

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Митетело Николая Викторовича «Нелинейно-оптическая спектроскопия микрорезонаторов на основе органических материалов», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика»

В диссертационной работе Митетело Н.В. описаны результаты экспериментального исследования нелинейно-оптического отклика одиночных микрорезонаторов на основе органических материалов и их массивов, возбуждения резонаторных мод различной природы в спектрах многофотонной люминесценции и второй гармоники и методов управления резонансным нелинейным откликом. Актуальность данной темы обусловлена большим количеством различных применений микрорезонаторов и интересом к поиску материалов, на основе которых станет возможным изготовление микроструктур с заданными и управляемыми резонансными оптическими свойствами. На сегодняшний день применение нелинейно-оптических методов возбуждения резонаторных мод в активных микрорезонаторах и управление параметрами такого типа резонансов практически не обсуждались в литературе.

Диссертационная работа Митетело Н.В. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Она содержит 143 страницы, 59 иллюстраций и 138 библиографических ссылок.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, а также научная и практическая значимость полученных результатов, обозначены цели и задачи работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации результатов работы и публикациях.

Первая глава диссертационной работы «Обзор литературы» содержит описание нелинейно-оптических эффектов второго и третьего порядка (генерация второй гармоники, возбуждение двух- и трехфотонной люминесценции, самовоздействие света).. Приведено описание основных типов резонаторных мод (мод шепчущей галереи (МШГ), Фабри-Перо, квази-МШГ), возбуждаемых в микроструктурах различной формы и их связанных системах, и введены их основные параметры.

Во второй главе приводятся результаты исследования усиления нелинейно-оптических эффектов и экспериментов по возбуждению резонаторных мод в спектрах многофотонной люминесценции в аксиально симметричных микрорезонаторах (в виде сфер и усеченных конусов с характерным размером от 2 до 12 мкм), полученных методом самоорганизации на основе красителя DCM и вещества «бинол», молекулы которого являются хиральными. Эксперименты выполнены методом нелинейно-оптической микроскопии, для которого область

лазерного возбуждения структур составляет менее одного микрометра. В данной главе также представлено описание использованных в работе экспериментальных установок. Показано, что в микроструктурах возбуждаются МШГ с добротностью до 300 с локализацией излучения преимущественно в области вблизи поверхности. Выполненные методом FDTD численные расчеты распределения электромагнитного поля также подтверждают наблюдение МШГ в структурах. Показано, что наибольшая видность МШГ в спектре двухфотонной люминесценции достигается в случае возбуждения структуры вблизи ее края. Обнаружено усиление эффекта нелинейного поглощения и величины рассеянного нелинейного сигнала в массивах микрорезонаторов по сравнению с неструктурированной тонкой пленкой той же массовой толщины; данный факт связан с локализацией электромагнитного поля в резонансных условиях. Продemonстрирован эффект нелинейного кругового дихроизма в одиночных микрорезонаторах на основе хиральных молекул и их массивах.

Третья глава посвящена изучению резонансных эффектов в спектре рассеянного нелинейного сигнала в органических микрокристаллах. Методом нелинейно-оптической микроскопии, изучено волноводное распространение нелинейного сигнала (двух- и трехфотонной люминесценции, второй гармоники) в микростержнях прямоугольного сечения из вещества «бинол» и показано, что возбужденное в микроструктурах излучение распространяется вдоль микростержня с показателем затухания около 0.1-0.2 дБ/мкм. Продemonстрирована возможность управления параметрами волноводного распространения с помощью эффекта нелинейного кругового дихроизма.

В третьей главе также описаны эксперименты по возбуждению резонаторных квази-МШГ в спектрах двухфотонной люминесценции микрокристаллов в виде призм квадратного и ромбовидного сечением с длиной стороны до 11 мкм на основе «перилена». Для данных микроструктур продemonстрировано, что добротность мод достигает 500. Определены и изучены зависимости параметров резонаторных мод, распределение электромагнитного поля и нелинейного сигнала для резонансов данного типа. Также в данной главе приведены результаты исследования нелинейно-оптического отклика микрорезонаторов в виде правильных октаэдров с длиной ребра до 20 мкм на основе сегнетоэлектрического материала UON1. Для данных микроструктур показана возможность возбуждения резонаторных мод (МШГ и мод «галстук-бабочка») с добротностью до 1000 в спектре второй гармоники при импульсном и непрерывном возбуждении.

В четвертой главе приводятся результаты исследования влияния эффекта фотовыцветания на характеристики нелинейно-оптического отклика и методов управления резонансным спектром органических микроструктур. Представлена феноменологическая модель, описывающая пороговое изменение наклона зависимости сигнала k -фотонного процесса от интенсивности накачки в двойном логарифмическом масштабе при наличии в среде интенсивного фотовыцветания.

Также в данной главе продемонстрировано управление резонансным спектром двух микросфер (на расстоянии порядка 100 нм) по сравнению со спектрами изолированных микросфер с помощью расщепления мод в системе связанных резонаторов.

Важным результатом является демонстрация смещения спектрального положения резонаторных мод, возбуждаемых в спектре второй гармоники, за счет эффекта электрострикции.

В конце диссертационной работы приведено заключение, где представлены основные результаты.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, логично структурирована. Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов не вызывают сомнений; результаты, полученные Митетелю Н.В., составили основу 8 статей в рейтинговых научных журналах, входящих в базы данных Web of Science, Scopus, RSCI и Перечень изданий МГУ. Полученные результаты являются оригинальными, представляют интерес как с научной, так и с прикладной точек зрения. В автореферате также отражено основное содержание диссертации.

В то же время, к тексту диссертационной работы есть ряд вопросов.

1. В диссертационной работе рассмотрены разные виды микрорезонаторов на основе органических веществ, в которых за счет нелинейного оптического взаимодействия могут возбуждаться резонаторные моды. Каков основной механизм затухания этих мод? Есть ли возможность повысить их добротность, даже в случае структур относительно малых размеров (до 20 мкм)? Какому числу обходов структуры они соответствуют?
2. В микросферах и микростержнях на основе бинола относительная эффективность генерации второй гармоники (по сравнению с интенсивностью двухфотонной фотолюминесценции) существенно различна; с чем это связано? В тексте соответствующие комментарии не приведены.
3. Насколько однозначный результат дает использованный в работе метод выявления резонаторных мод в спектрах рассеянного нелинейного сигнала?

Вместе с тем, приведенные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и не умаляют значимости основных полученных в ней результатов.

Диссертация «Нелинейно-оптическая спектроскопия микрорезонаторов на основе органических материалов» соответствует паспорту специальности 01.04.21 – «Лазерная физика» (по физико-математическим наукам) и всем требованиям к кандидатским диссертациям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., редакция от 29.05.2017 №650, а также критериям, определенным пп.

2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а ее автор – Митетело Николай Викторович – заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, доцент
Профессор кафедры физики колебаний
физического факультета МГУ им.
М.В. Ломоносова

«28» 04 2022 г.

Биленко И.А

119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
Тел. +7 (495) 939-40-34, E-mail: igorbilenko@phys.msu.ru

Подпись Биленко Игоря Антоновича удостоверяю
Ученый секретарь

/Караваяев В.А