

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Чернеги Николая Владимировича "Вынужденное рассеяние света в наноразмерных системах", представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

Диссертационная работа Чернеги Николая Владимировича посвящена экспериментальному исследованию нелинейно-оптических взаимодействий, прежде всего вынужденных рассеяний света, в синтетических опалах и суспензиях наночастиц различной природы. В диссертации также рассмотрены возможности применения вынужденного рассеяния света для преобразования пространственного распределения электромагнитного излучения. Как известно, в настоящее время одним из основных направлений развития нелинейной оптики является исследование способов увеличения эффективности нелинейно-оптических взаимодействий различных типов, в том числе, вынужденных рассеяний света. Для этих целей весьма перспективным является использование наноразмерных систем. Современное развитие технологии получения наноструктур с заданными оптическими характеристиками позволяет, при их использовании в нелинейно-оптических экспериментах, существенно повысить эффективность нелинейно-оптических взаимодействий, в том числе, вынужденных рассеяний света. В диссертации как раз и ставилась задача экспериментального исследования фундаментальных закономерностей нелинейно-оптического взаимодействия электромагнитного излучения с наноразмерными и субмикронными системами различных типов.

Таким образом, тема диссертационной работы Чернеги Николая Владимировича является весьма актуальной как с общенаучной, так и с практической точек зрения.

Основное содержание диссертации изложено во введении и пяти главах. Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, показаны новизна и практическая значимость работы. Приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан обзор литературы по оптическим исследованиям субмикронных и наноразмерных систем. Рассмотрены технология производства и оптические свойства синтетических опаловых матриц, обусловленные фотонной запрещенной зоной.

Во второй главе приведены результаты экспериментальных исследований вынужденного комбинационного рассеяния света (ВКР) в синтетических опаловых матрицах, инфильтрованных комбинационно активными средами. Реализовано существенное (двадцатикратное) понижение порога ВКР путем подбора положения фотонной запрещенной зоны относительно частот накачки и первой стоксовой компоненты.

Третья глава посвящена описанию нового типа вынужденного рассеяния света, возбуждаемого в синтетических опаловых матрицах и в тонких пленках различной природы. Определены основные параметры этого типа рассеяния. Продемонстрирован размерный характер наблюдаемого процесса. Показана возможность эффективного управления частотой смещения рассеянной компоненты относительно частоты возбуждающего излучения в гигагерцовом диапазоне частот путем использования образцов с различной морфологией. Высокая эффективность преобразования, экспериментально реализованная автором, открывает возможности практического использования эффекта в спектроскопии наноразмерных и субмикронных систем, собственные частоты которых лежат в гигагерцовом диапазоне частот.

В четвертой главе приведены результаты по экспериментальному исследованию вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния (ВНКР) света в суспензиях наночастиц различных типов. Показано, что ВНКР является вынужденным аналогом спонтанного низкочастотного рассеяния света, активно исследуемого с 1986 года. ВНКР, возбуждаемое в системах

полупроводниковых, диэлектрических и металлических наночастиц, представляет собой неупругое рассеяние света на локализованных акустических фонах и дает важную информацию о динамике их колебаний. Сдвиг частоты рассеянного света определяется значениями собственных частот структурных неоднородностей исследуемых систем.

В пятой главе рассмотрены различные схемы, предложенные автором для обработки оптической информации нелинейно-оптическими методами, прежде всего, с использованием вынужденных рассеяний света. Определены оптимальные параметры предложенных схем. Особое внимание уделено описанию экспериментов по восстановлению и обработке изображений амплитудных и фазовых объектов при вынужденном комбинационном рассеянии света одновременно на нескольких частотах с использованием нелинейно-оптической фильтрации их Фурье-спектров.

Отметим, что основные экспериментальные результаты, изложенные во второй, третьей, четвертой и пятой главах, являются новыми. Новизна и практическая значимость полученных автором результатов подтверждаются достаточным количеством публикаций в ведущих научных журналах.

