

ОТЗЫВ

Официального оппонента доктора физико-математических наук Хлебцова Бориса Николаевича на диссертацию Ювченко Сергея Алексеевича «**Частотно-зависимые эффекты при взаимодействии лазерного и широкополосного оптического излучения с ансамблями полупроводниковых наночастиц**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика

Диссертационная работа Ювченко С.А. посвящена одному из актуальных направлений современной лазерной физики – экспериментальному и теоретическому исследованию нелинейно-оптических, резонансных и кооперативных явлений при взаимодействии электромагнитного излучения оптического диапазона с неупорядоченными ансамблями полупроводниковых наночастиц. Несмотря на значительные достижения в областях лазерной физики, нанофотоники и наноплазмоники дисперсных систем к настоящему времени, существует ряд нерешенных проблем, которые могут иметь большое теоретическое и прикладное значение. Например, до сих пор нет четкого понимания распространения излучения в плотноупакованных ансамблях поглощающих частиц. Дискуссионной остается проблема определения параметров среды вблизи порога локализации излучения.

Цель и задачи диссертации соответствуют заявленной специальности 01.04.21 – лазерная физика. Поставленные в работе задачи решены полностью с использованием адекватного математического аппарата и современных экспериментальных методик.

Несомненной является научная новизна полученных результатов. Во-первых, экспериментально обнаружено и теоретически обосновано существование эффекта «оптической инверсии» структурно неупорядоченных систем плотноупакованных диэлектрических и полупроводниковых наночастиц с высокой эффективностью рассеяния, приводящего к оптическому просветлению подобных систем при

возрастании плотности упаковки частиц. Во-вторых, экспериментально исследована взаимосвязь между нелинейно-оптическими свойствами, эффективностью релеевского рассеяния и параметрами возбуждения/тушения фотолюминесценции гибридных наночастиц типа «кристаллическое кремниевое ядро – кислород-дефицитная аморфная оксидная оболочка». Предложена качественная интерпретация наблюдаемых в экспериментах явлений на основе классических представлений об изменении эффективной диэлектрической функции наночастиц (и, соответственно, их поляризуемости) в процессе переноса носителей заряда из кремниевого ядра в оксидную оболочку. Наконец, исследовано влияние модификации квазидвумерных наночастиц производных диоксида титана (полититанатов) солями переходных металлов на параметры их зонной структуры.

Диссертационная работа Ювченко С.А. построена по общепринятой схеме и состоит из введения, обзора литературы по проблемам исследования (глава 1), четырех глав с оригинальными результатами и их обсуждением (глава 2-5), заключением, списком литературы. Диссертация изложена на 154 листах текста, содержащего 40 рисунков. Список литературы представлен 188 источником.

Обзор литературы дает объективное представление о современном уровне развития представлений и взаимодействии лазерного излучения с плотноупакованными массивами частиц. Из представленного литературного анализа логичным образом вытекают нерешенные проблемы и задачи исследования. Работа выполнена на высоком методическом уровне с использованием современных оптических и физикохимических подходов, которые описаны в тексте работы.

Представленная работа является законченным целостным исследованием, внесшим существенный вклад в развитие современной лазерной физики. Среди основных результатов, имеющих большое фундаментальное и прикладное значение следует отметить следующие:

1) Для неупорядоченных систем непоглощающих наночастиц с высокой эффективностью рассеяния при значениях объемной доли частиц, превышающих 0.3 в системе имеет место явление «оптической инверсии», заключающееся в том, что эффективными рассеивающими центрами являются не наночастицы в матричной среде с меньшей диэлектрической проницаемостью, а нанопустоты между частицами, заполненные матричной средой.

2) Предложен метод восстановления спектральных зависимостей действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости квазидвумерных наночастиц (нанодисков и нанолент с известным значением форм-фактора) по спектрам параметра деполяризации света, рассеянного под прямым углом к направлению распространения зондирующего линейно поляризованного или неполяризованного излучения.

В целом, можно заключить, что диссертационная работа Ювченко С.А. выполнена на высоком уровне и отражает решение всех поставленных перед автором задач. Диссертация содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых для публичной защиты, имеет внутреннее единство и свидетельствует о значительном личном вкладе соискателя.

Диссертация прошла всестороннюю апробацию в форме многочисленных выступлений на международных конференциях. По теме диссертации опубликованы 12 работ, в том числе 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Несмотря на общий высокий уровень представленных исследований, при ознакомлении с текстом работы возникает ряд вопросов. Сформулируем основные замечания и вопросы, возникшие при анализе диссертации.

1) Для измерения пропускания тонких слоев плотноупакованных частиц (Раздел 2.2), автор использовал коммерческие препараты ультрадисперсных порошков оксида титана со средним диаметром частиц не более 25 нм (образец №1) и 100 нм (образец №2). Почему при заключении между

стеклами объемная плотность f для более тонкодисперсного порошка (№1) была ниже, чем для порошка с большим размером частиц? Логично было бы предположить обратное.

2) При обсуждении Рис. 2.3 автор пишет: «Для слоев частиц со средним размером менее 25 нм, характеризующихся меньшими значениями f , пропускание T слоев незначительно уменьшается, в то время как для слоев частиц с размером менее 100 нм с большими значениями f пропускание существенно возрастает». Рассмотрим изменения пропускания на длине волны 900 нм. Оно падает с 8 до 7% для образца №1, и растет с 2 до 3% для образца №2. Насколько правомерны в данном случае оценки «незначительно уменьшается» и «существенно возрастает»?

3) При измерении и анализе факторов деполяризации света дисперсией «нанопластиин» и «нанолент» (Глава 3), автор делает заключение о форме и размерах частиц по данным электронной микроскопии. На Рис. 3.1 представлены изображения, содержащие очень малое число частиц, например, одну нанопластину. Для адекватной оценки размеров и форм частиц необходимо проводить статистический анализ по сотням, а иногда и тысячам частиц.

4) Теоретический анализ зависимости деполяризации от длины волны сделан в предположении монодисперсности и мономорфности образцов. Остается вопрос – как будет влиять полидисперсность реальных образцов? Как будет влиять агрегация и наличие примесных частиц?

5) Вывод из главы 3 о существенном возрастание фактора деполяризации в спектральной области, соответствующей фундаментальному поглощению материала наночастиц давно известен и экспериментально наблюдался для других, например, металлических частиц. Аналогично, вывод об увеличении деполяризации рассеянного света с увеличением анизотропии рассеивателей, известен из классических работ Ван де Хюлста. Необходимо было сформулировать эти заключения в более частном виде, для случая исследуемых объектов.

Перечисленные замечания не носят принципиального характера и не умаляют достоинств и значения работы. По своей актуальности, научно-методическому уровню, новизне полученных результатов и практической значимости диссертация Ювченко Сергея Алексеевича полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Доктор физико-математических наук,
Ведущий научный сотрудник
лаборатории нанобиотехнологии
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института биохимии и физиологии
растений и микроорганизмов
Российской академии наук
(ИБФРМ РАН)

Хлебцов Борис Николаевич

15 января 2016 года
410049 г. Саратов, пр. Энтузиастов, д. 13
E-mail: bkhl@ibppm.sgu.ru
Тел. 8(8452)970403

Подпись Хлебцова Б.Н. заверяю
Ученый секретарь ИБФРМ РАН
к.б.н.



Пылаев Т.Е.