

## 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

Диссертация Николая Владимировича Чернеги посвящена обоснованию и разработке нового направления в спектроскопии – вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяние (ВНКР) света в твердотельных наноразмерных системах. Сочетание методов оптической спектроскопии с процессами трансформации энергии лазеров в когерентные бигармонические источники со сдвигом в микроволновой области ГГц-ТГц частот при воздействии на наноразмерные объекты, несомненно, расширяет наши знания о физике взаимодействия излучения с веществом. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений, поскольку открывает принципиально новые, неизвестные ранее, возможности создания мощных бигармонических источников с эффективностью преобразования десятки процентов для бигармонической локации и накачки нелинейно-оптических преобразователей-генераторов гига- и терагерцового излучения с перестраиваемой частотой. Отдельный интерес здесь вызывают нанокompозиты, как новые перспективные материалы нелинейной оптики, на основе синтетических опаловых матриц, создание которых с прогнозируемым набором параметров фотонных запрещенных зон для обеспечения резонансных условий взаимодействия и снижения более чем на порядок порога ВНКР.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы. Объем работы составляет 248 страниц, включая 66 рисунков и 16 таблиц. Список литературы содержит 292 наименования.

Автореферат диссертации написан ясным языком, правильно и полно отражает её содержание. По этой причине не будем останавливаться на пересказе глав диссертации, рассмотрим некоторые замечания по тексту и по существу работы, а также её достоинства.

1. поскольку в работе экспериментально обосновано и разработано новое направление - вынужденное низкочастотное комбинационное рассеяние света, то эту главу лучше было бы разместить следующей после обзора, а затем анализировать нанокompозиты на основе синтетических опаловых матриц и, далее, наночастиц в суспензиях;
2. среди первых ссылок (на монографии Ахманова С.А. и Хохлова Р.В., а также Шена И.Р.) в списке литературы обстоятельного обзора не нашлось места для монографии «Нелинейная оптика» нобелевского лауреата Бломбергена Н.;
3. стр. 242, в ссылке [241] Плачек Г. «Релеевское рассеяние и Раман эффект» допущена опечатка: в оригинале 1935 г. слово эффект написано с одним «ф»;
4. на стр. 34 использовано неудачное сочетание « ...эффективного повышения эффективности..»
5. на стр. 40 вводится понятие «полная запрещенная зона» без физического его определения;
6. на стр. 43 «Эти (субмикронные) сферы втягиваются капиллярными силами в мениск...». Это не совсем так, поскольку субмикронные сферы *увлекаются гидродинамическим потоком жидкости из объёма в область мениска* с повышенным испарением на границе контакта;
7. на стр. 53 и 57 имеется противоречие в определении объёма (26%) опаловой матрицы, занятой сферами и пустотами между ними;
8. в интерпретации рис. 1.11б из работ [198, 236] на стр. 65 не отмечено и не обсуждается заметное отличие расчетной и экспериментальной зависимости спектрального положения стоп-зоны фотонного кристалла;
9. при анализе нелинейно-оптических механизмов вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяние света опущен механизм четырёхфотонного взаимодействия P. D. Maker and R. W. Terhune, когда на первых слоях среды формируются две сфазированные компоненты, накачка и стоксовая, которые распространяются далее как бигармоническая накачка в схеме КАРС;

10. ранее нами [A.F. Bunkin, S.M. Pershin, and A.A. Nurmatov, Four-photon laser spectroscopy of solids in 0–0.15 THz, Laser Physics Lett., v.3, #4, p.181-184, (2006); A.F. Bunkin and S.M.Pershin, Four Photon laser spectroscopy of local heterogeneities in solids in 0-60 GHz, Laser Physics Lett., V.4, #4, 270-275 (2007) ] методом четырехволнового смешения в образцах  $\text{SiO}_2$  в области крыла Релея были зарегистрированы узкие линии, частоты которых совпадали с собственными частотами наносфер при их бигармонической накачке, что коррелирует с результатами диссертации и подтверждает объективность полученных в ней результатов, но не анализируется;
11. неясно, почему в анализе суспензий отсутствуют объекты другой симметрии кроме сферической, например, цилиндры углеродных нанотрубок с «дыхательными» модами, которые наблюдались при четырёхволновом смешении в суспензиях [A.F. Bunkin, S.M. Pershin, “Four-Wave Mixing Spectroscopy of Single-Wall Carbon Nanotubes Aqueous Suspensions in the Range 0.1–10 and 100–250 $\text{cm}^{-1}$ ” J. Raman Spectrosc.V. 42, #10, 1908–1912, (2011) ];
12. автор не рассматривает возможность усиления в активной среде лазера компонент вынужденного низкочастотного комбинационного рассеяния света в обратном направлении для повышения степени воздействия при циклическом процессе, когда число циклов ограничено шириной полосы усиления активной среды;

Указанные замечания не снижают актуальности работы, и научной практической значимости полученных автором результатов.

