

Q 5: Laser Development: Nonlinear Effects I

Time: Monday 14:00–16:00

Location: F 128

Q 5.1 Mo 14:00 F 128

Ein frequenzverdoppeltes Lasersystem bei 511 nm zur Erzeugung von Antiwasserstoff — ●STEFAN BÖTTNER, ANDREAS MÜLLERS und JOCHEN WALZ — Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Staudingerweg 7, D-55128 Mainz, Germany

Das ATRAP Experiment am Antiproton Decelerator (AD) des CERN produziert Antiwasserstoff für zukünftige Tests der CPT Invarianz. Über eine Drei-Teilchen-Rekombination von zwei Positronen und einem Antiproton entsteht Antiwasserstoff. Die Atome sind allerdings zu heiß um sie zu speichern. Eine Möglichkeit, kältere Atome zu erhalten, ist der doppelte Ladungsaustausch. Hierbei wechselwirkt Rydberg-angeregtes Cäsium mit Positronen, wobei Positronium entsteht, das dann mit Antiprotonen Antiwasserstoff bildet.

Die Anregung von Cäsium erfolgt zweistufig. Der erste Übergang von $6S_{1/2}$ zu $6P_{3/2}$ wird mit einer 852 nm Laserdiode realisiert. Der zweite Anregungsschritt bei 511 nm erfolgt durch ein Lasersystem bestehend aus einem MOPA Aufbau bei einer Wellenlänge von 1022 nm und einer anschließenden Frequenzverdopplung in einem kompakten Resonator. Im Unterschied zur Bow-Tie-Geometrie wurden die Spiegel des langen Arms durch ein Prisma ersetzt, was den Strahlweg stark verkürzt und damit die Stabilität erhöht.

Bisher konnte eine Leistung von 125 mW bei 511 nm erreicht werden. Dies erlaubte in der Strahlzeit in 2009 die Erzeugung von Rydberg Cäsium innerhalb des 1 T Magnetfeldes der Falle. Durch weitere Optimierungen der Konversionseffizienz des Resonators wird noch eine Erhöhung der harmonischen Leistung erwartet.

Q 5.2 Mo 14:15 F 128

Aufbau eines gepulsten $Ba(NO_3)_2$ -Raman-Lasers zur Erzeugung schmalbandiger Laseremission bei 1599 nm — HANJO RHEE¹, ●OLIVER LUX¹ und ALEXANDER A. KAMINSKII² — ¹Institut für Optik und Atomare Physik, TU Berlin, Deutschland — ²Shubnikov Institute of Crystallography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Der nichtlineare Effekt der stimulierten Raman-Streuung (SRS) bietet die Möglichkeit zur Erzeugung neuer Laserwellenlängen. Dabei ist der Spektralbereich zwischen 1570 und 1613 nm interessant für die CO₂-Detektion mittels Differential Absorption LIDAR (DIAL). Es wurden mehr als 80 verschiedene organische und anorganische Kristalle hinsichtlich ihrer Eignung als Raman-aktive Materialien für die Frequenzumsetzung in diesen Spektralbereich untersucht. Die Größe der induzierten diskreten Frequenzverschiebungen ist materialabhängig, wobei neben der SRS weitere nichtlineare Prozesse zweiter und dritter Ordnung eine Rolle spielen.

Weiterhin wurde ein externer Raman-Laser aufgebaut, der von einem gütegeschalteten Nd:YAG-Oszillator-Verstärker-System bei 1064 nm gepumpt wird. Als Raman-aktives Material dient hier ein Bariumnitratkristall ($Ba(NO_3)_2$), welcher ausgehend von der Pumpwellenlänge Frequenzverschiebungen im Abstand von etwa 1047 cm^{-1} erzeugt. Das Design des Raman-Lasers ist zu Gunsten einer effizienten Verstärkung der Stokes-Raman-Streuung dritter Ordnung sowie einer hohen Schmalbandigkeit optimiert worden. Damit gelingt eine Laseremission bei 1599 nm mit hoher Pulsenergie und geringer spektraler Breite.

