

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.

Одной из основных задач современной оптики является изучение распространения электромагнитных волн в пространственно неоднородных средах с масштабом неоднородностей от единиц до сотен нанометров. Одними из таких сред являются структуры с модуляцией диэлектрической проницаемости на масштабе порядка длины волны электромагнитного излучения – фотонные кристаллы. В таких системах наличие области селективного Брэгговского отражения приводит к образованию полосы частот, в пределах которой распространение электромагнитного излучения не возможно. Такие полосы частот в фотонных кристаллах получили название фотонных запрещенных зон (ФЗЗ). Наибольший интерес представляют структуры для работы в видимом диапазоне частот электромагнитного излучения. Современное развитие технологии производства наноструктур позволяет получать одно-, двух- и трёхмерные фотонные кристаллы с масштабом модуляции порядка сотен нанометров. Свойства ФЗЗ позволяют использовать фотонные кристаллы для эффективного управления электромагнитным излучением атомов (молекул) внедрённых в такие системы. Варьируя положение ФЗЗ относительно частоты перехода, возможна реализация условий подавления спонтанного излучения, или же, наоборот, ускорения спонтанного распада, что экспериментально наблюдалось для таких систем. Естественно, что экспериментальная реализация эффективного управления характеристиками вынужденных процессов излучения, таких как, например, вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) света, представляет большой интерес, как с фундаментальной, так и с практической точки зрения. Поставленная и решенная в диссертации задача определения оптимальных условий генерации ВКР в нанокомпозитах на основе синтетических опаловых матриц наглядно продемонстрировала эффективность использования трехмерных фотонных кристаллов для повышения эффективности процесса ВКР.

Другой важной задачей, решаемой в диссертации, было изучение взаимодействия собственных акустических колебаний глобул, составляющих опаловые матрицы, с импульсным лазерным излучением. Автором было обнаружено вынужденное рассеяние нового типа – вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние (ВНКР) света. Причем, данный тип рассеяния был обнаружен как для упорядоченных систем, таких как синтетические опаловые матрицы и наноккомпозиты на их основе, так и для

неупорядоченных систем (поликластерные пленки и суспензии наночастиц различных типов). Как показано автором, данный тип рассеяния может быть использован в качестве бигармонической накачки, с возможностью изменения разностной частоты в диапазоне от единиц гигагерц до терагерца. Таким образом, **актуальность** работы очевидна. **Новизна** полученных автором результатов заключается, прежде всего, в том, что они являются пионерскими. Это относится в первую очередь к реализации ВКР в трехмерных фотонных кристаллах и обнаружению вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света. **Практическая значимость** данной диссертационной работы обусловлена, прежде всего, перспективами практического использования обнаруженного автором нового типа вынужденного рассеяния света – вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света в качестве источника бигармонической накачки для задач спектроскопии наноразмерных и субмикронных систем. Также, результаты исследования влияния положения фотонной запрещенной зоны на эффективность процесса ВКР могут найти практическое применение при разработке преобразователей частоты, работающих с использованием процесса вынужденного комбинационного рассеяния света.

Во **введении диссертации** обоснована актуальность темы, а также сформулированы цели и задачи, показаны новизна и практическая значимость работы. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** диссертации дан обзор работ по свойствам синтетических опалов, рассмотрены их оптические свойства и основные методы характеристики таких структур.

Вторая глава диссертации содержит результаты по экспериментальному исследованию влияния свойств фотонной запрещенной зоны на эффективность процесса вынужденного комбинационного рассеяния света. Автором продемонстрирована возможность управления эффективностью ВКР путем варьирования положения фотонной запрещенной зоны. Использование различных лазеров для возбуждения ВКР, а также образцов синтетических опалов с различными положениями фотонной запрещенной зоны, убедительно показали, что способ повышения эффективности процесса ВКР, основанный на подборе такого положения ФЗЗ, при котором её края совпадают с частотами накачки и первой стоксовой компоненты, является универсальным.

В **третьей главе** содержатся результаты экспериментального изучения вынужденного рассеяния нового типа, являющегося результатом взаимодействия импульсного лазерного излучения с собственными акустическими колебаниями структурных единиц образующих исследуемые образцы (синтетические опалы и поликластерные пленки). Наблюдение данного типа рассеяния оказалось возможным

благодаря использованию в качестве источника возбуждения лазера с узкой спектральной линией ($0,015 \text{ см}^{-1}$) и, в качестве спектрального прибора, интерферометра Фабри-Перо.

Четвертая глава содержит результаты экспериментов по изучению вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света в суспензиях наночастиц различных типов. Характерной особенностью этого процесса является широкий диапазон частотного смещения стоксовой компоненты ВНКР, возбуждаемой в таких системах, относительно частоты накачки. Максимальное значение этого смещения, экспериментально реализованное автором, составило величину $0,435 \text{ ТГц}$. При этом эффективность преобразования волны накачки в рассеянную волну составляла около 20 процентов.

