

## Q 53: Photonics II

Time: Thursday 14:00–16:15

Location: F 128

Q 53.1 Th 14:00 F 128

**Unterdrückung verstärkter Rayleigh-Rückstreuung eines nichtlinearen verstärkenden optischen Schleifenspiegels**

— •TOBIAS RÖTHLINGSHÖFER<sup>1,2,3</sup>, KLAUS SPONSEL<sup>1,2</sup>, GEORGY ONISHCHUKOV<sup>2,3</sup>, BERNHARD SCHMAUSS<sup>3,4</sup> und GERD LEUCHS<sup>1,2,3</sup> —  
<sup>1</sup>Institut für Optik, Information und Photonik, Universität Erlangen —  
<sup>2</sup>Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts — <sup>3</sup>Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT) — <sup>4</sup>Optische Hochfrequenztechnik, Universität Erlangen

In der optischen Datenübertragung werden zunehmend phasenkodierte Modulationsformate eingesetzt. Durch nichtlineare Effekte in Übertragungsfasern, wie etwa die Selbstphasenmodulation, wird jedoch vorhandenes Amplitudenrauschen in nichtlineares Phasenrauschen umgewandelt und beeinträchtigt so besonders phasenkodierte Signale.

Mit Hilfe eines modifizierten Faser-Sagnac Interferometers, dem nichtlinearen verstärkenden Schleifenspiegels, ist die Amplituden-Regeneration auch bei phasenkodierten optischen Datenformaten, wie z.B. differentielle Phasenumtastung, möglich. Hierdurch wird die Erzeugung von nichtlinearem Phasenrauschen auf der weiteren Übertragung unterdrückt. Vor allem durch verstärkte Rayleigh-Rückstreuung sind verstärkende Schleifenspiegel jedoch in ihrer Regenerationsfähigkeit limitiert.

Mittels numerischer Simulationen wurde gezeigt dass es durch eine Vorverbreiterung der Pulse möglich ist den Verstärkungsfaktor bei gleicher Regenerationsfähigkeit zu reduzieren und damit Störungen durch Rayleigh-Rückstreuung zu unterdrücken.

Q 53.2 Th 14:15 F 128

**Von passiven zu schaltbaren Fabry - Perot - Filtern auf Faserendflächen**

— •DAWID SCHWEDA<sup>1</sup>, STEFAN MEISTER<sup>1</sup>, MARCUS DZIEDZINA<sup>1</sup>, CHRIS SCHARFENORTH<sup>1</sup>, DANIELA DUFFT<sup>2</sup>, BERND GRIMM<sup>2</sup>, SIGURD K. SCHRADER<sup>2</sup> und HANS JOACHIM EICHLER<sup>1</sup> —  
<sup>1</sup>Technische Universität Berlin, Institut für Optik und Atomare Physik, Berlin, Germany — <sup>2</sup>Technische Fachhochschule Wildau, Institut für Plasma- und Lasertechnik, Wildau, Germany

Integrierte fasergekoppelte Systeme gewinnen vor allem in Bereichen der Telekommunikation und Datenverarbeitung zunehmend an Bedeutung. Den aktuellen Anforderungen könnten sie durch die möglichen hohen Modulationsraten und die besonders verlustarme Signalübertragung bei geringem Energieaufwand genügen. Mit der Integration von wellenlängenselektiven Elementen direkt auf Faserendflächen, wie den hier vorgestellten durchstimmbaren Fabry-Perot-Filtern auf SM-Fasern mit 125µm Mantel- und 9µm Kerndurchmesser, soll eine mögliche technische Lösung untersucht werden. Als hybrides Schichtsystem aus dielektrischen Spiegeln (SiO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), transparent leitfähigen Elektroden (ITO) sowie einem elektro-optisch aktivem Polymer (Polycarbonat + Chromophor) lassen sich derartige Modulatoren realisieren. Die hierzu verwendeten Beschichtungsverfahren sind sowohl PVD-Verfahren, wie Elektronenstrahlverdampfen und Magnetron-Sputtern, als auch Sol-Gel-Verfahren, wie Dip-Coating. Untersucht werden die erzeugten Schichten hinsichtlich ihrer Ebenheit, Haftung, Dicke sowie ihrer optischen bzw. elektrischen Eigenschaften. Charakteristische Spektren bereits aufgebauter passiver Filter werden präsentiert.

Q 53.3 Th 14:30 F 128

**Reduzierte Solitonen-Wechselwirkung unter Einfluss des Raman-Effekts**

— •ALEXANDER HAUSE und FEDOR MITSCHKE — Universität Rostock, Institut für Physik, Universitätsplatz 3, 18051 Rostock

Die Existenz von Solitonenpaaren in Glasfaserstrecken unter dem Einfluss der Raman-induzierten Selbstfrequenzverschiebung wurde kürzlich experimentell und numerisch nachgewiesen [1].

