

Q 31: Laseranwendungen: Optische Messtechnik

Zeit: Mittwoch 14:00–16:00

Raum: Audi-A

Q 31.1 Mi 14:00 Audi-A

Quasi-monolithisches Interferometer zur Untersuchung der Nichtreziprozität einer Glasfaser für Weltraumanwendungen — ●ROLAND FLEDDERMANN, FRANK STEIER, CHRISTIAN DIEKMANN, GERHARD HEINZEL und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover

Die Laser Interferometer Space Antenna (LISA) Mission von ESA und NASA zur Detektion von Gravitationswellen im Frequenzbereich zwischen 0,1 mHz und 1 Hz benötigt Glasfasern zum Austausch von Licht zwischen den beiden optischen Bänken auf jedem der drei Satelliten.

Bei dieser Anwendung kann reziprokes Phasenrauschen subtrahiert werden, nichtreziprokes Phasenrauschen würde die Messgenauigkeit jedoch limitieren. Daher messen wir das fundamentale nichtreziproke Rauschen einer polarisationserhaltenden single-mode Glasfaser, um zu verifizieren, dass diese Rauschquelle die Phasemessungen bei LISA mit einer Genauigkeit von $1 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ ($\approx 10 \mu\text{rad}/\sqrt{\text{Hz}}$ bei 1064 nm) nicht zerstört. Hierzu wurde ein quasi-monolithisches Interferometer, das in seiner Funktionsweise dem Anwendungsfall bei LISA entspricht, auf einer Zerodur[®] Platte mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten unter $0,1 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ aufgebaut und charakterisiert.

Mit diesem Aufbau wurde ein Rauschen zwischen $40 \mu\text{rad}/\sqrt{\text{Hz}}$ und $400 \mu\text{rad}/\sqrt{\text{Hz}}$ für Frequenzen zwischen 1 mHz und 1 Hz erreicht, welches nicht durch die Faser limitiert ist.

Wir geben eine Übersicht über erste Ergebnisse und über Untersuchungen der externen Einflüsse auf das beobachtete Rauschen.

Q 31.2 Mi 14:15 Audi-A

A High Resolution Interferometer for LISA and its Application to Technology Verification — ●MARTIN GOHLKE^{1,2}, THILO SCHULDT^{2,3}, DENNIS WEISE¹, ULRICH JOHANN¹, ACHIM PETERS², and CLAUS BRAXMAIER³ — ¹EADS Astrium GmbH — ²Humboldt-Universität zu Berlin — ³HTWG Konstanz

In the current concepts for the LISA payload architecture an Optical Readout (ORO) is necessary to detect relative motion between the inertial reference (i.e. the proof mass) and the optical bench aboard on each spacecraft. In collaboration with the Humboldt University Berlin and the HTWG Konstanz, a prototype ORO has been realized over the past years, which meanwhile is close to achieving the required picometer-sensitivity in translation and nanorad-sensitivity in attitude metrology. The polarizing heterodyne interferometer is characterized by a highly symmetric setup and employs differential wavefront sensing for determination of the proof mass tilt in 2 degrees of freedom. We will discuss the experimental setup and its latest performance, as well as its application to first verification of critical LISA subsystems. For example, the tilt mechanism of the so-called In-Field Pointing and the mirror surface flatness in the pm-range. Our current activities further include novel developments for other critical parts of the optical metrology chain, namely the laser source and the phasemeter, where the respective approach and first results will be presented.

Q 31.3 Mi 14:30 Audi-A

Ein optisches Dilatometer zur hochpräzisen CTE-Wert Bestimmung — ●STEFFEN WAIMER^{1,4}, MARTIN GOHLKE^{1,2}, DENNIS WEISE¹, THILO SCHULDT^{2,3}, ULRICH JOHANN¹, ACHIM PETERS² und CLAUS BRAXMAIER³ — ¹EADS Astrium GmbH — ²Humboldt-Universität zu Berlin — ³HTWG Konstanz — ⁴HS Esslingen

Im Rahmen der LISA Missionsstudie wurde von der EADS Astrium GmbH in Zusammenarbeit mit Humboldt Universität zu Berlin und der HTWG Konstanz ein hochpräzises heterodynes Interferometer entwickelt, dessen Rauschlevel im Pikometerbereich für Translationsmessungen bzw. Nanoradbereich für Winkelmessungen liegen. Das Interferometer stellt die Grundlage für ein hochgenaues Dilatometer dar, mit dem der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient (engl. coefficient of thermal expansion – CTE) verschiedenster Materialien getestet werden kann. Zur Zeit werden CTE-Werte unterschiedlicher kohlestofffaserverstärkter Verbundwerkstoffe (engl. carbon fiber reinforced plastic – CFRP) im Hinblick auf die LISA Mission vermessen. Im Vortrag werden die laufenden Aktivitäten vorgestellt und die Ergebnisse der aktuellen Messungen präsentiert.

