

## Q 29: Photonics III

Time: Tuesday 14:00–15:45

Location: F 342

Q 29.1 Tue 14:00 F 342

**A resonator-based time-stretch oscilloscope with variable magnification and time-aperture** — ●STEFAN WEBER<sup>1,2</sup>, CHRISTOPH REINHEIMER<sup>1,2</sup>, and GEORG VON FREYMAN<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Fraunhofer Institute for Physical Measurement Techniques, Department Terahertz Measurement and Systems, 79110 Freiburg — <sup>2</sup>University of Kaiserslautern, Physics Department and Research Center OPTIMAS, 67663 Kaiserslautern

We present a resonator-based approach to time-stretch electrical signals with variable temporal magnification up to  $M = 100$  and time-aperture up to 800 ps.

In contrast to the conventional linear time-stretch setups with fixed magnification [Chou, J. ; Boyraz, O. ; Solli, D. ; Jalali, B.: In: Applied Physics Letters 91 (2007)] an optical pulse of a broadband laser source  $\Delta\lambda$  will be prechirped in a first dispersive fiber. This prechirped pulse will be modulated in an electro-optical modulator. The modulated optical pulse couples via a beam-combiner into a fiber-based resonator. In this resonator, a dispersive and Raman-active fiber as well as a Raman-amplifier are placed. The fiber stretches the pulse and amplifies the signal at the same time. This concept comprises a measurement system with short fibers and high possible stretch-factors. After every resonator round-trip, an adequate part of the power is coupled out using a switch and detected by a fast photo-diode. The achievable magnification  $M$  depends on the number of round-trips  $N$ . Hence, this approach provides different magnification factors with only one configuration: A time-stretch setup with variable temporal magnification.

Q 29.2 Tue 14:15 F 342

**Linear and nonlinear characterization of optical liquids in the visible and near-infrared spectral region** — ●STEFAN KEDENBURG, ANDY STEINMANN, TIMO GISSIBL, MARIUS VIEWEG, and HARALD GIESSEN — 4th Physics Institute and Research Center SCOPE, University of Stuttgart

Liquid-filled fibers and optofluidic devices require infiltration with a variety of liquids whose linear and nonlinear optical properties are still not well known over a broad spectral range, particularly in the near-infrared.

Hence, dispersion and absorption properties have been determined for carbon disulfide, nitrobenzene, toluene, and carbon tetrachloride.

For the refractive index measurement a standard Abbe refractometer in combination with a white light laser and a technique to calculate correction terms to compensate for the dispersion of the glass prism has been used. New refractive index data and derived dispersion formulas between a wavelength of 500 nm and 1600 nm are presented in good agreement with sparsely existing reference data.

The absorption coefficient has been deduced from the difference of the losses of several identically prepared liquid filled glass cells or tubes of different lengths in the wavelength region between 500 nm and 1750 nm.

The nonlinear refractive index has been characterized by self-phase modulation in liquid-filled hollow core fibers.

Q 29.3 Tue 14:30 F 342

**Interferometrische Messung von Fluktuationen der Parameter optischer Frequenzkämme** — ●ERIK BENKLER, FELIX ROHDE und HARALD R. TELLE — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, D-38116 Braunschweig

Die Charakterisierung der Rauscheigenschaften modengekoppelter Laser liefert wichtige Informationen für messtechnische Anwendungen sowie für die Optimierung solcher Laser. Hierbei sind insbesondere Fluktuationen der korrelierten Parameter ihres kammförmigen Emissionsspektrums, d. h. der optischen Trägerfrequenz  $\nu_c$ , der Repetitionsrate  $f_{\text{rep}}$ , und der carrier-envelope-Frequenz  $\nu_{\text{CEO}}$  von Interesse. Trägerfrequenz-Fluktuationen können mittels eines nicht-balancierten Interferometers als Frequenzdiskriminator gemessen werden. In diesem Beitrag wird dieser Ansatz übertragen auf die Messung der entsprechenden Gruppeneigenschaft, d.h. auf die der  $f_{\text{rep}}$ -Fluktuationen. Hierzu werden die  $\nu_c$ -Fluktuationen simultan bei zwei spektral möglichst weit auseinander liegenden Frequenzkamm-Intervallen interferometrisch gemessen. Mit der Kenntnis deren Frequenzabstands sowie der Korrelation zwischen den  $\nu_c$ -,  $\nu_{\text{CEO}}$ - und  $f_{\text{rep}}$ -Fluktuationen kön-