Wir präsentieren eine theoretische Beschreibung der Wechselwirkung der benachbarten Solitonen. Es wird gezeigt, dass Effekte fundamentaler Solitonen wie Anziehung oder Abstoßung unter Einfluss des Raman-Effektes reduziert werden und eine Ausbreitung mit fast gleichbleibendem Abstand möglich ist. Grund dafür ist ein periodischer Wechsel der relativen Phase beider Pulse, welcher durch die individuelle Selbstfrequenzverschiebung hervorgerufen wird [2].

Die Vorhersagen des Modells wurden mit numerischen Simulationen verglichen und zeigen eine gute Übereinstimmung.

[1] A. Podlipensky et al., JOSA B **25**, 2049 (2008)

[2] A. Hause et al., Phys. Rev. A **80**, 063824 (2009)

Q 53.4 Th 14:45 F 128

**Small period surface relief gratings based on azobenzene containing layers for thin film distributed feedback lasers**

— •SEBASTIAN DÖRING, TORSTEN RABE, REGINA ROSENHAUER, OLGA KULIKOVSKA, NIKO HILDEBRANDT, and JOACHIM STUMPE — Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung, Potsdam, Deutschland

Holographic surface relief gratings written in azobenzene containing films were studied for the use as master structures for polymeric thin film DFB lasers. Light induced mass transport driven by E-Z-isomerisation in azobenzene containing materials have shown to be attractive for one-step fabrication of periodic surface structures with varying parameters for different optical applications. Based on new azobenzene materials and their holographic processing deep surface relief gratings with grating pitches in the range of 400 nm as resonant structures for second order distributed feedback lasers were generated emitting light in the VIS range. Nanoimprint techniques enabled multiple duplications of azobenzene in UV-adhesives. Replicas were coated via spin casting with thin films of red light emitting polymer layers to form distributed feedback thin film lasers. For investigations of laser behavior multiple surface structures with different corrugation depths of up to 100 nm were generated and duplicated.

Q 53.5 Th 15:00 F 128

**Selbstähnliche Wechselwirkung von Solitonen in dispersionsalternierenden Glasfasern**

— •ALEXANDER HAUSE, HALDOR HARTWIG und FEDOR MITSCHKE — Universität Rostock, Institut für Physik, Universitätsplatz 3, 18051 Rostock

Lichtpulse in dispersionsalternierenden Glasfasern, die nahezu aber nicht genau die Pulsform eines sogenannten DM-Solitons aufweisen, unterliegen langperiodischen Oszillationen. Die Wechselwirkung eng benachbarter langsam schwingender DM-Solitonen wurde theoretisch und numerisch untersucht.

Neben der Bildung des Solitonenmoleküls[1] kommt es zur Ausbildung selbstähnlicher bzw. fraktaler Strukturen im Parameterraum der Wechselwirkung. Die Entwicklung des Solitonenabstandes während der Ausbreitung ist in diesen Bereichen sehr stark abhängig von den Startbedingungen. Jede noch so kleine Änderung der Startwerte wie Eingangsabstand oder Pulsenergie lässt die Bewegung der DM-Solitonen völlig anders verlaufen.

Ein Resonanzmechanismus zwischen der Solitonenwechselwirkung und der individuellen langsamen Solitonen-schwingung konnte als Ursache für dieses Verhalten bestimmt werden. Hier setzt ein störungstheoretisches Modell an, das diesen Mechanismus als auch die stabile Bindung des Solitonenmoleküls erklären kann. Im Vergleich zeigt sich eine gute qualitative Übereinstimmung zwischen Theorie und Simulation.

[1] A. Hause et al., Phys. Rev. A **78**, 063817 (2008)

Q 53.6 Th 15:15 F 128

**Modenkonzersion durch optisch induzierte Gitter mit großer Periodenlänge**

— •MARTIN SCHÄFERLING<sup>1</sup>, NIKLAS ANDERMAHR<sup>1,2</sup> und CARSTEN FALLNICH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Angewandte Physik, WWU Münster, Corrensstr. 2, 48149 Münster, Deutschland — <sup>2</sup>Laserzentrum Hannover, Hollerithallee 8, 30419 Hannover, Deutschland

Durch die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten transversaler Moden in Stufenindexfasern entstehen bei der Propagation eines Modengemisches charakteristische Schwebungsmuster. Wir demonstrieren, wie diese Muster mit Hilfe des Kerr-Effektes zur Erzeugung von Brechungsindexgittern mit Periodenlängen im Bereich weniger Millimeter ausgenutzt werden können. Im Gegensatz zum weit verbreiteten Verfahren, die Gitter in photosensitive Fasern fest einzuschreiben, können mit der vorgestellten (ebenfalls rein optischen) Methode sehr lange temporäre Gitter realisiert werden. Über ein solches Gitter werden transversale Moden passender Schwebungslänge gekoppelt, wodurch eine Modenkonzersion erzielt werden kann. Gitter dieser Art können unter anderem zur Dispersionskompensation oder für Sensoren eingesetzt werden.

