

Q 49: Laseranwendungen: Laserspektroskopie

Time: Thursday 10:30–13:00

Location: SCH A215

Q 49.1 Thu 10:30 SCH A215

Interferometrically readout micro tuning forks applied in photoacoustic spectroscopy — ●MICHAEL KÖHRING¹, MARTIN ANGELMAHR¹, and WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹Fraunhofer Heinrich Hertz Institute, Am Stollen 19, 38640 Goslar — ²Clausthal University of Technology, Institut für Energieforschung und Physikalische Technologien, Am Stollen 19, 38640 Goslar

Photoacoustic spectroscopy is an important part of today's optical sensor techniques for insitu trace gas analysis. The usage of a micro tuning fork as detector for the optically induced acoustic waves enables a remarkable miniaturisation of the sensor system. Due to the high resonance frequency of the micro tuning fork and its small bandwidth, the influence of ambient noise can be neglected. Consequently, no reference measurement is required and an open cell design is considerable.

A new technique is presented, in which the tuning fork's deflection is readout interferometrically without the utilization of the piezoelectric effect applied in the so-called QEPAS technology (quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy). A comparison between both techniques is drawn resulting in equivalent detection sensitivities limited by the tuning fork's thermal noise.

The interferometric readout leads to another step of miniaturisation and offers complete fiber-coupled photoacoustic trace gas sensors without the need of any energy source or electrical components at the sensor head. First measurements with this new generation of fiber-coupled trace gas sensors are presented.

Q 49.2 Thu 10:45 SCH A215

pH dependence of the absorption and emission behaviour of lumiflavin in aqueous solution — AMIT TYAGI and ●ALFONS PENZKOFER — Fakultät für Physik, Universität Regensburg, Universitätsstrasse 31, D-93053 Regensburg, Germany

The spectroscopic behaviour of lumiflavin (LF) in aqueous solutions of pH range -1.08 to 14.6 is studied. Absorption spectra, fluorescence quantum distributions, quantum yields and lifetimes are determined. The ionisation stage of ground-state LF changes from cationic (LFH₂⁺) at low pH (pK_c ≈ 0.38) via neutral (LFH) to anionic (LF⁻) at high pH (pK_a ≈ 10.8). The cationic, neutral, and anionic forms are identified by their different absorption spectra. LFH in neutral aqueous solution is reasonably fluorescent (fluorescence quantum yield $\phi_F = 0.29$, fluorescence lifetime $\tau_F = 5.2$ ns), while LF⁻ is weakly fluorescent ($\phi_F = 0.0042$, $\tau_F = 90$ ps), and LFH₂⁺ is nearly non-fluorescent ($\phi_F \approx 3.6 \times 10^{-5}$, $\tau_F \approx 0.4$ ps).

In the ground state a pH dependent thermodynamic equilibration of cationic, neutral and anionic lumiflavin exists by reaction with H₂O, H₃O⁺ and OH⁻. For lumiflavin in aqueous solution in the excited state no equilibrium distributions are reached between the cationic, neutral, and anionic forms. Some neutral excited lumiflavin transforms to the cationic ground-state form at low pH by intermolecular photo-induced proton transfer from H₃O⁺ to LFH*. At high pH no photo-induced intermolecular proton transfer takes place.

Q 49.3 Thu 11:00 SCH A215

Laser Raman Spektroskopie an Tritium für KATRIN — ●SEBASTIAN FISCHER — für die KATRIN Kollaboration, Karlsruher Institut für Technologie, ITEP - Tritiumlabor, Karlsruhe, Deutschland Das KARlsruher TRITium Neutrino-Experiment KATRIN untersucht das Energiespektrum des Tritium β -Zerfalls nahe dem Endpunkt von 18,6 keV. Dies ermöglicht eine modellunabhängige Bestimmung der Neutrinomasse. KATRIN verwendet dazu eine fensterlose molekulare gasförmige Tritiumquelle und ein elektrostatisches Spektrometer.

