

Материалы секции
ФОТОНИКА И КВАНТОВЫЕ
ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



22-27 апреля 2018
НОВОСИБИРСК

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МНСК-2018

ФОТОНИКА И КВАНТОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы
56-й международной научной студенческой конференции

22–27 апреля 2018 г.

Новосибирск
2018

УДК 535
ББК 22.34я431
Ф 81

Научные руководители секции —
академик РАН С. Н. Багаев
академик РАН А. М. Шалагин

Председатель секции — д-р физ.-мат. наук, доцент С. М. Кобцев

Ответственный секретарь секции — канд. физ.-мат. наук А. В. Иваненко

Экспертный совет секции:
д-р физ.-мат. наук, профессор Е. В. Бакланов
д-р техн. наук В. П. Корольков
канд. физ.-мат. наук, доцент Б. Н. Ньюшков
чл.-корр. РАН И. И. Рябцев
чл.-корр. РАН, профессор М. П. Федорук
д-р физ.-мат. наук, профессор П. Л. Чаповский
д-р физ.-мат. наук Д. В. Чуркин

Ф 81 Фотоника и квантовые оптические технологии: Материалы
56-й Междунар. науч. студ. конф. 22–27 апреля 2018 г. / Новосиб. гос.
ун-т. — Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. — 36 с.

ISBN 978-5-4437-0747-1

УДК 535
ББК 22.34я431

ISBN 978-5-4437-0747-1

© СО РАН, 2018
© Новосибирский государственный
университет, 2018

NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ISSC–2018

PHOTONICS AND QUANTUM OPTICAL TECHNOLOGIES

Proceedings
of the 56th International Students Scientific Conference

April, 22–27, 2018

Novosibirsk
2018

УДК 535
ББК 22.34я431
Ф 81

Section scientific supervisors:
Acad. of the RAS S. N. Bagaev
Acad. of the RAS A. M. Shalagin

Section head — Dr. of Phys.&Math. Sciences, Assoc. Prof. S. M. Kobtsev

Responsible secretary — Cand. Phys.&Math. Sciences,
Assoc. A. V. Ivanenko

Section scientific committee
Dr. of Phys.&Math. Sciences, Prof. E. V. Baklanov
Dr. of Engineering Sciences V. P. Korolkov
Cand. Phys.&Math. Sciences, Assoc. Prof. B. N. Nyushkov
Corresponding Member of RAS I. I. Ryabtsev
Corresponding Member of RAS, Prof. M. P. Fedoruk
Dr. of Phys.&Math. Sciences, Prof. P. L. Chapovsky
Dr. of Phys.&Math. Sciences D. V. Churkin

Ф 81 Photonics and Quantum Optical Technologies : Proceedings of the
56th International Students Scientific Conference / Novosibirsk State
University. — Novosibirsk : IPC NSU, 2018. — 36 p.

ISBN 978-5-4437-0747-1

УДК 535
ББК 22.34я431

ISBN 978-5-4437-0747-1

© SB RAS, 2018
© Novosibirsk State University, 2018

Подавление полевого сдвига резонанса КПП при возбуждении боковыми спектральными компонентами высокого порядка

В. А. Андриюшков, Т. С. Стещенко, И. Д. Попков
Новосибирский государственный университет

В данной работе впервые были исследованы свойства полевого сдвига двухфотонного резонанса когерентного пленения населённости (КПП) при его возбуждении спектральными компонентами излучения диодного лазера, которое модулировалось на частотах, равных $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$, $1/6$ от частоты сверхтонкого расщепления основного состояния атомов.

Резонанс КПП применяется в качестве частотного дискриминатора в миниатюрных атомных стандартах частоты (АСЧ) [1], используемых в мобильных системах навигации и связи. Одной из актуальных задач в данной области является снижение энергопотребления АСЧ при сохранении его стабильности. Одним из методов снижения энергопотребления является уменьшение рабочих частот СВЧ тракта АСЧ путем использования дробных частот по отношению к резонансной частоте. В этом случае в спектре излучения лазера возникают дополнительные компоненты, которые вызывают полевой сдвиг резонанса. Так как полевой сдвиг переносит любую неустойчивость лазерного излучения в нестабильность АСЧ, то важной задачей является подавление полевого сдвига.

В работе была исследована зависимость полевого сдвига резонанса КПП от мощности СВЧ сигнала в парах ^{87}Rb с частотой сверхтонкого расщепления основного состояния атома рубидия $\nu_{\text{hfs}} = 6,8$ ГГц. Модуляция лазерного излучения осуществлялась на дробных частотах $\nu_{\text{RF}} = \nu_{\text{hfs}}/n$, где $n = 2 - 6$. Впервые было экспериментально продемонстрировано полное подавление полевого сдвига при $n = 3 - 5$. Так же была измерена девиация Аллана для АСЧ при $n = 2 - 6$. Выявлено увеличение нестабильности в 2,4 раза при увеличении n с $n = 2$ до $n = 5$, при этом мощность СВЧ сигнала уменьшалась в 2,5 раза.

Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что полевой сдвиг резонанса КПП в АСЧ можно полностью подавить при модуляции излучения лазера на дробных частотах, использование которых позволяет снизить энергопотребление стандарта частоты. Однако уменьшение частоты модуляции ведёт к уменьшению контраста резонанса КПП и к увеличению нестабильности АСЧ.

1. *Vanier J.* Atomic clocks based on coherent population trapping: a review // *Applied Physics B.* 2005. Т. 81. №. 4. С. 421–442. MLA

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук С. М. Кобцев

**Моделирование распространения сигналов
в оптических волоконных линиях связи**

С. А. Богданов

Новосибирский государственный университет

Постоянный рост объемов передачи данных по оптическим каналам много лет обеспечивался ростом скорости передачи информации, путем повышения частоты модуляции. В настоящее время эта частота достигла терагерцового диапазона, где становятся существенными дисперсионные и нелинейные искажения. Для устранения нелинейно-дисперсионных искажений сигнала был предложен способ «back propagation», т. е. восстановление исходного сигнала путем численного решения «назад» по линии уравнения, описывающего эволюцию огибающей поля в оптическом волокне. Это уравнение (в скалярном случае) оказалось нелинейным уравнением Шредингера (НУШ), для решения которого существует ряд численных методов, в частности Split Step Fourier Method (SSFM). Однако SSFM и другие численные методы, основанные на разностной аппроксимации НУШ, оказались недостаточно эффективны для практических приложений. Более эффективный способ решения предлагает метод обратной задачи рассеяния (ОЗР). Для этого метода совсем недавно в институте автоматизации и электрометрии были разработаны быстрые алгоритмы решения прямой и обратной задач рассеяния, основанные на теплицевой симметрии алгебраизованной системы интегральных уравнений Гельфанда — Левитана — Марченко.