Q 31.4 Mi 14:45 Audi-A

Abstandsstabilisierung optischer Tische für das AEI 10 m-Prototyp-Interferometer — ●OLIVER KRANZ¹, ALESSANDRO BERTOLINI¹, MICHAEL BORN¹, JENS BREYER¹, YANBEI CHEN², KATRIN DAHL¹, STEFAN GOSSLER¹, FUMIKO KAWAZOE¹, GERRIT KÜHN¹, HARALD LÜCK¹, KASEM MOSSAVI¹, HENNING RYLL¹, KENTARO SOMIYA², KENNETH A. STRAIN¹, BOB TAYLOR¹, BENNO WILLKE¹, ALEXANDER WANNER¹ und KARSTEN DANZMANN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Institut für Gravitationsphysik, Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover — ²California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125

Um die Empfindlichkeit von Gravitationswellendetektoren der 3-ten Generation zu verbessern, werden am AEI Hannover relevante Techniken in einem 10 m-Prototyp-Interferometer erprobt. Dieses wird in seiner Messgenauigkeit hauptsächlich durch quantenmechanische Rauscheffekte limitiert sein. Dafür ist es notwendig, den Prototypen von Seismik zu isolieren, sowie thermisches Driften zwischen den optischen Komponenten zu minimieren. Dazu werden aufgehängte optische Tische mittels heterodyn Mach-Zehnder-Interferometrie verbunden. Ein Arm eines solchen Interferometers ist Referenz-, der andere Messarm. Letzterer vermisst den Abstand zu einem 10 m entfernten Tisch. Nach Überlagerung und Detektion der beiden Strahlen werden mit einem Phasemeter deren Phasendifferenzen bestimmt. Diese sind ein Maß für die Relativbewegungen der Tische zueinander, welche über Aktuatoren an den Tischen kompensiert werden. Ziel ist, eine relative Stabilität zwischen den Tischen von $100 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ bei 10 mHz zu erreichen.

Q 31.5 Mi 15:00 Audi-A

Frequenzstabilisierung auf Grundlage zweier Interferometer mit Weglängenunterschied — ●CHRISTIAN DIEKMANN, ANTONIO GARCIA MARIN, BENJAMIN SHEARD, FELIPE GUZMAN CERVANTES, FRANK STEIER, IOURI BYKOV, JOACHIM KULLMANN, GERHARD HEINZEL und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut, Hannover, Deutschland

Der weltraumgestützte Gravitationswellendetektor LISA muss die Abstände zwischen seinen drei Satelliten auf $12 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ im Frequenzbereich zwischen 1 mHz und 1 Hz messen. Da die Längen der drei Arme von ungefähr 5 Millionen km nicht genau übereinstimmen ist eine Frequenzstabilität der Laser von $10^{-4} \text{ Hz}/\sqrt{\text{Hz}}$ in diesem Frequenzbereich erforderlich.

Die notwendige Frequenzstabilität wird in drei Schritten erreicht. Dazu werden im ersten Schritt alle sechs Laser jeweils für sich mittels einer Resonator-, Jod- oder Frequenzstabilisierung auf Grundlage zweier Interferometer mit Armlängenunterschied auf unter $100 \text{ Hz}/\sqrt{\text{Hz}}$ vorstabilisiert.

Eine Frequenzstabilisierung auf Grundlage von zwei Interferometern mit Armlängenunterschied wurde bereits für das LISA Technology Package (LTP) demonstriert. Dabei wurde eine Frequenzstabilität von $2 \text{ kHz}/\sqrt{\text{Hz}}$ bei 1 Hz erreicht. Dieses Prinzip der Frequenzstabilisierung soll für den Einsatz bei LISA untersucht werden.

Q 31.6 Mi 15:15 Audi-A

Absorptionsmessung in Flüstergalerieresonatoren* — ●TOBIAS BECKMANN, JUDITH R. SCHWEYSG, SERGEJ HERMANN, DANIEL HAERTLE und KARSTEN BUSE — Physikalisches Institut, Universität Bonn, Wegelerstr. 8, 53115 Bonn

Flüstergalerieresonatoren sind Scheiben, an deren Rand Licht durch Totalreflexion geführt wird. Bei hinreichender Oberflächenqualität ist die Güte der Resonatoren nur von der Absorption im Material abhängig.

