

QUANTENOPTIK

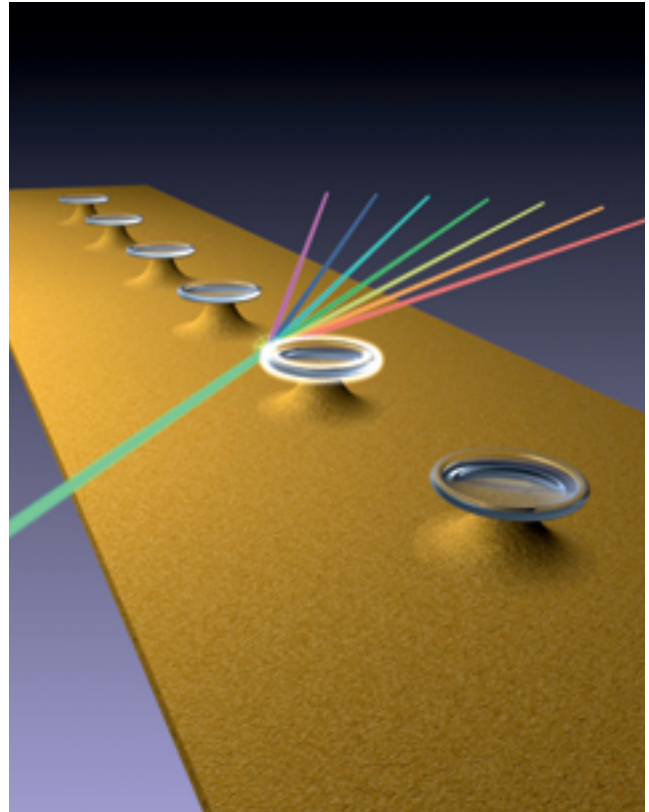
Lichtlineal auf einem Siliziumchip

Lichtfrequenzen könnten sich bald extrem präzise auf einem Mikrochip messen lassen. Den Frequenzkamm, der solche Messungen erlaubt, haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching nun auf einem Mikrochip mithilfe eines ringförmigen Resonators von nicht einmal Haaresbreite erzeugt. Für die Entwicklung des Frequenzkamms hat Theodor Hänsch vom Garchinger Max-Planck-Institut 2005 den Nobelpreis erhalten. Da der Frequenzkamm nun deutlich handlicher wird, ermöglicht er auch neue Techniken der Zeitmessung und Datenübertragung. (NATURE, 20. Dezember 2007)

Ein Frequenzkamm stellt eine Art Lineal dar, mit dem sich Frequenzen von Licht sehr genau bestimmen lassen. Er wird in einem Laser, der sehr kurze Pulse aussendet, erzeugt, indem dessen Schwingungsfrequenzen miteinander gekoppelt werden. Dabei entsteht Laserlicht, das an die 100 000 sehr dicht benachbarte Spektrallinien enthält, deren Frequenzabstand immer gleich und extrem genau bekannt ist – daher die Bezeichnung Kamm. Wenn man diesen Frequenzkamm mit einem anderen Laserstrahl mit unbekannter Frequenz überlagert, entsteht eine Schwebung wie bei zwei Tönen fast gleicher Tonhöhe. Aus dieser Schwebung lässt sich die unbekannte Frequenz mit bis dato unerreichter Genauigkeit bestimmen. Das Gerät, das einen Frequenzkamm dieser Art produziert, besteht bislang jedoch aus vielen einzelnen Bauteilen und ist größer als ein Desktop-Computer.

Nun haben die selbstständige Max-Planck-Nachwuchsgruppe von Tobias Kippenberg mit Ronald Holzwarth von der Firma Menlo Systems, die weltweit die Frequenztechnik vertreibt, einen Frequenzkamm in einem ringförmigen Glas-Resonator mit nur 75 Mikrometer Durchmesser auf einem Siliziumchip erzeugt. Die Mikroresonatoren stellte Pascal Del'Haye im Reinraum von Professor Jörg Kotthaus von der Ludwig-Maximilians-Universität München her. Licht lässt sich in den Resonator einkoppeln, indem ein Laserstrahl in einer Nanofaser aus Glas dicht daran vorbeigeführt wird.

Die Mikroresonatoren können Licht relativ lange speichern. Das kann zu extrem hohen Lichtintensitäten – sprich Photonendichten – führen. Dabei tritt der Kerr-Effekt auf: In diesem Prozess entstehen aus zwei Photonen, Lichtteilchen oder -quanten gleicher Energie zwei neue Photonen, von denen eines eine höhere, das andere eine niedrigere als die ursprüngliche Energie hat. Diese neuen Photonen interagieren nun ihrerseits mit den ursprünglichen Lichtquanten und erzeugen



Zum Frequenzkamm fächert ein Mikroresonator einfarbiges Licht auf.

dabei wiederum neue Frequenzen. Aus dieser Kaskade entsteht ein breites Spektrum von Frequenzen: ein Frequenzkamm. „Es handelt sich dabei um einen völlig neuen Entstehungsprozess“, sagt Tobias Kippenberg.

Mit dem neuartigen Frequenzkamm könnten sich künftig extrem genaue Uhren konstruieren lassen. Anwendungen sind aber auch in der optischen Telekommunikation möglich: Während beim herkömmlichen Frequenzkamm die Linien extrem dicht liegen und recht lichtschwach sind, haben die etwa 130 Spektrallinien des monolithischen Frequenzkamms einen Abstand von ungefähr 400 Gigahertz und Leistungen in der Größenordnung von einem Milliwatt. Dies entspricht ziemlich genau den Anforderungen für die Träger der Datenkanäle in der optischen Telekommunikation über Glasfasern. Bisher ist für jeden Frequenzkanal ein eigener Generator mit eigenem Laser erforderlich. Dagegen ließe sich mit einem Frequenzkamm auf einem Mikrochip eine Vielzahl von Datenkanälen definieren. „Bevor der Frequenzkamm jedoch in der Praxis zum Einsatz kommen kann, müssen wir noch weiter an der Technik feilen“, sagt Tobias Kippenberg.



@ Kontakt:
DR. TOBIAS KIPPENBERG
Max-Planck-Institut
für Quantenoptik,
Garching
Tel.: +49 89
32905-727
E-Mail:
tobias.kippenberg@
mpq.mpg.de