nen dann die  $f_{\text{rep}}$ - bzw.  $\nu_{\text{CEO}}$ -Fluktuationen berechnet werden. Durch die hier demonstrierte Messmethode, die bei einer hohen effektiven Oberwellenordnung von  $f_{\text{rep}}$  arbeitet, wird eine große Messempfindlichkeit erreicht, die im Prinzip nur durch das technische Rauschen (z. B. Akustik, inelastische Streuprozesse) der zur Verzögerung im Interferometer verwendeten Glasfaser begrenzt wird. Vorteilhaft ist außerdem, dass keine ultraschnellen Photodetektoren benötigt werden.

Q 29.4 Tue 14:45 F 342

**Bandbreitenreduzierung der stimulierten Brillouin Streuung in einem mehrstufigen, faserbasierten System** — ●STEFAN PREUSSLER und THOMAS SCHNEIDER — Institut für Hochfrequenztechnik, Hochschule für Telekommunikation Leipzig

Die stimulierte Brillouinstreuung (SBS) ist einer der dominierenden nichtlinearen Effekte in optischen Einmodenfasern. Im Laufe der Jahre hat sich die SBS von einem Störeffekt in der optischen Telekommunikation zu einer hervorragenden Grundlage für viele potentielle Anwendungen entwickelt. Gerade in den letzten Jahren rückte die SBS in den Fokus einer ganzen Reihe von Forschungsaktivitäten. Die SBS wird zum Beispiel als Sensor für Temperatur und mechanische Belastung in Wellenleitern, für die Verzögerung und Speicherung von Licht, für ultra-hochauflösende Spektralanalyse und als Filter für Millimeter und Terahertz-Wellen verwendet, um nur einige zu nennen. Die meisten dieser Anwendungen nutzen die sehr schmale Bandbreite der SBS von 10 MHz. Die Form und die Bandbreite der SBS beeinflusst direkt die Grenzen der Anwendungen. Eine geringere Bandbreite ermöglicht demnach genauere Auflösungen bei der Spektroskopie und höhere Speicherzeiten bei der Lichtspeicherung. Hier präsentieren wir eine neue Methode, um die Bandbreite der SBS durch die Kaskadierung mehrerer Brillouin-Verstärker zu reduzieren. Die Theorie wird mit ersten Experimenten bestätigt und zeigt, mit einem 3-stufigen System, eine Verringerung der Bandbreite auf 5.8 MHz. Das entspricht einer Verringerung auf 56% der natürlichen Bandbreite im verwendeten Medium.

Q 29.5 Tue 15:00 F 342

**Numerische Simulation der Konversion transversaler Moden mittels ultrakurzer Laserimpulse** — ●TILL WALBAUM, TIM HELLWIG und CARSTEN FALLNICH — Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Deutschland

In einer Mehrmodenfasern führen die unterschiedlichen Propagationskonstanten der transversalen Moden durch Interferenz zu einer räumlich strukturierten Intensitätsverteilung entlang der Faser. Der Kerr-Effekt erzeugt daraus bei hohen Intensitäten eine Brechungsindexmodulation, die die Eigenschaften eines langperiodischen Gitters hat [1]. Solch ein Gitter kann genutzt werden, um transversale Moden ineinander zu konvertieren. Wird ein ultrakurzer Puls zur Erzeugung des Gitters eingesetzt, so wird instantan nur ein mit dem Puls wandernder Gitterausschnitt geformt.

Wir präsentieren hier erstmals die numerische Simulation dieser Modenkonzersion mit Hilfe ultrakurzer Pulse auf Basis gekoppelter nichtlinearer Schrödingergleichungen. Dabei werden die Einflüsse verschiedener Parameter wie Spitzenleistung, Phasenlage oder des zeitlichen Versatzes zwischen Schreib- und Testpuls auf das zeitliche und räumliche Pulsprofil untersucht. Ferner wird auf Basis der optisch induzierten Modenkonzersion die Realisierung eines optischen Schalters vorgestellt.

