



Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Международный учебно-научный лазерный центр и
Физический факультет

Вторая международная молодежная школа
«Современные проблемы лазерной физики»

посвящается 80-летию
со дня рождения
академика

Рема Викторовича Хохлова



LGS2006

Образовательный комплекс "Вятичи", Московская область,
10 - 13 октября 2006 г.

Вторая международная молодежная школа «Современные проблемы лазерной физики».

Программа и тезисы докладов. – М.: МЛЦ МГУ, 2006. – 25 с.

Организаторы:

МГУ им. М. В. Ломоносова, Международный учебно-научный лазерный центр и физический факультет

При поддержке:

Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ)

International Society of Optical Engineers (SPIE)

Spectra Physics and Newport

Coherent Inc.

Standa

Организационный и программный комитеты

1. Макаров Владимир Анатольевич, **председатель**, МГУ им. М.В. Ломоносова
2. Акципетров Олег Андреевич, МГУ им. М.В. Ломоносова
3. Задков Виктор Николаевич, **зам. председателя**, МГУ им. М.В. Ломоносова
4. Косарева Ольга Григорьевна, МГУ им. М.В. Ломоносова
5. Пшеничников Максим Станиславович, университет Гронингена, Голландия
6. Савельев-Трофимов Андрей Борисович, МГУ им. М.В. Ломоносова
7. Сухоруков Анатолий Петрович, МГУ им. М.В. Ломоносова
8. Хохлова Вера Александровна, МГУ им. М.В. Ломоносова
9. Чикишев Андрей Юрьевич, МГУ им. М.В. Ломоносова
10. Шкуринов Александр Павлович, **зам. председателя**, МГУ им. М.В. Ломоносова
11. Шленов Святослав Александрович, **зам. председателя**, МГУ им. М.В. Ломоносова

Контакты

Телефон: +7 (495) 939-1106
Факс: +7 (495) 939-3113
Email: alex@lasmed.phys.msu.ru
<http://lgs2006.ilc.edu.ru>

Рабочие языки Школы: русский, английский.

Программа и расписание работы Второй международной молодежной школы
«Современные проблемы лазерной физики»,
 посвященной 80-летию со дня рождения
 академика **Рема Викторовича Хохлова**
Образовательный комплекс "Вятчи", Московская область,
10 - 13 октября 2006 г.

	10 октября вторник	11 октября среда	12 октября четверг	13 октября пятница
8:00 – 8:40		завтрак		
8:40 – 9:10		Открытие: В.А.Макаров		
9:10 – 10:30		N6 О.А.Акципетров	F2 A. Baltuska	Молодежная секция I
10:30 – 10:50		Перерыв – кофе-брейк		
10:50 – 12:10		N2 M.Inoue	F1 M.Kalashnikov	N3 B. Spagnolo
12:10 – 13:00		N8 В.Я.Гайворонский	F5 M.S.Pshenichnikov	K2 С.П.Кулик
13:00 – 14:30		Обед		
14:30 - 15:50		N5 В.А. Шувалов	F3 I. Sorokina	Молодежная секция II
15:50 – 16:40		N1 О.М. Саркисов	F6 S. Fournier	Кофе-брейк 15:50 – 16:10
16:40 - 17:00		Перерыв – кофе-брейк		N9 А.Д. Качковский 16:10 – 17:00
17:00 - 18:20		N4 А.М. Желтиков	F4 М.Ю.Рябкин	
18:20 – 18:30		Заезд, регистрация	Перерыв	
18:30 - 19:20	N7 E. Sorokin		Ужин и пикник	
19:20 – 20:00	K3 С.Я.Килин			
20:00 - 20:45	Ужин, презентация и акция SPIE	Ужин	Подведение результатов акции SPIE	

<http://lgs2006.ilc.edu.ru/>

Нелинейная оптика

N1. О.М. Саркисов, *Институт химической физики РАН*, "Фемтохимия: задачи и перспективы"

N2. Mitsuteru Inoue, *Toyohashi University of Technology, Japan*, "Magnetophotonics and their applications"

Mainly based upon our studies, recent advances in magnetophotonics including magnetophotonic crystals are presented. When the constitutive material of photonic crystals (PCs) is magnetic, or even only the defect is magnetic, the resultant PCs (let us simply refer to as magnetophotonic crystals (MPCs)) exhibit very unique optical and magneto-optical properties: The strong photon confinement associated with the magnetic defect can be exploited to enhance and optimize magneto-optical (MO) effects and optical non-linearity. In fact, extremely large enhancement in MO Faraday and Kerr effects have been demonstrated with one-dimensional (1D) MPCs composed of a magnetic garnet thin film sandwiched between dielectric Bragg mirrors. This is particularly attractive for constructing functional MO micro-devices. Magnetophotonic crystals with 2-dimensional or 3-dimensional spatial periodicity are also interested and their fundamental properties have been studied vigorously. Magnetophotonic crystals and the related materials have found their applications in ultra-high density optical information storage, where holographic data storage have been developing with collinear holography for realizing 1TB/disc capacity and 1Gbps data transfer rate simultaneously.

N3. Bernardo Spagnolo, *Università di Palermo, Italy*, "Noise-induced phenomena in Complex Systems"

Fluctuations and noise are inherent in the behavior of any physical system. The comprehension of noise role in the dynamics of nonlinear systems plays a key aspect in the efforts devoted to understanding and modeling of so-called complex systems. In general, the effects of small perturbations and noise, which is ubiquitous in physical systems, can be quite difficult to predict and often yield counterintuitive behavior. Even low-dimensional systems exhibit a huge variety of noise-driven phenomena, ranging from a less ordered to a more ordered system dynamics.

The noise through its interaction with the nonlinearity of the systems can give rise to new counterintuitive phenomena like noise induced transitions, stochastic resonance, and noise enhanced stability. The investigation of noise-induced phenomena in far from equilibrium systems is one of the approaches used to understand the behaviour of physical and biological complex systems. We briefly review these noise-induced effects in various physical systems, namely in a bistable semiconductor laser, an overdamped Josephson junction, a FitzHugh-Nagumo model and in population dynamics models. The enhancement of the lifetime of metastable states due to the noise and the suppression of noise through resonant activation phenomenon will be discussed in detail.

N4. А.М. Желтиков, *МГУ им. М.В.Ломоносова*, "Нелинейно-оптические явления в микро-структурированных световодах"

Излагаются физические основы нелинейной волноводной оптики микроструктурированных оптических волокон – световодов нового типа, отличающиеся по своей архитектуре, принципу действия и свойствам от обычных оптических волокон. Обсуждаются особенности волноводных режимов, механизмы усиления нелинейно-оптических взаимодействий и практические приложения микроструктурированных и фотонно-кристаллических волокон в различных областях научных исследований, включая оптику сверхкоротких импульсов, лазерную физику, нелинейную оптику, оптическую метрологию, лазерную биомедицину и лазерную фотохимию.

N5 В.А.Шувалов, *ИФПБ РАН*, "Исследование процессов фотосинтеза с помощью современных физических методов"

N6 О.А. Акципетров, *МГУ им. М.В.Ломоносова*, "Нелинейная магнитооптика магнитофотонных кристаллов"

N7 Evgenii Sorokin, *University of Technology, Vienna, Austria*, "Infrared ultrabroadband coherent light: making use of the bandwidth"

В лекции обсуждаются методы создания инфракрасных широкополосных источников когерентного света и их применения. На конкретных примерах описываются принципы изготовления и калибровки оптических эталонов частоты, лазерные газоанализаторы (оптический нос), сверхчувствительная внутрирезонаторная спектроскопия.

