

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 МГУ, занимающееся организацией исследований на стыках лазерной физики и других естественных наук — биологии, химии, медицины, экологии, а также обучением и подготовкой специалистов, уже имеющих высшее образование. Деятельность МЛЦ МГУ связывает фундаментальные исследования в области лазерной физики и нелинейной оптики с прикладными исследованиями, использующими лазерные методы в биологии, медицине, химии и других науках.

МЛЦ МГУ является обособленным подразделением МГУ. 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. МЛЦ МГУ координирует проведение крупных междисциплинарных научно-технических программ и проектов в области лазерной физики и нелинейной оптики, является организатором крупных Международных конференций и школ.

Наука

В 2011 г. МЛЦ МГУ проводил научную работу по следующим основным направлениям:

- Фундаментальные проблемы лазерной физики и нелинейной оптики
- Перспективные лазерные технологии
- Лазерная химия, биофизика и биомедицина
- Сверхсильные световые поля и их применение
- Физика поверхности и наноструктур;
- Квантовая оптика и физика квантовой информации.

МЛЦ МГУ является исполнителем исследований по 74-м 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 различными государственными и коммерческими организациями, выполнялись международные контракты.

По результатам выполняемых в МЛЦ МГУ научных исследований было опубликовано 106 статей в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, сделано 152 доклада на российских и международных конференциях. В эти исследования активно вовлекались студенты различных факультетов МГУ — они стали авторами и соавторами более чем 70 статей и докладов.

Ниже приведены основные научные достижения МЛЦ МГУ за 2011 г.

В области нелинейной оптики и лазерной физики предложен новый метод управления нелинейно оптическим спектром атома, позволяющий повысить эффективность преобразования как в коротковолновую область спектра, так и в длинноволновую.

Предложен критический эксперимент и проведено численное моделирование по выявлению физического механизма, останавливающего неограниченный рост интенсивности вследствие самофокусировки фемтосекундного импульса в газах атмосферной плотности. Показано, что наблюдаемое в лабораторном эксперименте образование колец конической эмиссии суперконтинуума в высокочастотной области спектра возможно только в том случае, когда именно плазма, а не высшие порядки керровской нелинейности, ограничивают рост интенсивности.

Доказано, что информация об амплитудных коэффициентах прохождения и отражения в некотором интервале углов падения р- и s-поляризованных плоских монохроматических волн на неоднородную пластину достаточна для однозначного восстановления пространственных профилей всех трех компонент диагонального тензора диэлектрической проницаемости вещества.

В области генерации и применения терагерцового излучения создана уникальная экспериментальная установка с функциями спектрометра по генерации и детектированию импульсного терагерцового излучения в плазменно-газовых средах для исследования образцов в спектральном диапазоне 0.1–10 ТГц, обладающая рекордной напряженностью импульсного электрического поля. Также разработан ТГц спектрометр-рефлектометр для дистанционного зондирования веществ.

Экспериментально продемонстрирована возможность управления с помощью лазерного излучения диэлектрическими свойствами веществ в ТГц-диапазоне частот. Осуществлено возбуждение и показана возможность управления свойствами широкополосного ТГц плазмона, возникающего при освещении металла вдоль его поверхности. Разработаны метаматериалы для ТГц диапазона частот. Экспериментально показана возможность управления скоростью распространения плазмонных волн в ТГц-диапазоне частот с помощью поверхностных метаматериалов.

Развиты методы генерации наносекундных импульсов ТГц-излучения за счет генерации разностной частоты в условиях бигармонической

накачки и оптического выпрямления в пространственно-однородных кристаллах и кристаллах с модуляцией квадратичной восприимчивости.

В области разработки основ новых лазерных технологий создана система для оптико-акустической и лазерной ультразвуковой томографии новообразований молочной железы человека на ранней стадии. Показана возможность обнаружения новообразований размером порядка 0.1 мм на глубине до 5 см внутри биологической ткани.