[1] N. Andermahr und C. Fallnich, Opt. Expr. **18**, 4411 (2010).

Q 29.6 Tue 15:15 F 342

**Konversion transversaler Fasermoden mittels ultrakurzer Lichtimpulse** — ●MARTIN SCHNACK, TILL WALBAUM und CARSTEN FALLNICH — Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Deutschland

In diesem Beitrag zeigen wir, dass sich die Konversion transversaler Moden einer Stufenindexfaser unter Verwendung ultrakurzer Lichtimpulse (fs-Impulse) experimentell realisieren lässt. Mit quasi-kontinuierlichem Licht (ns-Impulse) konnte Modenkonzersion 2010 demonstriert werden [1]; fs-Impulse bieten nun den Vorteil nichtlineare Effekte gleicher Stärke, bei wesentlich geringeren mittleren Leistungen zu erzielen.

Das Prinzip funktioniert ohne dauerhafte Materialveränderung und basiert darauf, dass mit einem Schreibimpuls durch Mehrmodeninterferenz ein räumliches Intensitätsmuster in der Faser erzeugt wird, welches aufgrund des Kerr-Effektes in ein räumliches Brechungsindexmuster umgesetzt wird und so effektiv ein transientes, langperiodisches Gitter erzeugt. Ein Testimpuls erfährt an diesem Gitter eine Konversion seiner transversalen Moden. Die zeitliche Überlagerung der Impulse haben wir durch einen interferometrischen Aufbau sowie durch Kopropropagation in der Faser sichergestellt. Anhand der Polarisation ließen sich Schreib- und Testimpulse am Faserausgang trennen, und wir konnten einen deutlichen Unterschied in der Modenzusammensetzung des Testimpulses bei aus- und eingeschaltetem Schreibimpuls messen.

[1] N. Andermahr und C. Fallnich, *Opt. Exp.* 18, S. 4411 (2010)

Q 29.7 Tue 15:30 F 342

**Seltenerd-dotierte  $\text{In}_2\text{O}_3$ - und  $\text{InYO}_3$ -Schichten auf Sesquioxid-Substraten** — •SVEN H. WAESLMANN<sup>1</sup>, SEBASTIAN HEINRICH<sup>1</sup>, CHRISTIAN KRÄNKEL<sup>1,2</sup> und GÜNTER HUBER<sup>1,2</sup> —

<sup>1</sup>Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg — <sup>2</sup>The Hamburg Centre for Ultrafast Imaging

Mit dem Pulsed Laser Deposition-Verfahren (PLD) wurden  $\text{In}_2\text{O}_3$ -Schichten auf verschiedenen Sesquioxiden gewachsen. Das PLD-Verfahren eignet sich aufgrund der hohen Energie der Plasmabestandteile zur Herstellung von dünnen, einkristallinen Schichten. In-Situ Untersuchungen mit Elektronenbeugung sowie ex-Situ Untersuchungen mit Röntgenbeugung und Rasterkraftmikroskopie zeigen epitaktisches Wachstum von Seltenerd-dotiertem  $\text{In}_2\text{O}_3$  auf  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  bzw.  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ . Spektroskopische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Emissionsspektren von Nd-dotierten  $\text{In}_2\text{O}_3$ -Schichten denen von entsprechend dotierten Sesquioxid-Einkristallen ähneln. Durch die Beimischung von  $\text{Y}_2\text{O}_3$  gelang es, gitterangepasste  $\text{InYO}_3$ -Schichten auf  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  zu wachsen, wobei sich durch den reduzierten Gitterfehler die Schichtqualität deutlich verbessert. Aufgrund des vergleichsweise hohen Brechungsindex von kristallinem  $\text{In}_2\text{O}_3$  (ca. 3 bei 400 nm bzw. 2,5 bei 633 nm) sind photonische Anwendungen z.B. als Wellenleiter und als kristalline, dielektrische Spiegel interessant.