Zum Erreichen der Sensitivität von 0,2 eV/c² (90% CL) ist es erforderlich, die Tritiumkonzentration im eingespeisten Gas kontinuierlich über Zeiträume von typischerweise 60 Tagen mit einer Präzision von 0,1 % zu überwachen. Die Überwachung des Gaszusammensetzung erfolgt mit dem LAsER-RAMan-System LARA am Tritiumlabor Karlsruhe, das in Zusammenarbeit mit der Universität Swansesa (Wales) entwickelt wurde. Für Wasserstoff-Isotopologe (T₂, HT, DT, H₂, D₂, HD) wird innerhalb von 100 s Messzeit die erforderliche Präzision von 0,1 % und eine Nachweisgrenze (3 σ) von 0,03 mbar erreicht [1].

In diesem Vortrag wird das Prinzip und der Aufbau des LARA-Systems vorgestellt, sowie aktuelle Ergebnisse präsentiert.

Gefördert vom BMBF unter Förderkennzeichen 05A08VK2 und von

der DFG im Sonderforschungsbereich SFB/Transregio 27 "Neutrinos and Beyond".

[1] M. Schlösser et al., *Design Implications for Laser Raman Measurement Systems for Tritium Sample-Analysis, Accountancy or Process-Control Applications*, Tritium 2010 (Nara, Japan).

Q 49.4 Thu 11:15 SCH A215

Direction-selective optical limiting in bi-layer glass-metal nanocomposites — ●SABITHA MOHAN and GERHARD SEIFERT — Physics Institute, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, von-Danckelmann-Platz 3, 06120 Halle (Saale)

We have studied the optical nonlinearity of a glass-metal nanocomposite containing spherical silver nanoparticles in a thin surface layer of a few micrometers only. The remainder of the sample thickness of 1 mm consists of the pure soda-lime glass substrate. Femtosecond z-scan experiments have been performed using a Ti:Sa laser (wavelength $\lambda=800$ nm, pulse duration $\tau=80$ fs, repetition rate 1kHz) as excitation source. This wavelength is suited for two-photon absorption by the Ag nanoparticle's surface Plasmon resonance (at 410nm), while the glass UV absorption requires at least three photons to be absorbed simultaneously. Irradiating the sample first from the substrate, then from the particle layer side, we found a highly directionally selective nonlinear transmission. When the laser beam enters the sample from the substrate side, the nonlinear absorption is enhanced by five orders of magnitude compared to irradiation from the particle side. It is shown by careful theoretical modelling that this optical diode-like behaviour can be explained by self-focusing effects in the glass substrate. In one direction, the pertinent intensity increase upon passing the substrate leads to strongly enhanced two-photon absorption in the particle layer; while in the other direction three-photon absorption in the glass remains negligible.

Q 49.5 Thu 11:30 SCH A215

Off-beam QEPAS with divergent light sources — ●STEFAN BÖTTGER¹, ULRIKE WILLER¹, MARTIN ANGELMAHR², and WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹Clausthal University of Technology, Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, EnergieCampus, Am Stollen 19, 38640 Goslar — ²Fraunhofer Heinrich Hertz Institute, EnergieCampus, Am Stollen 19, 38640 Goslar

Photoacoustics is an established method of spectroscopy. Eight years ago the application of quartz tuning forks as resonant sensor elements found its way into the photoacoustic spectroscopy known as QEPAS (quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy). The high Q-factor of the tuning fork leads to high achievable sensitivities combined with small sensor dimensions. Since the introduction of QEPAS various configurations and applications have been found. However, the submillimeter diameter of the acoustic resonator demanded for laser sources with excellent beam quality so far. In a new approach, the so-called off-beam resonator design, the tuning fork is no longer positioned in the beam path. Since the light only needs to penetrate the acoustic resonator its geometry can be adapted according to the light source. This enables to utilize low beam quality light sources like high-power laser diodes or LEDs. In this investigation we present the detection of ozone with off-beam QEPAS using different divergent light sources.

