

Q 49: Ultrakurze Laserpulse (Anwendungen II)

Zeit: Donnerstag 16:30–19:15

Raum: 3H

Q 49.1 Do 16:30 3H

Exact description of self-focusing in highly nonlinear geometrical optics — ●LARISA TATARINOVA and MARTIN GARCIA — University of Kassel, Kassel, Germany

Problem of intense light propagation in a media exhibiting highly nonlinear response is studied in the geometrical optic approximation. We demonstrate that for big number of modern experiments and applications this approximation is appropriate. Particularly, for propagation of 5 nJ femtosecond pulse in air, the obtained analytically self-focusing distance deviates from the numerical solution of the nonlinear Schrodinger equation as 0.4%. We construct analytical solutions for several types of nonlinearities. The obtained solutions turn out to be exact on the beam axis and provide a benchmark for numerical simulations, and replace the widely used empirical Marburger formula. We show how the high order nonlinearities can lead to dramatic changes in the self-focusing behaviour, and present a way for their experimental determination.

Q 49.2 Do 16:45 3H

Enhancement of the X-ray yield by adaptive shaping of ultrashort laser pulses — ●STEFFEN LINDEN, MARTIN SILIES, HENRIK WITTE, and HELMUT ZACHARIAS — Physikalisches Institut, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

A deformable mirror is implemented in a laser-based hard X-ray experiment in order to increase the hard X-ray yield. The imperfect wavefront from the Ti:Sapphire CPA laser system is spatially changed by means of a piezoelectric deformable mirror before the focusing optics of the laser-plasma experiment. The hard X-ray yield of the generation process is detected by an X-ray sensitive Schottky diode. This diode delivers the feedback signal for an evolutionary algorithm, that controls the piezovoltages of the deformable mirror. After a series of generations of the algorithm with an adjustable number of individuals (one individual represents one mirror deformation) the $Fe - K_{\alpha}$ yield is enhanced significantly.

Q 49.3 Do 17:00 3H

Auswirkungen von zeitverzögerten und geformten fs Laserpulsen auf das Abtragsverhalten von Werkstoffen — ●MARKUS SCHOMAKER, HOLGER LUBATSCHOWSKI und ALEXANDER HEISTERKAMP — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithalle 8, 30419 Hannover

Die laserinduzierte Strukturierung ist nicht nur für das Mikro- und Nanomachining von großer Bedeutung, sondern auch im Bereich der laserbasierten Zell- und Nanochirurgie sind definierte Strukturen für eine erfolgreiche Behandlung notwendig. Um solche Strukturen erzeugen zu können, sind Kenntnisse zur Wechselwirkung von Laserstrahlung und Material erforderlich. Ein tieferes Verständnis zum Ablationsprozess geben die durchgeführten Doppelpulsexperimente, bei denen gaußförmige fs- Doppelpulse mit unterschiedlicher, zeitlicher Verzögerung generiert werden. Dieses erfolgt durch das Aufsplitten eines Laserpulses in zwei Teilpulse und der anschließenden Leitung über verschiedene lange Wegstrecken, bevor die beiden Teilpulse wieder überlagert werden. Durch das Fokussieren dieser Doppelpulse auf eine Probe können Abträge realisiert werden. Erfolgt das Auftreffen der Teilpulse zeitverzögert im Pikosekundenbereich, kommt es zu einer räumlichen Veränderung in den Abtragsdimensionen. Ebenfalls wird die Größe des Abtrags durch das Umwandeln der Pulsform beeinflusst. Realisiert wird dieses durch das Einbringen einer Phasenplatte in den Strahlengang und einer Überlagerung der Teilpulse. Die erzielten Ergebnisse erlauben ein besseres Verständnis zur Puls- Materialwechselwirkung und geben Informationen zum gesamten Abtragsprozess.