N8 В.Я. Гайворонский, *Институт физики НАНУ, Киев*, **"НЛО характеристика наночастиц – проявление свойств объема и поверхности"**

The review presents the femtosecond transient absorption results in carrier dynamics and mechanisms of resonant optical nonlinearities in A_2B_6 nanocrystals (CdSe, CdSe/ZnSe, PbSe) with different kind of surface passivation and shapes. The comparison of the optical gain properties of spherical and elongated nanocrystals (quantum dots and quantum rods respectively) indicates that elongated nanocrystals provide several features for lasing applications, such as enhanced absorption cross sections, increased optical gain lifetime, and extended optical gain spectral range. The effect of high efficiency carrier multiplication through direct photogeneration of multi-excitons via virtual single-exciton states can be used to considerable increase the power conversion efficiency of nanocrystal-based solar cells. The current challenge for practical applications of carrier multiplication is the extraction of charges from nanoparticles on time scales that are faster than Auger recombination. It has been demonstrated that charge separation at the interface between nanocrystals and surface adsorbed electron acceptors or nanoporous TiO_2 is highly efficient and occurs with subpicosecond to picosecond time constants which are significantly faster than those of Auger decay. The report is based on results of V.Klimov (A_2B_6) and V.Gayvoronsky (TiO_2) groups.

N9 А.Д. Качковский, *Институт физики НАНУ, Киев*, **"Исследование методами лазерной спектроскопии динамики солитонов в органических сопряженных молекулах"**

В докладе рассматривается использование современных методов лазерной спектроскопии (time-resolved fluorescence, excitation fluorescence anisotropy, ESA, pump-probe, 2-photon absorption) в фемто-, пико- и наносекундном диапазонах мобильности солитонообразных зарядовых волн и волн альтернирования углерод-углеродных связей (топологических волн) в полиенах, ионах полиметиновых красителей, донорно-акцепторных системах в основном и возбужденном состояниях. -электронов, концевых. Анализируется влияние длины цепи коллективной системы эффектов (акцепторной и/или донорной силы концевых групп), величины заряда на размер и локализацию солитонов, их изменение при возбуждении квантом света, нарушение симметрии зарядовых и топологических солитонов, когда длина молекулы превышает ширину солитонных волн. Значительное внимание уделено пониманию взаимосвязи между кросс-сечением 2-фотонного поглощения и наличием солитонных, делокализованных и локальных состояний.

Фемтосекундная оптика и сверхсильные оптические поля

F1. Mikhail P. Kalashnikov, *Max-Born-Institute, Berlin, Germany*, **"High peak power Ti:sapphire lasers"**

F2. Andrius Baltuska, *Photonics Institute, University of Technology, Vienna, Austria*, **"Generation and applications of intense phase-controlled femtosecond pulses"**

F3. Irina Sorokina, *University of Technology, Vienna, Austria*, **"Ultrashort pulsed solid-state lasers: bridging the gap between XUV and THz"**

The lecture provides principles of the generation of ultrashort pulses and the overview of the existing femtosecond solid-state lasers. Physical origins of the broadband gain, natural limitations, and wavelength scaling rules will be discussed in detail. The emphasis will be made on the physics of the active media for ultrafast lasers. In particular, the physical limitations for generation of ultrashort pulses directly from the oscillator in the short (visible to UV) as well as in the long (mid-IR) wavelength ranges will be discussed. Special attention will be paid to the novel active ion doped II-VI femtosecond lasers, operating between 2 and 3 microns and producing only several optical cycle pulses. Finally, some future challenges and perspectives in ultrafast solid-state lasers will be outlined.

F4. М.Ю. Рябикин, *ИПФ РАН, Нижний Новгород*, **"Аттосекундный мониторинг атомных и молекулярных процессов"**

В последние несколько лет достигнут значительный прогресс на пути к созданию методов и техники исследования химических и структурных превращений в веществе с временным разрешением, соответствующим естественному масштабу времен, характеризующих эти процессы. Эти характерные времена могут достигать десятков фемтосекунд для процессов, связанных с движением ядер, и сотен аттосекунд для процессов, обусловленных динамикой электронов в атомах и молекулах.

Лекция посвящена новым методам сверхбыстрого мониторинга внутренних превращений в веществе, появившимся в результате развития техники предельно коротких лазерных импульсов. Основное внимание будет уделено методам, использующим аттосекундные рентгеновские импульсы, получаемые за счет генерации высоких гармоник лазерного излучения в газах, и методам, основанным на зондировании родительских молекул аттосекундными импульсами фотоэлектронов, рождаемых при их ионизации.

F5. M.S. Pshenichnikov, *University of Groningen, Nijenborgh, The Netherlands*, **"Relaxing Water NanoPools"**

Liquid water confined on a nanometer scale has recently become a central issue for a wide variety of research areas ranging from the materials to the life sciences. The anomalies of liquid water are intimately tied to the continuous formation and breakage of hydrogen bonds within an extensive three-dimensional network. Considerable progress in studying such dynamical phenomena was brought about by recent advances in femtosecond infrared (fs IR) spectroscopy as this is the only technique that is capable of time-resolving of the relevant dynamics.

One of the most interesting topics in the field concerns the effects of water nanoconfinement onto the vibrational energy relaxation. We present results of IR nonlinear spectroscopy on vibrational energy relaxation on water embedded in reverse micellar nanodroplets where the degree of water confinement can be easily varied. To unravel the pathways of the vibrational relaxation dynamics time- and frequency resolved fs IR experiments are performed in both the bending and the stretching mode spectral region. The data as well as theoretical modeling may provide the first evidence for a high degree of collectivity in water vibrational relaxation.

F6. Stephane Fournier, *Coherent Inc.*, **"Commercial Ultrafast Lasers. Applications in Science and Beyond"**

Квантовая информация и квантовая криптография

K2. С.П.Кулик, *МГУ им. М.В.Ломоносова*, **"Квантовая криптография: современное состояние и перспективы"**

K3. С.Я.Килин, *Институт физики им. Б.И. Степанова, Минск, Беларусь*, **"Diamond based quantum information technologies" "**

Молодежная секция I

Применение ПЗС-матриц для изучения характеристик плазмы, нагреваемой излучением ND-лазера

Б.Л. Васин², С.В. Малькова¹, М.В. Осипов², А.Н. Стародуб², С.И. Федотов², А.А. Фроня¹

¹Московский инженерно-физический институт (государственный университет)

²Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, г. Москва

При воздействии интенсивного лазерного излучения на плазму возникает ряд нелинейных эффектов, таких как генерация гармоник, рассеяние излучения. Регистрация спектрального состава излучения плазмы в видимом и ближнем ИК-диапазоне (0,4-1,06 мкм), пространственного распределения светимости дает возможность определения локальных параметров плазмы. Для проведения сравнительного анализа характеристик излучения плазмы в различных спектральных диапазонах необходимо знать спектральную чувствительность приемника, на который ведется регистрация.

Метод измерения спектральной чувствительности ПЗС-матрицы [1] основан на измерении светового потока источника в исследуемых спектральных интервалах и последующей регистрацией излучения на ПЗС-матрицу.

В качестве источника излучения использовался лазер на Nd-стекле [2]. Спектральная чувствительность определялась для длин волн 1,06 и 0,53 мкм. Для этих целей использовали преобразование излучения основной частоты во вторую гармонику. Абсолютные значения энергии излучения измерялись калориметрами. Размер изображения в плоскости ПЗС-матрицы определялся по исходному размеру торца кристалла с учетом увеличения. По известным значениям энергии, коэффициентов потерь в оптическом тракте, отклику ПЗС-матрицы и размеру изображения вычислялась абсолютная спектральная чувствительность приемника.

