

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Евтушенко Геннадия Сергеевича

на диссертацию У Мэньюань

«Взаимодействие электромагнитного излучения с суспензиями нано- и субмикронных частиц – фундаментальные и прикладные аспекты»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.8. – Физика конденсированного состояния и 1.3.6. – Оптика

Актуальность темы. Диссертация У Мэньюань посвящена актуальной тематике – целенаправленному преобразованию характеристик когерентного электромагнитного излучения с помощью нелинейных эффектов, возникающих в наноструктурированных средах при их взаимодействии с лазерным излучением. Лазеры широко применяются во всех областях науки и технологии. Оптические и спектральные научные исследования практически невозможны без применения лазерного излучения. В исследовании свойств конденсированных сред лазеры также играют очень важную роль. Это в значительной степени относится и к изучению свойств наноразмерных и субмикронных объектов. Не менее важную роль играют лазеры и в различных отраслях промышленности, в биологии и медицине для диагностики и лечения. Для различных задач, связанных с использованием лазерного излучения, необходимо иметь разные энергетические, пространственные и временные характеристики этого излучения. Большое внимание в последнее время привлекают среды, состоящие из наноразмерных частиц или содержащие такие частицы. Эти среды представляют интерес и как объекты исследования в силу своих необычных свойств, и как материалы, находящие все большее и большее практическое применение в промышленности, строительстве, медицине, фармацевтике и во многих других областях. Наночастицы часто используют в виде водных суспензий различной концентрации. В работе У Мэньюань суспензии наночастиц были использованы для возбуждения в них нелинейно-оптических процессов, с помощью которых можно эффективно управлять параметрами лазерного излучения.

Общая характеристика работы.

Диссертационная работа У Мэньюань состоит из введения, пяти глав, общих выводов, заключения и списка литературы (154 наименования). Общий

объем диссертации составляет 119 страниц, в том числе 40 рисунков и 3 таблицы.

Во **Введении** сформулирована цель работы и поставлены задачи, которые надо решить в соответствии с этой целью, обоснована актуальность работы, показана ее новизна, теоретическая и практическая значимость. Приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** приводится обзор литературы по теме диссертационной работы. Подробно описаны различные виды рассеяния света, возникающие при взаимодействии лазерного излучения с конденсированными средами. Представлены различные способы получения модуляции добротности, позволяющие управлять временными характеристиками лазерного импульса. Описаны работы, связанные с внутрирезонаторным возбуждением рассеяния света.

Во **второй главе** приводится описание образцов, которые использовались в экспериментах. Образцы представляли собой водные суспензии наночастиц различной природы и разного размера. Значительная часть работы посвящена исследованию вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света (ВНКР), частотные сдвиги которого зависят от размера наночастиц, поэтому очень важно было иметь моодисперсные системы частиц, в связи с чем характеристика частиц проводилась тщательно: получены были изображения наночастиц с помощью электронного микроскопа, а распределение частиц по размерам регистрировалось методом динамического рассеяния света. Частицы кремнезема были синтезированы автором работы. Метод синтеза подробно описан в работе.

В **третьей главе** представлены результаты, полученные У Мэньюань при исследовании вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) и ВНКР в водных суспензиях наночастиц кремнезема и полистирола. Впервые было зарегистрировано ВРМБ не только в направлении, противоположном направлению накачки (назад), но и в направлении накачки (вперед). Показано, что причиной этого эффекта является обратная связь, возникающая на тепловой решетке, образованной в среде вследствие поглощения лазерного излучения частицами в суспензии. Тепловое рассеяние, возбуждаемое в этом процессе и направленное противоположно лазерной накачке, является возбуждающим для ВРМБ в воде, которое, в свою очередь, направлено навстречу тепловому рассеянию, а следовательно, попутно с исходным лазерным излучением. Показано, что изменение концентрации суспензии приводит к конкуренции ВРМБ и ВНКР. При более низкой концентрации

наблюдается только ВРМБ в воде, а при увеличении концентрации до критического уровня ВРМБ подавляется и возбуждается ВНКР в наночастицах.

Четвертая глава посвящена исследованию внутрирезонаторного ВНКР. Приводятся схемы возбуждения ВНКР вне резонатора и при расположении образца внутри резонатора. Показано, что эффективность внутрирезонаторного ВНКР выше, чем при расположении образцов вне резонатора. Получена экспериментально зависимость сдвига частоты ВНКР при возбуждении вне и внутри резонатора от размера наночастиц в суспензии, показано, что экспериментальные результаты близки к теоретическим, полученным на основе теории Лэмба.

