

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н.ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 декабря 2020 г. № 89

О присуждении Би Дунсюэ, гражданке Китайской Народной Республики, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Комбинационное рассеяние света в микро-структурированных средах» по специальности 01.04.05 – «Оптика» принята к защите 20 октября 2020 года, протокол заседания № 86 диссертационного совета Д 002.023.03, созданного 11 апреля 2012 года приказом №105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53.

Соискатель Би Дунсюэ, 1992 года рождения, в 2016 г. окончила Факультет «Фундаментальные науки» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н. Э. Баумана), защитив магистерскую дипломную работу по специальности «Техническая физика». С 22 сентября 2016 года обучалась в аспирантуре МГТУ им. Н. Э. Баумана по направлению «Физика и астрономия» по специальности 01.04.05 – «Оптика» и окончила её 21 сентября 2020 года. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МГТУ им. Н. Э. Баумана в 2020 году. С февраля 2018 года по сентябрь 2020 года Би Дунсюэ работала на кафедре физики МГТУ им. Н. Э. Баумана в должности ассистента и учебного мастера.

Диссертация Би Дунсюэ выполнена на кафедре физики Московского государственного технического университета имени им. Н. Э. Баумана и в лаборатории «Комбинационное рассеяние света» Отделения оптики Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Горелик Владимир Семенович, главный научный сотрудник лаборатории «Комбинационное рассеяние света» ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Авакянц Лев Павлович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;

2. Осадчий Александр Валентинович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории спектроскопии наноматериалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»,

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук», город Москва, в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук Писаревским Юрием Владимировичем, исполняющим обязанности заведующего лабораторией ростовых технологий Института кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, и кандидатом физико-математических наук Набатовым Борисом Викторовичем, старшим научным сотрудником лаборатории кристаллооптики Института кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, и утвержденном кандидатом

физико-математических наук Алексеевой Ольгой Анатольевной, директором ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, указала, что соискатель Би Дунсюэ заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, опубликовано 11 работ. Результаты работы доложены в 8 докладах на российских и международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Би Дунсюэ работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Bi D., Gorelik V. S. Optical properties of ferroelectric photonic structures // *Ferroelectrics*. — 2020. — V. 559. № 1. — P. 36–44.

2. Gorelik V. S., Tcherniega N. V., Schevchenko M. A., Skrabatun A. V., Bi Dongxue, Baranov A. N., Kudryavtseva A. D., Maresev A. N. Stimulated Raman scattering of light in suspension of diamond microparticles in ethanol and in water // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. — 2020. — Vol. 237. — art. no. 118418.

3. Горелик В. С., Савинов С. А., Сычев В. В., Bi D. Вторичное излучение в микроалмазах с NV-центрами // *Кристаллография*. — 2020. — Т. 65, № 6. — С. 939–942.

4. Горелик В. С., Bi Dongxue, Fei Guang Tao, Xu Shao Hui, Gao Xu Dong. Комбинационное рассеяние света в нанокompозитных фотонных кристаллах // *Неорганические материалы*. — 2019. — Т. 55, № 4. — С. 385–394.

5. Горелик В. С., Скрабатун А. В., Би Д. Комбинационное рассеяние света в микрокристаллах алмаза // Кристаллография. — 2019. — Т. 64, № 3. — С. 402–406.

6. Gorelik V. S., Sverbil P. P., Filatov V. V., Bi Dongxue, Fei Guang Tao, Xu Shao Hui. Transmission spectra of one-dimensional porous alumina photonic crystals // Photonics and Nanostructures — Fundamentals and Applications. — 2018. — V. 32, № 24. — P. 6–10.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области оптики и спектроскопии, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации исследованы закономерности спектров спонтанного и вынужденного комбинационного рассеяния в микро-структурированных средах на основе мезопористых фотонных кристаллов и микрочастиц алмазов или сферических наночастиц аморфного кварца близких размеров.

В работе получены следующие результаты.