Проведенные измерения позволили определить величины относительной и абсолютной спектральных чувствительностей ПЗС-матрицы для излучения с длительностью импульсов наносекундного диапазона, а также позволили выделить линейный участок характеристической кривой ПЗС-матрицы.

Литература

1. Ф.П. Пресс «*Фоточувствительные приборы с зарядовой связью*», М.: Радио и связь, 1991
2. М.В. Осипов, А.Н. Стародуб, С.И. Федотов, П.Л. Феоктистов, «*Лазеры с контролируемой функцией когерентности для ЛТС*», Препринт ФИАН, №35 (М.,2002)

Сравнение нелинейного оптического отклика при непрерывном возбуждении на 633 нм и 532 нм нематического жидкого кристалла с примесью органического красителя

В.В. Гаращенко, С.В. Якунин, В.Я. Гайворонский

Институт физики НАН Украины, Киев, 03028, пр.Науки 46, Украина, vlad@iop.kiev.ua

В работе было исследовано оптические и нелинейно-оптические свойства систем нематический жидкий кристалл (ЖК) – органический краситель (ОК). Последнее время такие системы находят широкое распространение [1] из-за их высокой эффективности фотоиндуцированной переориентации, которая на несколько порядков выше чем у чистого ЖК [2]. Исследуемые образцы представляют собой ЖК ячейки с примесью антрахинонового красителя. Концентрация ОК варьировалась в пределах от 0 до 1.8 %, что определялось диапазоном растворимости красителя в ЖК при комнатной температуре.

Было исследовано самовоздействие излучения лазера в ячейках с гомеотропной ориентацией ЖК: зависимости полного пропускания (исследования изменения поглощения) и пропускание на оси в дальнем поле (исследования НЛО фотоиндуцированного изменения показателя преломления) от интенсивности лазерного излучения [3]. В случае воздействия непрерывным излучением He-Ne лазера на длине волны 632.8 нм проявляется значительная эффективность НЛО изменений оптических параметров, обусловленная резонансным поглощением молекулами ОК. При малых интенсивностях наблюдались изменения размеров гауссового пучка в дальнем поле. Когда интенсивность лазерного излучения превышала пороговую величину переориентации ЖК, чрезвычайно высокие НЛО фазовые набегги приводили к проявлению существенных абберационных искажений профиля пучка. В случае воздействия непрерывным лазерным излучением на длине волны 532 нм в области прозрачности образцов, переориентация ЖК наблюдалась при больших значениях интенсивности: $I_{\text{пор}}(633\text{нм})=20 \text{ Вт/см}^2$, а $I_{\text{пор}}(532\text{нм})=80 \text{ Вт/см}^2$. Увеличение порога переориентации обратно пропорционально изменению оптического поглощения - 845 см^{-1} до 262 см^{-1} соответственно. Были определены концентрационные зависимости действительной части кубической нелинейно-оптической восприимчивости $\chi^{(3)}$ и значения порога переориентации ЖК.

Полученные результаты могут быть использованы для создания ЖК ячеек с низкой интенсивностью фотоиндуцированной переориентации.

1. L. Marrucci, «Mechanisms of giant optical nonlinearity in light-absorbing liquid crystals: a brief primer», *Liquid Crystal Today*, **11**(3), 6-28 (2002).

2. I. Janossy and T. Kosa, «Influence of anthraquinone dyes on optical reorientation of nematic liquid crystals», *Opt Lett.*, **17**, 446-457 (1992).

3. V. Gayvoronsky, S. Yakunin, V. Nazarenko, V. Starkov and M. Brodyn, «Techniques to characterize the nonlinear optical response of doped nematic liquid crystals», *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **426**, 231-241 (2005).

Ионизация атомов в неклассическом свете

И. А. Гоносков¹, Г. А. Вугалтер², В. А. Миронов¹

¹*Институт прикладной физики Российской Академии Наук*

²*Нижегородский государственный университет*

При теоретическом описании взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, первое, как правило, описывается классически. Однако оказалось, что такая полуклассическая теория, которая рассматривает среду квантовомеханически, а поле классически, либо совершенно неприменима к анализу некоторых эффектов взаимодействия, либо дает слишком неточные, ошибочные результаты, либо всё равно приводит к очень громоздким аналитическим формулам, порою не выражающимся конечным набором элементарных функций. Данная работа посвящена построению полностью квантовой теории, в которой и среда, и электромагнитное поле рассматриваются квантовомеханически. В ней показано, что при полностью квантовом рассмотрении многих трудностей, связанных с классически определенным электромагнитным полем, удастся избежать. В качестве одного из приложений построенной теории рассматривается аналитическое исследование процесса ионизации атома.

В данной работе на основе обобщенных сдвиговых и масштабных преобразований находится полная система собственных функций и соответствующих собственных значений гамильтониана, описывающего одномодовое квантованное электромагнитное поле в дипольном приближении и электрон с учетом его взаимодействия с полем. На основе этого получают выражения для вероятности ионизации в единицу времени в однофотонном и многофотонном случаях.

Выражения для вероятности ионизации в единицу времени применены для исследования процессов ионизации атомов в неклассических электромагнитных полях. Исследуется также процесс изменения статистики фотонов при ионизации.

Кубическая НЛО восприимчивость монокристаллов KDP легированных органическими красителями

Ю.В. Громов¹, В.Я. Гайворонский¹, И.М. Притула²

¹Институт физики НАН Украины, 03028, г. Киев, пр. Науки 46 vlad@iop.kiev.ua

²Институт монокристаллов НАН Украины, 61001, г. Харьков, пр.Ленина, 60

Монокристаллы типа KDP (KH_2PO_4) находят широкое применение в нелинейной оптике и лазерной технике. В настоящее время разработка методов получения монокристаллов, содержащих различного рода добавки и примеси, представляет интерес для создания композиционных материалов, обладающих принципиально новыми свойствами (например, комбинированные оптические среды, сочетающие в себе свойства активной лазерной и нелинейно-оптической сред). В данной работе приводятся результаты по выращиванию и комплексному исследованию свойств кристаллов KDP, допированных сложным органическими красителем.

Для выращивания кристаллов использовалась соль с содержанием основных кристаллоактивных примесей на уровне 10^{-5} - 10^{-4} масс.% (Al^{3+} , Bi^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}). Кристаллы KDP, как чистые так и допированные красителем (KDP:XO), размером $\sim 10 \times 10 \times 12$ мм³ и $80 \times 80 \times 80$ мм³ были выращены методом испарения растворителя при комнатной температуре в условиях естественной конвекции и методом снижения температуры (концентрация красителя в кристаллах составляла 6-10 ppm). При выборе красителя использовались следующие принципы: достаточная растворимость, отсутствие химического взаимодействия с основным веществом, окрашивание растущего кристалла по объёму. После проведения предварительных исследований выбор был остановлен на трифенилметановом красителе сульфопфталеинового ряда - xylene orange (XO).

Эффект самовоздействия излучения Nd:АИГ лазера ($\lambda=1064$ нм, длительность импульса 40 пс), связанный с нелинейным изменением показателя преломления и фотоиндуцированным поглощением, в зависимости от его интенсивности, исследовался в образцах чистого KDP, KDP:XO и отожженного KDP:XO. Для этого использовалась методика анализа пространственного распределения интенсивности в дальнем поле. Для разрешения НЛО отклика в диапазоне малых интенсивностей (0.5 - 10 МВт/см²) с высоким соотношением сигнал/шум кристалл облучался широким пучком (радиус ~ 0.5 мм) при тщательном контроле реверсивности НЛО отклика. Обнаружено, что присутствие красителя в кристалле вызывает фотоиндуцированное затемнение образцов, которое сопровождается эффектом самофокусировки лазерного пучка. Наибольший эффект был получен в кристалле отожженного KDP:XO - величина эффективной кубической НЛО восприимчивости составила $\chi_{\text{eff}}^{(3)} \sim 2.7 \cdot 10^{-8}$ ед. СГСЭ, которая в 1.7 раза превышает аналогичный отклик чистого кристалла.

