

Press release**Technische Universität München****Dr. Ulrich Marsch**

12/05/2013

<http://idw-online.de/en/news565131>Research results, Scientific Publications
Electrical engineering, Information technology, Physics / astronomy
transregional, national**Nanodrahtlaser könnten mit Siliziumchips, Lichtwellenleitern und sogar lebenden Zellen arbeiten**

Nanodrähte sind fadenähnliche Halbleiterstrukturen, so dünn, dass sie praktisch eindimensional sind. Sie könnten eines Tages als Laser für Anwendungen in der Computer- und Kommunikationstechnik sowie der Sensorik dienen. Wissenschaftler der Technischen Universität München (TUM) konnten Laseraktivität an Halbleiter-Nanodrähten demonstrieren, die bei Raumtemperatur Licht bei technisch brauchbaren Wellenlängen emittieren. Jetzt dokumentierten die Forscher diesen Durchbruch in der Zeitschrift Nature Communications. In Nano Letters veröffentlichten sie weitergehende Ergebnisse über verbesserte optische und elektronische Leistungen des Systems.

„Nanodrahtlaser könnten der nächste Schritt in der Entwicklung von kleineren, schnelleren und energieeffizienteren Lichtquellen sein“, sagt Prof. Jonathan Finley, Direktor des Walter Schottky Instituts der TUM. Zu den möglichen Anwendungen zählen optische Verschaltungen auf Chips oder gar optische Transistoren zur Beschleunigung von Rechnern, integrierte Optoelektronik für Glasfaser-Kommunikation und Laser-Arrays mit lenkbarem Strahl. „Nanodrähte sind aber auch etwas Besonderes“, fügt Finley hinzu, „denn sie reagieren sehr empfindlich auf ihre Umgebung, haben im Verhältnis zu ihrem Volumen eine große Oberfläche und sind so klein, dass sie beispielsweise in biologische Zellen eindringen können“. Deshalb könnten Nanodrahtlaser auch in der Umwelt- und Biosensorik Anwendung finden.

Im Labor emittieren die Nanodrahtlaser Licht bei Wellenlängen im nahen Infrarot und kommen damit dem Optimum für Glasfaser-Kommunikation sehr nahe. Sie können direkt auf Silizium gezüchtet werden und bieten deshalb Möglichkeiten für integrierte Photonik und Optoelektronik. Und sie funktionieren bei Raumtemperatur, was für die praktische Anwendung unabdingbar ist.

Maßgeschneidert im Labor, mit Blick auf die industrielle Anwendung

So winzig die an der TUM demonstrierten Nanodrahtlaser auch sein mögen – sie sind hundert- bis tausendmal dünner als ein Menschenhaar – so bilden sie dennoch eine sehr komplexe Struktur (sogenannte „core-shell“-Struktur), deren Profil aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien buchstäblich Atom für Atom aufgebaut wird.

Aufgrund ihrer maßgeschneiderten core-shell-Strukturen können die Nanodrähte einerseits als Laser kohärente Lichtimpulse generieren und andererseits als Wellenleiter ähnlich wie Glasfasern arbeiten. Wie herkömmliche Kommunikationslaser werden diese Nanodrähte aus sogenanntem III-V-Halbleitermaterial hergestellt. Dieses Material hat die passende Bandlücke, um Licht im nahen Infrarot zu emittieren. Laut Finley liegt ein entscheidender Vorteil darin, dass die Geometrie der Nanodrähte „wesentlich weniger anfällig auf Kristallgitterfehler wie bei sonst üblichen Dünnschichtprozessen ist, und so die Verbindung von Materialien zulässt, die normalerweise nicht kombiniert werden können“. Weil Nanodrähte einen Durchmesser von nur ein paar Dutzenden bis Hunderten von Nanometer aufweisen, können sie weitestgehend fehlerfrei direkt auf Siliziumchips anwachsen, und somit höchste Materialgüte sowie

potenziell sehr hohe Leistungsfähigkeit aufweisen.

