-235 (0.25 п.л. / 0.14 п.л.). Соискателем приведены результаты лазерной спектроскопии спонтанного КР микроструктурированного полистирола с использованием в качестве возбуждающей линии тёмно-красного (785 нм) лазерного излучения.

На диссертацию и автореферат диссертации поступили отзывы от: **Ходана Анатолия Николаевича**, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ФГБУН Институт физической химии и электрохи-

мии им. А.Н. Фрумкина РАН; **Савранского Валерия Васильевича**, кандидата физико-математических наук, заведующего лабораторией ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН»; **Чайкова Леонида Леонидовича**, кандидата физико-математических наук, высококвалифицированного ведущего научного сотрудника лаборатории «Комбинационное рассеяние света» ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН; **Кузнецова Сергея Михайловича**, кандидата физико-математических наук, научного сотрудника ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН».

Все отзывы положительные, но имеется ряд замечаний.

Объяснение механизма модуляции добротности на основе вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния (ВНКР) не приведено в тексте автореферата, показано лишь схематическое изображение этого процесса на Рис. 7б. Не указаны экспериментально установленные энергетические пределы эффекта модуляции добротности на основе ВНКР. По этой причине не ясно, будет ли наблюдаться этот эффект для низкоэнергетических систем (Ходан А.Н.). Надо было бы более подробно объяснить, почему ось X на Рисунке 4 указана как «обратный диаметр». Не все параметры возбуждающего лазерного излучения указаны в автореферате, в частности, не указана ширина линии, в то время как этот параметр очень важен при регистрации малых частотных сдвигов рассеянного излучения. В автореферате не приводятся длительность и мощность излучения рубинового лазера (Савранский В.В.). На Рис. 3 частотные сдвиги рассеяния указаны в ГГц, а на Рис. 4 и 5 – в см^{-1} . В изложении Главы 3 используется термин «размер частиц». Следовало бы пояснить, как это сделано для Главы 4, имеется ли в виду радиус или диаметр. В тексте автореферата Рис. 7б поясняется недостаточно подробно (Чайков Л.Л.). В части работы, связанной с исследованием внутрирезонаторного ВНКР, не хватает обсуждения ограничений применения данного метода, связанных с параметрами суспензий. Помимо этого, надписи на рисунках в автореферате приведены на английском языке (Кузнецов С.М.).

В то же время все специалисты, представившие свои отзывы, считают, что указанные замечания не снижают научной ценности проведенных исследований и полученных результатов. В отзывах сделан вывод о том, что диссертация У Мэнюань по объёму представленного материала, актуальности, новизне, достоверности, обоснованности и практической значимости науч-

ных положений и выводов отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.8. Физика конденсированного состояния и 1.3.6. Оптика.

Выбор официальных оппонентов обосновывается профилем их научно-профессиональной деятельности, компетенциями специалистов, наличием публикаций в соответствующих сферах научных исследований, способностью провести полноценную экспертизу диссертации.

Маслова Наталья Сергеевна является специалистом в области физики конденсированного состояния, нелинейной и квантовой оптики. Ее работы посвящены изучению взаимодействия электромагнитного излучения с полупроводниковыми наноструктурами, квантовыми точками, исследованию туннельных процессов. Наиболее значимые научные работы, опубликованные за последние 5 лет, в том числе в данной сфере научных исследований:

1. Effective spin filtering in correlated semiconductor nanostructures / N.S. Maslova [et al.] // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2023. V. 587. P. 171357.

2. Noise induced dynamics of two-qubit entangled Bell's states / N.S. Maslova [et al.] // Journal of Physics and Chemistry of Solids. 2023. V. 183. P. 111638.

3. The symmetry in the model of two coupled Kerr oscillators leads to simultaneous multi-photon transitions / N.S. Maslova [et al.] // Scientific Reports. 2023. V. 13(1). P. 2997.

4. Dynamic electron spin injection in semiconductor nanostructures / N.S. Maslova [et al.] // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2023. V. 565. P. 170303.