1. Ю.Н.Велихов, О.В.Демирская, И.В.Пуляева // Кристаллография, 1992, **37**, с.109.
2. V.I.Bespalov, V.I.Bredikhin, V.P.Ershov, V.I.Katsman, S.Yu.Potapenko. Growth of Crystals, Vol.17, Plenum Press, NY, 1991, p.123.

Динамика фазовых переходов индуцированных лазерным излучением наносекундной длительности на поверхности металла под слоем прозрачного диэлектрика

А.Ю. Ивочкин¹, А.А. Карабутов¹, А.Г. Капительный²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет

²Институт теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур Российской Академии Наук

Исследование фазовых переходов первого рода индуцированных лазерным излучением представляет большой интерес с точки зрения получения информации о поведении и теплофизических свойствах вещества в широком диапазоне температур и давлений. Важной фундаментальной задачей является определение критических параметров металлов – экспериментальные данные имеются лишь для ртути и щелочных металлов. По теоретическим оценкам критические температуры и давления большинства металлов по порядку величины составляют 10^4 К и 10^4 атм соответственно, что делает невозможным их определение в статических условиях. Поглощение лазерного излучения металлом приводит к значительному нагреву и росту давления в его приповерхностном слое. В настоящей работе поверхность металла покрывалась слоем прозрачного диэлектрика, что приводило к значительному увеличению эффективности генерации давления. При этом появляется возможность получения состояний металлов с параметрами близкими к критическим на установке настольного типа с энергией в импульсе ~ 1 Дж [1]. С другой стороны прозрачный диэлектрик препятствует образованию плазменного факела у поверхности металла, что дает возможность определения ее температуры по тепловому излучению.

Создана экспериментальная установка позволяющая проводить одновременные измерения давления, теплового излучения и динамики изменения отражательной способности металла с наносекундным временным разрешением. В работе использовался импульсный Nd-YAG лазер (длительность импульса ~ 10 нс, энергия в импульсе ~ 1 Дж). Мишень представляла собой слой металла толщиной 150-300 мкм зажатый между двумя пластинами из кварцевого стекла. Давление на поверхности металла определялось путем регистрации убегавшей вглубь образца акустической волны при помощи пьезоприемника на основе ниобата лития. Падающее, отраженное лазерное излучение, а также тепловое излучение поверхности мишени регистрировались кремниевыми PIN – диодами с временным разрешением не хуже 1 нс.

Были проведены экспериментальные исследования плавления свинца и кипения ртути индуцированных лазерным излучением в условиях зажатой поверхности. При малых плотностях энергии падающего излучения импульс давления повторял форму лазерного импульса. С увеличением плотности энергии наблюдалось уширение сигнала, связанное с началом плавления на поверхности образца в случае свинцовой мишени. Было показано, что при плотности мощности $2 \cdot 10^7$ Вт/см² отражательная способность свинца падает более чем в 5 раз относительно первоначального значения.

Литература

1. Карабутов А.А. и др. «Опико-акустическое исследование плавления индия лазерным импульсом под закрытой поверхностью», *Квантовая Электроника*, **25** (8), 690 -692 (1998).

LiNbO₃: Fe³⁺ тонкие пленки, полученные методом импульсного лазерного осаждения

И.В. Качалов, А.В. Курочкин, А.В. Поволоцкий, Е.Н. Борисов

НИИ Лазерных исследований Санкт-Петербургского государственного университета

Уникальные электрооптические, нелинейно-оптические и другие свойства кристалла ниобата лития делают его весьма привлекательным с точки зрения создания оптических устройств. Создание тонкопленочных кристаллических структур ниобата лития является нетривиальной задачей. Однако существует ряд методик, позволяющих получать тонкие кристаллические пленки ниобата лития. Работа посвящена методу импульсного лазерного осаждения.

Распыление кристаллического образца ниобата лития, легированного ионами железа LiNbO₃: Fe³⁺, производилось в вакуумной камере. Излучение эксимерного XeCl лазера (308 нм, 13,5 Гц), сфокусировано на вращающуюся мишень. Плотность энергии излучения на мишени в разных экспериментах составляла 2 и 4 Дж/см². Расстояние от мишени до вращающейся подложки 4,5 см. В качестве подложки использован кристаллический кремний с ориентацией (111). Подложка нагревалась излучением YAG:Nd³⁺ лазера с длиной волны генерации 1,064 мкм. Температура подложек поддерживалась на уровне 600°C. Часть экспериментов проводилась в потоке кислорода под давлением 20Па. Полученные образцы исследованы рентгеноструктурным и оптическими методами.

Рентгеноструктурный анализ полученных образцов показал, что пленки, выращенные в вакууме при плотности энергии 2 Дж/см², являются поликристаллическими и в них присутствует небольшая примесь литийдефицитной фазы ниобата лития LiNb₃O₈. Увеличение плотности энергии лазерных импульсов привело к увеличению количества триниобата лития LiNb₃O₈ в пленках. В пленках, напыленных в потоке кислорода, практически полностью исчезла фаза ниобата лития, вопреки имеющимся литературным данным, согласно которым введение кислорода при той же, что и в наших экспериментах, температуре подложки способствует осаждению исключительно ниобата лития [1].

Результаты, полученные с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния, позволяют утверждать, что происходит гетероэпитаксиальный рост пленок LiNbO₃ на кремниевой подложке. Кроме того, изменение спектра комбинационного рассеяния пленок по отношению к спектру мишени еще раз указывает на изменение состава пленки по сравнению с мишенью.

Спектроскопия отражения дает возможность определения профиля поверхности пленок. В частности, установлено, что пленки, выращенные при меньшей плотности энергии лазерных импульсов, обладают более равномерным распределением по толщине. Увеличение энергии импульсов приводит к утолщению центральной части пленки по отношению к крайним ее частям.

Таким образом, для напыления тонких кристаллических пленок ниобата лития методом импульсного лазерного осаждения требуется высокая температура кристаллической подложки при относительно невысокой плотности энергии лазерных импульсов. Роль кислорода в процессе напыления требует дальнейших исследований.

Литература

1. Xinchang Wang, Zhizhen Ye, Guibin Wu, Liangliang Cao, Binghui Zhao, «Growth of textured LiNbO₃ thin film on Si (111) substrate by pulsed laser deposition» *Materials Letters*, **59**, 2994 -2997 (2005).

Четырехчастотный поляризационный микроскоп для регистрации изображения плазмы в диапазоне длин волн 0.4 -1.06 мкм

С.В. Малькова¹, М.В. Осипов², А.Н. Стародуб², С.И. Федотов².

¹Московский инженерно-физический институт (Государственный университет).
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Важной задачей для понимания процессов, происходящих при взаимодействии мощного лазерного излучения с плазмой, является изучение различных нелинейных явлений разыгрывающихся в плазме. При этом большую роль играет детальное изучение распределения по поверхности плазмы областей, ответственных за такие эффекты, как генерация гармоник частоты греющего излучения в областях с критической и четверть критической плотностью, рассеяние падающего на плазму излучения. Регистрация изображения плазмы в излучении гармоник $2\omega_0$, $3/2\omega_0$, $5/2\omega_0$ и на частоте греющего излучения ω_0 с пространственным разрешением позволяет изучать характер распределения светимости плазмы по излучающей поверхности.