In ihrer Gesamtheit eröffnen diese Eigenschaften einen Weg von der angewandten Forschung hin zu verschiedensten künftigen Anwendungen. Auf die Wissenschaftler warten allerdings noch einige Herausforderungen. Beispielsweise wurde die erzeugte Laseremission der TUM-Nanodrähte durch Licht stimuliert – ebenso wie die Nanodrähte, über die fast zeitgleich ein Team der Australian National University berichtete. In der praktischen Anwendung müssen die Nanodrähte allerdings eher elektrisch angeregt werden.

Nanodrahtlaser: Technologisches Neuland mit glänzenden Aussichten

Die kürzlich veröffentlichten Ergebnisse stammen im Wesentlichen von einem Team junger Wissenschaftler, die gerade am Beginn ihrer Karriere an der Front dieses neuen Forschungsgebiets stehen. Zu den Doktoranden, deren Arbeiten von Dr. Gregor Koblmüller und anderen führenden Wissenschaftlern betreut werden, zählen Benedikt Mayer, Daniel Rudolph, Stefanie Morkötter and Julian Treu. Mit vereinten Kräften arbeiteten sie an photonischem Design und Materialwachstum sowie an der Materialcharakterisierung mit Hilfe atomar hochauflösender Elektronenmikroskopie.

Ziel der laufenden Forschung ist ein besseres Verständnis der in diesen Komponenten auftretenden physikalischen Phänomene sowie die Entwicklung elektrisch gepumpter Nanodrahtlaser, die Optimierung ihrer Leistung und ihre Integration in die Siliziumphotonik.

„Zur Zeit gibt es nur sehr wenige Laboratorien, die Nanodrahtmaterial und -komponenten mit der erforderlichen Präzision erzeugen können“, sagt Koautor Prof. Gerhard Abstreiter, Gründer des Walter Schottky Instituts und Direktor des TUM-Institute for Advanced Study. „Doch“, so fährt er fort, „unsere Verfahren und Designs sind mit den industriellen Produktionsmethoden für Computer- und Kommunikationstechnologie kompatibel. Die Erfahrung hat gelehrt, dass die bahnbrechenden Experimente von heute in kommerziell verwertbaren Techniken von morgen münden können und dies oft auch tun“.

Diese Forschung wurde zum Teil unterstützt von der Deutschen Exzellenzinitiative durch das TUM Institute for Advanced Study und den Excellence Cluster Nanosystems Initiative Munich (NIM); von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) über den Sonderforschungsbereich SFB 631; von der Europäischen Union über einen Marie Curie European Reintegration Grant, das QUROPE-Projekt SOLID, und das EU-MC Netzwerk INDEX; durch einen CINECA-Preis im Rahmen der IS CRA-Initiative; und durch ein Stipendium der Generalitat Valenciana.

Publikationen:

Lasing from individual GaAs-ALGaAs core-shell nanowires up to room temperature. Benedikt Mayer, Daniel Rudolph, Joscha Schnell, Stefanie Morkötter, Julia Winnerl, Julian Treu, Kai Müller, Gregor Bracher, Gerhard Abstreiter, Gregor Koblmüller, and Jonathan J. Finley. Nature Communications, 5 Dec. 2013. DOI: [10.1038/ncomms3931](https://doi.org/10.1038/ncomms3931)

High mobility one- and two-dimensional electron systems in nanowire-based quantum heterostructures. Stefan Funk, Miguel Royo, Iliaria Zardo, Daniel Rudolph, Stefanie Morkötter, Benedikt Mayer, Jonathan Becker, Alexander Bechtold, Sonja Matich, Markus Döblinger, Max Bichler, G. Koblmüller, Jonathan J. Finley, Andrea Bertoni, Guido Goldoni, and Gerhard Abstreiter. Nano Letters Just Accepted Manuscript, 25 Nov. 2013. DOI: [dx.doi.org/10.1021/nl403561w](https://doi.org/10.1021/nl403561w)