Евтушенко Геннадий Сергеевич является компетентным ученым в области оптики, в частности в области физики газового разряда и импульсных лазеров, автор около 300 публикаций, из них 6 монографий, 14 патентов, 7 учебно-методических пособий. Наиболее значимые научные работы, опубликованные им за последние 5 лет, в том числе, в данной сфере научных исследований:

1. 300 kHz metal vapor brightness amplifier / G.S. Evtushenko [et al.] // Optical and Quantum Electronics. 2023. Vol. 55, Iss. 1. 52.

2. Musorov I.S., Torgaev S.N., Evtushenko G.S. A CuBr-based brightness amplifier with a repetition frequency of superradiance/amplification pulses up to 200 kHz // Technical Physics Letters. 2021. Vol. 47, Iss. 17. P. 18-21.

3. Kulagin A.E., Torgaev S.N., Evtushenko G.S. Kinetic modeling of amplifying characteristics of copper vapor active media for a wide range of input radiation power // *Optics Communications*. 2020. Vol. 460. 125136.

4. A High-Frequency Pumping Source for Metal Vapor Active Media / G.S. Evtushenko [et al.] // *Instruments and Experimental Techniques*. 2020. Vol. 63, Iss. 1. P. 62-67.

Выбор ведущей организации обусловлен тем, что ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» известен своими экспериментальными и теоретическими исследованиями свойств конденсированных сред. Выбор подтверждается также научными публикациями, соответствующими теме диссертационного исследования. В штате университета состоят высококвалифицированные специалисты, способные объективно и всесторонне оценить результаты и выводы диссертации.

Наиболее значимые публикации работников ведущей организации:

1. Optical second harmonic generation: role of symmetry and local resonances / I.M. Baranova [et al.] // *Quantum Electronics*. 2022. V. 52(5). P. 407.

2. Optical characteristics of LaNiO₃ thin films in the terahertz–infrared frequency range / V. S. Nozdrin [et al.] // *Journal of Applied Physics*. 2022. V. 131(2).

3. Impact of compressive and tensile epitaxial strain on transport and nonlinear optical properties of magnetoelectric BaTiO₃-(LaCa) MnO₃ tunnel junction / M.S. Ivanov [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2021. V. 54(27). P. 275302.

4. Dielectric contribution of the IR absorption bands of porous organosilicate glass thin films on a platinum sublayer / G.A. Komandin, A.S. Sigov [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2021. V. 54(21). P. 215304.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны теоретические и экспериментальные методы исследований, направленные на управление спектральными, энергетическими, временными и пространственными характеристиками лазерного излучения;

предложен и экспериментально реализован новый способ управления характеристиками лазерного излучения, основанный на внутрирезонаторном вынужденном низкочастотном комбинационном рассеянии света;

доказано влияние фотон-фононных взаимодействий в неоднородных конденсированных средах на характеристики лазерного излучения. Измерены зависимости спектральных, энергетических и временных характеристик лазерного

излучения от морфологии и акустических свойств исследуемых наноматериалов, что чрезвычайно важно для изучения многочастичных нелинейно-оптических процессов в конденсированных средах;

введены новые методы и технологии, основанные на использовании рассеяния света, для преобразования характеристик электромагнитного излучения и управления лазерным излучением, что имеет широкий спектр применений в научных исследованиях, промышленности, медицине и повседневной жизни.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны новые связи и закономерности во взаимодействии электромагнитного излучения с конденсированными средами. При использовании суспензии частиц SiO_2 максимальная энергия импульса в режиме модуляции добротности ВНКР с фокусировкой составила около 0,6 Дж, что в два раза превышало энергию импульса при использовании модулятора на красителе (криптоцианине);

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы современные методы физики конденсированного состояния, лазерной спектроскопии, оптики, экспериментальной физики, что дало возможность получить новые уникальные результаты;

изложены фундаментальные принципы и теоретические основы, описывающие динамические изменения свойств среды в результате воздействия электромагнитного излучения;

раскрыты механизмы взаимодействия фотонов и фононов, что позволяет более полно понять процессы, происходящие при электромагнитном воздействии на нанодисперсные среды;

изучены оптические и оптоакустические процессы в гетерогенных средах с нано- или субмикронной структурой, индуцированные внешним лазерным излучением, что важно для разработки новых материалов и улучшения их функциональных характеристик;

проведена модернизация методов исследования и контроля параметров электромагнитного излучения и его взаимодействия с окружающей средой, что способствует повышению точности и эффективности экспериментальных исследований в данной области.