Q 49.6 Thu 11:45 SCH A215

Temperaturstabilisierung einer Cavity-Leak-Out-Spektroskopie-Messzelle — ●LARS CZERWINSKI, KATHRIN HEINRICH, MARCUS SOWA and PETER HERING — Institut für Lasermedizin, Universitätsklinikum Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf

Die Cavity-Leak-Out-Spektroskopie (CALOS) ist eine ausgezeichnete Methode für die isotopenselektive Analyse von Spurengasen. CALOS ist eine Weiterentwicklung der Absorptionsspektroskopie, wobei mit Hilfe eines optischen Resonators die Wechselwirkungsstrecke zwischen Laserlicht und absorbierendem Medium verlängert wird, um die Nachweisgrenze zu verbessern. Bei der Vermessung von verschiedenen Spurengasen unterliegt die Messzelle den thermischen Bedingungen im Labor. Die Temperaturänderungen können dort bis zu $\pm 0,5^\circ\text{C}$ pro Stunde betragen. Dies hat eine Längenänderung der Invar-Messzelle von bis zu $1\mu\text{m}$ zu Folge. Die Resonanzlinie der Messzelle ändert dabei um bis zu 40 MHz. Eine gezielte Isolierung der Messzelle erfolgte mittels eines Plexiglasgehäuses und Styropor, sowie dem Einsatz einer

Wasserkühlung die im Bereich von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ arbeitet. Bei einem Vergleich der Allan-Varianz-Messungen des Systems wird eine Optimierung der Integrationszeit von 51 s - ohne - auf 109 s - mit Temperaturstabilisierung - erreicht. Die minimale rauschäquivalente Absorption konnte von $1,61\cdot 10^{-10}\text{ cm}^{-1}$ auf $1,03\cdot 10^{-10}\text{ cm}^{-1}$ verbessert werden.

Im Rahmen eines Vortrags sollen der Aufbau und erste Ergebnisse präsentiert werden.

Q 49.7 Thu 12:00 SCH A215

Stabilisierung von Hochleistungslasern für Präzisionsinterferometrie — •PATRICK KWEE, CHRISTINA BOGAN, TOBIAS MEIER, JAN PÖLD, BENNO WILLKE und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover

Erst durch den Einsatz von stabilisierten Lasern können viele Präzisionsexperimente ihre hohe Empfindlichkeit erreichen. Eine der höchsten Anforderungen an das Lasersystem werden heute von interferometrischen Gravitationswellendetektoren gesetzt. Diese verlangen robuste, zuverlässige Laser mit Ausgangsleistungen im Bereich von über 100 W bei exzellenter Strahlqualität und gleichzeitig extrem hoher Stabilität aller Laserstrahlparameter, die nur durch aufwändige aktive und passive Stabilisierungen erreicht werden kann.

Die Stabilisierung des 1064 nm Nd:YAG Hochleistungs-Lasersystems für den Gravitationswellendetektor *Advanced LIGO* wird vorgestellt. Dieses umfassend stabilisierte System liefert einen Laserstrahl mit mehr als 98.8% TEM₀₀ Mode, relativen Leistungsfluktuationen von $10^{-8}\text{ Hz}^{-1/2}$, relativen Strahlgeflektuationen von $10^{-6}\text{ Hz}^{-1/2}$ und Frequenzfluktuationen im Bereich $1\text{ Hz Hz}^{-1/2}$. Eine Charakterisierung dieses Lasersystems sowie weiterführende Laserstabilisierungs- und Hochleistungs-Frequenzverdopplungsexperimente der Lasergruppe des Albert-Einstein-Instituts Hannover werden präsentiert.

Q 49.8 Thu 12:15 SCH A215

LISA Pathfinder Optical Metrology System Modelling — •NATALIA KORSAKOVA, MARTIN HEWITSON, GERHARD HEINZEL, and KARSTEN DANZMANN — Max-Planck Institut für Gravitations Physics (Albert-Einstein Insitut) Hannover and QUEST, Leibniz University Hannover, Callinstraße 36, 30167 Hannover

LISA Pathfinder is the technology demonstration space mission for LISA (Laser Interferometer Space Antenna). One of the main objectives of LISA Pathfinder is to demonstrate drag-free control of the space craft. LTPDA (LISA Technology Package Data Analysis) models the system and the control using state-space modelling. In this talk I will discuss the open-loop model for the optical metrology system and compare simulations to data from the real system. This model considers separately the optical part of the interferometer, the phasemeter and the following data processing of the measurements, which allows us to account for the different noise sources which arise in each of the subsystems of the optical metrology system.

