

Pressemitteilung**Technische Universität Berlin****Stefanie Terp**

15.02.2018

<http://idw-online.de/de/news689274>Forschungsprojekte
Physik / Astronomie
überregional**TU Berlin: Lasing am Limit****Wie klein, wie energieeffizient kann ein Laser sein? Die Suche nach dem ultimativen Nanolaser für die Informationstechnologie der Zukunft beschäftigt Forschergruppen weltweit.**

Lasing am Limit

Wie klein, wie energieeffizient kann ein Laser sein? Die Suche nach dem ultimativen Nanolaser für die Informationstechnologie der Zukunft beschäftigt Forschergruppen weltweit.

Im Rahmen einer internationalen Kooperation ist es Prof. Dr. Stephan Reitzenstein vom Institut für Festkörperphysik an der TU Berlin und seinen Projektpartnern nicht nur gelungen, einen extrem kleinen und hocheffizienten Nanolaser zu bauen, sondern erstmalig auch dessen Lasereigenschaften über die quantenoptische Messung der Emissionsstatistik eindeutig nachzuweisen.

„Energieeffizienz beschäftigt nicht nur die Hersteller von Elektroautos, sondern ist auch ein Thema in der sogenannten ‚On-Chip-Photonik‘, also Mikrochips auf denen die Datenübertragung und -verarbeitung mehr und mehr auf der Basis von Licht geschieht“, weiß Prof. Stephan Reitzenstein. „Das Besondere an zukünftigen Nanolasern ist, dass diese am Übergang zur Quantenoptik, also in dem Bereich einzelner Lichtquanten, sogenannten Photonen, operieren.“ In der Praxis bedeutet dies: Es ist nicht nur besonders schwierig, solche Nanolaser herzustellen. Die spezielle Herausforderung liegt vor allem auch darin, die Laseremission überhaupt eindeutig nachzuweisen.

Laserlicht entsteht generell in einem sogenannten optischen Resonator, wenn einem sich darin befindenden Lasermedium ausreichend Energie zugeführt wird. Das Problem: Die zugeführte Energie, die sogenannte Pumpleistung, muss ein gewisses Limit – die Laserschwelle – überschreiten, damit das Lasermedium nicht nur Licht, sondern Laserlicht emittiert.

„Das liegt daran, dass zunächst ein Großteil der zugeführten Energie in Photonen umgewandelt wird, ohne dass diese in den beabsichtigten Laserstrahl einkoppeln. Bei gewöhnlichen Halbleiterlasern, wie man sie zum Beispiel in jedem CD- oder DVD-Player antrifft, wird tatsächlich nur jedes hunderttausendste Photon in den Laserstrahl eingekoppelt. Alle anderen Photonen gehen verloren. Erst wenn die Pumpstärke diese Verluste ausgleicht, kann Laserlicht entstehen“, so Prof. Reitzenstein, der das Phänomen gerne mit einem löchrigen Eimer vergleicht: „Der löchrige Eimer symbolisiert den Resonator. Der Wasserschlauch, mit dem wir den Eimer befüllen, ist vergleichbar mit der Pumpquelle, welche den Resonator mit Photonen füllt. Ziel ist es, in dem Eimer einen gewissen Pegelstand zu erreichen, Sinnbild für die Laserschwelle. Durch viele kleine Löcher im Eimer fließt aber immer wieder Wasser ab – genauso wie immer wieder Photonen den Resonator verlassen, ohne in die Lasermode einzukoppeln. Daher muss die Wasserzufuhr ein gewisses Limit (Wassermenge/Zeit) überschreiten, damit der Wasserpegel überhaupt den benötigten Pegelstand (Laserschwelle) erreicht. Soll nun ein energieeffizienter Nanolaser mit niedriger Laserschwelle gebaut werden, muss der Resonator möglichst klein und dicht sein. Im Grenzfall eines ultimativen schwellenlosen Nanolasers gelingt es quasi, alle ‚Löcher zu stopfen‘, so dass jedes eingebrachte Photon in die Lasermode einkoppelt.“

Gelungen ist das jetzt durch eine extreme Verkleinerung des Resonators. Die Breite des hier untersuchten Nanolasers beträgt lediglich ca. 200 nm. Zum Vergleich: Der Durchmesser eines menschlichen Haares liegt bei etwa 60.000 nm (ein Nanometer [1 nm] = 1 Millionstel Millimeter). „Die hochpräzise Struktur des Resonators führt dazu, dass im Mittel mehr als 7 von 10 zugeführten Photonen (und nicht nur jedes Hunderttausendste wie bei einem normalen Laser) effektiv für den Laserbetrieb nutzbar sind. „Damit sind wir dem ultimativen schwellenlosen Laser bereits sehr nahe gekommen“, erläutert Stephan Reitzenstein.

Für die Charakterisierung der Nanolaser kamen hochempfindliche Detektoren und aufwändige Analysemethoden zum Einsatz: So wird mit einem quantenoptischen Experiment die Photonenstatistik des emittierten Lichts ermittelt, welche charakteristisch für die Laseremission ist. Nur durch diesen komplexen Aufbau gelang erstmals der eindeutige Beweis, dass es sich bei dem Licht aus dem Nanoresonator auch tatsächlich um Laserlicht handelt und dieser nicht lediglich als Leuchtdiode fungiert.

„Insbesondere demonstrieren wir, dass etablierte ‚Lasing-Kriterien‘ für Nanolaser an Bedeutung verlieren und Laserlicht letztendlich nur quantenoptisch nachgewiesen werden kann“, erklärt Stefan T. Jagsch, der als Doktorand von Prof. Reitzenstein die experimentellen Arbeiten federführend durchgeführt hat.

Die Arbeiten entstanden im Rahmen eines von der DFG und dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF) geförderten Drittmittelprojektes, in enger Kooperation mit führenden Gruppen im Feld von Halbleiterprozessierung (Prof. Nicolas Grandjean, École Polytechnique Fédérale de Lausanne), Nanolaser-Theorie (Dr. Christopher Gies und Prof. Frank Jahnke, Universität Bremen) und Charakterisierung von Nitrid-Halbleitern (Prof. Axel Hoffmann, TU Berlin). Sie wurden in der aktuellen Ausgabe der renommierten Open Access Fachzeitschrift Nature Communications publiziert.

Bildmaterial finden Sie hier: www.tu-berlin.de/?id=193081

*Publikation: S. T. Jagsch, N. Vico Triviño, F. Lohof, G. Callsen, S. Kalinowski, I. M. Rousseau, R. Barzel, J.-F. Carlin, F. Jahnke, R. Butté, C. Gies, A. Hoffmann, N. Grandjean, S. Reitzenstein, A quantum optical study of thresholdless lasing features in high- α nitride nanobeam cavities, Nat. Commun. 9, 564 (2018).
DOI:10.1038/s41467-018-02999-2

Weitere Informationen erteilt Ihnen gerne:

Prof. Dr. Stephan Reitzenstein
TU Berlin
Institut für Festkörperphysik
Fachgebiet Optoelektronik und Quantenbauelemente
Tel.: 030 314-79704
Email: stephan.reitzenstein@physik.tu-berlin.de

URL zur Pressemitteilung: <http://www.tu-berlin.de/?id=193081>