

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 «нанопластин» 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 возрастании 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.