В **пятой главе** приводятся экспериментальные результаты, демонстрирующие возможность управления временными и пространственными характеристиками лазерного излучения с помощью внутрирезонаторного ВНКР. Зарегистрирована модуляция добротности и получены зависимости длительности импульса от природы наночастиц, от их размера и концентрации суспензии. Показано, что длительность импульса при модуляции добротности увеличивается с увеличением размера наночастиц, что объясняется уменьшением мнимой части частоты собственных колебаний, ответственной за затухание, с увеличением размера частиц. Увеличение концентрации приводит к существенному уменьшению длительности импульса. Реализация режима модуляции добротности при внутрирезонаторном ВНКР позволила автору работы получить импульсы длительностью от десятков наносекунд до микросекунды.

В **разделе 5.4** продемонстрирована возможность реализации режима синхронизации мод (СМ) при внутрирезонаторном ВНКР. Экспериментально режим СМ был получен в суспензиях наночастиц полистирола и серебра. Длительность отдельного пика составила 3 нс.

Научная новизна.

В диссертационной работе У Мэньюань наблюдался ряд новых нелинейных эффектов, возникающих в суспензиях наночастиц при их взаимодействии с лазерным излучением.

Впервые зарегистрировано ВРМБ в направлении, совпадающем с направлением возбуждающего излучения (вперед) и приведено объяснение этого эффекта. Впервые зарегистрировано внутрирезонаторное ВНКР и получена модуляция добротности с его помощью. Впервые реализован режим

синхронизации мод с помощью внутрирезонаторного ВНКР в суспензиях наночастиц.

Теоретическая и практическая значимость работы.

В работе теоретически рассмотрен и экспериментально продемонстрирован метод управления спектральными и временными характеристиками лазерного излучения, основанный на нелинейно-оптических процессах, происходящих под действием лазерного излучения в гетерогенных структурах, представляющих собой водные суспензии наноразмерных и субмикронных частиц. Показана возможность получения импульсов лазерного излучения длительностью от десятков наносекунд до микросекунд в широком спектральном диапазоне с улучшением пространственных характеристик пучка в результате модуляции добротности при внутрирезонаторном ВНКР в суспензиях наночастиц.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием современного оборудования, совпадением экспериментальных результатов с данными аналитических расчётов, а также апробацией работы в научных статьях и докладах на международных и всероссийских конференциях.

Замечания.

1. На Рис.5.4 ось абсцисс названа «Pulse duration» (длительность импульса). В действительности по оси отложено время.
2. В разделе 5.1 приводятся результаты измерения поглощения в суспензиях полистирола, но не написано, как поглощение измерялось.
3. В разделе 4.1 термины «внешнее ВНКР», «внешние спектры ВНКР», обозначающие рассеяние при расположении образцов вне резонатора, следовало бы объяснить в начале раздела или во введении к главе 4.

Данные замечания не являются принципиальными, не снижают научной ценности диссертационной работы и не влияют на её высокую положительную оценку.

Заключение.

Диссертационная работа У Мэньюань «Взаимодействие электромагнитного излучения с суспензиями нано- и субмикронных частиц – фундаментальные и прикладные аспекты» является законченным научным исследованием, выполненным по актуальной тематике на высоком научном уровне. Автореферат и опубликованные автором работы полностью отражают содержание диссертации. Результаты, полученные в работе, являются новыми и представляют большой интерес как для фундаментальных исследований, так и для практических приложений. Диссертационная работа соответствует

паспорту специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния и паспорту специальности 1.3.6. – Оптика. Оформление текста диссертации и автореферата выполнено на высоком уровне и соответствует требованиям ВАК.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно заключить, что диссертация У Мэньюань «Взаимодействие электромагнитного излучения с суспензиями нано- и субмикронных частиц – фундаментальные и прикладные аспекты» полностью отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с п. 9-14 Положения, утвержденного Правительством РФ «О присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024 г.), а ее автор У Мэньюань заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния и по специальности 1.3.6. – Оптика.

Я даю свое согласие на обработку моих персональных данных и на размещение их в свободном доступе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и в единой информационной системе.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор _____ Г.С. Евтушенко
06.05.2024

Сведения:

Евтушенко Геннадий Сергеевич

Доктор технических наук по специальности 01.04.05. – Оптика, профессор. Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ).

Почтовый адрес: 127055, г. Москва, ул. Образцова, дом 12, корп. 2.

e-mail: evt@tpu.ru, evtushenkogs@extech.ru Телефон: +7 (913)822-90-86

Подпись Г.С. Евтушенко заверяю

Ученый секретарь ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ

к.ф.-м.н.

Куручка И.И.