Q 49.4 Do 17:15 3H

Adaptive Optik und deren Anwendung in biologischen Systemen — ●RAOUL-AMADEUS LORBEER, HOLGER LUBATSCHOWSKI und ALEXANDER HEISTERKAMP — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithalle 8, 30419 Hannover

Die Echtzeitanpassung von Teleskopsekundärspiegeln an atmosphärische Turbulenzen hat die terrestrische Astronomie revolutioniert. Durch kompaktere Systeme könnte diese Technik nun auch Einzug in die Mikroskopie und Lasermedizin halten. Ein geeignetes System stellen so genannte Spatial Light Modulators (SLMs) dar. Mit einem Flüssigkristall SLM lassen sich die Wellenfronten von Laserlicht ge-

zielt manipulieren und zur Verbesserungen der optischen Eigenschaften bzw. der Verringerung möglicher Aberrationen in biologischen Systemen einsetzen.

Mögliche Anwendungsfelder sind daher zum einen die Augenheilkunde und zum anderen die Mikroskopie. Bei der Propagation des Lichtes durch Augenhornhaut, Augenlinse sowie Glaskörper werden diesem Aberrationen aufgeprägt. Um somit in der Augenheilkunde den Augenhintergrund genau abbilden und manipulieren zu können, ist es notwendig, die auftretenden Wellenfrontverkrümmungen zu korrigieren. Ebenso ist in der Mikroskopie beim Arbeiten mit hohen Numerischen Aperturen die detailgetreue Abbildung aus verschiedenen Probentiefen nicht mehr gewährleistet und eine Korrektur sinnvoll.

Aus diesen Gründen wurde ein Versuchsaufbau realisiert, mit dem sowohl die Messung von Aberrationen als auch deren Korrektur möglich ist.

Q 49.5 Do 17:30 3H

Laser-Gewebe-Wechselwirkungen von ultrakurzen Laserpulsen bei unterschiedlichen Pulsfrequenzen — ●KAI KÜTEMAYER, JUDITH BAUMGART, HOLGER LUBATSCHOWSKI und ALEXANDER HEISTERKAMP — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithalle 8, 30419 Hannover

Oberhalb einer materialabhängigen Intensitätsschwelle erzeugt ein ultrakurzer Laserpuls in einem transparenten Medium einen optischen Durchbruch, der zu einem Abtrag des Materials führt. Für die Manipulation von einzelnen Zellorganellen in der Zellchirurgie ist die Minimierung der durch die Laserstrahlung eingebrachten Energie entscheidend, um die Vitalität der Zellen nach der Behandlung zu gewährleisten. Deshalb wird der Abtrag von einzelnen Zellorganellen im MHz Bereich mit Pulsenergien um 1 nJ unterhalb der Schwellenenergie für einen optischen Durchbruch durch kumulative chemische Effekte erzielt, die durch erzeugte freie Elektronen induziert werden. Zur Untersuchung dieser Mechanismen werden mit Hilfe eines akusto-optischen Modulators und eines mechanischen Shutters Pulzüge mit einer variablen Pulsfrequenz zwischen 20 kHz und 4,5 MHz, einer Pulsdauer von 100 fs und einer Pulsenergie von einigen nJ erzeugt. Durch ein Objektiv mit einer hohen numerischen Apertur von 1,3 werden die Pulse auf die Probe fokussiert. In Abhängigkeit der Pulsenergie, der Pulsfrequenz und der Anzahl der eingestrahlt Pulse wird die Schädigung in transparenten biologischen Proben und künstlichen Modellsubstanzen bewertet, um eine Optimierung der Parameter für die Manipulation innerhalb einzelner Zellen zu erreichen.

Q 49.6 Do 17:45 3H

Zwei-Farben-Pump-Abfrage-Messungen von Quantenpunktstrukturen mit einem MHz-OPA — ●MARCEL SCHULTZE, ANDY STEINMANN, GUIDO PALMER und UWE MORGNER — Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover

