

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 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 20 декабря 2021 г. № 13

О присуждении Шевченко Михаилу Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация ««Вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние света в системах наноразмерных и субмикронных частиц» по специальности 1.3.6 – Оптика принята к защите 28 июня 2021 года, (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Шевченко Михаил Александрович, 6 сентября 1987 года рождения, в 2010 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности «Физика конденсированного состояния вещества». С 2010 года обучался в аспирантуре ФИАН по направлению «Физика и астрономия» и закончил её в 2013 году. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана ФИАН в 2013 году. С 2013 года по настоящее время М.А. Шевченко работает в Лаборатории когерентной оптики Оптического отдела Отделения оптики ФИАН. С 2013 г по результатам конкурса зачислен на должность высококвалифицированного

младшего научного сотрудника.

Диссертация М.А. Шевченко выполнена в Лаборатории когерентной оптики Оптического отдела Отделения оптики ФИАН.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Чернега Николай Владимирович, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник Отделения оптики ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Никитин Сергей Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова;
2. Образцова Елена Дмитриевна, кандидат физико-математических наук, заведующая лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ), в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук Кузнецовым Андреем Петровичем, директором Института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ, и доктором физико-математических наук, профессором Кудряшовым Николаем Алексеевичем председателем совета по аттестации и подготовке научно педагогических кадров НИЯУ МИФИ, и утвержденном доктором физико-математических наук Шевченко Владимиром Игоревичем, ректором НИЯУ МИФИ, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 37 опубликованных работ, в том числе по теме

диссертации опубликовано 35 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. Результаты диссертационной работы доложены на 20 российских и международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем М.А. Шевченко работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Shevchenko M. A., Chaikov L. L., and Tcherniega N. V., Coherent Stokes and anti-Stokes high-order components generation by biharmonic pumping via stimulated low-frequency Raman scattering. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Vol. 245, art. No. 118902 (2021).
2. Shevchenko M.A., Karpov M.A., Kudryavtseva A.D., Rosinskii D.V., and Tcherniega N.V., Electromagnetic microwave generation by acoustic vibrations gives rise to nanoradiophotonics, *Scientific Reports*, Vol. 11, art. No. 7682 (2021).
3. Karpova O. V., Arkhipenko M. V., Pershin S. M., Karpov M. A., Kudryavtseva A. D., Mironova T. V., Schevchenko M.A., and Umanskaya S. F., Stimulated Low-Frequency Raman Scattering in Brome Mosaic Virus, *Journal of Russian Laser Research*, Vol. 42, No.1, 106-113 (2021).
4. Tcherniega N. V., Pershin S. M., Bunkin A. F., Donchenko E. K., Karpova O. V., Kudryavtseva A. D., Shevchenko M. A., and Zemskov K. I., Laser excitation of giga-hertz vibrations in Cauliflower mosaic viruses' suspension, *Laser Physics Letters*, Vol. 15, No. 9, art. no. 095603 (2018).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты – известные, активно работающие специалисты в области физической и нелинейной оптики, лазерной спектроскопии и нанофотоники, а ведущая организация является крупным научным центром с мировым уровнем научных исследований в области лазерной физики.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации исследованы

свойства вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния (ВНКР), возникающего при взаимодействии лазерного излучения с собственными акустическими колебаниями наноразмерных и субмикронных частиц различной физической природы, включая биологические объекты. Экспериментально реализован новый способ генерации электромагнитного излучения СВЧ диапазона при оптической накачке синтетических опаловых матриц.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Впервые система субмикронных диэлектрических частиц (полистирол, кварц и др.) была исследована методом внутрирезонаторной спектроскопии вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света. Показано, что внутрирезонаторное ВНКР может быть использовано не только как спектральный метод исследования субмикронных частиц, но и как способ получения эффективного источника бигармонической накачки с разностной частотой в гигагерцовом диапазоне, значение которой определяется размерами и геометрической формой частиц, а также их упругими характеристиками (в том числе, скоростью звука).

2. Для ряда биологических объектов (вирус табачной мозаики, картофельный вирус, вирус мозаики цветной капусты, вирус мозаики костры, человеческий и бычий альбумины) нано и субмикронных размеров методом ВНКР с эффективностью преобразования волны накачки лазерного излучения в рассеянную волну, достигающей 55 % (для человеческого альбумина), были определены значения собственных акустических частот колебаний, лежащие в диапазоне от 6 до 60 ГГц. Надежность полученных этим методом результатов подтверждена совпадением экспериментальных значений частот с теоретическими расчетами, имеющимися для ряда образцов.

