

## Международный Учебно-Научный Лазерный Центр МГУ им. М.В.Ломоносова

### Общие сведения

Международный учебно-научный лазерный центр МГУ (МЛЦ МГУ) был создан в 1989 г. по инициативе выдающегося ученого, профессора Московского университета С.А. Ахманова. Это одно из самых авторитетных междисциплинарных подразделений Московского университета, занимающееся организацией исследований на стыках лазерной физики и других естественных наук — биологии, химии, медицины, экологии, а также обучением и переподготовкой специалистов, уже имеющих высшее образование. Деятельность МЛЦ МГУ как бы перебрасывает мостик между фундаментальными исследованиями в области лазерной физики и нелинейной оптики и прикладными исследованиями с применением лазерных методов в биологии, медицине, химии и в других науках.

Организационно и структурно МЛЦ МГУ является самостоятельным подразделением Московского университета, имеющим, согласно Уставу МГУ, права отдельного факультета или научно-исследовательского института. В своей деятельности МЛЦ МГУ широко использует международную кооперацию, привлекает иностранных ученых для проведения совместных научных исследований, чтения лекций, проведения семинаров. Осуществляется переподготовка и иностранных специалистов. В масштабах России МЛЦ МГУ координирует проведение крупных междисциплинарных научно-технических программ и проектов в области лазерной физики и нелинейной оптики. При этом МЛЦ МГУ сам является активным участником и соисполнителем многих программ, организатором крупных Международных конференций и школ.

### Наука

В 2009 г. МЛЦ МГУ проводил научную работу по следующим основным направлениям:

- А Фундаментальные проблемы лазерной физики и нелинейной оптики;
- А Перспективные лазерные технологии;
- А Лазерная химия, биофизика и биомедицина;
- А Получение сверхсильных световых полей и их применение;
- А Физика поверхности и наноструктур;
- А Квантовая оптика и физика квантовой информации.

МЛЦ МГУ является исполнителем исследований по 70-ти грантам Российского фонда фундаментальных исследований и по 10 проектам федеральных целевых и научно-технических программ.

С целью привлечения дополнительного финансирования в МЛЦ МГУ велись работы по договорам с Международным лазерным центром г. Братиславы (Словакия), Университетом Турку (Финляндия), и др .

По результатам выполняемых в МЛЦ МГУ научных исследований было опубликовано 122 статьи в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, сделано 128 докладов на российских и международных конференциях. В эти исследования активно вовлекались студенты различных факультетов МГУ — они стали авторами и соавторами более чем 65 статей и докладов.

Ниже приведены основные научные достижения МЛЦ МГУ за 2009 г.

**В области фотонных кристаллов** теоретически предсказано и экспериментально продемонстрировано, что целенаправленное микро- и наноструктурирование оболочки и сердцевины оптических волокон позволяет осуществить высокоэффективное спектральное и временное преобразование лазерных импульсов с начальными длительностями от десятков наносекунд до нескольких циклов светового поля в широком диапазоне пиковых мощностей от сотен ватт до нескольких гигаватт.

**В области разработки основ новых лазерных технологий** создан лазерно-плазменный микроисточник импульсного рентгеновского излучения, использующий в качестве мишени кювету с расплавленным металлом; создана вакуумная экспериментальная установка по генерации и детектированию импульсного терагерцового излучения с помощью оптического выпрямления в нелинейно-оптических кристаллах и в легированных полупроводниках для исследования образцов при температурах 4–500 К; создана установка по одновременному измерению давления, температуры и отражательной способности поверхности металла при наносекундном лазерном излучении в условиях квазиизохорического нагрева. Разработан лазерный оптико-акустический метод измерения упругих модулей и пористости изотропных композиционных материалов и создана установка для измерения локального значения напряжений в металлах методом акустоупругости с использованием лазерных источников ультразвука.

**Изучена физика филаментации** фемтосекундного исходно коллимированного лазерного излучения в молекулярном газе (атмосфере). Показано, что в центральной части филамента формируется солитонобразный импульс, смещающийся с расстоянием по спектру в ИК область. Предложена и реализована новая схема получе-

ния мощных оптических импульсов длительностью в несколько периодов светового поля на основе явления филаментации коллимированного фемтосекундного лазерного излучения в благородных газах. Получены стабильные импульсы длительностью 8 фс с энергией в несколько сот микроджоулей.

