

Garching, 5. August 2011

Presse-Information

Chip-basierte, eine Oktave umspannende optische Lineale

**Wissenschaftler am MPQ entwickeln eine Oktave umspannenden
Frequenzkamm mit Mikroresonatoren**

Die vor einigen Jahren von Prof. Theodor W. Hänsch am Max-Planck-Institut für Quantenoptik entwickelte Frequenzkammtechnik hat sowohl die Grundlagenforschung als auch die Laserentwicklung und deren Anwendungen stark vorangebracht, da sie die Genauigkeit, optische Frequenzen zu bestimmen, um Größenordnungen gesteigert hat. Ein Wissenschaftlerteam um Dr. Tobias Kippenberg, ehemals Leiter der Max-Planck-Forschungsgruppe „Laboratory of Photonics and Quantum Measurements“ am MPQ und mittlerweile Associate Professor an der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), hat bereits vor einigen Jahren erstmals optische Frequenzkämme mit Chip-basierten mikrometergroßen Toroiden aus Quarzglas erzeugt. Hier ist es den Wissenschaftlern jetzt gelungen, einen Frequenzkamm zu erzeugen, der sowohl mehr als eine Oktave umspannt als auch über einen großen Frequenzbereich präzise abstimmbare ist (PRL 107, 063901, 1. August 2011). Dies lässt praktische Anwendungen wie die Vielkanal-Datenübertragung in der Telekommunikation oder die hochpräzise Kalibration von Spektrographen in der Astrophysik in Reichweite kommen.

Ein Frequenzkamm ist eine Lichtquelle, die wie ein Regenbogen ein großes Spektrum von Farben umfasst. Allerdings liegen die Frequenzen nicht kontinuierlich, vielmehr enthält das Licht bis zu einer Million sehr dicht benachbarter Spektrallinien, deren Abstand immer gleich und genau bekannt ist. Wenn man diesen „Kamm“ mit einem anderen Laserstrahl überlagert, dann lässt sich aus der resultierenden Schwebung dessen Frequenz mit extrem hoher Präzision bestimmen. Der von Prof. Hänsch entwickelte Frequenzkamm beruht auf einem Modenkopplungsprozess in Kurzpuls-Lasern. Er ist mit vielen optischen Bauelementen recht aufwendig ausgestattet, auch wenn die Geräte heute schon relativ kompakt gebaut und kommerziell erhältlich sind. Die Menlo Systems GmbH, eine Firmenausgründung des MPQ, vertreibt die Frequenzkammtechnik inzwischen weltweit.

Bereits vor einigen Jahren ist es der mit der Abteilung Laserspektroskopie von Prof. Hänsch verbundenen Gruppe „Laboratory of Photonics and Quantum Measurements“ – in Zusammenarbeit mit Dr. Ronald Holzwarth von der Menlo Systems GmbH – gelungen, einen Frequenzkamm mit Hilfe eines winzigen Mikroresonators zu erzeugen: einem auf einem Silizium-Chip hergestellten torusförmigen Glas-Resonator mit einem Durchmesser von weniger als hundert Mikrometern.

Mit einem „Nano-Draht“ aus Glas koppeln die Wissenschaftler Licht eines Diodenlasers in diesen Hohlraum ein, wo es immer wieder umläuft und lange Zeit gespeichert wird. Aufgrund der dabei auftretenden extrem hohen Lichtintensitäten – sprich Photonendichten – kommt es zu dem sogenannten „Vierwellenmischen“ durch den Kerr-Effekt: zwei Lichtquanten gleicher Energie wandeln sich in zwei Photonen um, von denen das eine Lichtquant eine höhere, das andere eine niedrigere als die ursprüngliche Energie hat. Dabei können die neu erzeugten Lichtfelder ihrerseits mit den ursprünglichen Lichtfeldern interagieren und weitere Frequenzen erzeugen, so dass kaskadentartig ein breites Spektrum

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit,
Dr. Olivia Meyer-Streng

Tel.: +49(0)8932 905-213
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de

Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

Tel.: +49(0)8932 905-0
Fax: +49(0)8932 905-200

von Frequenzen entsteht. In dem hier beschriebenen Experiment haben Dr. Pascal Del'Haye (MPQ) und Tobias Herr (EPFL) im Rahmen ihrer Doktorarbeit die Geometrie des Resonators so optimiert, dass die Dispersion kompensiert wird, d.h. die Umlaufzeit für alle Farben des Lichtes gleich ist. Damit erzeugt der Mikroresonator erstmals Strahlung über einen Frequenzbereich von mehr als einer Oktave, von 900 bis 2170 nm (nahes Infrarot). Wie bei einem Klavier entspricht ein Abstand von einer Oktave einer Verdopplung der Frequenz.

Über eine Änderung der Intensität des eingekoppelten Lichtes lassen sich die Frequenzen des Kammes simultan verschieben. Denn mit höheren Intensitäten erwärmt sich der Glas-Resonator um bis zu 800 Grad Celsius, wodurch er sich einerseits ausdehnt, aber auch seinen Brechungsindex ändert. Beides verschiebt die Linien des Frequenzkamms zu niedrigeren Frequenzen, d.h. längeren Wellenlängen. Diese Neuerungen, d.h. die große Bandbreite des Spektrums und die Möglichkeit der Frequenzverschiebung ist eine wichtige Voraussetzung um den Frequenzkamm zu stabilisieren: dazu wird der untere Frequenzbereich verdoppelt und mit dem oberen verglichen. Diese Eigenschaft erlaubt hochpräzise Anwendungen in der Metrologie.