Da die zeitliche Auflösung von Pump-Abfrage-Messungen direkt mit der Pulsdauer der verwendeten Laserquelle korreliert, eignen sich Femtosekundenlaser hervorragend um z.B. einen direkten Einblick in die Ladungsträgerdynamik von Halbleiterstrukturen zu erlangen. Wir präsentieren die Messung der Relaxationsdynamik von Quantenpunktproben mit Hilfe einer Pump-Abfrage-Messung. Als Quelle dient ein optisch parametrischer Verstärker (OPA) mit MHz-Repetitionsrate. Im Vergleich zu kHz-Systemen ist dieser deutlich rauschärmer und ermöglicht durch die höheren Repetitionsraten eine Verbesserung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses. Dadurch lassen sich Transmissionsänderung bis herab zu 0,05 % messen. Ein passiv modengekoppelter Yb:KYW Oszillator mit Cavity-Dumping dient bei einer Zentralwellenlänge von 1040 nm als Pumpquelle für den OPA und wird gleichzeitig zur Anregung der Quantenpunktproben verwendet. Der durchstimmbare Idler des OPA-Systems wird im Wellenlängenbereich von 1100 nm bis 1300 nm für die zeitliche Abfrage der Exzitonenniveaus der Halbleiterstrukturen genutzt. Durch eine zusätzliche Kühlung der Probe mit Hilfe eines Stickstoffkryostaten konnte eine weitere Zunahme der Transmissionsänderung erreicht werden.

Q 49.7 Do 18:00 3H

Femtosekunden Wellenform-Synthesizer — ●STEFAN RAUSCH, THOMAS BINHAMMER, ANNE HARTH und UWE MORGNER — Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover

Die Formung der spektralen Phase ultrakurzer Laserpulse wird seit kurzem gezielt angewandt, um zeitliche Pulsprofile und -sequenzen auf Femtosekunden-Zeitskalen zu erzeugen. Durch eine zusätzliche Einflussnahme auf die spektrale Amplitude des Pulses eröffnen sich zahlreiche neue Möglichkeiten auf dem Gebiet der Femtosekunden-Pulsformung.

Wir präsentieren hier einen Pulsformer-Aufbau bestehend aus einem Titan:Saphir-Oszillator, einem SPIDER-Messsystem und einem LCD-Pulsformer, der die unabhängige Manipulation von spektraler Pulsphase und -amplitude erlaubt. Das über-oktavbreite Spektrum des Lasers unterstützt eine Fourier-limitierte Pulsdauer von 3.7 fs, was ihn zur idealen breitbandigen Lichtquelle für Pulsformungsexperimente macht. Mit diesem Aufbau ist es möglich, Pulse mit variablen spektralen Formen, Pulsdauern unterhalb des Fourier-Limits und andere anspruchsvolle zeitliche Pulsformen zu generieren. Einige dieser Ergebnisse werden hier präsentiert.

Um die totale Kontrolle über das E-Feld eines ultrakurzen Laserpulses zu erlangen, muss neben seiner spektralen Phase und Amplitude zusätzlich seine Träger-Einhüllende Phase beeinflusst werden, was über eine Phasenstabilisierung des Oszillators erreicht werden kann. Der dann realisierte Wellenform-Synthesizer erlaubt phasensensitive Experimente mit variablen Pulsformen im Bereich der kohärenten Kontrolle.

Q 49.8 Do 18:15 3H

Attosecond relative timing jitter from a two-branch femtosecond Er: fiber laser — ●ALEXANDER SELL¹, FLORIAN ADLER^{1,2}, RUPERT HUBER¹, and ALFRED LEITENSTORFER¹ — ¹Department of Physics, University of Konstanz, 78464 Konstanz, Germany — ²JILA, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309-0440, USA

We present the first direct measurement of the relative timing jitter between the parallel pulse trains of two erbium-doped fiber amplifiers which share the same femtosecond seed oscillator. The system is operated without active stabilization. Each amplifier branch provides independently tunable pulses in the near infrared (tuning range: 1.0 μm to 2.4 μm) with durations down to 12 fs, generated via four wave mixing in a highly nonlinear dispersion shifted bulk fiber. Employing an interferometric optical cross-correlator, the phase noise spectral density is measured with high sensitivity in a range from 1 Hz up to the Nyquist frequency of 24.5 MHz. The integrated timing jitter amounts to 11 attoseconds directly after the amplifier stages and 43 as after propagation through free-space optics and nonlinear fibers for frequency conversion. Multi-branch fiber lasers are thus promising seed sources for important applications such as phase stable, tunable difference frequency generation, field resolved spectroscopy or high-harmonic generation.