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

разработаны новые физические принципы и методы, которые могут быть использованы для управления электромагнитным излучением и улучшения его

характеристик;

определены среды и условия получения режима модуляции добротности и синхронизации мод рубинового лазера, что позволяет лучше понять и контролировать этот процесс. Впервые экспериментально продемонстрирована возможность получения синхронизации мод при внутриврезонаторном ВНКР в водных суспензиях наночастиц полистирола и серебра. Показано, что использование суспензий в качестве модуляторов обеспечивает более однородную пространственную структуру импульса;

создана методика для генерации мощных импульсов лазерного излучения различной длины волны. Получена зависимость длительности импульса лазерного излучения при модуляции добротности от природы и размера частиц и от концентрации частиц в суспензии;

представлены результаты исследования, которые могут быть применены для улучшения качества лазерного излучения, включая управление спектральными и временными характеристиками лазерного излучения в широком диапазоне.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены на сертифицированном современном оборудовании, воспроизводимость результатов не вызывает сомнений;

теория построена на известных фундаментальных данных путем корректного использования методов физики конденсированного состояния, оптики, методов экспериментальной физики, математической статистики, а полученные соискателем результаты согласуются с опубликованными данными других авторов;

идеи базируются на обобщении большого количества литературных данных и на анализе результатов, полученных экспериментальными методами;

использовано сравнение полученных в ходе работы результатов с известными теоретическими и экспериментальными результатами;

установлено согласие теоретических и экспериментальных результатов с данными, полученными другими авторами, работающими в аналогичных областях исследований (E. Duval, M. Montagna, D.V. Murray);

использованы современные методы обработки полученных результатов, соответствующие целям и задачам исследований.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах выполнения диссертационной работы: в обсуждении постановки задач, поиске и раз-

работке оптимальных методов решения поставленных задач, сборке и юстировке оптической схемы, наладке системы регистрации, проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации результатов, написании статей, представлении результатов работы на всероссийских и международных конференциях. Постановка задач и анализ полученных результатов проводились совместно с научным руководителем. Основные результаты диссертационного исследования получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не везде хватает теоретического обоснования полученных экспериментальных данных.

Соискатель У Мэнюань ответила на вопросы, задаваемые ей в ходе заседания членами диссертационного совета: д.ф.-м.н. Чекалиным С.В., д.ф.-м.н. Стреловым В.И., д.т.н. Косушкиным В.Г., д.ф.-м.н. Горбуновым А.К., д.ф.-м.н. Золотько А.С., д.т.н. Корнюшиным Ю.П., д.ф.-м.н. Алиевым И.Н., д.ф.-м.н. Степановым В.А., д.т.н. Андреевым В.В.; согласилась в целом с замечаниями, а также привела собственную аргументацию на замечания ведущей организации, официальных оппонентов д.ф.-м.н. Масловой Н.С., д.т.н. Евтушенко Г.С. и на замечания д.ф.-м.н. Ходана А.Н., к.ф.-м.н. Чайкова Л.Л.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертационная работа У Мэнюань «Взаимодействие электромагнитного излучения с суспензиями нано- и субмикронных частиц – фундаментальные и прикладные аспекты» является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой. Она соответствует критериям, установленным п.п. 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., п.п. 2, 4 паспорта научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (отрасль науки – физико-математические) и п.п. 5, 6 паспорта научной специальности 1.3.6. Оптика (физико-математические науки).

На заседании 05 июня 2024 года диссертационный совет принял решение – за решение важной для физики конденсированного состояния и оптики научной задачи – исследования физики процессов, происходящих в неоднородных средах под действием мощного лазерного излучения оптического диапазона, и определения влияния этих процессов на характеристики вторичного излучения, возникающего в этих системах, присудить У Мэнюань ученую степень кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.8. Физика конденсированного состояния и 1.3.6. Оптика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 12 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 3 доктора наук по специальности 1.3.6. Оптика, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, из них дополнительно введены на разовую защиту 3 человека, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета

~~Андреев Владимир~~ Владимир Викторович

Ученый секретарь

диссертационного совета

~~Поскутов Сергей~~ Александрович

Дата оформления заключения 05 июня 2024 года