Для регистрации изображения плазмы создаваемой лазером с управляемой функцией взаимной когерентности ($\lambda = 1,06$ мкм) [1] с высоким пространственным разрешением разработан четырехчастотный поляризационный микроскоп. Конструкция микроскопа позволяет регистрировать в выделенном направлении с одинаковым пространственным разрешением изображение плазмы в излучении гармоник $2\omega_0$, $3/2\omega_0$, $5/2\omega_0$ и на частоте греющего излучения ω_0 , что соответствует длинам волн 0,53, 0,71, 0,42 и 1,06 мкм. Оптическая схема четырехчастотного микроскопа представлена на Рис 1.

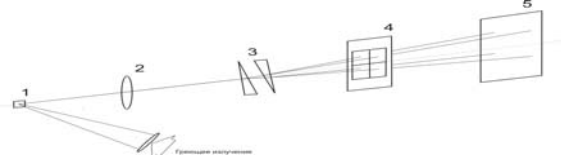


Рис.1. Однокадровый четырехчастотный микроскоп: 1 – мишень, 2 – широко-волновой объектив, 3 – система клиньев, 4 – система фильтров, 5 – матрица цифрового фотоаппарата, на которой производится регистрация изображения плазмы в четырех длинах волн.

Конструкция широко-волнового объектива, используемого в микроскопе, разработана таким образом, чтобы устранить хроматические aberrации в заданном диапазоне длин волн и обеспечить высокое пространственное разрешение по объекту. Для получения изображения плазмы на необходимых длинах волн, а именно 1,06, 0,71, 0,53, и 0,42 мкм используется система из двух поляризационных клиньев из исландского шпата и система из набора специальных интерференционных светофильтров.

Проведенные измерения показали, что на длинах волн 1,06, 0,71, 0,53, и 0,42 мкм разрешение четырехчастотного поляризационного микроскопа не хуже 12 мкм, т.е. в данном спектральном диапазоне устранены астигматизм и хроматические aberrации. В результате использования микроскопа в экспериментах по взаимодействию излучения с различными мишенями, получены фотографии плазмы для приведенных выше длин волн.

Литература

1. М.В. Осипов, А.Н. Стародуб, С.И. Федотов, Л.П. Феоктистов, «Лазеры для ЛТС с контролируемой функцией взаимной когерентности излучения», Препринт ФИАН №35 (2002).

Молодежная секция II

Статистические характеристики процесса филаментации мощных фемтосекундных лазерных импульсов в турбулентной атмосфере на протяжённых трассах

А.Е. Безбородов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
физический факультет

Распространение мощных фемтосекундных лазерных импульсов в воздухе сопровождается явлением филаментации [1], которое может быть использовано в задачах мониторинга и зондирования атмосферы на километровых расстояниях. Однако модуляционная неустойчивость импульса мешает получать филаменты на больших расстояниях, приводя к возникновению филаментов уже в начале трассы. Чтобы сместить область филаментации на километровые расстояния можно использовать импульсы с отрицательной линейной частотной модуляцией. В натуральных экспериментах [2] наглядно продемонстрированы преимущества частотно-модулированных импульсов для получения филамента километровой протяженности. Однако характеристики получаемых филаментов, места их пространственной локализации, сильно зависят от атмосферной турбулентности на трассе.

В настоящей работе средствами вычислительного эксперимента исследована филаментация мощных фемтосекундных лазерных импульсов в турбулентной атмосфере на протяженных, в том числе километровых трассах. На рис. 1. видно, что при возрастании структурной постоянной атмосферной турбулентности первая «горячая точка» в среднем зарождается раньше [3]. Статистический разброс расстояния, на котором она образуется, увеличивается. При увеличении пиковой мощности сужается разброс «горячих точек», при этом относительный статистический разброс также уменьшается.

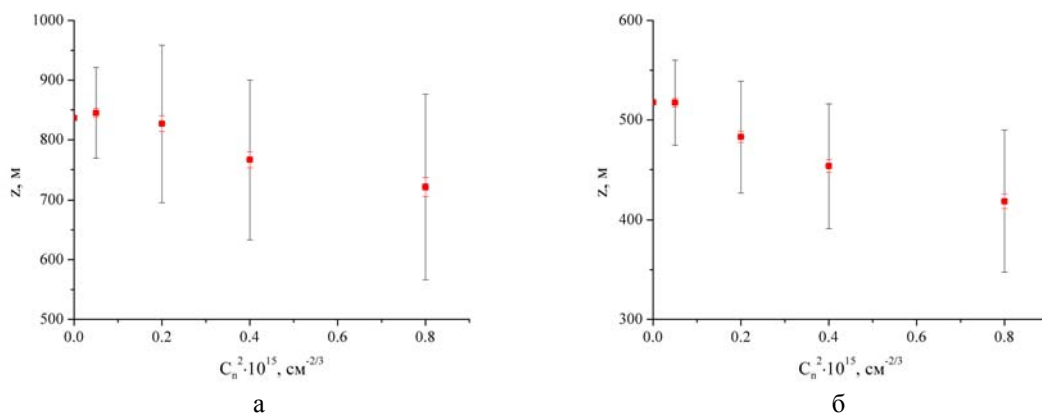


Рис. 1. Расстояние z до начала образования первой «горячей точки» в зависимости от структурной постоянной C_n^2 для значения начальной мощности импульса $P=20P_{cr}(a)$, $P=40P_{cr}(b)$. Отрезками большей длины представлено его среднеквадратичное отклонение. Отрезками меньшей длины - доверительные интервалы.

Литература

1. A. Brodeur, C.Y. Chien at al., *Opt. Lett.*, **22**, 304 (1997).
2. J. Kasparian at al., "White-light filaments for atmospheric analysis". *Science*. **301**, № 5629. P. 61-64. (2003).
3. С.А. Шленов, В.П. Кандидов, *Оптика атмосферы и океана*. **17**, № 8, 630 (2004).

Генерация высоких гармоник и зондирование колебательной динамики ядер в молекуле

М.Ю. Емелин, М.Ю. Рябикин, А.М. Сергеев
Институт прикладной физики РАН

В последнее время благодаря развитию техники фемто- и аттосекундного эксперимента появилась возможность зондирования внутримолекулярной динамики с субпикосекундным временным разрешением. Зондирование может быть основано на эффекте генерации высоких гармоник излучения при ионизации молекулярного газа мощными фемтосекундными лазерными импульсами. Хорошо известно, что эффективность генерации и спектральный состав генерируемого излучения при ионизации молекулярных структур определяются их размерами и формой, а также ориентацией по отношению к электрическому полю лазерного импульса [1-3]. Эти зависимости и предлагается использовать для зондирования.

В настоящее время в большинстве экспериментов по динамическому имиджингу используется предварительное выстраивание молекул. В данной работе на основе полного трехмерного численного решения задачи о генерации высоких гармоник излучения при ионизации молекулярного иона D_2^+ мощным фемтосекундным лазерным импульсом (10^{14} Вт/см², 8 фс) нами показана возможность зондирования колебательной динамики ядер в ансамбле хаотически ориентированных двухатомных молекул. На Рис.1 приведены результаты численного моделирования.