Напротив, некоторые из них подтверждают объективность нового направления, разрабатываемого в диссертации, поскольку показывают возможность развития новых тем изучения и применения явления ВНКР в физике и технологии, что, несомненно, является достоинством работы. Так физически ясно, что вынужденные когерентные колебания наносфер в образцах будут уменьшать их механическую прочность в сечении пучка лазера и обеспечивать новые технологии обработки материалов. С другой

стороны, мощные когерентные бигармонические источники со стабилизированными частотами могут использоваться для селективной накачки вращательных переходов выбранных молекул, например, для усиления слабых сигналов (как на заре мазеров) космических мазеров на спиновых изомерах орто- $\text{H}_2\text{O}$  на частоте 22.3 ГГц. Особый интерес и практическую ценность подобная лазерная накачка («нагрев» вращательных состояний на переходе  $6_{16}-5_{23}$  молекул орто- $\text{H}_2\text{O}$ ) ансамблей молекул здесь представляет как возможность дистанционного управления конденсационными процессами (осадки, конвекция и др.) при сканировании пучком в облаках и в атмосфере над заданным районом.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в организациях, занимающихся нелинейно-оптическими взаимодействиями в наноразмерных и субмикронных системах, таких как Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, РНЦ Курчатовский институт, Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН.

По совокупности значимых факторов: научной новизне, актуальности темы, достоверности экспериментальных результатов и практической значимости диссертация Чернеги Николая Владимировича в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, установленным ВАК. Она представляет собой научно-исследовательскую работу, которую можно квалифицировать как новое научное направление в области нелинейной оптики наноразмерных и субмикронных систем, а также когерентных бигармонических источников лазерного излучения с ГГц-ТГц смещением частот. Основные научные результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных и национальных конференциях и симпозиумах, опубликованы в 32 статьях в журналах, рекомендованных ВАК.

Автор диссертации, Чернега Н.В., безусловно, заслуживает присуждения  
ученой степени доктора физико-математических наук по специальности  
01.04.05 – оптика

Главный научный сотрудник

доктор физико-математических наук,



(С.М. Першин)

119991, Москва, ул. Вавилова, 38. Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт общей физики им. А.М.Прохорова Российской  
академии наук, Научный центр волновых исследований ИОФ РАН,  
Лаборатория лазерной спектроскопии.

e-mail: [pershin@kapella.gpi.ru](mailto:pershin@kapella.gpi.ru); тел. 8 499 5038758.

Подпись С.М. Першина удостоверяю

Зам. зав. отделом НЦВИ ИОФ РАН



А.В.Свиридова

03.2015

Список основных статей официального оппонента Першина С.М. по теме защищаемой диссертации в рецензируемых изданиях за последние 5 лет

1. С.М. Першин, Л.М. Крутянский, В.А. Лукьянченко, Об обнаружении неравновесных фазовых переходов в воде, Письма в ЖЭТФ, **94**(2), 131-136, (2011);
2. A.F.Bunkin , V.G. Mikhailivich, S.M.Pershin, V.N. Streltsov, Coherent Spectroscopy of Mandelstam–Brillouin Scattering in Spatially Inhomogeneous Media, ЖЭТФ, **140**(2), 241-246, (2011)
3. A.F. Bunkin, S.M. Pershin, “Four-Wave Mixing Spectroscopy of Single-Wall Carbon Nanotubes Aqueous Suspensions in the Range 0.1–10 and 100–250cm<sup>-1</sup>” J. Raman Spectrosc.V. **42**, #10, 1908–1912, (2011).
4. Першин С.М., Леднев В.Н., Давыдов М.А., Клинков В.К., Бункин А.Ф. Переключение генерации нано/пикосекундных импульсов в Nd:YAG лазере с модулятором добротности Поккельса, Краткие сообщения по физике, **40**, pp. 164-167, (2013)
5. A.F. Bunkin, M.A. Davydov, A.Yu. Ivochkin, S.M. Pershin, A.A. Sirotkin, V.N. Strel'tsov, Four-wave mixing spectroscopy of the photoelastic scattering resonance in Nd:YVO4 crystal, Laser Physics, **23** (2013),
6. S.M. Pershin, V.N. Lednev, V.K. Klinkov, R.N. Yulmetov, A.F. Bunkin, Ice thickness measurements by Raman scattering, Optics Lett., **39**(9), 2573-2575, May 1, (2014).