В данной работе впервые для задачи передачи информации по оптической линии проводится сравнение численных решений НУШ, полученных методом SSFM и методом, основанным на решении прямой и обратной задач рассеяния, для случая нормальной дисперсии. Исследуются пределы применимости и ограничения ОЗР-метода, возникающие из-за плохой обусловленности обратных задач. В результате расчетов продемонстрирована возможность ОЗР-алгоритма описывать распространения пакетов данных объемом 1000 и более бит на расстояния 200 км и 2000 км с отношением мощности сигнала к мощности шума (SNR): 40, 20, 10.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук Л. Л. Фрумин

Исследование терагерцовых локализованных поверхностных плазмонов на гофрированных металлических дисках

В. В. Булгакова

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск

За последние десятилетия развитие технологий привело к возможности создания структур с субволновыми размерами, что позволяет управлять характеристиками оптического излучения на пространственных масштабах, меньших длины волны света. Прикладной интерес к субволновым поверхностям обусловлен возможностью их применения для создания новых типов биологических сенсоров, обладающих высокой чувствительностью и малыми временами отклика. Электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль плоских металл-диэлектрических поверхностей, носят название поверхностных плазмонов (ПП). ПП могут поддерживаться и поверхностями со структурами, размер которых меньше длины волны возбуждающего света, которые в отличие от классических поверхностных волн не распространяются, поэтому их резонансное возбуждение получило название локализованный поверхностный плазмонный резонанс (ЛППР). В видимом и среднем ИК диапазонах поверхностные плазмоны достаточно хорошо изучены, однако в терагерцовом (ТГц) диапазоне, к которому относят частоты 0,3–20 ТГц, ПП изучены далеко не полностью из-за отсутствия до недавнего времени источников и приемников этого излучения. Однако данный диапазон интересен тем, что в нем лежат линии поглощения как простых, так и сложных биологических молекул (таких как белки, ДНК и т. д.). Разработка подходящих методов и устройств в ТГц диапазоне позволит более полно исследовать их свойства и строение.

В данной работе для исследования ТГц ЛППР была выбрана геометрия гофрированного металлического диска в соединении с С-образным резонатором. С-образный резонатор вносил асимметрию в геометрию для возбуждения высоких (мультипольных) резонансных мод. Было проведено исследование локализованных поверхностных плазмонных резонансов на гофрированных дисках в соединении с С-образным резонатором с помощью компьютерного моделирования в пакете CST Microwave studio. Были найдены и проанализированы параметры структур, необходимые для возбуждения резонансов в терагерцовом диапазоне.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук В. В. Герасимов

Разработка устройства синхронизации зрительных потенциалов

Д. А. Буянов, Я. И. Гиблов

Национальный исследовательский университет МИЭТ

Зрительно вызванные потенциалы (ЗВП) — электрофизиологический метод исследования, тестирующий макулярное зрение. Для стимуляции часто используется последовательно сменяющиеся кадры шахматного паттерна на электронно-лучевом (ЭЛТ) или жидкокристаллическом активно-матричном (ЖКИ) мониторе. Метод ЗВП используется для дифференциальной диагностики рассеянного склероза, диабета, окулярной гипертензии. ЗВП является одним из самых эффективных методов оценки функциональных состояний зрительного органа чувств.

Существующие аналоги не в полной мере удовлетворяют потребности пользователя: вследствие большого разнообразия производителей мониторов и уникальной пользовательской настройки монитора их сила света варьируется в широком диапазоне, что влечет за собой необходимость ручной калибровки и отладки устройства под конкретный монитор.

В результате проведенного исследования потребностей рынка был сформирован ряд требований к устройству и определена цель работы. Целью работы является разработка фотометрического датчика для использования в составе систем, требующих синхронизации представления видеоизображений на экране ЭЛТ и ЖКИ с электроэнцефалограммой, электрокардиограммой и другими биологическими сигналами. Найденным решением является датчик синхронизации с автоматической калибровкой. Современный микроконтроллер, встроенный в датчик, позволяет отказаться от ручной отладки и калибровки. Используя программируемую логику, датчик способен адаптироваться под индивидуальные настройки монитора. Устройство работает со всеми моделями ЭКИ и ЭЛТ, представленными на рынке. Датчик будет интересен офтальмологам и неврологам, использующим ЗВП для клинических исследований.

Помимо автоматической калибровки логических уровней датчик имеет высокую помехозащищенность, заключен в миниатюрный корпус с возможностью многократного использования на поверхности монитора.

В рамках реализации проекта изготовлен прототип печатной платы, реализующий требования к аппаратной составляющей устройства. Проведены функциональные тесты, подтверждающие выполнимость заложенных технических требований.

Научный руководитель — канд. техн. наук, доцент А. Р. Федоров

**Расчет плазмонного резонанса
в квазистатическом приближении**

А. Е. Веревкин

Новосибирский государственный университет

В настоящее время плазмоны — поверхностные электромагнитные волны на границе металла и диэлектрика — нашли применение в различных областях физики: в оптике, биофизике, электронике. При рассеянии волны на наночастицах возбуждается плазмон, что приводит к значительному локальному усилению электромагнитного поля, которое затем можно использовать.

Цель данной работы состоит в нахождении аналитического решения уравнений Максвелла для рассеяния электромагнитной волны на двух параллельных цилиндрах. Если диаметры цилиндров и зазор между ними много меньше длины волны, можно в нулевом приближении перейти от уравнения Гельмгольца к уравнению Лапласа. Для выполнения граничных условий используется конформное преобразование плоскости, приводящее задачу к биполярной системе координат. Найдены решения для различных значений диэлектрической проницаемости и диаметров цилиндров. Получено аналитическое выражение для положения и формы плазмонного резонанса, когда один из цилиндров металлический.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук, проф. Д. А. Шапиро

Особенность люминесцентных и лазерных свойств кристалла Yb:YAG при температуре 77 К

А. М. Воликова

Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск

Одним из методов повышения эффективности мощных лазерных систем, основанных на твердотельных средах с редкоземельными ионами иттербия, является понижение их температуры до криогенных значений. Существует несколько причин, почему твердотельные лазеры нужно охлаждать значительно ниже комнатной температуры. Во-первых, в квази-трехуровневых лазерах заселенность нижних лазерных уровней резко падает при криогенных температурах 77–80 К, что приводит к значительно более низкому порогу генерации. Во-вторых, криогенное охлаждение позволяет значительно снизить термооптические эффекты при заданном уровне мощности.

Ранее была обнаружена особенность люминесцентных свойств в кристаллах алюмоиттриевого граната с примесью ионов иттербия ~20–25 ат. % при комнатной температуре. Целью данной работы является исследование данной особенности при температуре жидкого азота и её влияния на лазерные свойства активной среды.

В работе представлены результаты исследования люминесцентных характеристик кристаллов Yb:YAG при температуре 77 К в зависимости от концентрации ионов иттербия. Измерены спектры поглощения, излучения люминесценции и её время жизни. Проведена оценка влияния обнаруженной особенности при концентрации ионов иттербия ~20–25 ат. % на лазерные свойства среды.

1. *Воликова А. М.* Поиск особенностей спектроскопических свойств в кристалле YAG активированном ионами Yb. Материалы 55-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2017: Фотоника и квантовые оптические технологии / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2017. С. 10.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук Е. В. Пестряков

Исследование спектрального преобразования в волоконных лазерах при различных параметрах импульсной генерации

М. Д. Гервазиев

Новосибирский государственный университет

Волоконные импульсные лазеры с синхронизацией мод являются весьма гибкими лазерами по параметрам выходного излучения. Одной из особенностей таких лазеров является возможность получения двухмасштабных импульсов со стохастическим заполнением, которые обладают большей пиковой мощностью, чем одиночные при той же средней мощности, и большей эффективностью нелинейного преобразования. Нелинейное преобразование частоты при вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) значительно расширяет диапазон длин волн генерации волоконных лазеров. Особый интерес для биомедицинских приложений представляют источники излучения с высокой пиковой мощностью и относительно низкой средней на длине волны 1270 нм. Одним из методов получения ВКР генерации импульсного излучения является синхронная накачка при согласовании частоты следования импульсов накачки с фундаментальной частотой резонатора конвертера.