1. Оптимизирована технология создания композитных фотонных кристаллов на основе опаловых матриц и анодного оксида алюминия при заполнении их пор различными диэлектрическими средами.
2. Установлены количественные закономерности условий усиления интенсивности спонтанного комбинационного рассеяния в микро-структурированных средах, заполненных различными диэлектриками. Показано, что вследствие аномального замедления возбуждающего излучения в фотонном кристалле или диффузного характера траектории фотонов в разупорядоченной среде интенсивность комбинационного рассеяния может возрастать в 10^3 - 10^4 раз.

3. На основе изменения эффективного показателя преломления фотонного кристалла обеспечено подведение спектрального положения края стоп-зон к частоте возбуждающего излучения (785 нм) для аномального замедления его групповой скорости (в 10^4 раз) в фотонном кристалле.
4. Созданы источники направленного бигармонического лазерного излучения с высоким коэффициентом преобразования (до 40%) на основе направленного вперед вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния на сфероидальной моде в суспензиях сферических наночастиц аморфного кварца близких размеров (~ 250 нм) в воде.
5. Обнаружен эффект связывания оптических фононов с большой энергией связи (≈ 20 см $^{-1}$) в микрочастицах алмазов близких размеров в условиях фононного конфайнмента внутри микрорезонаторов.
6. Установлено, что в микрокристаллах алмазов, синтезированных при высоких температурах и высоких давлениях, присутствуют NV 0 и NV $^-$ -центры с большой концентрацией (до 10^{14} см $^{-3}$). Установлены условия для формирования интенсивных пиков фотолуминесценции NV 0 -центров при комнатной температуре.
7. При возбуждении гигантским импульсом рубинового лазера (694,3 нм) суспензии микроалмазов близких размеров (200-300 нм) в этаноле наблюдается вынужденное комбинационное рассеяние с генерацией стоксовых и антистоксовых компонент, что обеспечивает возможность создания лазерной гребёнки частот в широком спектральном диапазоне.

Результаты работы Би Дунсюэ оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность подтверждается согласием результатов расчётов с полученными экспериментальными данными; использованием современных волоконно-оптических установок для регистрации спектров спонтанного и вынужденного комбинационного рассеяния; подтверждением полученных

экспериментальных результатов при анализе большого числа образцов; апробацией материалов диссертации на конференциях и в научных статьях.

Все результаты диссертации получены лично автором либо при его непосредственном участии.

Научная новизна полученных результатов обусловлена созданием новых композитных микро-структурированных сред на основе гетерогенных структур, построенных из микрочастиц алмазов или аморфного кварца близких размеров, между которыми введены различные диэлектрики, и обнаружением резкого возрастания интенсивности спектров КР в диэлектриках при их введении в микро-структурированные среды. Наряду с этим, в работе впервые наблюдалось вынужденное низкочастотное рассеяние света на осцилляциях формы наночастиц алмазов и аморфного кварца близких размеров в жидкости с коэффициентом преобразования до 40%.

Практическая значимость работы связана с тем, что показана возможность создания высокочувствительных сенсоров молекулярных структур на основе анализа спектров КР химических соединений в результате их введения в мезопористые микроструктуры, и созданы источники направленного бигармонического лазерного излучения на основе эффекта вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния в суспензиях наноалмазов или сферических наночастиц аморфного кварца близких размеров в воде или этаноле.

В диссертационной работе решена задача установления условий возрастания интенсивности спонтанного и вынужденного комбинационного рассеяния в различных типах микро-структурированных сред: в мезопористых фотонных кристаллах и фотонных стёклах, поры которых заполнены диэлектриками; в спрессованных смесях алмазных микрочастиц близких размеров с исследуемыми диэлектриками, а также в суспензиях сферических диэлектрических наночастиц в жидкостях.

Результаты исследования могут быть использованы для применений микро-структурированных сред в квантовой электронике и для экспресс-характеризации чрезвычайно малых количеств молекулярных соединений в Федеральном научно-исследовательском центре "Кристаллография и фотоника" Российской академии наук, в Федеральном исследовательском центре «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» и в Институте физики твердого тела Российской академии наук. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

На заседании 21 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Би Дунсюэ ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.05 – Оптика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени - 18,
против присуждения ученой степени - 0,
недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН, д. ф.-м. н.

_____ Колачевский Николай Николаевич

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

_____ Золотко Александр Степанович

21 декабря 2020 г.