Пятая глава диссертации содержит результаты экспериментов по использованию вынужденного рассеяния света, прежде всего, вынужденного комбинационного рассеяния света, для решения задач обработки оптического изображения. Основная идея, реализованная экспериментально, заключается в амплитудно-фазовой фильтрации Фурье-спектра обрабатываемого изображения нелинейно-оптическими методами. Фактически, автором реализован нелинейный аналог фазово-контрастного метода обработки оптических изображений.

Остановимся на замечаниях.

1. Следует отметить некоторую небрежность в использовании формул. Так, например, в некоторых формулах нет соответствия между размерностями в правой и левой частях.

2. В диссертации существует определенное несоответствие результатов последней главы общей тематике диссертации. Единственное, что идеологически объединяет эту главу с остальным текстом – это эффект вынужденного комбинационного рассеяния света.

3. Защищаемые положения 2 и 4 идеологически очень близки: вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние обусловлено возбуждением акустической моды рассеивающих частиц, только в одном случае (положение 2) речь идет об упорядоченной структуре (фотонном кристалле), а в другом - о неупорядоченной структуре (жидкой суспензии наночастиц). На мой взгляд, следовало бы эти два положения объединить в одно защищаемое положение: эффекты вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния наблюдаются в упорядоченных и неупорядоченных средах, но в каждом случае, естественно, есть своя специфика.

Эти замечания не влияют на общую высокую оценку работы, выполненную на высоком научном уровне.

Диссертация Чернеги Николая Владимировича является научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в нелинейной оптике наноразмерных и субмикронных систем. Основные научные результаты диссертационной работы Чернеги Николая Владимировича опубликованы в 32 центральных российских и зарубежных научных изданиях и неоднократно докладывались на всероссийских и международных научных конференциях.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию в научных организациях, занимающихся вопросами, связанными с изучением оптических свойств наноразмерных и субмикронных систем, таких, как МГУ, МГТУ, ИОФРАН, МИФИ и др.

Научные положения и результаты хорошо обоснованы. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК.

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

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук,

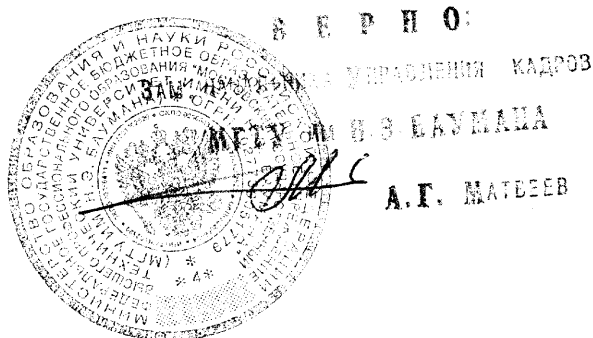
Профессор



Бункин Н.Ф.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования "Московский Государственный Технический
Университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел. 499 263-63-91
Электронная почта:nbunkin@mail.ru

12.03.2015



Список основных статей официального оппонента Бункина Н.Ф., 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. N.F. Bunkin, B.W. Ninham, A.V. Shkirin, V.A. Kozlov, A.V. Starosvetskiy, Long-living nanobubbles of dissolved gas in aqueous solutions of salts and erythrocyte suspensions, J. Biophotonics, 4, No. 3, 150 (2011), импакт-фактор журнала по 2012 JCR Science Edition: 4.343.
2. N.F. Bunkin, A.V. Shkirin, P.S. Ignatiev, L.L. Chaikov, I.S. Burkhanov, A.V. Starosvetskiy Nanobubble clusters of dissolved gas in aqueous solutions of electrolyte. I. Experimental proof, J. Chem. Phys., 137, 054706 (2012), импакт-фактор журнала по 2012 JCR Science Edition: 3.164.
3. N.F. Bunkin, A.V. Shkirin, N.V. Suyazov, A.V. Starosvetskiy, Calculations of Light Scattering Matrices for Stochastic Ensembles of Nanosphere Clusters, J. of Quant. Spectr. & Rad. Trans., 123, No. 23 (2013), импакт-фактор журнала по 2012 JCR Science Edition: 2.380.
4. Н.Ф. Бункин, А.В. Шкирин, Исследование бабстонно-кластерной структуры воды и водных растворов электролитов методами лазерной диагностики, Труды ИОФАН, 69, № 3 с. 3-57 (2013).
5. Н.Ф. Бункин, А.В. Шкирин, И.С. Бурханов, Л.Л. Чайков, А.К. Ломкова, Исследование нанопузырьковой фазы водных растворов NaCl методом динамического светорассеяния, Квантовая электроника, 44, № 11, с. 1022-1028 (2014), импакт-фактор журнала по 2012 JCR Science Edition: 0.791.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук,

Профессор



Бункин Н.Ф.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский Государственный Технический Уинверситет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ им. Н.Э. Баумана),

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Тел. 499 263-63-91

Электронная почта: nbunkin@mail.ru

12.03.2015