В данной работе предложена и исследована конструкция ВКР-конвертера с кольцевым резонатором с синхронной накачкой от задающего генератора с резонатором в виде восьмерки с перестраиваемой частотой следования импульсов в диапазоне 10,24–10,26 МГц (рис. 1).

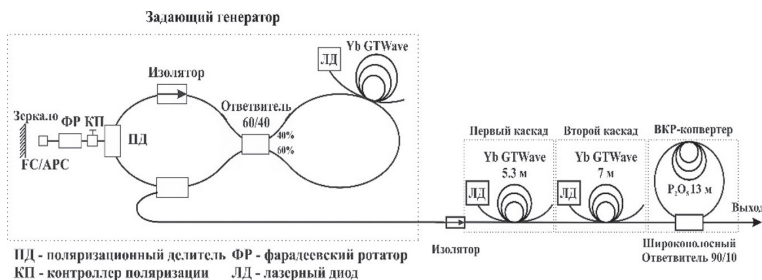


Рис. 1. Схема ВКР-лазера

Для плавного изменения частоты следования импульсов задающего генератора в конструкции лазера было установлено объёмное зеркало на прецизионной подвижке, что позволяло менять длину резонатора на ± 5 см

без срыва режима синхронизации мод. Задающий лазер генерировал двухмасштабные импульсы длительностью 32 пс и мощностью 30 мВт. Далее эти импульсы усиливались до 1,3 Вт, а после проходили через ВКР-конвертер на основе волокна легированного P2O5. На выходе ВКР-конвертера степень когерентности преобразованного импульса оставалась такой же, как и у импульса накачки. Отстройка частоты задающего генератора позволяла уменьшить длительность огибающей автокорреляционной функции стоксового излучения со 180 пс до 88 пс (рис. 2, а), при этом мощность на длине волны 1270 нм составляла 510 мВт. При максимальном согласовании частоты следования импульсов задающего генератора и ВКР-конвертера относительная эффективность перекачки в излучение 1270 нм составила 47 %. При этом средняя мощность стоксового излучения на длине волны 1270 нм составила 646 мВт при частоте следования импульсов накачки 10,2521 МГц (рис. 2, б).

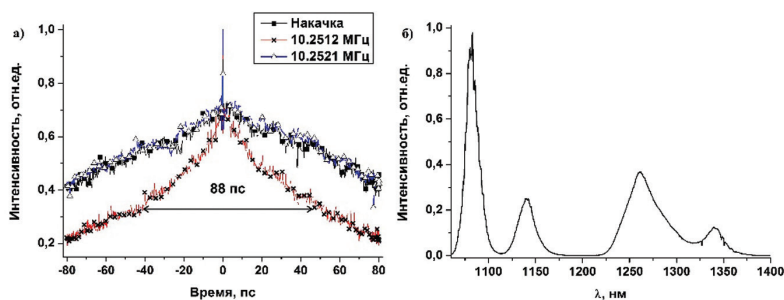


Рис. 2. а — автокорреляционные функции накачки и преобразованных импульсов при отстройке частоты, б — оптический спектр выходного излучения при частоте следования импульсов накачки 10,2521 МГц

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук А. В. Иваненко

**Изучение эффекта самоочистки импульсного лазерного излучения
в многомодовом оптическом световоде с градиентным профилем
показателя преломления**

В. А. Гонга

Новосибирский государственный университет
Институт автоматике и электротметрии СО РАН

В последнее время существенно возрос интерес к многомодовым волокнам. Недавно был открыт эффект так называемой «самоочистки пучка» в многомодовом оптическом волокне с градиентным профилем показателя преломления (GRIN MMF — gradient-index multimode fiber), имеющий фундаментальное значение. Природа возникновения эффекта обусловлена сложной пространственно-временной динамикой мощного лазерного излучения в градиентном волокне и его влиянием на показатель преломления. В результате образуется стабильный (к внешнему воздействию на волокно) режим распространения, близкий к одномодовому.

В работе исследовались условия возникновения эффекта самоочистки для лазерных импульсов с пиковыми мощностями от 0,2 кВт. В эксперименте использовались GRIN MMF с диаметрами сердцевины 62,5 и 100 мкм, а излучение заводилось под разными углами к торцу волокна. Выходные параметры излучения (форма пучка, спектр и мощность) изучались в зависимости от мощности входного излучения.

Установлено, что стабильность эффекта сильно зависит от соотношения между диаметром сердцевины волокна и размером падающего пучка. В случае малого размера пучка возбуждается единственная основная мода, что уже является одномодовым режимом. В случае же большого размера возбуждается слишком много мод высших порядков, и выходное излучение имеет ярко выраженную спекл-структуру. При оптимальном соотношении эффект наблюдается при пиковых мощностях от 2 кВт и больше, но начиная с 6 кВт, в спектре появляется пик ВКР (вынужденное комбинационное рассеяние), которое ограничивает энергию основного импульса. Стабильность эффекта сильно падает с увеличением угла падения излучения на торец волокна вплоть до отсутствия эффекта.

В работе была исследована стабильность эффекта самоочистки пучка в GRIN MMF от начальных условий. Эффект очень чувствителен как к углу падения, так и к размеру падающего пучка. Детали этого анализа будут представлены на конференции.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук. Д. С. Харенко

**Оценка возможности применения
ультрафиолетового излучения в оптической локации**

В. В. Добрынченко

Новосибирский государственный технический университет

В данной работе затрагивается тема возможности применения УФ излучения в оптической локации. Чтобы провести оценку такой возможности, были произведены сбор и анализ материалов, затрагивающих проведение локации местности в УФ диапазоне длин волн. Особое внимание было уделено рассмотрению факторов, ослабляющих УФ излучение в слоях земной атмосферы. Теоретический анализ показал, что применение УФ излучения является перспективным ввиду своих преимуществ над другими видами излучения (видимое, ИК), применяемыми в оптической локации, однако тематика данной работы мало изучена и требует более тщательных исследований.

1. *Мосин О. В.* Поглощение солнечного излучения атмосферой и гидросферой Земли и происхождение жизни.

2. *Белов М. Л., Городничев В. А., Пашенина О. Е.* Сравнительный анализ мощности входных сигналов лазерных систем локации и видения ультрафиолетового диапазона.

3. *Захакуев З. Т.* Исследование прозрачности атмосферы в горных условиях в ультрафиолетовом диапазоне электромагнитных волн.

4. *Городничев В. А., Пашенина О. Е., Белов М. Л.* и др. Оценка дальности обнаружения систем лазерной локации УФ спектрального диапазона.

Научный руководитель — д-р техн. наук, доцент В. Н. Легкий

Определение величины затухания оптического волокна при воздействии различных доз ионизирующего излучения

К. В. Заичко

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Важнейшей характеристикой оптических волокон (ОВ), используемых в космических аппаратах (КА) с длительным сроком работы, является оптические потери.

Для определения величины затухания в ОВ при воздействии больших доз ионизирующего излучения (30, 300 и 600 Мрад) проведем аппроксимацию экспериментальных данных источника [1] выражением

$$a = a_1 \cdot (1 - e^{-b_1 \cdot t}) + a_2 \cdot (1 - e^{-b_2 \cdot t}) - a_3 \cdot (1 - e^{-b_3 \cdot t}), \quad (1)$$

где $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ — коэффициенты аппроксимации, учитывающие три механизма радиационного наведенного поглощения.

Быстрый рост концентрации радиационных центров окраски (РЦО) обусловлен несколькими факторами.

Во-первых, число ловушек, ещё не заполненных носителями зарядов, постепенно уменьшается.

