

Отзыв официального оппонента

на диссертацию

Шевченко Михаила Александровича

«Вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние света в системах наноразмерных и субмикронных частиц»

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 «Оптика»

В последние годы тема наночастиц привлекает к себе повышенное внимание. Это связано с развитием методов зондовой и электронной микроскопии, которые дают возможность визуализации объектов нанометровых размеров. Наночастицы имеют перспективы применения в оптике, биологии, медицине и в других областях. В этой связи тема диссертации Шевченко Михаила Александровича, несомненно, является актуальной.

Автор диссертации рассматривает вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние света в системах наноразмерных и субмикронных частиц. Это новый нелинейно оптический эффект, который обусловлен собственными механическими колебаниями наночастиц как упругих тел, при которых происходит деформация частиц в процессе колебаний. В поле лазерного пучка наночастица приобретает переменный дипольный момент, который осциллирует на частоте поля. Этот дипольный момент модулируется механическими колебаниями частицы. В результате в спектре рассеянного света появляются компоненты, сдвинутые относительно частоты лазера на величину, равную собственной частоте колебаний частицы. Это стоксовы и антистоксовы компоненты комбинационного рассеяния. При небольшой мощности лазерного пучка рассеяние происходит на тепловых колебаниях частиц, когда амплитуда колебаний определяется температурой среды, и все частицы колеблются независимо друг от друга. При достаточно большой мощности лазерного пучка процесс переходит в режим вынужденного рассеяния, когда амплитуда колебаний частиц резко возрастает, и колебания фазируются во всем объеме среды, занятом световым полем. При вынужденном рассеянии стоксовы и антистоксовы компоненты приобретают структуру, подобную лазерному пучку и вбирают в себя значительную долю энергии накачки.

Основная цель диссертационной работы М. А. Шевченко - наблюдение и исследование процесса вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния в различных средах, а также поиск приложений этого нового физического эффекта. В качестве источников накачки автор использует мощные узкополосные импульсные лазеры на рубине и титан-сапфире. В качестве комбинационно-активной среды выступают суспензии наночастиц из разных материалов, вирусы растений, глобулярные белки (альбумины), водо-масляные эмульсии, синтетические опалы. Характерные размеры частиц составляют 10 – 100 нанометров. Система регистрации включает в себя интерферометры Фабри – Перо, обеспечивающие спектральное разрешение на уровне одной стотысячной доли частоты световой волны. В результате экспериментов, проведенных автором диссертации, установлены основные параметры процесса вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния: частотный сдвиг стоксовой компоненты порядка 10 гигагерц (0.1 обратного сантиметра), эффективность преобразования энергии накачки в энергию первой стоксовой компоненты рассеяния около 50%, порог по интенсивности накачки около 100 мегаватт на квадратный сантиметр, длина кюветы с комбинационно-активной средой порядка 1 сантиметра.

В качестве возможных приложений эффекта вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния автор выделяет характеризацию наночастиц, включая оценку размеров частиц и характеристик упругости материалов, создание источников бигармонической накачки для резонансного воздействия на наночастицы (в частности вирусы) вплоть до разрушения частиц световым полем, а также создание источников импульсного электромагнитного излучения в области частот от гигагерц до терагерц.

Помимо экспериментальных исследований автором диссертации проведены теоретические оценки основных параметров вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния на наночастицах, и получено хорошее согласие экспериментальных и теоретических данных.

Результаты диссертации опубликованы в научных журналах и доложены автором на научных конференциях. Автореферат отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертации

1. На экспериментальных графиках не указаны погрешности измерений.
2. В тексте диссертации встречаются опечатки и стилистические ошибки.

Высказанные замечания не затрагивают основного содержания диссертации.

Диссертационная работа М. А. Шевченко по актуальности темы, новизне, надежности и практической значимости полученных результатов удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6- Оптика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук Никитин Сергей Юрьевич, доцент кафедры общей физики и волновых процессов Отделения радиофизики Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», 19991, Москва, Ленинские горы, д. 1.

 С. Ю. Никитин

Телефон: 8-916-520-93-86

E-mail: sergeynikitin007@yandex.ru

Почтовый адрес: 119991 ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, МГУ, физический факультет

30 ноября 2021 г.

Подпись С. Ю. Никитина удостоверяю:

Декан физического факультета МГУ

профессор

 Н. Н. Сысоев

Список основных публикаций официального оппонента доктора физико-математических наук Никитина С. Ю. по тематике диссертации Шевченко М.А.

1. Никитин С.Ю., Устинов В.Д., Шишкин С.Д., Алгоритм полосовой точки для измерения параметров дифракционной картины в лазерной эктацитометрии эритроцитов, Квантовая электроника, том 51, № 4, с. 353-358 (2021).
2. Никитин С.Ю., Устинов В.Д., Цыбров Е.Г., Лебедева М.С., Рассеяние лазерного пучка на ансамбле асимметричных эритроцитов, Оптика и спектроскопия, том 129, № 7, с. 961-971 (2021).
3. Никитин С.Ю., Устинов В.Д., Шишкин С.Д., Лебедева М.С., Алгоритм кривизны линии в лазерной эктацитометрии эритроцитов, Квантовая электроника, том 50, № 9, с. 888-894 (2021).
4. Nikitin S.Yu, Ustinov V.D., Shishkin S.D. Curvature of a line defined as a discrete set of points, and diffraction pattern processing for laser ektacytometry of red blood cells, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, том 235, с. 272-277 (2019).
5. Никитин С.Ю., Устинов В.Д., Алгоритм характеристической точки в лазерной эктацитометрии эритроцитов, Квантовая электроника, том 48, № 1, с. 70-74 (2018).
6. Никитин С.Ю., О возможности измерения методом лазерной эктацитометрии коэффициента эксцесса для распределения эритроцитов по деформируемости, Квантовая электроника, том 48, № 10, с. 983-987 (2018).
7. Никитин С.Ю., Устинов В.Д., Цыбров Е.Г., Приезжев А.В. Улучшенный алгоритм обработки данных для лазерной эктацитометрии эритроцитов, Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика, том 17, № 3, с. 150-157 (2017).