Mit mechanischen Methoden werden Resonatoren hoher Güte hergestellt, mit deren Hilfe geringe Absorption auch in kleinen Proben volumina gemessen werden kann. Das Herstellungsverfahren ist nicht materialspezifisch: Es liefert sowohl bei Polymethylmethacrylat (PMMA, Plexiglas) als auch bei Lithiumniobatkristallen hervorragende Ergebnisse.

Resonatoren aus PMMA erreichen bei 635 nm Wellenlänge Güten bis zu 4×10^7 ; das ist ein neuer Rekord in Polymeren. Damit können Absorptionskoeffizienten bis hinunter zu $0,3 \text{ m}^{-1}$ gemessen werden – in weniger als 1 cm^3 Material. Bei 1550 nm absorbiert PMMA stärker, und die Absorptionsmessungen in Resonatoren zeigen gute Übereinstimmung mit herkömmlichen Messungen. In einem transparenteren Material wie Lithiumniobat zeigen wir, dass selbst eine Ab-

sorption von nur $0,1\text{ m}^{-1}$ messbar ist.

*Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (FOR 557), der Deutschen Telekom AG und der Deutschen Telekom Stiftung für die finanzielle Unterstützung.

Q 31.7 Mi 15:30 Audi-A

Flüstergaleriemoden in Lithiumniobatkristallen — ●SERGEJ HERMANN, TOBIAS BECKMANN, DANIEL HAERTLE und KARSTEN BUSE — Physikalisches Institut, Universität Bonn, Wegelerstr. 8, 53115 Bonn

Zum einen zeigen wir ein einfaches Verfahren zur Herstellung von Flüstergalerie-Resonatoren aus Lithiumniobatkristallen. In diesen runden und monolithischen Resonatoren wird das Licht durch Totalreflexion geleitet, und es können extrem hohe Resonator-Güten von 10^8 erreicht werden.

Zum anderen werden Anwendungen dieser Resonatoren in der nicht-linearen Optik untersucht. Die notwendige Phasenanpassung wird in Lithiumniobatkristallen durch periodisches Polen erreicht. Das gewöhnliche Streifenmuster der Domänen (PPLN) reicht in makroskopischen Flüstergalerie-Resonatoren aus, um nichtlineare Prozesse zu demonstrieren. Andere, an die runde Geometrie des Resonators angepasste Polungsstrukturen, sind aber nach Berechnungen eine Größenordnung effizienter. Durch Optimieren dieser Polungsstrukturen lassen sich auch die Vorzugsrichtungen der Domänenwände einhalten, die durch die Kristallstruktur von Lithiumniobat vorgegeben ist. Wir untersuchen die nichtlinear-optische Effizienz verschiedener Polungsmuster, unter Einbezug der Ungenauigkeiten, die in der Herstellung entstehen können.

*Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (FOR 557) und der Deutschen Telekom AG für die finanzielle Unterstützung.

Q 31.8 Mi 15:45 Audi-A

Sensitive method for measurement of weak nonresonant third-order optical nonlinearities — ●ANATOLY SHERMAN, ERIK BENKLER, and HARALD TELLE — Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany

A sensitive method for measurement of weak nonresonant third-order optical nonlinearities (n_2) in waveguides is demonstrated. Its value is referenced to the nonlinearity of a thin bulk sample with well-known optical properties. The contribution of this bulk sample to the total nonlinear signal is switched on and off by scanning it across the focal plane of the waveguide output without changing the beam geometry. Thus, the measurement becomes independent of mode field parameters and laser parameters like pulse length, shape, chirp and peak power.

The experimental scheme combines nearly degenerate four-wave mixing of short pulses at $1.5\ \mu\text{m}$ (duration $\approx 100\ \text{fs}$) with heterodyne detection for ultra-high sensitivity. As a first experimental demonstration of this method, we measure the nonresonant nonlinearity of a 21 mm short strand of air-filled hollow-core photonic crystal fiber. The measured value which is more than 1000 times smaller than in standard optical fiber (SMF-28) is in good agreement with theoretical calculations. Possible limitations e. g. due to noise contributions and parasitic nonlinear effects in the photodetector will be discussed.

As a universal method, the presented scheme also allows the measurement of third-order optical nonlinearities of highly asymmetric waveguides or bulk samples as well.