Во-вторых, такую конкуренцию незаполненным ловушкам начинают оказывать уже возникшие центры окраски [2].

Для описания затухания введем весовые коэффициенты пропорциональности, показывающие вклад каждого из процессов изменения концентрации РЦО в затухание (n_1, n_2, n_3).

Тогда уравнение, описывающее радиационно-наведенное поглощение, примет следующий вид:

$$a_{\text{теор.}} = n_1 \cdot (1 - e^{-b_1 \cdot t}) + n_2 \cdot (1 - e^{-b_2 \cdot t}) - n_3 \cdot (1 - e^{-b_3 \cdot t}). \quad (2)$$

При заданных дозах затухание в ОВ стационарно и составляет 9,329 дБ/км. Приведенные расчетные значения затухания получены для условий испытания ОВ в экспериментальной установке, аналогичной приведенной в [1]. В условиях космического пространства накапливаются в элементах КА в течение 15 лет его работы.

1. Долгов И. И., Иванов Г. А., Чаморовский Ю. К., Яковлев М. Я. Радиационно-стойкие одномодовые оптические волокна с кварцевой сердцевиной // Спецвыпуск «Фотон-экспресс». Наука, 2005. № 6. С. 8–10.

2. *Арбузов В. И.* Основы радиационного оптического материаловедения. Учебное пособие. СПб : СПбГУИТМО, 2008. 284 С.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук, проф. С. Н. Шارانгович

Светоиндуцированная термодиффузия в двухкомпонентной жидкости

Г. Д. Иванова

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск

Оптические методы диагностики материалов, основанные на различных механизмах светоиндуцированной модуляции оптических констант среды, широко известны. Например, метод тепловой линзы используется в термооптической спектрометрии, в оптической диагностике материалов. В жидких двухкомпонентных средах термолинзовый отклик имеет свои особенности, поскольку кроме обычного теплового отклика, связанного с тепловым расширением среды, здесь могут возникать концентрационные потоки, обусловленные явлением термодиффузии (эффекта Соре).

Целью данной работы является теоретический анализ термодиффузионного вклада в формирование линзы в двухкомпонентной среде под действием пучка излучения с равномерным профилем интенсивности в ограниченной кювете.

Рассмотрена двухлучевая термолинзовая схема, в которой на кювету с двухкомпонентной средой (наножидкостью) падает опорный пучок с равномерным профилем интенсивности, формирующий температурное поле. Образованная в среде линза тестируется сигнальным гауссовым пучком с другой длиной волны. Для определения величины термодиффузионной линзы рассмотрена система балансных уравнений, включающая уравнения теплопереноса и диффузии.

Учитывая значительное (на два-три порядка величины) различие времен релаксации температуры и концентрации дисперсной фазы, решается сначала стационарное уравнение теплопереноса. Полученное решение используется при анализе нестационарной диффузии.

Для расчета термолинзового сигнала использовано выражение для линзовой прозрачности кюветы.

Таким образом, в работе получено выражение для термолинзового отклика двухкомпонентной среды с учетом эффекта, обусловленного термодиффузией. Показано, что термодиффузионный вклад может быть сравним по величине с обычным тепловым откликом, связанным с тепловым расширением жидкости, для непрерывных режимов опорного излучения или режима накопления импульсов.

Результаты представляют интерес для термолинзовой спектрометрии, а также оптической диагностики многокомпонентных сред.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук, проф. В. И. Крылов

**Система сбора и анализа данных для датчика изгибных деформаций
на основе многосердцевинного волоконного световода**

М. Ю. Котюшев

Новосибирский государственный университет

Оптические датчики на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР) являются одним из важнейших приложений волоконной оптики. Такие датчики обладают рядом уникальных свойств: малым размером, невосприимчивостью к электромагнитным полям, химической инертностью, устойчивостью к высокой температуре. При помощи оптических датчиков на основе ВБР может быть осуществлен мониторинг таких параметров, как температура, растяжение, изгиб, кручение, показатель преломления окружающей среды. Это позволяет находить им применение в таких областях как нефтедобыча, медицина, авиастроение, строительство.

Для работы с датчиками на основе ВБР используются специализированные системы опроса (интеррогаторы), которые включают в себя оптическую схему, позволяющую осуществлять передачу и регистрацию резонансных спектров ВБР-датчика, и электронный модуль, позволяющий производить обработку получаемой информации — цифровую обработку сигналов, извлечение полезных данных согласно теоретической модели датчика, пересчет показаний датчика согласно калибровочным характеристикам.

Данная работа посвящена созданию системы сбора и анализа данных для волоконно-оптического датчика изгибных деформаций на основе массива ВБР, записанного в многосердцевинном волокне. Программное обеспечение, разработанное в ходе выполнения данной работы, производит последовательную обработку данных, состоящую из следующих шагов: получение спектров ВБР из отдельных сердцевин оптического волокна, нахождение резонансных пиков ВБР и отслеживание их смещений, вычисление изгибов в отдельных точках волоконного световода, восстановление непрерывной формы участка волокна, содержащего массив ВБР.

Научный руководитель — А. А. Вольф

Исследование интенсивности излучения эксимерных молекул ХеСl* в импульсном индукционном разряде

В. С. Кугис

Новосибирский государственный технический университет
Институт лазерной физики СО РАН

Представлены результаты исследований интенсивности излучения эксимерных молекул ХеСl* в импульсном индукционном разряде при различных условиях накачки.

Для формирования импульсного индукционного разряда цилиндрического типа была разработана высоковольтная система, выполненная по схеме Блюмляйна. В качестве лазерного излучателя использовалась керамическая трубка диаметром 40 мм с намотанным на неё индуктором, состоящим из 20 медных шин с сечением $0,5 \times 5$ мм², подключенных параллельно. В качестве активной среды использовались двух- и трёхкомпонентные смеси Хе-НСl(BCl₃) и Не(Не)-Хе-НСl.

В экспериментах максимальная интенсивность излучения эксимерных молекул ХеСl* наблюдалась в смеси Хе:НСl — 80:1 при давлении смеси $p = 30$ торр, а в смеси Хе:BCl₃ — 80:1 при давлении $p = 7$ торр. Сравнительный анализ полученных данных показал, что интенсивность излучения молекул ХеСl* выше в смесях Хе-НСl, чем в смесях Хе-BCl₃, что может свидетельствовать о большей эффективности образования эксимерных молекул с НСl, поэтому дальнейшие эксперименты были проведены со смесями Хе с данным галогеноносителем.

Проводились эксперименты по влиянию буферного газа на интенсивность излучения молекул ХеСl*. Эксперименты показали, что использование для этой цели неона является более эффективным в сравнении с гелием. Разбавление смеси Хе-НСl (использовалось близкое к оптимальному соотношение Хе-НСl — 60:1) неоном позволило увеличить интенсивность в области 308 нм в 2 раза по сравнению с максимальной интенсивностью этого же излучения в двухкомпонентной смеси.