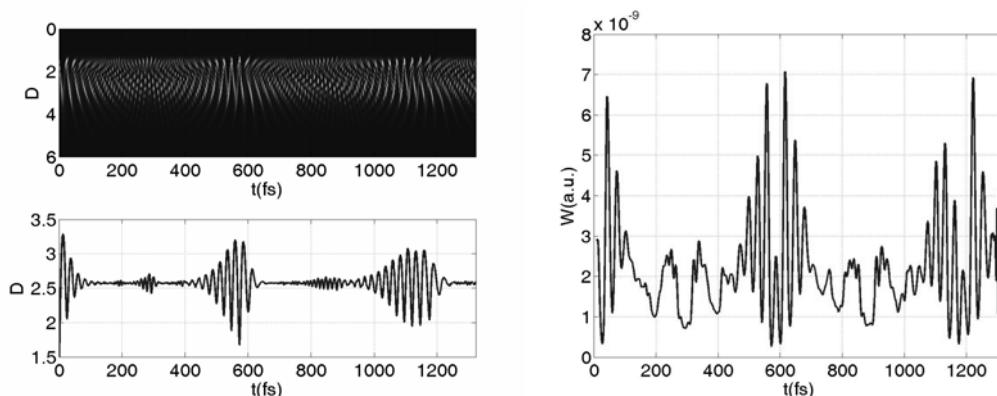


Рис. 1. Динамика ядерного волнового пакета (вверху слева); зависимость среднего межъядерного расстояния от времени (внизу слева); зависимость суммарной энергии генерируемого излучения в ансамбле невыстроенных молекул в диапазоне между 19-ой и 49-ой гармоникой от времени задержки зондирующего импульса (справа).

Данная работа выполнена при частичной поддержке Президентской программы поддержки ведущих научных школ РФ (грант № НШ-7738.2006.2.) и фонда некоммерческих программ «Династия».

Литература

2. Seideman T., Ivanov M.Y., Corkum P.B. // Phys. Rev. Lett. 1995. V. 75. P. 2819.
3. Lein M., Hay N., Velotta R., Marangos J.P., Knight P.L. // Phys. Rev. Lett. 2002. V. 88. Art. no. 183903.
4. Емелин М.Ю., Рябикин М.Ю., Сергеев А.М., Чернобровцева М.Д., Пфайфер Т., Вальтер Д., Гербер Г. // Письма в ЖЭТФ. 2003. Т. 77. С. 254.

Генерация быстрых электронов в режиме релятивистской самоиндуцированной прозрачности.

В.И. Ерёмин¹, А.В. Ким¹

¹Институт Прикладной Физики РАН

В данном сообщении рассматривается задача о взаимодействии слоя закритической плазмы с фемтосекундным импульсом релятивистской интенсивности ($I > 10^{18}$ Вт/см²) в режиме самоиндуцированной прозрачности. Слой плазмы имеет резкую границу, импульс падает по нормали к границе слоя, движение ионов не учитывается. Аналогичная задача без учета кинетических эффектов была рассмотрена в [1]. В данной работе приведены результаты численного решения задачи методом крупных частиц (PIC).

Ниже в качестве примера, демонстрирующего возможности нового механизма генерации быстрых электронов в режиме самоиндуцированной прозрачности, рассмотрен случай падения полуограниченного импульса ($\lambda = 1$ мкм) со временем включения 100 фсек на слой плазмы со степенью закритичности $n = 1.6$ (пороговое значение поля для режима самоиндуцированной прозрачности равно $E_p = 0.96$). Максимальная амплитуда поля в релятивистской нормировке составляла величину $E_0 = 1$.

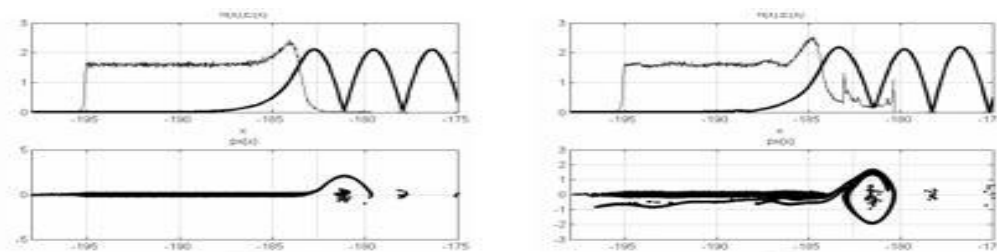


Рис. 1. Падение циркулярно-поляризованной волны. На верхних рисунках изображены распределения модуля поперечного электрического поля (жирная линия) и концентрации электронов вдоль слоя (x), на нижних фазовая плоскость электронов ($p_x(x)$).

Начало режима самоиндуцированной прозрачности характеризуется вылетом пучка электронов навстречу волне, рис.1, слева. Этот эффект вызван нелинейным изменением пондеромоторной силы на границе слоя. Вылетевшие электроны попадают в движущуюся вглубь слоя потенциальную яму, образованную полями падающей и отраженной волн, что приводит к образованию быстрых и медленных электронов. Быстрые электроны возвращаются из ямы назад в слой, формируя электронные пучки с энергиями до 0.7 МэВ (рис.1, справа). По мере проникновения излучения в плазму число электронов в яме увеличивается, а их энергии начинают заметно различаться. На фазовой плоскости это выглядит как образование электронного вихря, проникающего в плазму. Возможно образование нескольких вихрей, если импульс и слой достаточно протяженные.

В случае линейной поляризации поля режим самоиндуцированной прозрачности также сопровождается вылетом электронов навстречу излучению. Однако, поскольку пондеромоторная сила в этом случае осциллирует на удвоенной частоте, то потенциальная яма исчезает каждые полпериода, и электроны с различными энергиями, находящиеся в яме, выбрасываются назад в плазму, формируя, таким образом, сгустки быстрых электронов.

Выявленный эффект генерации быстрых электронов может быть использован в качестве механизма нагрева плазмы лазерным излучением и для создания компактного генератора электронных пучков.

Литература

1. M. Tushentsov et al., *Phys. Rev. Lett.* **87**, 275002 (2001).

Дифракция электрона при ионизации атомов и молекул интенсивным фемтосекундным лазерным импульсом

А.А. Гоносков^{1,2}, М.Ю. Рябикин²

¹Нижегородский государственный университет, факультет ВШОПФ

²Институт прикладной физики РАН, Н. Новгород

Существенное развитие лазерной физики на рубеже XXI века привело к появлению новой ветви физики сверхсильных полей и сверхбыстрых процессов – молекулярному динамическому имиджингу. В настоящее время это новое направление вызывает большой интерес и быстро развивается. В данной работе основное внимание уделяется изучению возможности мониторинга внутримолекулярной динамики на основе анализа энергетических и угловых спектров электронов при ионизации атомов и молекул в поле фемтосекундного лазерного импульса.

В широком смысле объектом исследований в данной работе является трехступенчатый процесс, лежащий в основе многих явлений в физике взаимодействия сверхсильных полей с веществом: 1) ионизация, 2) движение электронных волновых пакетов в суммарном поле лазерного излучения и ядер, 3) последующее их рассеяние на родительских ионах.

В работе с помощью численного моделирования решается трехмерная квантовая задача рассеяния электронов на молекулах и атомах в поле лазерного импульса. Основное внимание было уделено задаче рассеяния электрона на ядрах при ионизации молекулярного иона H_2^+ фемтосекундным лазерным импульсом интенсивностью более 10^{14} Вт/см². Для численного эксперимента использовалась полуклассическая модель с подвижными ядрами, при этом электрон описывался квантовомеханически, а ядра – как классические точечные частицы,двигающиеся под действием полей, создаваемых друг другом, электроном и полем лазерного импульса. Численное моделирование проводилось с помощью split-step метода на основе быстрого преобразования Фурье (FFT) для расчета волновой функции электрона и метода Эйлера для расчета динамики ядер. Использование параллельных вычислений и нового метода для гашения возмущений отраженных от границ области расчета [3] позволило значительно уменьшить погрешность получаемых результатов и увеличить объемы вычислений.