Mit Hilfe von numerischen Simulationen analysieren wir die Einflüsse von Gitterparametern wie Länge, Stärke oder Reinheit des ver-

wendeten Modengemisches auf das Konversionsverhalten; des Weiteren werden die Auswirkungen äußerer Störungen, wie z. B. makroskopische Biegung der Faser, betrachtet. In ersten Experimenten konnte bereits eine Effizienz von 50% für die Konversion von der Grundmode in die nächsthöhere transversale Mode erreicht werden.

Q 53.7 Th 15:30 F 128

**Eine einfache Beschreibung der Dispersionsrelation für die *fundamental space-filling mode* in Photonischen Kristallfasern** — ●CHRISTOPH MAHNKE und FEDOR MITSCHKE — Institut für Physik, Universität Rostock, Universitätsplatz 3, 18051 Rostock

Wir stellen eine einfache, heuristische Formel für die Dispersionsrelation  $n_{\text{FSM}}(\omega)$  der *fundamental space-filling mode* (FSM) in Photonischen Kristallfasern (PCFs) mit massiven Kern vor. In diesen sogenannten *holey fibers* entspricht  $n_{\text{FSM}}$  der effektiv wirksamen Brechzahl im Mantelbereich der PCFs. Die Kenntnis dieser Brechzahl ist hilfreich, um aus der geometrischen Struktur des Mantels Eigenschaften wie die Gesamtdispersion oder die Modenanzahl der Faser abzuleiten. Um den Verlauf von  $n_{\text{FSM}}$  zu bestimmen, werden bisher entweder aufwendige numerische Rechnungen oder in Spezialfällen empirische Relationen verwendet.

In unserem Modell hingegen wird  $n_{\text{FSM}}$  durch eine einfache Interpolationsformel dargestellt, wobei die Zahl der freien Parameter stark reduziert ist. Die aus dieser Formel erhaltenen Brechzahlverläufe stimmen im gesamten Wellenlängenbereich gut mit numerisch erhaltenen Daten überein. Unser Modell besitzt dabei nur eine geringe Geometrieabhängigkeit und ist somit für die Beschreibung der Dispersion der FSM in verschiedensten Gittergeometrien geeignet. Die physikalische Interpretation der einzelnen Parameter unserer Formel ermöglicht es, das Verhalten der FSM in gegebenen Strukturen zu verstehen und vorherzusagen.

Q 53.8 Th 15:45 F 128

**Langsame Oszillationen von Solitonen in Glasfasern mit alternierender Dispersion: Experimentelle Untersuchungen** — ●HALDOR HARTWIG und FEDOR MITSCHKE — Universität Rostock, Institut für Physik, Universitätsplatz 3, 18051 Rostock

Glasfaserstrecken mit abwechselnd normaler und anomaler Dispersion

werden seit einiger Zeit in der optischen Datenübertragung eingesetzt. Auf kurzen Skalen betrachtet folgt die Impulsform dem Wechsel der Dispersion, während sich auf langen Skalen ein dynamisches Gleichgewicht zwischen mittlerer Dispersion und Nichtlinearität einstellen kann. Da es sich mathematisch um ein nichtintegrables System handelt, muss die Beschreibung dieser sogenannten DM-Solitonen (von engl. dispersion management) durch analytische Näherungsmethoden oder numerische Simulationen erfolgen. Dabei wurde beobachtet, dass Abweichungen von der idealen Impulsform, wie sie in realen Systemen stets vorkommen, langsame Oszillationen der Impulsparameter hervorrufen, die auch nach vielen Dispersionsperioden nicht abklingen. Um eine experimentelle Charakterisierung dieser langsamen Oszillationen vorzunehmen, wurde eine DM-Faserstrecke bestehend aus 10 Dispersionsperioden konstruiert. Die langsamen Oszillationen werden anhand von Veränderungen im optischen Impulsspektrum gemessen. Wir zeigen die Abhängigkeit der Oszillationsperiode von der Impulsenergie. Ein Vergleich mit numerischen Simulationen unter Berücksichtigung unabhängig bestimmter Faserparameter zeigt eine gute Übereinstimmung.

Q 53.9 Th 16:00 F 128

**Dynamic silicon photonics in slow light waveguides** — ●MICHEL CASTELLANOS, ALEXANDER PETROV, and MANFRED EICH — Hamburg University of Technology, Institute of Optical and Electronic Materials.

Theoretical approaches for tunable frequency conversion and time delay of guided light signals in Silicon-on-Insulator (SOI) line-defect waveguides are presented. The band structure of a guided mode in such a waveguide can be manipulated by properly modifying the refractive index of the bulk material. By doing so, while a light signal is present in the device (dynamic process), its properties can be manipulated accordingly. Thus a time delay of broadband signals can be achieved by dynamic flattening of the band structure, which corresponds to a dynamic tuning of the signal's group velocity towards zero. Wavelength conversion is achieved by shifting the frequency position of the band structure while its shape is conserved. A combination of slow light signal and guided fast light pump waves is investigated for ultrafast switching through free carriers generation by two photon absorption of the pump wave.