Исследование спектрального состава спонтанного излучения двух- и трехкомпонентных вышеупомянутых смесей показало, что при добавлении буферного газа интенсивность излучения атомов и ионов Хе, Н, Сl сильно снижалась, при этом значительно увеличивалась интенсивность излучения на длине волны 308 нм. Можно предположить, что добавление буферного газа Не к смеси Хе-НСl приводит к изменению кинетики процессов образования молекул ХеСl*.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук Д. С. Чуркин

**Усиление импульсов в мощном диодно-накачиваемом усилителе
высокоинтенсивной лазерной системы**

Г. В. Купцов

Новосибирский государственный университет
Институт лазерной физики СО РАН

Актуальным направлением исследований в области лазерной физики является разработка и совершенствование лазерных систем, генерирующих импульсы с одновременно высокой пиковой и средней мощностью

В Институте лазерной физики СО РАН (Новосибирск) разрабатывается источник импульсов с одновременно высокой пиковой и средней мощностью. Источник создаётся на основе масштабируемой полностью твердотельной диодно-накачиваемой высокоинтенсивной лазерной системы, работающей с высокой частотой повторения [1–3]. В систему входит мультидисковый многопроходный усилитель с безжидкостным замкнутым циклом криогенного охлаждения, основанный на диффузионно сваренных кристаллах YAG-Yb:YAG (10 ат. %). Многопроходный усилитель разработан для получения импульсов с энергией > 300 мДж при инъекции импульсов с энергией 10 мДж.

Проведена оптимизация мультидискового многопроходного усилителя с безжидкостным замкнутым циклом криогенного охлаждения. Получено усиление сигнала с коэффициентом до 1,2 на проход через активный элемент. Измерена зависимость энергии импульса от количества проходов через активный элемент при различных температурах активного элемента.

Работы поддержаны программами Президиума РАН «Экстремальные световые поля и их взаимодействие с веществом» и СО РАН.

1. *Petrov V. A., Kuptsov G. V., Petrov V. V., Kirpichnikov A. V., Laptev A. V., Pestryakov E. V.* The modeling of thermal fields in high power multi-disk cryogenic laser amplifier // AIP Conference Proceedings. 2017. 1893. 030121.

2. *Petrov V. A., Kuptsov G. V., Petrov V. V., Kirpichnikov A. V., Laptev A. V., Pestryakov E. V.* The optimization of the multidisk cryogenic amplifier of high intensity laser system operating at high repetition rate // Quantum Electronics. 2018. (in press)

3. *Petrov V. A., Kuptsov G. V., Petrov V. V., Kirpichnikov A. V., Laptev A. V., Pestryakov E. V.* The evolution of cryogenically cooled pump channel of high-intensity laser system with 1 kHz repetition rate Proceedings of SPIE. 2018. (in press)

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук В. В. Петров

Самофокусировка излучения в наносuspензии

О. О. Овсейчук

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
Хабаровск

Самофокусировка (дефокусировка) светового пучка в нелинейной среде является хорошо изученным нелинейным эффектом в однокомпонентных средах. В двухкомпонентных жидкостях (бинарных смесях, микроэмульсиях) существует дополнительный вклад в нелинейный механизм среды, который обеспечивают электрострикционные силы. Такая оптическая нелинейность исследовалась экспериментально в наносuspензиях и микроэмульсиях. Теоретический анализ данной нелинейности обычно ограничен случаем малых интенсивностей излучения.

Цель данной работы — анализ режима самофокусировки гауссова пучка в прозрачной наносuspензии за счет электрострикционной нелинейности при высоких интенсивностях излучения.

Для строгого описания эффекта самофокусировки привлекают теорию нелинейной дифракции. В этом случае самофокусировка описывается параболическим уравнением, в котором учитываются наведенная пучком неоднородность среды через нелинейную добавку к показателю преломления и дифракция волнового пучка.

При критической мощности пучка поперечный радиус пучка не меняется с расстоянием: возникает волноводное распространение пучка (пространственный солитон), а при большей мощности происходит самофокусировка. При этом величина критической мощности определяется коэффициентом кубичной нелинейности (для малых интенсивностей излучения). В случае больших интенсивностей излучения изменение концентрации наночастиц становится сравнимым с начальной концентрацией и уже не прямо пропорционально интенсивности, т. е. нелинейный отклик не является кубичным. Результат проведенного анализа показывает, что концентрация экспоненциально зависит от интенсивности излучения (в отличие от малых интенсивностей, когда изменение концентрации прямо пропорционально интенсивности).

Расчет показывает резкое уменьшение критической мощности самофокусировки для больших интенсивностей излучения. Таким образом, данная область параметров оказывается более удобной для экспериментальной реализации режима самофокусировки.

Научный руководитель — д-р. физ.-мат. наук., проф. В. И. Иванов

**Модуляция гребенчатого спектра оптического излучения
в интерференционно-поляризационных фильтрах**

А. В. Попова

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск

Интерференционно-поляризационные фильтры (ИПФ) представляют собой оптические приборы, способные выделять очень узкие полосы пропускания за счет интерференции поляризованных лучей. Впервые ИПФ был предложен Вудом в 1904 г. для выделения одной из компонент спектра желтого дублета натрия.

Развитием идеи применения фильтра Вуда является фильтр Лио — Эмана, фильтры Шольца, преобразователи на эффектах Керра и Фарадея. После прохождения этих фильтров спектр исходного излучения принимает периодический характер из полос равной ширины с различной добротностью. В области астрофизических исследований разработаны конструкции ИПФ, способные выделять узкополосную заданную линию до 0,05 нм даже из широкополосного солнечного спектра.

Основными двумя методами математического моделирования влияния ИПФ на спектр проходящего излучения является метод матриц Джонса и метод непосредственных алгебраических преобразований. Влияние каждого элемента описывается базовым физическим уравнением или матрицей, и действие целостной структуры рассматривается как компиляция отдельных влияний.

Визуализацию результатов непосредственной математической модели удобно представить в виде готовой программы, которая позволяет оценить и предсказать поведение разработанного ИПФ в необходимом спектральном диапазоне в зависимости от первичных физических параметров.

Двулучепреломляющие нелинейные кристаллы обладают широкими окнами прозрачности. Экспериментальные исследования модуляции спектра и интенсивности проходящего излучения видимого диапазона позволят разрабатывать управляющие системы, влияющие напрямую на оптический сигнал без изменения его сущности. Также возможны перспективы использования ИПФ в системах передачи данных со спектральным разделением каналов.

Исследование инфракрасного спектра с помощью измерительных средств волоконной оптики и изменение спектральных характеристик излучения в зависимости от внешних влияний на оптическое волокно как среду передачи сигналов является важным направлением исследований.

Научные руководители — д-р физ.-мат. наук, проф. В. В. Криштоп,
канд. физ.-мат. наук, доцент П. С. Гончарова

Development of an optical observation system for EBW processes

V. V. Prokopets
Novosibirsk State Technical University

Electron-beam welding is a welding in which the energy source is the kinetic energy of electrons in an electron beam, which is formed by an electron gun.

The video surveillance system for EBW processes is considered in the work, which will allow to determine the thermal characteristics of various parts of the product during the formation of the seam, in order to control the power supply to the product.

The prototype of the surveillance system will consist of two color cameras with a dynamic range of about 60 dB with an antireflective lens. The image on the cameras will be separated by a film mirror and additionally attenuated by a neutral filter. According to calculations, this prototype will provide an image of the welding processes of copper, steel and aluminum.

Supervisor — O. N. Alyakrinsky

Многочастотный источник накачки КПН резонансов на основе полупроводникового лазера с внешним резонатором

К. Н. Савинов

Новосибирский государственный технический университет

Предложен и реализован метод получения многочастотного излучения в области оптических переходов для накачки КПН резонансов при ВЧ модуляции в полупроводниковом лазере с внешним резонатором, длина которого согласована с частотой часового перехода.

В настоящее время для накачки рубидиевых часов широко используются лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL), преимущество которых заключается в низком уровне потребления энергии и малых размерах, что позволяет эффективно модулировать спектр излучения этого лазера в широком интервале сверхвысоких частот, в том числе и на частоте часового перехода.