Q 49.9 Do 18:30 3H

Strong field control of molecular dynamics by resonant shaped ultrashort laser pulses — ●MATTHIAS WOLLENHAUPT, TIM BAYER, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik and Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology (CINSaT), Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

Quantum control by tailored ultrashort light pulses is very successful to manipulate physical and chemical properties of matter. In many cases the underlying physical processes are not very well understood – particularly when *shaped resonant intense* pulses are applied. These pulses are of general importance because resonant control scenarios are the dominant pathways for pulses with ultra broad spectra. In this contribution the physical mechanism of strong field quantum control using tailored *resonant* pulses is investigated on small molecules [1-3].

Switching among different final electronic states is realized by selective population of dressed states (SPODS). Our experiment is based on femtosecond pulse shaping and time-of-flight photoelectron spectroscopy. The spectrum of a femtosecond laser pulse is sinusoidally phase-modulated in frequency domain [4] to produce a sequence of pulses interacting with molecules in a beam. Our result show selectivity among different electronic states. Because SPODS is ultrafast our strategy might be operative in the presence of decoherence processes as well. [1] M. Wollenhaupt et al., Chem. Phys. Lett 419, 184 (2006) [2] M. Wollenhaupt and T. Baumert, J. Photochem. Photobiol. A 180, 248 (2006) [3] M. Wollenhaupt et al., Ann. Rev. Phys. Chem. 56, 25 (2005) [4] M. Wollenhaupt et al., Phys. Rev. A. 73, 063409 (2006)

Q 49.10 Do 18:45 3H

Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland — ●PHILIPP VON DEN HOFF, DOROTHEE GEPPERT, and REGINA DE VIVIE-RIEDLE — Ludwig-Maximilians-Universität, München, Deutschland

An efficient approach to describe electron dynamics in molecules is developed which exploits quantum dynamics and quantum chemistry in a new way. The photodissociation of D_2^+ , that can be controlled via the carrier-envelope phase of an ultrashort laser pulse, is chosen as a test system. In this system, the approach is checked against more rigorous theories as well as experiments which show excellent agreement. The electron dynamics is visualized in several ways including the phase information of the electronic wavefunction. The detailed analysis of the electron motion after different ionization events reveals the underlying complex dynamics which are hidden in the experiment. The interplay between the carrier-envelope phase and electron control is elucidated. The ansatz is based on the highly developed electronic structure theory and can be implemented quite easily. The method allows for a successive extension to multi-electron systems and simultaneously enables a quantum dynamical description of the nuclear motion.

Q 49.11 Do 19:00 3H

Strong-field control landscapes of coherent electronic excitation — ●TIM BAYER, MATTHIAS WOLLENHAUPT, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

We study physical mechanisms of resonant strong-field coherent control. To this end, time-of-flight photoelectron spectra from multiphoton ionization of potassium atoms with intense shaped femtosecond laser pulses are measured and discussed in terms of Selective Population of Dressed States (SPODS). Recently, it was shown [1,2] that pulse sequences and chirped pulses provide efficient yet complementary realizations of SPODS. Combining these two approaches thus leads to a physically motivated pulse parametrization that opens up search spaces of manageable size. The SPODS control topology of these reduced search spaces is mapped out experimentally and presented in the form of strong-field control landscapes. Having revealed the landscape topologies we apply the same pulse parametrization to an adaptive optimization procedure in order to optimize SPODS on one of the mapped parameter spaces. The concept of control trajectories is introduced and serves to visualize the temporal evolution of the optimization on the measured landscape surface. The question whether such optimization procedures under experimentally constrained conditions in fact end up at the global optimum or eventually become trapped by suboptimal local extrema [3] is addressed.

[1] M. Wollenhaupt *et al.*: PRA **73**, 2006 [2] M. Wollenhaupt *et al.*: APB **82**, 2006 [3] H. A. Rabitz *et al.*: PRA **74**, 2006