Были получены и проанализированы энергетические, угловые, спектральные и другие важные распределения для рассеянных на ядрах электронов после ионизации в зависимости от параметров лазерного импульса и начального состояния атома или молекулы. Полученные результаты сравнивались с результатами уже существующих полуклассических моделей. Предложены поправки к полуклассической модели [1], приводящие к значительно более хорошему совпадению с результатами численного моделирования, что позволяет производить динамический имиджинг молекул. Проанализировано влияние учета подвижности ядер при ионизации.

Литература

1. M. Lein, J. P. Marangos, and P. L. Knight, *Electron diffraction in above-threshold ionization of molecules*, Phys. Rev. A, 2002, **66**, 051404(R).
2. L. Landau and E. Lifshitz, *Quantum Mechanics*, 3rd ed. (Pergamon, New York, 1977).
3. A. A. Gonoskov and I. A. Gonoskov, *Suppression of reflection from the grid boundary in solving the time-dependent Schrödinger equation by split-step technique with fast Fourier transform*, physics /0607120.

Управление длительностью фемтосекундного лазерного импульса при филаментации

И.Н. Мургазин, О.Г. Косарева, Н.А. Панов

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра общей физики и волновых процессов*

Численно показано более чем четырехкратное уменьшение длительности мощного фемтосекундного лазерного импульса от 45 до 8 фс в объеме воздушной среды.

Однонаправленное распространение лазерных импульсов в объеме воздушной среды описывается уравнением для медленно меняющейся амплитуды электрического поля [1, 2], являющегося следствием системы уравнений Максвелла, в прозрачной среде с керровской нелинейностью и самонаведенной лазерной плазмой:

$$2ik_0 \frac{\partial A}{\partial z} = \left(1 - \frac{i}{\omega_0} \frac{\partial}{\partial t}\right)^{-1} \Delta_{\perp} A - \left(k_0 k'' \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} + \sum_n \frac{1}{(i^n n!)} \frac{\partial^{(n)} k^2}{\partial \omega^n} \Big|_{\omega_0} \frac{\partial^{(n)} A}{\partial t^n}\right) +$$
$$+ \frac{2k_0^2}{n_0} \left[\left(1 - \frac{i}{\omega_0} \frac{\partial}{\partial t}\right) \Delta n_k + \left(1 - \frac{i}{\omega_0} \frac{\partial}{\partial t}\right) \text{Re}(\Delta n_p) + \text{Im}(\Delta n_p) \right] A - ik_0 \alpha A \quad (1)$$

При численном моделировании профиль импульса на входе в среду имел гауссово распределение как в пространстве так и во времени:

$$A(r, z = 0, \tau) = A_0 \exp\left(-\frac{\tau^2}{2\tau_0^2}\right) \times \exp\left(-\frac{r^2}{2a_0^2}\right) \quad (2),$$

где $\tau_0 = 27\text{фс}$ - начальная длительность импульса по уровню $1/e$ (45 фс по половине высоты), $a_0 = 2.3\text{мм}$ - начальный радиус пучка. Начальная интенсивность импульса составляла $I_0 = 2 \cdot 10^{12} \text{Вт/см}^2$, начальная энергия - $W_0 = 16\text{мДж}$. Распространение импульса рассматривалось в воздушной среде, состоящей из молекул кислорода и азота в соотношении 21% на 79%.

Исходная длительность переднего фронта, соответствующая уменьшению интенсивности в два раза от пикового значения, составляла 22.6 фс. На начальных расстояниях наблюдается небольшое увеличение длительности за счет влияния дисперсии. Затем она уменьшается под воздействием керровской самофокусировки, достигая своего минимального значения 3.6 фс, которое остается постоянным на некотором расстоянии— области минимальной длительности с протяженностью 2 м, составляющей 5 % от дифракционной длины.

Авторы выражают благодарность ERO of the US Army No W911NF-05-1-0553, РФФИ No. 06-02-17508-а и Фонду «Династия».

Литература

1. Т. Brabec, F. Krausz., Physical Review Letters, 78, 3282 (1997).
2. С. А. Ахманов, В. А. Выслоух, А. С. Чиркин “Оптика фемтосекундных лазерных импульсов”. М.: Наука, 1988, 310 с.

Laser source of femtosecond radiation tunable in near UV.

D.V. Khakhulin, R.V. Volkov, and A.B.Savel'ev

*Physical Department & International Laser Centre of M.V. Lomonosov Moscow State University,
Vorob'evy Gory, 119992, Russia*

Broadband femtosecond pulses tunable in VIS and UV range of spectrum are much sought for various applications in physics, chemistry and biology. The optical schemes, based on noncollinear parametric amplification (NOPA) of supercontinuum (SC) allow to obtain the source of tunable in wide spectral range broadband radiation. Conventional NOPA schemes utilize pulses of second or third harmonic of fundamental TiSa radiation for pumping of such amplifiers. The white light generated by the small fraction of TiSa radiation is used as a broadband signal pulse to be amplified. The conversion efficiency of such schemes is relatively small. The main confining factors on the maximum conversion efficiency are dispersion and self-phase modulation. As the pump energy for NOPA is sufficiently less than that of fundamental radiation, it could be more profitable to use fundamental radiation directly for SC generation. So in this paper we compare the efficiency of these two schemes.

In this paper we present theoretical and experimental investigation of the factors limiting the efficiency of OPA. It was shown that deliberate narrowing of pump spectrum (or elongation of its duration) allows to loosen confinements imposed by dispersion and self-phase modulation and to get noticeable increase in amplification factor without any spectral narrowing of amplified radiation. During experiment we used second harmonic of 70 fs TiSa radiation as the pump. The frequency doubling was realized in both relatively thick and thin crystals. Special measures were introduced for altering of pump spectrum and duration. The single pass type-I BBO NOPA was used for amplification of 1 uJ white light radiation. Angle between pump beam and signal was close to the angle of noncollinear broadband synchronism. Special dichroic mirror set the spectral range for amplification. The delay between pump and signal pulses was precisely adjusted by translation stage. In case of temporally shaped pump with energy of 350 uJ the output energy of amplified radiation in the spectral range between 550 and 750 was 70uJ. It is 4 times higher than in case of usage of the pump without any shaping. No frequency narrowing of amplified radiation was observed. Frequency of obtained radiation was converted into the range between 300-360 nm by SH generation in 1-mm-thick KDP crystal. The spectral bandwidth of UV radiation was about 2nm. Tuning in the required spectral range was being accomplished by nonlinear crystal rotation. It was observed that maximum energy of SH was about 1uJ at 330 nm.

For direct conversion of fundamental radiation into SC we used 70 fs, 2-3 mJ radiation and fused silica as a target. The conversion efficiency into the spectral range 300-400 nm and 600-780 nm was about 1 and 10 percents correspondingly. The conversion efficiency into the spectral range 300-380 nm of the pump at 400nm (SH of the fundamental radiation) was also investigated for fused silica and LiF. It was shown that it strongly depends on the wavelength and overall efficiency is of 0.1-6 percents for both cases.

The work was supported by RFBR under grant 04-02-16341.

Преобразование частично когерентного излучения наносекундных импульсов неодимового лазера во вторую гармонику

Б.Л. Васин, Ю.В. Коробкин, М.В. Осипов, В.Н. Пузырёв,
А.Т. Саакян, А.Н. Стародуб, В.Б. Студёнов, С.И. Федотов
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Изучение физики процессов преобразования наносекундных лазерных импульсов в высшие гармоники, и, в частности, во вторую гармонику, является одной из важных задач квантовой электроники. Исследования, проведённые в этой области, затрагивают различные аспекты таких направлений как нелинейная оптика, когерентная оптика, физика мощных лазеров, лазерный термоядерный синтез.