Использование полупроводниковых лазеров с внешним резонатором для накачки рубидиевой ячейки позволяет создать комбинированный стандарт частоты как в оптическом, так и в СВЧ диапазонах.

Ранее в полупроводниковом лазере был получен импульсный режим с межмодовой частотой 260 МГц, согласованной с длиной резонатора (~60 см), и шириной спектра $\sim 10^{-12}$ Гц, что на два порядка больше требуемой величины.

В настоящей работе предложен и реализован метод получения многочастотного излучения в области оптических переходов для накачки КПН резонансов при ВЧ модуляции в полупроводниковом лазере с внешним резонатором, длина которого согласована с частотой часового перехода.

При СВЧ модуляции боковые компоненты наблюдались в диапазоне частот модуляции от 3,35 ГГц до 3,68 ГГц, с максимумом на частоте 3,49 ГГц. Спектр излучения при ВЧ модуляции был исследован на частотах от 34 МГц до 102 МГц. Для всех частот компоненты спектра разделены межмодовым интервалом лазера и смещаются в низкочастотную область относительно несущей. Наблюдался порог около 3,5 дБм в зависимости амплитуд боковых составляющих от девиации ВЧ модуляции.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук, проф. А. К. Дмитриев

Широкополосный преобразователь поляризации субмиллиметрового диапазона на основе метаповерхности

А. Д. Саянский

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики

В настоящее время большое внимание ученых по всему миру направлено на исследования в области разработки недорогих, компактных и эффективных устройств для управления электромагнитным полем. Такие устройства имеют большое прикладное значение как для систем обработки оптической информации, так и в радиочастотных устройствах. В качестве примеров можно привести различные астрономические инструменты для наблюдения космических процессов в радио, терагерцовом и оптическом диапазонах. Среди важных компонент оптических устройств, равно как и квазиоптических устройств СВЧ и миллиметрового диапазона, можно выделить преобразователи поляризации. Они позволяют выделять линейную или круговую поляризацию (поляризационная чувствительность), менять тип поляризации (например, конверсия линейной поляризации в круговую и наоборот), поворачивать плоскость линейной поляризации. Главным недостатком классических устройств является то, что они используют распространение волн в объеме материала и принципиально не могут иметь субволновую (малую по отношению к длине волны) толщину. Указанные недостатки классических преобразователей поляризации определили современное направление в развитии темы: создание оптически тонких и по возможности изотропных устройств (работающих при любом состоянии линейной поляризации падающих волн). Речь идет о создании метаповерхностей, двумерных периодических структур с малыми (по отношению к длине волны) размерами элементарных ячеек и субволновой периодичностью как наиболее перспективных инструментов управления полем с точки зрения эффективности и практической реализуемости.

В рамках работы впервые был реализован и экспериментально исследован широкополосный преобразователь поляризации на основе самокомплементарной метаповерхности. Так, было продемонстрировано, что исследуемая метаповерхность осуществляет преобразование круговой поляризации в линейную в широкой полосе частот, при этом угол линейной поляризации зависит от частоты падающей электромагнитной волны.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук С. Б. Глыбовский

Использование одномодового конического лазера (tapered diode laser) в качестве источника накачки Yb:KYW лазера

А. В. Семенко

Институт лазерной физики СО РАН

Новосибирский государственный технический университет

Фемтосекундные синтезаторы частоты (ФСЧ) являются важнейшими блоками прецизионных лазерных систем. С их помощью решается проблема переноса частотных характеристик оптического стандарта в радиодиапазон. Для создания компактных ФСЧ на основе твердотельных лазеров наиболее перспективными являются кристаллы, активированные иттербием.

В работе [1] были представлены исследования иттербиевого лазера с накачкой излучателем LIMO25-F100-DL980 с многомодовым волоконным выходом. Для достижения максимальной эффективности и получения стабильного режима синхронизации мод многомодовый лазер LIMO был заменен одномодовым коническим лазером DBR TDL (Distributed bragg reflector tapered diode laser). DBR TDL лазер состоит из трех секций: секции пассивного распределенного Брэгговского отражателя, секции гребневого волновода и конической секции с углом конуса 6° . Общая длина резонатора составила 6 мм. Длина волны излучения лазера 981 нм, в центральной доле луча содержится $\sim 76\%$ мощности. Максимальная выходная мощность составила 6,5 Вт. Поскольку выходное излучение лазера имело размеры $\sim 400 \times 100$ мкм, излучение было сколлимировано по обеим осям асферической линзой с фокусным расстоянием 3,1 мм и цилиндрической линзой с фокусным расстоянием 30 мм.

В ходе работы были проведены исследования характеристик лазера и получены зависимости длины волны излучения от температуры диода и от тока, а также зависимость мощности лазера от тока. Для кристалла $\text{Yb}^{3+}:\text{KY}(\text{WO}_4)_2$ с концентрацией Yb 10 % были получены значения дифференциальной и полной оптической эффективности: $\eta_{\text{эфф}} = 62\%$ и $\eta_{\text{опт}} = 61\%$ (кристалл толщиной 1 мм); $\eta_{\text{эфф}} = 66\%$ и $\eta_{\text{опт}} = 60\%$ (для 1,5 мм кристалла). Получен режим синхронизации мод с использованием зеркала SESAM (semiconductor saturable absorber mirror).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 16-02-00639.

1. *Kuznetsov S. A., Pivtsov V. S., Semenko A. V., Bagayev S. N.* Highly efficient multimode diode-pumped Yb:KYW laser // *Journal of Physics: Conf. Series.* 2017. № 793. 012016.

Научные руководители — канд. физ.-мат. наук В. С. Пивцов, С. А. Кузнецов

**Вынужденное излучение атомов XeI в области 904 нм — 980 нм
при накачке импульсным индукционным продольным разрядом
трансформаторного типа**

И. А. Трунов*, Р. А. Ткаченко**

Институт лазерной физики СО РАН

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирский государственный университет

Представлены результаты экспериментальных исследований спектральных, временных и пространственных характеристик излучения атомов ксенона в импульсном индукционном продольном разряде трансформаторного типа.

В экспериментах использовалась высоковольтная система накачки, электрическая схема которой была выполненная по типу схемы Бломляйна, включающая в себя накопительные емкости и высоковольтный коммутатор — тиратрон серии ТПИ1-10/50. В качестве индукционного лазерного излучателя использовалась трубка-капилляр диаметром 3 мм, длиной 250 мм с обводным каналом диаметром 25 мм и установленным на нее набором медных изолированных проводов сечением 2,5 мм². Излучатель герметизировался плоскопараллельными пластинами из CaF₂, размещенными в юстировочных узлах. Резонатор был образован передней подложкой из CaF₂ и задним алюминиевым плоскопараллельным зеркалом.

При накачке ксенона импульсным индукционным продольным разрядом при давлениях около 10–15 торр в спектре наблюдались линии возбужденных нейтральных атомов и ионов ксенона в видимой и УФ области спектра. При снижении давления ксенона ниже 1 торр впервые в импульсном индукционном разряде наблюдалось вынужденное излучение на переходах нейтральных атомов Хе. Спектр излучения был представлен двумя линиями с длинами волн $\lambda_1 = 904,5$ нм и $\lambda_2 = 979,8$ нм. Исследования временных характеристик данного излучения показали, что его длительность на полувысоте может достигать 10 мкс. Целью наших дальнейших исследований является поиск условий достижения режима лазерной генерации в ИК области на переходах нейтральных атомов Хе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-02-00316.