Q 5.3 Mo 14:30 F 128

Vier-Wellen-Mischen in Quecksilber mit Mehrphotonen-Resonanzen — ●DANIEL KOLBE, MARTIN SCHEID, ANDREAS KOGLBAUER, RUTH STEINBORN, SVEN RICHTER und JOCHEN WALZ — Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz

Im Zusammenhang mit Experimenten an Anti-Wasserstoff ist eine kohärente kontinuierliche Lichtquelle beim 1S–2P Kühlübergang (Lyman- α) wichtig. Diese Wellenlänge im Vakuum-Ultraviolett (VUV) kann durch Vier-Wellen-Mischen (VWM) mit drei unterschiedlichen Fundamentalstrahlen in Quecksilberdampf erreicht werden. Durch die Wahl von Wellenlängen in der Nähe von Resonanzen in Quecksilber lässt sich der nichtlineare Koeffizient, und damit die Lyman- α Leistung, steigern. Im Speziellen wird die Summenfrequenz zweier Laser genau auf eine Zweiphotonenresonanz abgestimmt. Es wird gezeigt, dass durch das zusätzliche Ausnutzen der intermediären Einphotonenresonanz, neben einer Änderung der nichtlinearen Suszeptibilität, vor allem eine Änderung der Phasen Anpassung beobachtet werden kann. Damit wurde es möglich durch das Erweitern des

VWM-Prozesses auf ein dreifach einphotonenresonantes Schema eine Steigerung der VUV Leistung um vier Größenordnungen zu erreichen.

Q 5.4 Mo 14:45 F 128

Lyman- α -Erzeugung in einem Überhöhungsresonator — ●SVEN RICHTER, DANIEL KOLBE, MARTIN SCHEID, ANDREAS KOGLBAUER, RUTH STEINBORN, ANDREAS MÜLLERS, STEFAN BÖTTNER und JOCHEN WALZ — Institut für Physik, Johannes Gutenberg Universität Mainz, 55099 Mainz

Zur effektiven Kühlung von Antiwasserstoff wird kontinuierliche Lyman- α -Strahlung bei einer Wellenlänge von 121,56 nm benötigt.

Diese Lyman- α -Strahlung wird in einem Vier-Wellen-Misch-Prozesses erzeugt. Dazu werden drei fundamentale Laserstrahlen ausgewählter Frequenzen in ein nichtlineares Medium eingestrahlt, und durch Summenfrequenzmischen die benötigte Wellenlänge erreicht. Als Medium wird Quecksilberdampf verwendet, der innerhalb einer speziellen Dampfzelle erzeugt wird. Da der Vier-Wellen-Misch-Prozess als nichtlinearer Prozess dritter Ordnung sehr ineffizient ist sind bisherige kontinuierliche Lyman- α -Quellen nur im nW-Bereich möglich gewesen. Wegen der direkten Proportionalität der Lyman- α -Leistung zu den Fundamentalleistungen, soll das gleichzeitige Überhöhen aller drei Fundamentalstrahlen in einem Resonator die Ausgangsleistung deutlich steigern.

Um die Dampfzelle erfolgreich in den Resonator einzubinden, muss die Kontamination der Optiken durch Quecksilber vermieden werden, da dieses die Überhöhung empfindlich stört. Hierbei hat die Reinheit des Quecksilbers und die Geometrie der Dampfzelle eine zentrale Bedeutung. Deren Aufbau und der aktuelle Stand experimenteller Ergebnisse werden vorgestellt.

Q 5.5 Mo 15:00 F 128

Second Harmonic Generation in a Whispering Gallery Mode Resonator — ●JOSEF FÜRST^{1,2}, DMITRY STREKALOV³, DOMINIQUE ELSER^{1,2}, MIKAEL LASSEN^{1,4}, ULRIK L. ANDERSEN^{1,4}, CHRISTOPH MARQUARDT^{1,2}, and GERD LEUCHS^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts, Erlangen, Deutschland — ²Institut für Optik, Information und Photonik, Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Deutschland — ³Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, USA — ⁴Department of Physics, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, Dänemark

We present second harmonic generation (SHG) in a z-cut Lithium Niobate whispering gallery mode (WGM) resonator. Our WGM resonator has Q-factors of $Q=10^7$ for 1064 nm and 532 nm. Therefore nonlinear processes become efficient for very low optical powers. We apply non-critical temperature phase matching. We observed 9% conversion efficiency at 30 micro-Watts continuous wave input power for the SHG process. Additionally, we found a self-limiting effect at high pump power and over-coupled resonator. We will explore this effect further and aim for investigating dynamical effects in the second order response of media, such as self pulsing and chaos.