Предложен и экспериментально реализован лазерный оптико-акустический метод количественной оценки влияния пористости на упругие модули изотропных композиционных материалов с интерметаллидным упрочнением.

Разработан метод оценки содержания воды в бумаге, а также датирования живописных работ, на основе спектроскопии комбинационного рассеяния и инфракрасной спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения.

Разработана лабораторная технология получения полимерных солнечных фотоэлементов и ячеек, сенсibilизированных органическим красителем (ячеек Гретцеля). Впервые созданы образцы эталонных органических солнечных фотоэлементов. Показано, что комплексы с переносом заряда между полупроводниковыми полимерами и низкомолекулярными органическими акцепторами играют важную роль в фотофизике органических солнечных фотоэлементов.

В области лазерной химии, биофизики и биомедицины развиты методики фемтосекундной нелинейно-оптической визуализации биологических объектов с использованием волоконно-оптических источников сверхкоротких световых импульсов. Показано, что спектроскопия и микроскопия, основанные на процессе когерентного антистоксова рассеяния света, обеспечивают высокую селективность, чувствительность, а также хорошее пространственное, временное и спектральное разрешение.

Показано, что взаимодействие наноалмазов с красными клетками крови и с белками плазмы снижает деформируемость красных клеток и ухудшает их агрегационные параметры, что может привести к ухудшению реологических свойств крови.

Впервые проведены измерения терагерцевых спектров комплексов белка химотрипсина с краун эфиром при различных относительных концентрациях. Показано, что комплексы существенно отличаются по структуре от взаимодействующих молекул.

Экспериментально подтверждена методика Шака-Гартмана для измерения положений элементов человеческого глаза.

В области получения сверхсильных световых полей и их применения разработаны физические принципы полностью оптической синхронизации предельно коротких импульсов накачки и слабого сигнального импульса в схеме оптического параметрического усиления импульсов длительностью, равной нескольким периодам светового поля.

Предложено использовать крупные молекулярные кластеры для эффективной генерации жесткого характеристического излучения при воздействии на кластерный пучок фемтосекундных лазерных импульсов интенсивностью порядка 10^{16} Вт/см².

Обнаружен эффект преимущественного ускорения тяжелых ионов металлической мишени при предварительной очистке ее поверхности коротким лазерным импульсом с интенсивностью ниже порога абляции вещества мишени.

Обнаружена генерация когерентных фононов в процессе эволюции микроплазмы, образующейся в подповерхностной области мишени из кристаллического кварца в результате острой фокусировки фемтосекундного излучения лазера на Cr:forsterite с интенсивностью более 10^{13} Вт/см².

Обнаружено явление оптического миража в рентгеновском диапазоне частот при усилении пикосекундного рентгеновского импульса в лазерно-индуцированной плазме.

В области изучения физики поверхности и наноструктур созданы экспериментальные образцы микро и наноструктурированных световодов с воздушными отверстиями, обладающими активно формируемыми дисперсионными и нелинейно-оптическими свойствами. Эти образцы могут служить основой источников перестраиваемых сверхкоротких импульсов.

Впервые обнаружен эффект образования ансамбля наночастиц под действием непрерывного лазерного облучения бинарного полупроводника и построена его теория.

Обнаружена модификация рельефа тонкой твердой наноструктурированной пленки азокрасителя под действием немодулированного излучения: на поверхности пленки растут выступы сферической формы с характерными размерами порядка 200 нм. Показано, что образование подобных твердых «капель» на поверхности пленки происходит под действием сил поверхностного натяжения в условиях фотоинициации процесса транс-цис изомеризации.

Разработана экспериментальная методика диагностики фазового состояния молекулярной среды в нанопорах с помощью спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния света.