Научные руководители — *д-р физ.-мат. наук, проф. А. М. Ражев,

**канд. физ.-мат. наук Д. С. Чуркин

Индукционный азотный лазер с длиной активной среды 1,3 м

Р. А. Ткаченко

Институт лазерной физики СО РАН
Новосибирский государственный университет

Представлены результаты исследований энергетических и временных характеристик излучения индукционного азотного лазера с большой длиной активной среды (1300 мм).

В экспериментах в качестве разрядной трубы использовалась труба, выполненная из керамики Al_2O_3 длиной 1600 мм с внешним и внутренним диаметром 49 и 40 мм соответственно. Данная трубка накачивалась двумя высоковольтными системами возбуждения, электрические схемы которых выполнены по типу схемы Блюмляйна и каждая из которых включала в себя накопительные емкости, заряжаемые от импульсного источника АЛЕ-152. Общий индуктор составлен из 48 секций по 24 на каждой схеме и выполнен из медных шин с сечением $1,5 \times 4,5$ см², включенных параллельно. Торцы трубки герметизировались плоскопараллельными пластинами из CaF_2 , размещенными в юстировочных узлах. В качестве высоковольтных коммутаторов использовались два тиратрона серии ТПИ1-10к/50.

Исследования энергетических и временных характеристик излучения индукционного азотного лазера проводились в зависимости от задержки срабатывания коммутаторов. Для этого производилось изменение задержки срабатывания одного коммутатора относительно другого, и одновременно измерялась величина энергии генерации, а также ее длительности. В экспериментах было обнаружено, что максимальная энергия генерации 2 мДж достигается при задержке около 10 нс между срабатываниями двух коммутаторов, причем раньше должен срабатывать тот, который ближе к заднему (глухому) зеркалу.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-02-00316.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук Д. С. Чуркин

Сравнение люминесцентных характеристик углеродных точек, легированных азотом и бором

А. Е. Томская

Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск

Углеродные точки (УТ) — это частицы нанометрового размера, которые имеют толщину из 1–4 графеновых слоев и обладают функциональными группами на поверхности и на краях. УТ демонстрируют уникальную фотолюминесценцию, которую можно контролировать несколькими путями. Во-первых, спектр излучения фотолюминесценции зависит от размера частиц и от преобладания частиц с конкретным размером. Во-вторых, легирование поверхности N-, B-, S- и Fe- атомами влияет не только на область излучения, но и повышает его интенсивность.

В работе продемонстрирован простой синтез двух типов УТ, легированных азотом и бором с помощью метода гидротермальной обработки. Азот и бор были выбраны для легирования для обеспечения УТ электронной и дырочной проводимостью, соответственно. Полученные УТ имеют кристаллическую структуру с поверхностью из функциональных групп (латеральные размеры варьируются в диапазоне ~5–30 нм). Наличие функциональных групп придает им яркую, стабильную люминесценцию и обеспечивают хорошую коллоидность и стабильность в воде. С уменьшением латерального размера чешуек и при окислении меняются люминесцентные свойства УТ: полоса излучения сужается и сдвигается в синюю сторону. Спектр фотолюминесценции (ФЛ) УТ зависит от длины волны возбуждения: при увеличении длины волны возбуждения спектр излучения смещается в красную сторону. Спектр УТ ФЛ, легированных бором, смещен в красную сторону относительно спектра ФЛ УТ, легированных азотом. Квантовый выход ФЛ для УТ, легированных бором, равен ~25,9 %, а для УТ, легированных азотом, равен ~13,9 %. Также проведен анализ роста УТ при вариации времени обработки, концентрации исходных реагентов и температуры для подбора УТ с оптимальными люминесцентными характеристиками.

Для применения УТ в различных приложениях фотоники необходимо получение одинаковых по латеральному размеру частиц УТ, фундаментальное понимание механизма их формирования, а также направленное пассивирование и/или функционализация поверхности для улучшения оптических свойств.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук С. А. Смагулова

Фильтр оптического излучения на основе резонатора мод шепчущей галереи на волоконном световоде

С. С. Фаст

Новосибирский государственный университет

Фотоника мод шепчущей галереи (МШГ) — электромагнитных волн, распространяющихся вдоль замкнутой границы раздела двух сред, — позволяет создавать микроскопические оптические элементы на поверхности стандартного оптоволоконного волокна. Характерными особенностями являются малые размеры и высокая добротность ($\sim 10^7$). В подобных системах также существуют МШГ, имеющие ненулевую скорость распространения вдоль оптического волновода, управление которой может осуществляться с помощью вариации эффективного радиуса волокна [1]. Это открывает возможности по созданию различных фотонных устройств, например, линий задержки, сенсоров, а также лазеров [2].

В настоящей работе рассмотрены способы реализации оптического фильтра на основе МШГ волоконного световода. В первом случае используется связь между возбуждением МШГ, циркулирующих по часовой и против часовой стрелки. Вытянутое оптоволоконно (тейпер) подводится вплотную к образцу так, чтобы излучение из тейпера проникло внутрь и возникли МШГ. Излучение, распространяющееся в обратном направлении, формирует спектр фильтра, работающего в отражении. Во втором способе создана система из двух тейперов, подводимых к разным участкам вдоль оси резонатора. Излучение из первого тейпера проникает в полость и формирует МШГ, распространяющиеся в продольном направлении. Поле мод, захваченное вторым тейпером, формирует спектр фильтра, работающего в пропускании.

Таким образом, нами показано, что возбуждение МШГ с ненулевой константой распространения вдоль оптоволоконного резонатора позволяет создавать узкополосные фильтры оптического сигнала.

1. *Sumetsky M., DiGiovanni D. J., Dulashko Y., Fini J. M., Liu X., Monberg E. M. and Taunay T. F.* Robust surface nanoscale axial photonics. IEEE Photonic Soc. 24th Annu. Meet. PHO 2011 36, 4824–4826 (2011).

2. *Rivera-Pérez E., Díez A., Andrés M. V., Cruz J. L. and Rodríguez-Cobos A.* Tunable narrowband fiber laser with feedback based on whispering gallery mode resonances of a cylindrical microresonator. *Opt. Lett.* 38, 1636 (2013).

Научные руководители — канд. физ.-мат. наук И. Д. Ватник, Бочек Д. В.

**Исследование излучения эксимерных KrBr* молекул
при возбуждении газовых сред индукционным разрядом**

А. А. Филонов, А. С. Гушин, Д. Н. Капуста
Институт лазерной физики СО РАН
Новосибирский государственный технический университет

В данной работе в рамках задач лаборатории Импульсных газоразрядных лазеров (ФГБУН ИЛФ СО РАН) под руководством д-р физ.-мат. наук проф. А. М. Ражева проводились исследования, направленные на создание нового лазерного источника на электронных переходах (В-Х) эксимерных KrBr* молекул при возбуждении газовых сред индукционным разрядом. Целью данной работы было проведение исследований, связанных с изучением условий возбуждения активных газовых сред индукционным разрядом для получения излучения на электронных переходах В-Х эксимерных молекул KrBr*. Стоит отметить отсутствие достоверных (с приведением соответствующих доказательств) сообщений о создании KrBr-лазера вне зависимости от способа возбуждения активных газовых сред. Для получения знаний на начальном этапе работ в качестве способа возбуждения был выбран индукционный ВЧ разряд вследствие возможности возбуждения малых активных объемов в широком диапазоне давлений.