Q 5.6 Mo 15:15 F 128

Effiziente Frequenzverdopplung im Einfachdurchgang eines kontinuierlich betriebenen Nd:YVO₄-Hochleistungslaser bei 1342 nm in MgO:PPLN — ●FLORIAN LENHARDT¹, ACHIM NEBEL², RALF KNAPPE², THORSTEN BAUER³, JÜRGEN BARTSCHKE³ und JOHANNES A. L'HUILLIER¹ — ¹Photonik-Zentrum Kaiserslautern e.V., Kohlenhofstraße 10, 67663 Kaiserslautern — ²Lumera Laser GmbH, Opelstraße 10, 67661 Kaiserslautern — ³Xiton Photonics GmbH, Kohlenhofstraße 10, 67663 Kaiserslautern

Für kompakte Lichtquellen im roten Spektralbereich finden sich wichtige Anwendungen in der Spektroskopie, Display-Technologie und als Pumpquelle für cw-OPOs oder Cr:LiSaF-Laser. Ein Weg diesen Spektralbereich zu erreichen ist die Frequenzverdopplung von Nd-dotierten Festkörperlasern. Aufgrund des Fehlens von Lasern bei $1,3\ \mu\text{m}$ mit hohen Ausgangsleistungen, war es bisher nicht möglich effiziente Frequenzverdopplung im Einfachdurchgang zu erreichen. Dadurch war es nötig die Frequenzkonversion resonatorintern oder in einem externen Überhöhungsresonator zu erzielen. Beides erhöht die Komplexität des Aufbaus und verringert die Stabilität. Ein von uns kürzlich realisiertes Hochleistungslasersystem bei 1342 nm mit exzellenter Strahlqualität ermöglichte effiziente externe Verdopplung in einem langen

MgO:PPLN-Kristall im Einfachdurchgang. Es wurde eine Leistung von 9,5 W bei 671 nm in einem beugungsbegrenzten Strahl bei einer Effizienz von 46 % erreicht. Soweit uns bekannt wurde mit diesem Aufbau die höchste bisher veröffentlichte Ausgangsleistung bei 671 nm durch externe Frequenzverdopplung kontinuierlicher Strahlung realisiert.

Q 5.7 Mo 15:30 F 128

Highly Efficient Generation of the Second and Fourth Harmonic of Nd:YAG Laser Light — ●RAJAT MARWAH¹, SANDRA MEBBEN¹, CHRISTIAN KOLLECK^{1,2}, JÖRG NEUMANN^{1,2}, and DIETMAR KRACHT^{1,2} — ¹Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, D-30419 Hannover, Germany — ²Centre for Quantum-Engineering and Space-Time Research-Quest, Welfengarten 1, D-30167 Hannover, Germany

We present our results for various frequency conversion systems developed during the technology preparation program for the Martian Organic Molecular Analyzer laser of the joint ESA/NASA ExoMars Mission. A regular fiber-coupled passively Q-switched and linearly polarized Nd:YAG laser was used. The design of the harmonic generation stages is compact, with combined length of second and fourth harmonic generation stages down to 20 mm. The frequency conversion is highly efficient yielding > 80 % efficiency of conversion from 1064 nm to 532 nm using KTP and > 40 % efficiency from 532 nm to 266 nm using BBO. To the best of our knowledge, this is the highest efficiency achieved yet for a Q-switched system using BBO in single pass configuration. In the best case, M* of the UV beam was measured to

be ~ 1.3 in the worse axis. The system has been shown to work with repetition rates up to 80 Hz.

An oscillator directly pumped with a diode stack with elliptical beam profile was also used for comparison, and although the 1064 nm beam had an M2 of ~ 3 in the worse axis, still high efficiencies (up to 80 % for 532 nm and ~ 30 % for 266 nm) could be obtained.

Q 5.8 Mo 15:45 F 128

Dauerstrich optisch parametrischer Oszillator zur direkten Erzeugung durchstimmbarer Terahertz-Strahlung* — ●JENS KIESSLING, ROSITA SOWADE, INGO BREUNIG und KARSTEN BUSE — Physikalisches Institut der Universität Bonn, Wegelerstraße 8, 53115 Bonn, Deutschland

Wir demonstrieren einen durchstimmbaren optisch parametrischen Oszillator, basierend auf periodisch gepoltem Lithiumniobat, welcher kontinuierliche Terahertzstrahlung mit Leistungen im μW -Bereich erzeugt. Hierzu werden kaskadierte nichtlineare Prozesse ausgenutzt: das resonante nahinfrarote Signallicht des primären parametrischen Prozesses agiert selbst als Pumplicht für sekundäre, ebenfalls phasenangepasste optisch parametrische Oszillationen, deren Idlerwellen antiparallel zum Pumplicht laufen und im Terahertzbereich liegen. Die ferninfrarote Strahlung ist durchstimmbare von 1,2 bis 1,7 THz, besitzt nahezu Gauß'sches Strahlprofil und ist linear polarisiert.

* Unterstützt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Deutschen Telekom AG