Экспериментально обнаружена генерация магнитоиндуцированной анизотропной второй гармоники в изотропных бислоях Au/Co и возникновение в них в присутствии внешнего магнитного поля выраженной анизотропии квадратичного отклика исходно изотропных слоев. Показано, что основным механизмом нелинейного поглощения в пленках с наночастицами ядро-оболочка является насыщение поглощения, наблюдаемое при мощности накачки, значительно меньшей, чем в случае наночастиц Au такого же размера.

Для двумерных киральных наноструктур экспериментально показано, что анизотропия азимутальных зависимостей параметров Стокса на частотах зондирующего излучения и второй гармоники определяется пространственным распределением факторов локального поля в исследуемых структурах.

В области квантовой оптики и квантовой информации разработаны новые протоколы квантового распределения ключа — релятивистский и на реперных состояниях. Предложен и апробирован на широком классе состояний поляризационных кубитов и их пар метод оптимальной квантовой томографии оптических полей с дискретными переменными. Разработана методика выделения мод Шмидта в угловом спектре бифотонного поля и продемонстрированы их основные физические свойства в представлении полиномов Гаусса-Лагерра.

Развита квантовая теория параметрического усиления и преобразования частоты оптических изображений в связанных нелинейно-оптических процессах в неоднородном нелинейном фотонном кристалле. Предложена и проанализирована схема телепортации перепутанных оптических изображений при использовании изученных четырехчастотных оптических изображений. Показано, что запутанные оптические изображения являются более хрупкими и их труднее телепортировать, чем их когерентные аналоги.

В двух- и трехуровневом приближении торетически исследована резонансная флуоресценция атома, взаимодействующего с плазмонной наноструктурой. Показано, что последняя предоставляет дополнительные возможности управления спектрами, а также квантовыми состояниями атома, в том числе необходимыми для генерации квантовых перепутанных состояний.

Учебная работа

В 2011 году 18 студентов старших курсов физического факультета МГУ прошли в МЛЦ МГУ научно-исследовательскую и дипломную практику. Двухмесячную стажировку в МЛЦ МГУ прошел стажер из Томского государственного университета. По языковой программе, рассчитанной на сотрудников, аспирантов и студентов старших курсов МГУ, обучалось 4 человека.

По программе повышения квалификации «Автоматизация измерений и управления экспериментом» в объеме 288 часов в 2011 году прошло обучение 6 слушателей. По образовательной программе «Новые технологии автоматизации эксперимента, обработки данных и компьютерного моделирования» прошли обучение 10 студентов второго курса и 20 студентов 3 курса физического факультета.

Научно образовательный центр МЛЦ МГУ «Фемто-секундная нелинейная и квантовая оптика» в 2011 году

успешно завершил выполнение НИР по мероприятию 1.1 «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров» федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», предусмотренной на 2009-2013 гг. Для выполнения НИР в 2011 было привлечено 49 молодых ученых, из них 15 аспирантов и 10 студентов физического факультета МГУ.

Конференции

МЛЦ МГУ был организатором соорганизатором 5-ти национальных и международных школ и конференций в 2011 г. Среди них следует особо отметить Первую Российско-Китайскую Школу молодых ученых по современным проблемам лазерной физики и лазерно-информационным технологиям в науке и производстве (Суздаль, 23-28 сентября 2011 г.). Она проведена в соответствии с решением, принятым на совместном лазерном симпозиуме, организованного в прошлом году в Китае. В Школе приняло участие двадцать китайских коллег и около пятидесяти российских ученых. Она стала настоящим форумом молодых ученых и студентов, совершающих первые шаги или уже активно работающих в различных областях лазерной физики и нелинейной оптики. В рамках Школы были прочитаны лекции ведущих ученых, представивших обзоры научных исследований по актуальным проблемам лазерной физики и фотоники. Принято решение продолжить традицию проведения таких школ и организовать следующую школу в Китае.

МЛЦ МГУ также был соорганизатором юбилейной международной конференции, посвященной празднованию пятидесятилетию нелинейной оптики, активно отмечаемого в 2011 году.

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>