Экспериментальная установка включала в себя ВЧ генератор (27 МГц) с устройством согласования («Cesar»), диэлектрическую трубку с расположенным на ней многовитковым индуктором и газовую систему. Отличительной чертой данного способа возбуждения является отсутствие металлических электродов (катода и анода), в результате чего отсутствует выработка металла в газовую среду. К тому же данный способ накачки газовых сред позволяет получать лазерную генерацию как на колебательно-вращательных переходах, так и на электронных переходах атомов и молекул. Кроме того, одним из ранее подтвержденных преимуществ индукционного лазера является низкая расходимость лазерного излучения.

Вследствие тушения KrBr* молекул молекулами Br₂ в качестве донора галогена был применен газообразный HBr.

Исследования в рамках данной работы показали возможность получения спонтанного излучения с максимумом вблизи 207 нм в газовой смеси, состоящей из Kr и HBr, при возбуждении индукционным ВЧ разрядом, что соответствует переходам KrBr* молекул в полосе В-Х.

Научный руководитель — Е. С. Каргапольцев

Численное моделирование двухкубитового вентиля на основе радиочастотного резонанса Фёрстера

Г. Н. Хамзина

Новосибирский государственный технический университет
Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН

Реализация квантового компьютера является одной из актуальных задач в современной физике. Нами рассматриваются квантовые вычисления с использованием ультрахолодных нейтральных атомов щелочных металлов, захваченных в массив оптических дипольных ловушек. Такие массивы перспективны в плане масштабирования по сравнению с другими квантовыми системами [1].

Важнейшей проблемой для создания квантового компьютера является реализация двухкубитового вентиля, для которого мы предлагаем использовать диполь-дипольное взаимодействие между двумя ридберговскими атомами. Мы рассмотрели резонанс Фёрстера — резонансную передачу энергии от одного ридберговского атома к другому. При этом атомы переходят в соседние состояния противоположной четности. Энергетический дефект может быть компенсирован за счет комбинированного действия постоянного и переменного внешних электрических полей. Нами проведено численное моделирование управляемого фазового вентиля на основе двойного адиабатического прохождения резонансов Фёрстера в радиочастотном электрическом поле. Был рассмотрен резонанс Фёрстера $|60P_{3/2} 80P_{3/2}\rangle \rightarrow |59D_{5/2} 78D_{5/2}\rangle$. В наших расчетах мы показали, что точность генерации перепутанных состояний Белла с использованием предложенной нами схемы превышает 97 %. Адиабатическое прохождение позволяет снизить чувствительность точности двухкубитовых вентилях к флуктуациям межатомного расстояния [2].

1. *Рябцев И. И., Бетеров И. И., Третьяков Д. Б., Энтин В. М., Якшина Е. А.* Спектроскопия холодных атомов рубидия для применения в квантовой информатике // Успехи физических наук. 2016. Т. 186. С.2016–2019.

2. *Beterov I. I., Hamzina G. N., Yakshina E. A., Tretyakov D. B., Entin V. M., Ryabtsev I. I.* Adiabatic passage of radiofrequency-assisted Forster resonances in Rydberg atoms for two-qubit gates and generation of Bell states // Phys. Rev. A 2018 (принято к печати, <https://arxiv.org/abs/1710.04384>)

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук И. И. Бетеров

Экспериментальное исследование рубидиевой ячейки с покрытием из парафина с внутренним источником атомных паров

Д. Е. Шадрин

Институт автоматике и электротметрии СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Представлены результаты исследования релаксационных и диффузионных процессов атомов рубидия в ячейке с парафиновым покрытием и с внутренним источником атомных паров. Ячейка представляет собой вакуумированную сферическую стеклянную колбу, которая отличается тем, что источник атомных паров представляет собой металлическую пленку Rb, равномерно распределенную по всей внутренней поверхности колбы, а парафиновая пленка равномерно распределена по всей площади и поверхности металлической поверхности. Такая конструкция ячейки не имеет так называемого «reservoir effect», который, как хорошо известно, серьезно ограничивает время жизни поляризованных состояний в миниатюрных ячейках с антирелаксационными покрытиями. Используя лазерную оптическую накачку, мы провели измерения времени релаксации оптически накаченных атомов рубидия в ячейке и среднее число столкновений атомов с поверхностью парафина, сохраняющих оптическую накачку. Также представлены результаты измерения времени адсорбции атомов рубидия парафиновым покрытием и коэффициента диффузии атомов рубидия в используемом парафине. Обсуждается простая модель процессов накачки и диффузии атомов в ячейке. Исследован метод модификации поверхности парафина с помощью СВЧ разряда в воздухе.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук С. Н. Атутов

Указатель авторов

Андрюшков В. А.	5	Овсейчук О. О.	21
Богданов С. А.	6	Попова А. В.	22
Булгакова В. В.	7	Попков И. Д.	5
Буянов Д. А.	8	Савинов К. Н.	24
Вережкин А. Е.	9	Саянский А. Д.	25
Воликова А. М.	10	Семенов А. В.	26
Гервазиев М. Д.	11	Стещенко Т. С.	5
Гиблов Я. И.	8	Ткаченко Р. А.	27, 28
Гонта В. А.	13	Трунов И. А.	27
Гущин А. С.	31	Томская А. Е.	29
Добрыньченко В. В.	14	Фаст С. С.	30
Заичко К. В.	15	Филонов А. А.	31
Иванова Г. Д.	17	Хамзина Г. Н.	32
Капуста Д. Н.	31	Шадрин Д. Е.	33
Котюшев М. Ю.	18		
Кугис В. С.	19	Prokopets V. V.	23
Купцов Г. В.	20		

ОГЛАВЛЕНИЕ

Андрюшков В. А., Стешенко Т. С., Попков И. Д.....	5
Богданов С. А.....	6
Булгакова В. В.....	7
Буянов Д. А., Гиблов Я. И.....	8
Веревкин А. Е.....	9
Воликова А. М.....	10
Гервасиев М. Д.....	11
Гонта В. А.....	13
Добрынченко В. В.....	14
Заичко К. В.....	15
Иванова Г. Д.....	17
Котюшев М. Ю.....	18
Кугис В. С.....	19
Купцов Г. В.....	20
Овсейчук О. О.....	21
Попова А. В.....	22
Prokorets V. V.....	23
Савинов К. Н.....	24
Саянский А. Д.....	25
Семенко А. В.....	26
Трунов И. А., Ткаченко Р. А.....	27
Ткаченко Р. А.....	28
Томская А. Е.....	29
Фаст С. С.....	30
Филонов А. А., Гуцин А. С., Капуста Д. Н.....	31
Хамзина Г. Н.....	32
Шадрин Д. Е.....	33

Научное издание

МНСК–2018

ФОТОНИКА И КВАНТОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы
56-й Международной научной студенческой конференции

22–27 апреля 2018 г.

Корректор *А. А. Скворцова*
Верстка *А. С. Терешкиной*
Обложка *Е. В. Неклюдовой*

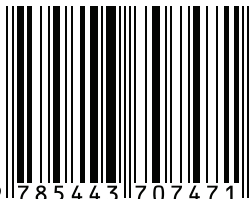
Подписано в печать 04.04.2018 г.
Формат 60 × 84/16. Уч.-изд. л. 2,25. Усл. печ. л. 2.
Тираж 100 экз. Заказ № 63.

Издательско-полиграфический центр НГУ
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2

Секция

ФОТОНИКА И КВАНТОВЫЕ
ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ISBN 978-5-4437-0747-1



9 785443 707471

N* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