Q 49.9 Thu 12:30 SCH A215

Methoden zur Prozessierung von Ramanspektren — •MAGNUS SCHLÖSSER¹, TIMOTHY JAMES², RICHARD LEWIS² und HELMUT TELLE² — ¹für die KATRIN Kollaboration, Karlsruher Institut für Technologie, ITEP - Tritiumlabor, Karlsruhe, Deutschland — ²University of Swansea, Wales, UK

Ramanspektroskopie eignet sich als Methode zur Inline-Bestimmung der Tritiumreinheit in Gasen aus Wasserstoffisotopologen (T_2 , DT, D_2 , HT, HD, H_2) in Anwendungen am Brennstoffkreislauf eines Fusionsreaktors (wie ITER) oder in Tritium-Neutrinomassenexperimenten (wie KATRIN). Auf Grund des starken Isotopieeffektes der Wasserstoffisotopologen sind die reinen Vibrationsanregungen deutlich von einander getrennt und eignen sich somit zur quantitativen Analyse von Gasmischungen.

Nach der Aufnahme von Rohdaten von der CCD sind weitere Prozessschritte nötig bevor die Zusammensetzung aus den Ramanlinien bestimmt werden kann. In diesem Vortrag wird der Einfluß der Methode der Datenauslese auf das CCD-Rauschen vorgestellt. Dies hat wiederum direkten Einfluß auf die Möglichkeit Abbildungsfehler des Spektrometers (Astigmatismus) zu beheben. Weiterhin werden zwei verschiedene Methoden vorgestellt, um durch kosmische Strahlung induzierte Lesefehler zu korrigieren. Außerdem werden Methoden vorgestellt, um die eigentlichen Spektrallinien von parasitären Untergrund zu trennen.

Gefördert vom BMBF unter Förderkennzeichen 05A08VK2 und von der DFG im SFB/Transregio 27 "Neutrinos and Beyond".

Q 49.10 Thu 12:45 SCH A215

Aufbau einer Anlage zur Herstellung von optischen Faserkomponenten mittels eines CO₂-Laser — •FELIX WICHMANN^{1,2}, THOMAS THEEG^{1,2}, HENDRIK GEBAUER¹, KATHARINA HAUSMANN^{1,2}, HAKAN SAYINC^{1,2}, LARS RICHTER¹, JÖRG NEUMANN^{1,2} und DIETMAR KRACHT^{1,2} — ¹Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover — ²Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research (QUEST), Welfengarten 1, 30167 Hannover

In faserbasierten Lasersystemen werden hohe optische Leistungen innerhalb kleinster Faserkerndurchmesser geführt. Die dabei auftretenden Intensitäten können zur Zerstörung der Endfläche oder der gesamten Faser führen. Mit Hilfe angespleißter Endkappen (meist Quarzglaszylinder) kann das Licht aus dem Faserkern austreten und innerhalb der Endkappe divergieren. Dadurch sinkt die Intensität am Übergang Glas-Luft und einer Zerstörung der Faserendfläche wird vorgebeugt. In unserem Beitrag präsentieren wir einen Aufbau zum Spleißen von Fasern an Quarzglaszylinder mit einem CO₂-Laser. Durch eine computergestützte Steuerung konnte die mit einem Pyrometer gemessene Oberflächentemperatur der Endkappen durch Variation der Laserleistung geregelt werden. Auf diese Weise können beliebige Temperaturverläufe realisiert werden, die auf Grund der Regelung unabhängig von Schwankungen der Laserleistung sind. Im Gegensatz zu kommerziell erhältlichen Spleißsystemen erlaubt der entwickelte Spleißprozess die Verwendung unterschiedlichster Faser- und Endkappen-Kombinationen.