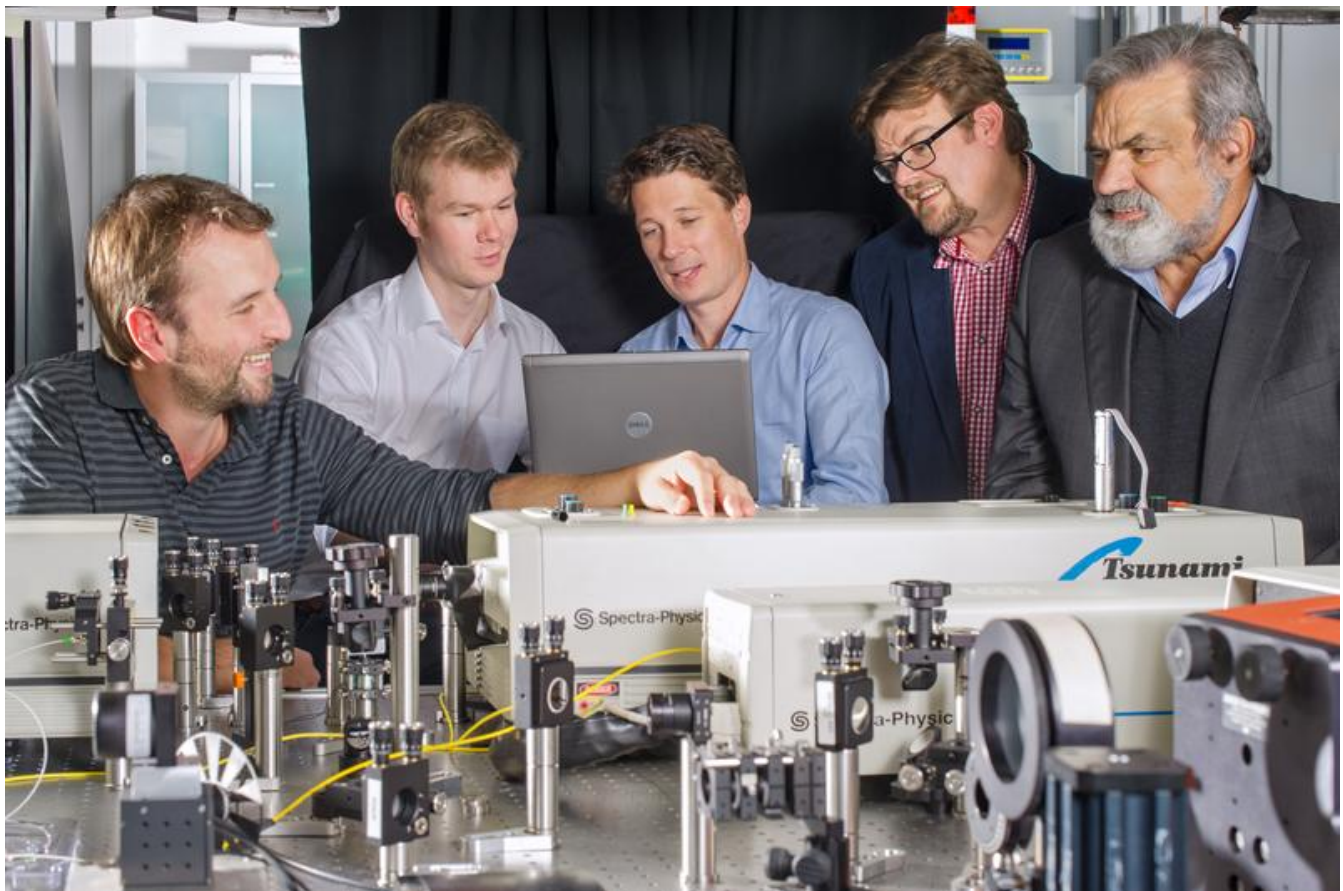
Enhanced luminescence properties of InAs-InAsP core-shell nanowires. Julian Treu, Michael Bormann, Hannes Schmeiduch, Markus Döblinger, Stefanie Morkötter, Sonja Matich, Peter Wiecha, Kai Saller, Benedikt Mayer, Max Bichler, Markus Christian Amann, Jonathan Finley, Gerhard Abstreiter, and G. Koblmüller. Nano Letters Just Accepted Manuscript, 25 Nov. 2013. DOI: [dx.doi.org/10.1021/nl403341x](https://doi.org/10.1021/nl403341x)