3. Показано, что в системах субмикронных частиц при использовании бигармонической накачки, реализованной в процессе ВНКР, можно получать генерацию эквидистантных спектральных компонент с разностной частотой в гигагерцовом диапазоне. Такие эквидистантные компоненты в спектре

рассеяния возникают при условии совпадения разностной частоты бигармонической накачки с собственной акустической частотой исследуемых частиц. Эффективность генерации таких эквидистантных компонент продемонстрирована в диссертации на примере субмикронных (диаметр 300 нм) капель масла в воде, где при выполнении указанного условия резонанса частот были зарегистрированы 3 стоксовы и 2 антистоксовы компоненты ВНКР со спектральным смещением 5.4 ГГц.

4. Показано, что системы частиц наноскопических и мезоскопических масштабов, способные к эффективной генерации ВНКР, являются источником электромагнитного излучения СВЧ диапазона при оптической накачке на частотах, совпадающих с их собственными акустическими частотами. Для синтетической опаловой матрицы было получено электромагнитное излучение на частотах 16,5 ГГц, 11,4 ГГц, 1,5 ГГц и 0,75 ГГц, совпадающих с собственными акустическими частотами частиц SiO_2 , составляющих данную матрицу.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что автором впервые был применен метод ВНКР для получения данных об упругих характеристиках ряда субмикронных систем. Впервые система субмикронных частиц была исследована методом внутривибраторного ВНКР. Впервые при оптической накачке реализована генерация излучения СВЧ диапазона в системе диэлектрических частиц субмикронного размера на частотах, совпадающих с их собственными акустическими частотами.

Значимость результатов диссертации определяется тем, что полученные в ней экспериментальные данные расширяют традиционные представления о механизмах взаимодействия электромагнитного излучения гигагерцового диапазона с акустическими модами сред, созданных на основе диэлектрических и полупроводниковых частиц, а также биообъектов нано- и субмикронного масштабов. Проведенные в диссертации теоретические расчеты собственных акустических частот ряда биообъектов и субмикронных частиц методом,

развитым в работах Лэмба, продемонстрировали их хорошее согласие с полученными автором экспериментальными данными.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что определены перспективы практического использования ВНКР в качестве эффективного спектрального метода исследования морфологии систем нано и субмикронных частиц различной физической природы. Практически значимым результатом диссертации является демонстрация генерации электромагнитного излучения в гигагерцовом диапазоне (от 0.75 до 16.5 ГГц) при оптической накачке системы субмикронных диэлектрических частиц на частотах, совпадающих с их собственными акустическими частотами.

Результаты диссертации могут быть использованы при проведении фундаментальных и прикладных исследований в области оптики наноразмерных и субмикронных систем, в частности, для анализа систем, обладающих собственными акустическими частотами в гигагерцовой и терагерцовой областях спектра, а также для разработки новых принципов функционирования источников электромагнитного излучения СВЧ диапазона.

Оценка достоверности результатов исследования:

- все экспериментальные исследования проводились с использованием современных сертифицированных приборов по проверенным и актуальным методикам;
- продемонстрирована воспроизводимость экспериментальных результатов;
- подтверждена согласованность полученных экспериментальных данных с результатами численных расчетов, проведенных с использованием современных модельных подходов к рассматриваемым процессам;
- основные результаты опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых изданиях и апробированы на международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментальных исследований и анализе полученных данных, а также в разработке основных элементов экспериментальных схем. Подготовка полученных материалов к

публикации, включая интерпретацию результатов, проводились соискателем лично или в сотрудничестве с соавторами.

Соискатель Шевченко М.А. аргументированно ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 20 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Шевченко М.А. учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи об управлении спектральными и энергетическими характеристиками излучения вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния, возбуждаемого в системах нано и субмикронных частиц различной физической природы, имеющей важное значение для дальнейшего развития оптики наноразмерных и субмикронных систем.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 24 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.6 – Оптика), участвовавшие в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 21,
против присуждения учёной степени - 2,
недействительных бюллетеней = 1.

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

Колачевский Николай Николаевич

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

Золотко Александр Степанович

20 декабря 2021 г.