Таким образом, в диссертации Чернеги Николая Владимировича была развита оригинальная экспериментальная методика для решения поставленных задач. Высокий уровень техники экспериментов, выполняемых в данной работе, свидетельствует о надёжности получаемых в диссертации экспериментальных результатов.

К основным научным результатам, полученным в диссертации Чернеги Николая Владимировича, относятся следующие:

- 1) Впервые было реализовано ВКР в трехмерном фотонном кристалле (синтетической опаловой матрице, инфильтрованной нитробензолом) с коэффициентом преобразования по энергии 6%. Показано, что при соответствующем выборе параметров фотонного кристалла, а именно, в случае попадания частоты возбуждающего лазерного излучения в окрестность высокочастотного края ФЗЗ синтетического опала, а частоты первой стоксовой

компоненты – в окрестность низкочастотного края, возможно существенное понижение порога ВКР. Экспериментально было реализовано 20 кратное понижение порога ВКР в синтетических опаловых матрицах, инфильтрованных комбинационно - активными жидкостями по сравнению с чистыми молекулярными жидкостями.

2) В работе впервые было получено вынужденное рассеяние света нового типа в твердотельных наноразмерных структурах. Данное вынужденное рассеяние света является результатом взаимодействия лазерного излучения с собственными акустическими колебаниями наноразмерных структурных единиц, составляющих исследуемые образцы. Рассеяние возбуждается как в прямом, так и в обратном, по отношению к накачке, направлении. Смещение частоты рассеяния относительно частоты накачки одинаково для прямого и обратного направлений рассеяния. Это смещение частоты определяется морфологией образцов. Понижение температуры образцов до температуры жидкого азота повышало эффективность преобразования волны накачки в рассеянную волну и понижало порог возникновения вынужденного рассеяния. Высокое значение эффективности преобразования волны накачки, а также возможность перестройки частотного смещения рассеянной волны относительно частоты накачки открывает перспективу использования данного процесса в схемах для генерации сигналов в гигагерцовом диапазоне в качестве бигармонической накачки.

3) Обнаружен новый тип вынужденного рассеяния света - вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние света в суспензиях наночастиц различной природы, имеющих размер от 7 до 160 нм. Вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние света обусловлено взаимодействием лазерного излучения с собственными акустическими колебаниями элементов структуры. Частоты компонент рассеянного света соответствуют собственным колебаниям элементов структуры, лежащим в гигагерцовом и терагерцовом диапазонах. Изменяя состав образцов и характерный размер элементов структуры, можно целенаправленно менять

частотный сдвиг между накачкой и рассеянным излучением. Таким образом, ВНКР представляет собой источник бигармонической накачки для решения целого ряда практических задач.

4) Предложены и экспериментально реализованы схемы обработки оптического изображения с использованием нелинейно – оптической фильтрации в области его Фурье-спектра. С использованием предложенных схем получены: визуализация фазовых и слабопоглощающих свет объектов, инверсия контраста в изображении амплитудных объектов. Определены основные механизмы, обеспечивающие амплитудно-фазовую фильтрацию в области Фурье-спектра объекта.

Помимо очевидной научной значимости основных научных результатов, они обладают большим потенциалом для практических применений. Это относится, прежде всего, к процессу вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света.

Установленные в диссертационной работе Чернеги Николая Владимировича экспериментальные закономерности и научные результаты являются достаточно хорошо обоснованными и вполне достоверными.

Остановимся на некоторых недостатках, которые присутствуют в диссертации.

Во второй главе диссертации не рассмотрен вопрос повышения эффективности ВКР в синтетических опаловых матрицах путем изменения угла падения возбуждающего излучения на образец. Изменение геометрии освещения позволяет менять положение фотонной запрещенной зоны, выбирая оптимальное её положение относительно частот накачки и первой стоксовой компоненты ВКР. Также, в четвертой главе диссертации недостаточно подробно проведено сравнение результатов по спонтанному низкочастотному комбинационному рассеянию с полученными автором результатами по ВНКР. Отмеченные недостатки не снижают высокий уровень представленной диссертации.