В данной работе экспериментально исследована эффективность преобразования излучения мощного неодимового лазера с управляемой степенью когерентности лазерного пучка во вторую гармонику в зависимости от степени временной и пространственной когерентности излучения, степени поляризации излучения, а также типа нелинейного кристалла и его длины в диапазоне лазерных нагрузок $0,5 - 10 \text{ ГВт/см}^2$. В качестве источника частично-когерентного излучения использовался мощный лазер «Канал-2» [1].

Измерения эффективности преобразования осуществлялось калориметрическим способом. В экспериментах измерялись энергия лазерного импульса на выходе лазера, энергия падающего на кристалл излучения, энергия импульса второй гармоники и энергия излучения на основной частоте, прошедшего через кристалл без преобразования. Расположение калориметрических датчиков позволяло контролировать баланс энергии в системе преобразования, что повышало точность измерения эффективности преобразования [2].

Построены графики эффективности преобразования частично когерентного лазерного излучения во вторую гармонику для кристаллов KDP типов ооо и оое в зависимости от нагрузки на кристалл. Достигнуто значение эффективности преобразования на кристалле KDP оое типа $\sim 30\%$.

Показано, что кристаллы KDP могут быть использованы без разрушения для преобразования во вторую гармонику лазерного излучения с наносекундной длительностью импульса при плотности мощности излучения на кристалле $q \geq 7 \text{ ГВт/см}^2$ и плотности потока энергии до 20 Дж/см^2 .

Литература

1. S.I. Fedotov, L.P. Feoktistov, M.V. Osipov, A.N. Starodub, «Laser for LTF with controlled function of mutual coherence of radiation», *J. Russian Laser Research*, **25**, 79-92, (2004).
2. Б.Л. Васин, Ю.В. Коробкин, М.В. Осипов, В.Н. Пузырёв, А.Т. Саакян, А.Н. Стародуб, В.Б. Студёнов, С.И. Федотов, «Преобразование частично когерентного излучения наносекундных импульсов неодимового лазера во вторую гармонику», *Препринт ФИАН*, **25**, (2006).

Energy transport between amino acid stem linked chromophores

A.A.Bakulin, M.S.Pshenichnikov, D.A.Wiersma
University of Groningen

Energy transport in multichromophore systems is a critical process for development of photonic wires, investigation of light harvesting complexes and light emitting devices^{1,2}. Here we present results obtained for a model two chromophore system designed by labeling amino acid sequences with dye molecules².

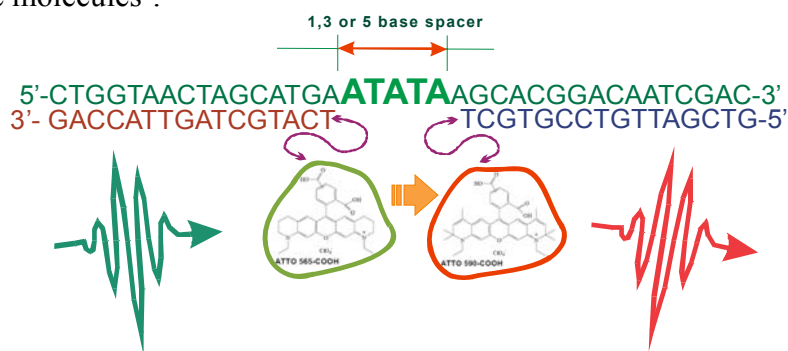


Fig.1. Target two-chromophore system

Utilizing number of experimental techniques (steady state and time resolved photoluminescence, correlation microscopy, time resolved pump-probe) we investigate energy transfer properties, such as energy transfer efficiency and time, the relaxation pathways and inhomogeneity of energy transfer systems.

The discussed set of spectroscopic instruments will be used for characterization of energy transport in more complex multichromophore systems.

References

1. Lindsey, *J. Am. Chem. Soc.* **116**, 9759 (1994)
2. Sauer, van Hulst, *J. Am. Chem. Soc.* **126**, 6514 (2004)

ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И СВЕТОРАССЕЯНИЕ В ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ ПОЛИПАРАФЕНИЛЕНВИНИЛЕНА

А.Е. Озимова¹, С.Г. Елизаров¹, Е.М. Нечволодова², Д.Ю. Паращук¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
физический факультет

²Институт химической физики РАН им. Н.Н. Семенова

В последнее время активно проводятся исследования по разработке фотоэлементов на основе органических материалов [1]. В качестве рабочего слоя таких фотоэлементов часто используют смеси сопряженного полимера с органическими молекулами. В таких смесях возможно разделение фаз компонент смесей [2], приводящее к оптической неоднородности и, как следствие, светорассеянию. Также в таких донорно-акцепторных смесях может наблюдаться поглощение в области ниже края поглощения полимера, что может свидетельствовать о наличии взаимодействия в основном состоянии между донором и акцептором.

Спектрофотометры обычно измеряют оптическое пропускание T исследуемого образца, а далее, на основе полученных данных определяется оптическая толщина в соответствии с соотношением $\tau = -\ln(T)$. Если в образце присутствует светорассеяние, то оптическую толщину, измеряемую спектрофотометром, можно представить в виде $\tau = \alpha \cdot d + \tau_\sigma$, где τ_σ - оптическая толщина, связанная с рассеянием. Таким образом, знание только оптического пропускания T недостаточно для корректного определения оптической толщины, обусловленной поглощением в донорно-акцепторной композиции, и необходимо пользоваться методиками, учитывающими светорассеяние.

В данной работе представлен лазерный метод совместного измерения коэффициента рассеяния и поглощения света в пленках донорно-акцепторных смесей на основе сопряженных полимеров. Метод основан на измерении мощности света до образца и после образца на фотоприемнике с большой апертурой в присутствии и в отсутствии малой “заглушки”, закрывающей фотоприемник от прямой засветки прошедшим через образец излучением лазера. По данным этих трех измерений производится расчет коэффициента рассеяния и поглощения.

Методика апробирована на пленках смеси растворимой формы полипарафениленвинилена (МЕГ-ПФВ) со следующими акцепторами: тринитрофлуореноном (ТНФ), полидинитроантрахиноном (полиДНАХ), динитроантрахиноном (ДНАХ) и фуллереном (C60) при различных концентрациях акцептора. Измерения проведены для длин волн 633, 670 и 810 нм. Показано, что в пленках смеси МЕГ-ПФВ и ТНФ светорассеяние увеличивается при добавлении акцептора. В смесях МЕГ-ПФВ и полиДНАХ — поглощение слабое и основной вклад в оптическую плотность дает рассеяние, которое линейно возрастает с увеличением концентрации акцептора. Обсуждается связь уровня светорассеяния с силой взаимодействия в основном состоянии.

Литература

1. Y. Shi, J. Liu and Y. Yang, "Device performance and polymer morphology in polymer light emitting diodes: The control of thin film morphology and device quantum efficiency", *Journal of Applied Physics*, **87** (9), 4254-63 (2000).
2. H. Hoppe, T. Glatzel, M. Niggemann, A. Hinsch, M.Ch. Lux-Steiner and N. S. Sariciftci, "Kelvin Probe Force Microscopy Study on Conjugated Polymer/Fullerene Bulk Heterojunction Organic Solar Cells", *Nano Letters*, **5** (2), 269-274 (2005).