**В физике сверхсильных лазерных полей** исследованы спектры жесткого рентгеновского излучения фс лазерной плазмы при взаимодействии короткого мощного лазерного импульса с поверхностью в широком диапазоне интенсивностей вплоть до релятивистской и выявлены компоненты электронного спектра, отвечающие за различные механизмы генерации быстрых электронов. Исследована зависимость выхода К-характеристического излучения для различного типа твердотельной мишени при ее облучении сфокусированными, высокоинтенсивными ( $I > 10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup>) лазерными импульсами от глубины формируемого микроканала. Показано, что максимум выхода регистрируемого излучения слабо зависит от структуры и материала мишени и приходится на 30-50 выстрел, что соответствует глубине микроканала 30-50 мкм. Обнаружено, что использование смеси SF<sub>6</sub>-Ag приводит к эффективному образованию крупных кластеров SF<sub>6</sub>, локализованных в приосевой части кластерной струи и существенно, более, чем в десять раз, увеличивает интегральный выход рентгеновского излучения (тормозного и характеристического) при воздействии сверхкоротких импульсов высокоинтенсивного ( $I \geq 10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup>) лазерного излучения.

**В области физики поверхности** исследована роль поверхностных состояний в процессах протекания туннельного тока через обогащенный слой, а также изучены процессы роста тонких пленок фуллеренов C<sub>60</sub> на поверхности Bi(0001)/Si(111). Показано, что Bi(0001)/Si(111) подложка может быть с успехом использована для роста высоко упорядоченных эпитаксиальных C<sub>60</sub> пленок.

**Разработана методика выращивания нового материала для приложений в терагерцовом диапазоне частот** — наноструктурированного оксигидроксида алюминия, а также методика получения двухкомпонентных наносистем, наполненных наночастицами оксидов TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, и др.

Создан пакет программ для расчета отражения электромагнитного излучения видимого диапазона от дифракционных нанорешеток и ТГц излучения от решеток из наноструктурированного оксида алюминия (НОА) для управления электромагнитным излучением. Показано, что нанорешетки и решетки из НОА являются перспективными для создания фильтров поляризованного излучения, а также для **создания нового поколения химических и биологических сенсоров.**

**В квантовой оптике** разработана методика частотно-модуляционной спектроскопии когерентных темных резонансов и экспериментально продемонстрирована ее эффективность на зеemanовских подуровнях в переходе  $F=2 \leftrightarrow F=1$  D1-линии поглощения атома <sup>87</sup>Rb. Данная методика позволяет улучшить пределы высокопрецизионных измерений в таких областях как магнетометрия, стандарты частоты и времени и др.

**В квантовой информации** разработаны концепция перепутывающего квантового измерения и метод конструирования аperiодических нелинейных фотонных кристаллов для реализации связанных многомодовых квазисинхронных процессов. В таких кристаллах наряду с параметрическими процессами изучена генерация многомодовых перепутанных квантовых состояний.

**Для био- и медицинской томографии** разработан метод оптической диффузионной томографии сильно рассеивающих объектов. Впервые методом оптической когерентной доплеровской томографии визуализирована колебательная амебодная подвижность в живой клетке. Разработана оптимизированная комбинированная широкополосная антенна пленочных пьезоприемников для лазерно-ультразвуковой и оптико-акустической томографии биотканей с субмиллиметровым пространственным разрешением.

**В лазерной биомедицине** исследованы биофизические механизмы изменения оптических свойств кожи в области длин волн ближнего УФ-диапазона с помощью наночастиц диоксида титана и оксида цинка, направленные на предотвращение рака кожи. Разработана методика измерений микрореологических параметров крови человека в суспензии эритроцитов и в цельной крови, инкубированной с частицами наноалмазов. Предложена методика определения положений оптических элементов живого человеческого глаза, проведены измерения поляризационных свойств излучения, отраженного от сетчатки и роговицы глаза.