Auch die optische Telekommunikation kann von der neuen Errungenschaft profitieren: Während beim herkömmlichen Frequenzkamm die Linien extrem dicht liegen und recht lichtschwach sind, haben die Spektrallinien des monolithischen Frequenzkamms einen Abstand von ungefähr 850 Gigahertz und pro Linie eine Leistung von einem Milliwatt. Dies entspricht den Anforderungen für die „Träger“ der Datenkanäle in der faserbasierten optischen Telekommunikation. Aufgrund der Verstimmbarkeit und der hohen Bandbreite eignet sich der Apparat auch für die hochpräzise Kalibration von Spektrometern in der Astrophysik. Dank der vielen Möglichkeiten interessieren sich mittlerweile viele Arbeitsgruppen weltweit dafür, mit solchen Mikroresonatoren photonische Geräte zu miniaturisieren. Dabei kommen ganz unterschiedliche Materialien wie polierte Kristalle, kurze hochreflektierende Fasern sowie auf Computerchiptechnik beruhende Siliziumstrukturen zum Einsatz. [O.M.]

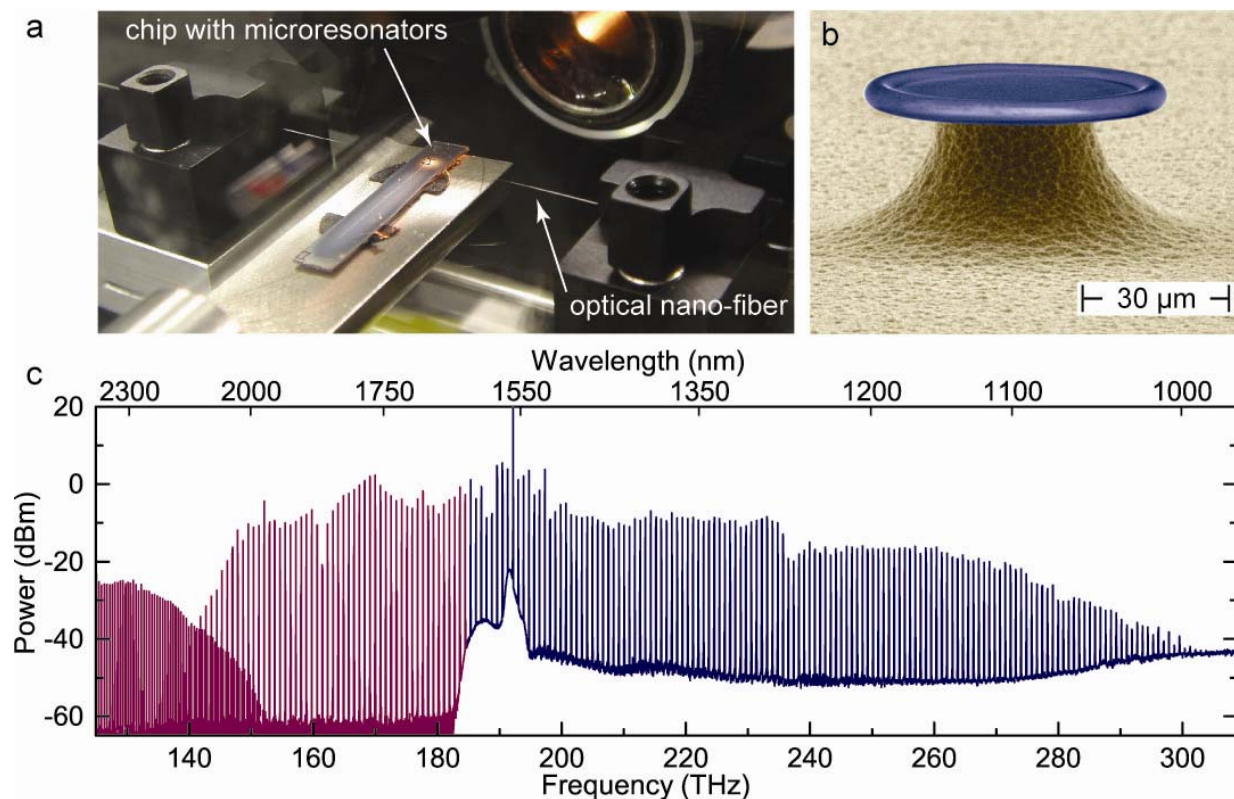


Abb.: Erzeugung eines eine Oktave umspannenden Frequenzkamms in Mikroresonatoren. **Teil (a)** zeigt den experimentellen Aufbau mit einer Nano-Faser aus Glas und einem Silizium-Chip mit optischen Resonatoren. Ein mit einem Elektronenmikroskop aufgenommenes Bild eines dieser Resonatoren ist in **Ausschnitt (b)** zu sehen. **Ausschnitt (c)** zeigt das optische Spektrum eines in einem solchen Resonator erzeugten, eine Oktave umspannenden Frequenzkamms.

Originalveröffentlichung:

P. Del'Haye, T. Herr, E. Gavartin, M.L. Gorodetsky, R. Holzwarth und T. J. Kippenberg
„Octave Spanning Tunable Frequency Comb from a Microresonator“
PRL 107, 063901, 1. August 2011

Kontakt:**Prof. Tobias J. Kippenberg (PhD)**

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
(Swiss Federal Institute of Technology Lausanne)
Associate Professor
Tel.: + 41 21 69 34428 (CH) / +41 79 53 50016
E-Mail: tobias.kippenberg@epfl.ch
<http://k-lab.epfl.ch/>

Dr. Pascal Del'Haye

Max-Planck-Institut für Quantenoptik,
Hans-Kopfermann-Straße 1
85748 Garching
Tel.: +49 (0) 89 / 32905 286
Fax: +49 (0) 89 / 32905 200
E-Mail: pascal.delhaye@mpq.mpg.de