Оценивая диссертацию Чернеги Николая Владимировича в целом, следует отметить, что данная работа является целенаправленным научным исследованием, решающим важные научные и практические задачи, связанные с дальнейшим развитием нелинейной оптики. Работа выполнена на высоком научном уровне.


Основные научные результаты диссертационной работы Чернеги Николая Владимировича хорошо апробированы, опубликованы в центральных научных журналах и представлены в материалах международных научных конференций.

Полученные в данной диссертации экспериментальные научные результаты, связанные с особенностями нелинейно-оптического взаимодействия импульсного лазерного излучения с наноразмерными структурами, а также методы обработки оптического изображения при вынужденных рассеяниях света, предложенные автором, представляют большой интерес для многих научных учреждений, работающих в этой области: МГУ, ИОФРАН, ФТИ РАН и др.

Автореферат хорошо отражает содержание диссертации и написан в соответствии с правилами ВАК РФ.

Таким образом, диссертационная работа Чернеги Николая Владимировича удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Чернега Николай Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Дата 11 марта 2015 г.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук,
профессор 

Жижин Г.Н.

117342 Москва, ул. Бутлерова, 15 Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Научно - технологический центр уникального
приборостроения Российской академии наук
Рабочий телефон(495)3335081
E-mail: gzhizhin@mail.ru

Подпись Г.Н. Жижина заверяю.

Ученый секретарь федерального государственного бюджетного учреждения
науки научно - технологического центра уникального приборостроения
Российской академии наук,
кандидат физико-математических наук *Петронюк Ю.С.*



Список основных статей официального оппонента Г.Н. Жижина,
опубликованных в 2011-2015 гг. по теме диссертации Н.В.Чернеги,
«Вынужденное рассеяние света в наноразмерных системах», представленной на
соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 01.04.05 – оптика.

1. Жижин Г.Н., Головцов Н.И., Логинов А.П., Никитин А.К., Рыжова Т.А.
Диэлектрическая спектроскопия тонких слоёв в терагерцовом диапазоне
// Вестник РУДН (Физика), 2011, №2, с.133-147.
2. Gerasimov V. V., Knyazev B. A., Nikitin A. K. and Zhizhin G. N. A way to
determine the permittivity of metallized surfaces at terahertz frequencies //
Applied Physics Letters, 2011, v.98, 171912.
3. Knyazev Boris A., Cherkassky Valery S., Choporova Yulia Yu., Gerasimov
Vasily V., Vlasenko Maxim G. , Dem'yanenko Mikhail A. , Esaev Dmitry G. ,
Nikitin Aleksey K., Ku-lipanov Gennady N. , Vinokurov Nikolay A. High-
power monochromatic terahertz radiation: Metrological aspects // Proc. of the
20-th IMEKO TC2 Symposium on Photonics in Measurement (20th ISPM),

Linz, Austria, May 16–18, 2011. Ed. by B.G. Zagar (Printed in Germany, Aachen. © Shaker Verlag 2011).- p.143-147.

4. Жижин Г.Н., Кирьянов А.П., Головцов Н.И., Хитров О.В., Никитин А.К. Фурье-анализ интерферограмм поверхностных плазмонов, генерируемых терагерцовым излучением синхротрона // Вестник РУДН (Сер. Математика. Информатика. Физика), 2012, №1, с.85-95.
5. Жижин Г.Н., Кирьянов А.П., Никитин А.К., Хитров О.В. Дисперсионная фурье-спектроскопия поверхностных плазмонов инфракрасного диапазона // Оптика и спектроскопия, 2012, т.112, №4, с.597-602.
6. Vasily V. Gerasimov, Boris A. Knyazev, Igor A. Kotelnikov, Alexey K. Nikitin, Valery S. Cherkassky, Gennady N. Kulipanov,1 and Guerman N. Zhizhin Surface plasmon polaritons launched using a terahertz free-electron laser: propagation along a gold–ZnS–air interface and decoupling to free waves at the surface edge// J.Opt. Soc.Am. B, 2013, v.30, №8, pp. 2182-2190.
7. А.Х.Купцов, Г.Н. Жижин Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров //Москва, Техносфера, 2013. -296 с. ISBN 978-5-94836-360-8