Проведены исследования пленок с комплексами с переносом заряда (КПЗ) для **целей создания перспективных, высокостабильных тонкопленочных органических материалов для полимерных солнечных фотоэлементов и фотодетекторов.**

Впервые **разработана методика лазерной ориентации малоатомных молекул при комнатной температуре**, которая позволяет решить целый ряд не решенных до этого задач. Речь, например, идет о **лазерном асимметричном синтезе энантиомеров хиральных молекул из рацемического раствора.**

## Учебная работа

В 2009 году 12 студентов старших курсов физического факультета МГУ прошли в МЛЦ МГУ научно-исследовательскую и дипломную практику. Учебно-научную стажировку в МЛЦ МГУ прошли три человека, включая двух иностранных стажеров из Малайзии. По языковой программе, рассчитанной на сотрудников, аспирантов и студентов старших курсов МГУ, обучалось 17 человек.

В совместном с физическим факультетом МГУ Центре измерительных технологий и промышленной автоматизации создан курс повышения квалификации и цикл практических задач в обла-

сти АСУТП (SCADA) систем диспетчерского контроля и сбора данных на базе программного комплекса Wonderware. Курс представляет собой уникальный результат научного анализа развития инновационно-образовательного процесса в области проектирования и реализации АСУТП систем, проведенного с учетом достижений в сфере фундаментальных и прикладных исследований. Кроме этого, в рамках программы повышения квалификации специалистов предприятий и преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, был разработан оригинальный учебный курс и цикл практических задач по системе автоматизированного трехмерного твердотельного проектирования (САПР) SolidWorks.

## **Конференции**

МЛЦ МГУ организовал и был соорганизатором 7-ми национальных и международных школ и конференций в 2009 г. Среди них следует особо отметить III высшую лазерную школу «Современные проблемы лазерной физики», посвященную в 2009 году 80-летию со дня рождения профессора МГУ С.А.Ахманова — одного из пионеров лазерной физики и нелинейной оптики в России. Молодые ученые, последователи научной школы С.А. Ахманова, студенты и аспиранты в течение трех дней имели возможность изучить последние достижения в таких областях науки как лазерная физика и оптика, оптика поверхности, сверхсильные световые поля, нелинейная и квантовая оптика, нанофотоника, биофотоника. В работе Школы приняло участие около 100 человек. Наряду со слушателями из Москвы, на эту Школу приехали большие группы слушателей из Санкт-Петербурга (СПбГУ ИТМО и физический факультет СПбГУ), Нижнего Новгорода (ИПФ РАН) и др. Среди лекторов были ученые из России, Нидерландов и Литвы. Научная программа Школы, состоявшая из 17-ти часовых лекций, была полностью выполнена. Традиционно в программу Школы была включена Молодежная секция, на которой слушатели представили результаты своих научных работ в форме устных и стендовых докладов. Независимое международное жюри высоко оценило эти работы и присудило лучшим из них премии. Тезисы докладов опубликованы в трудах Школы и розданы всем участникам. Школа прошла при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и компаний «Spectraphysics», «Altechna», КПФ «Консенсус». Кроме этого МЛЦ МГУ принял активное участие в организации VI Международной конференции молодых ученых и специалистов «Оптика - 2009», которая состоялась в Санкт-Петербурге с 19 по 23 октября 2009 г. на базе СПбГУ ИТМО.

Также две конференции были проведены в рамках двухстороннего сотрудничества МЛЦ МГУ с Германией и Францией (Российско-Французско-Немецкий Лазерный Симпозиум, Нижний Новгород) и с Финляндией (4th Finnish-Russian Photonics and Laser Symposium (PALS'09), Tampere, Finland).

## **Международное сотрудничество**

Международная, межвузовская и межфакультетская деятельность МЛЦ МГУ направлена главным образом

на координацию крупных программ и проектов, преимущественно междисциплинарного характера в области лазерной физики, химии, биологии, медицины и лазерных технологий когерентной и нелинейной оптики и их приложений.

МЛЦ МГУ состоит коллективным членом Лазерной Ассоциации. При МЛЦ МГУ успешно работает студенческое отделение SPIE и OSA.

## **Адрес веб-страницы:**

<http://www.ilc.msu.ru>