Kontakt:

Prof. Jonathan Finley
Technische Universität München
Walter Schottky Institute
Am Coulombwall 4
85748 Garching, Germany
Tel: +49 89 289 12770
jonathan.finley@wsi.tum.de
<http://www.wsi.tum.de/>

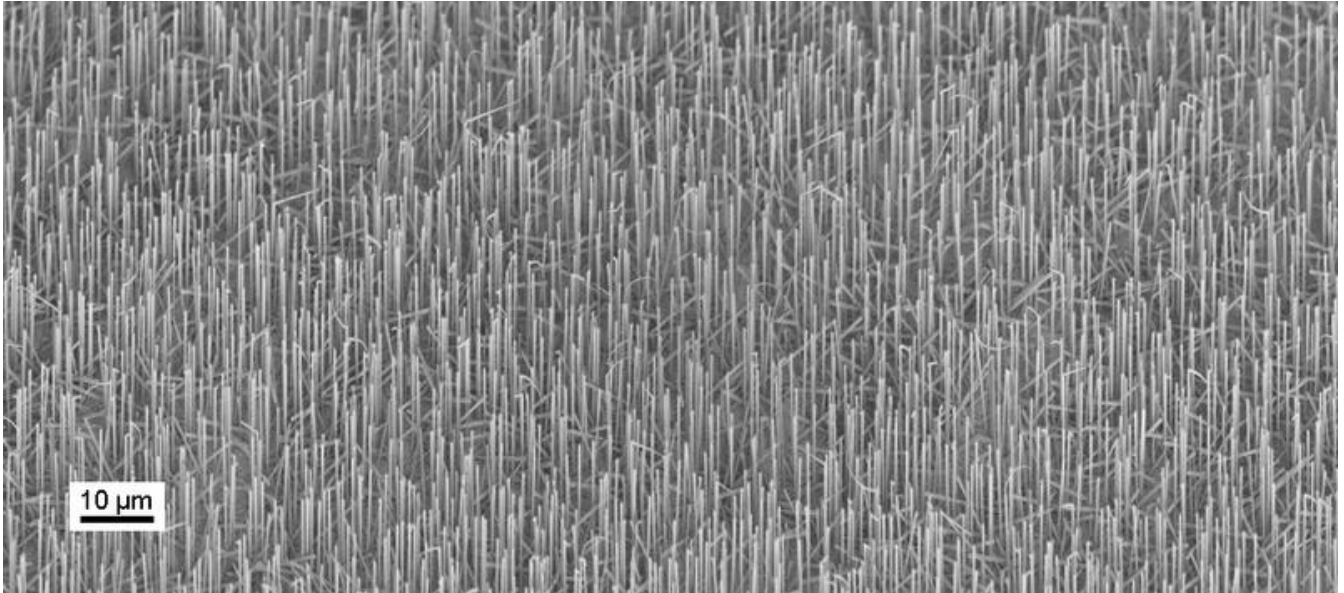
Prof. Gerhard Abstreiter
Technische Universität München
TUM Institute for Advanced Study
Lichtenbergstrasse 2 a
85748 Garching, Germany
Tel: +49 89 289 10555
gerhard.abstreiter@zv.tum.de
<http://www.tum-ias.de/>

URL for press release: <http://www.tum.de/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/kurz/article/31226/>



v.l. Doktoranden Benedikt Mayer, Daniel Rudolph; Dr. Gregor Koblmüller; Prof. Jonathan Finley, Prof. Gerhard Abstreiter

Foto: A. Heddergott / TUM



Nanodrähte
Bild: WSI / TUM