

Mehr Photonen durch optische Nanofaser

Einem internationalen Team aus Forschern der Humboldt-Universität zu Berlin (HU) geleitet von Prof. Oliver Benson, Mitglied von IRIS Adlershof, und Forschern der Universität Kyoto in Japan ist es gelungen, durch Einsatz einer neuartigen strukturierten Nanofaser die Emission von einzelnen Lichtteilchen, sogenannten Photonen, zu verstärken. Bei dem Experiment konnte nicht nur eine außerordentlich große Anzahl an Photonen erzeugt werden, sondern es gelang auch, deren Wellenlänge genau einzustellen. Über die Faser können diese maßgeschneiderten Photonen für Anwendungen in den neuen Quantentechnologien direkt verfügbar gemacht werden. Die Forschungsergebnisse sind in der aktuellen Onlineausgabe der Open-Access-Zeitschrift „Scientific Reports“ der Nature Publishing Group

erschienen.

Die strukturierte Nanofaser ist eine spezielle Sorte von Mikroresonatoren, mit denen grundlegende physikalische Effekte auf dem Gebiet der Quantenoptik untersucht werden. Ähnlich wie die Stimmgabel Schallwellen speichern Mikroresonatoren Licht einer bestimmten Wellenlänge über einen sehr langen Zeitraum und verstärken dieses zusätzlich. Wechselwirkungen zwischen Photonen und einer kleinsten Menge von Materie – bis hinab zum einzelnen Atom – können so kontrolliert untersucht, verstärkt und auch genutzt werden. Die von dem Forscherteam verwendeten Mikroresonatoren wurden bereits im Jahr 2010 in Japan zum Patent angemeldet, doch erst jetzt war es möglich, diese auch tatsächlich herzustellen, da der Prozess ist äußerst anspruchsvoll ist.

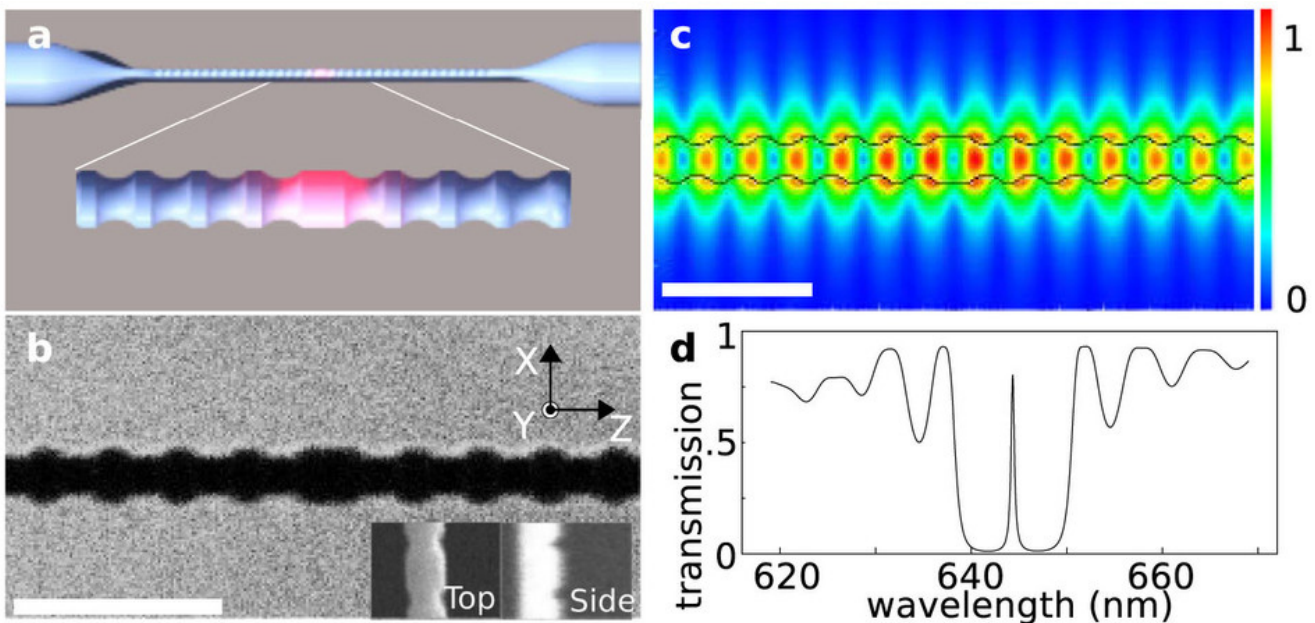


Abbildung: a) Skizze einer strukturierten Nanofaser. Man beachte, dass die Anzahl der Gitterperioden in der Darstellung reduziert wurde; b) Scanning-Ion-Microscope-Bild einer Nanofaser (Durchmesser 270 nm, Rillentiefe 45 nm, Rillenabstand 300 nm, und Defektlänge 450 nm); c) Elektrisches Feld, numerisch berechnet. Die schwarze Linie zeigt die Hohlraumstruktur; d) Berechnetes Transmissionsspektrum

Zur Herstellung verwendeten die Forscher einen fokussierten Strahl bestehend aus Gallium-Ionen, um kleinste Strukturen auf eine nur wenige hundert Nanometer dünne Glasfaser zu gravieren. Das entspricht einem Durchmesser der über einhundert mal kleiner als der eines menschlichen Haares ist. Kleine Halbleiterkristalle mit einer Größe von nur wenigen Nanometern dienten als Photonen-quellen. Diese Kristalle wurden gezielt auf den strukturierten Bereich der Nanofaser gelegt. Als Ergebnis wurde die Lichtemission verstärkt und Photonen direkt in die Glasfaser emittiert.

Ein Mikroresonator kann nur Licht einer bestimmten Wellenlänge speichern und verstärken. Soll dieses Licht mit bestimmten Molekülen oder Atomen gekoppelt werden, zum Beispiel für molekulare oder atomare optische Schalter, muss man den Resonator passgenau abstimmen. Den Forschern ist dies durch einen einfachen Mechanismus gelungen: Durch Ziehen an der Nanofaser kann sie kontrolliert verformt und somit die Eigenschaften des Resonators gezielt verändert werden. In einem System mit vielen verschiedenen Schaltelementen können diese aufeinander abgestimmt werden. Ein gezieltes Zusammenspiel wäre die Grundlage für einen integrierten optischen Quantenchip, der für das Quantenrechnen auf Quanten-computern erforderlich ist.

Derzeit arbeiten die Forscher daran, die Mikroresonatoren weiter zu verbessern und neben Halbleiterkristallen auch andere optische Emitter anzukoppeln. Dies würde den Bereich möglicher Anwendungen weiter ausdehnen, beispielsweise in der Tele-kommunikation für die

sichere Daten-über-tragung mit Hilfe der Quantenkryptographie. Weiterhin könnte nur ein einzelnes an die Faser gekoppeltes Molekül als Nanosensor eingesetzt werden. Ein solcher Sensor wäre der kleinstmögliche überhaupt und könnte mit bislang unerreichter Genauigkeit winzigste Substanzmengen aufspüren.

Highly Efficient Coupling of Nanolight Emitters to a Ultra-Wide Tunable Nanofibre Cavity

A. W. Schell, H. Takashima, S. Kamioka, Y. Oe, M. Fujiwara, O. Benson, and S. Takeuchi

Scientific Report 5 (2015) 9619

DOI: [10.1038/srep09619](https://doi.org/10.1038/srep09619)