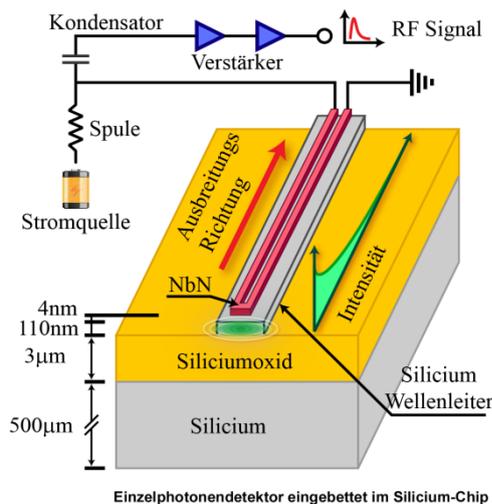


Quantenkommunikation: Jedes Photon zählt

Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter Wolfram Pernice erzielt am KIT Durchbruch bei der Herstellung eines effektiven Einzelphotonendetektors



Fünf Faktoren überzeugen beim neuen Einzelphotonendetektor: 91% Entdeckungseffizienz, direkte Integration auf dem Chip, Zählraten im Gigahertztempo, hohe zeitliche Auflösung und vernachlässigbare Dunkelzählraten; Quelle: KIT/CFN

Ultraschnelle, effiziente und zuverlässige Einzelphotonendetektoren sind begehrte und dennoch bis heute noch nicht anwendungsreife Komponenten in der Photonik und der Quantenkommunikation. Der Quantenphysiker Dr. Wolfram Pernice vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) erzielte nun in Zusammenarbeit mit Kollegen der Universitäten Yale, Boston und Moscow State Pedagogical den entscheidenden Durchbruch mit einem direkt in den Chip integrierten Einzelphotonendetektor. Der Detektor schafft gleichzeitig höchste Wiedergabetreue und Auswertungsgeschwindigkeit und hat eine nur sehr geringe Fehlerquote. Die Ergebnisse sind in Nature Communications veröffentlicht (doi:10.1038/ncomms2307).

Ohne eine zuverlässige Detektion, also einer sicheren und schnellen Erfassung einzelner Photonen, lassen sich die neuesten Weiterentwicklungen im Bereich der optischen Datenübertragung oder der Quantencomputer nicht wirklich nutzen. Das ist, als ob man bei einem herkömmlichen Rechner keinen Analog-Digital-Wandler hätte, um zu erkennen, ob die anliegende Spannung für eine 0 oder 1

Monika Landgraf
Pressesprecherin

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-47414
Fax: +49 721 608-43658
E-Mail: presse@kit.edu

Weiterer Kontakt:

Tatjana Erkert
DFG-Centrum für Funktionelle Nanostrukturen (CFN)
www.cfn.kit.edu
Tel.: +49 721 608-43409
Fax: +49 721 608-48496
E-Mail: tatjana.erkert@kit.edu

steht. Obwohl in den vergangenen Jahren bereits verschiedene Modelle von Einzelphotonendetektoren entwickelt wurden, konnte bislang keiner wirklich zufriedenstellend eingesetzt werden.

Gleich mehrere neue Ideen und Weiterentwicklungen flossen in den im Rahmen des Projekts „Integrated Quantum-Photonics“ am DFG-Centrum für funktionelle Nanostrukturen (CFN) entwickelten Prototypen ein. Der neue im Wellenlängenbereich der Telekommunikation erprobte Einzelphotonendetektor erreicht eine Entdeckungseffizienz von 91 Prozent. Dieses Niveau war bisher unerreicht.

Der Clou sind die supraleitenden Nanodrahtdetektoren, die direkt auf einem nanophotonischen Wellenleiter aufgebracht werden. Bildlich darf man sich das wie eine lichtleitende Röhre vorstellen, um die ein Draht gewickelt ist, der sich im supraleitenden Zustand befindet und deswegen keinerlei elektrischen Widerstand aufweist. Der nanometerdünne Draht aus Niobnitrid absorbiert Photonen, die sich entlang des Wellenleiters ausbreiten. Wird ein Photon absorbiert, kommt es zum Verlust der Supraleitung, was sich als elektrisches Signal bemerkbar macht. Je länger diese Röhre ist, desto größer ist die Detektionswahrscheinlichkeit - dabei handelt es sich von Längen im Mikrometerbereich.

Eine weitere Besonderheit des Detektors ist, dass er direkt auf dem Chip installiert ist und somit beliebig vervielfältigt werden kann. Die bisher realisierten Einzelphotonendetektoren waren eigenständige Einheiten, die „vor den Chip geschaltet“ wurden. Eine solche Anordnung hat den großen Nachteil, dass Photonen in der zusätzlich benötigten Faserverbindung verloren gehen oder anderweitig absorbiert werden. Bei dem nun vollständig in den Silizium-Schaltkreis für Photonen eingebetteten Detektor entfällt diese Verlustquelle. Das führt neben der hohen Entdeckungseffizienz zu einer bemerkenswert niedrigen Dunkelzählrate. Bei einer Dunkelzählung handelt es sich um ein fälschlich detektiertes Photon, beispielsweise infolge einer spontanen Emission, eines Alphateilchens oder eines Störfeldes. Die Konstruktion ermöglicht auch eine ultrakurze Genauigkeitsschwankung von 18 Picosekunden, also 18 mal 10^{-12} Sekunden, bei der Übertragung der Datensignale.

Die neuartige Lösung ermöglicht es darüber hinaus, mehrere Hunderte dieser Detektoren auf einem einzelnen Chip zu integrieren. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die künftige Nutzung in optischen Quantenrechnern.

Der in dieser Studie demonstrierte Detektor wurde mithilfe von Wellenlängen in Telekom-Bandbreite analysiert. Dieselbe Detektorarchitektur kann aber auch für Wellenlängen im Bereich des sichtba-

ren Licht eingesetzt werden. Damit könnte das Prinzip für die Analyse all solcher Strukturen eingesetzt werden, die wenig Licht – also Photonen – emittieren, beispielsweise einzelne Moleküle oder Bakterien.

Vita Dr. Wolfram Pernice

Dr. Wolfram Pernice studierte Mikrosystemtechnik an der Albert-Ludwigs Universität in Freiburg. Aufgrund seiner herausragenden Studienleistung wurde der *e-Fellow* während seiner Studienzeit durch ein Baden-Württemberg-Stipendium gefördert. Ausgestattet mit einem Forschungsstipendium des britischen Engineering and Physical Sciences Research Council promovierte er anschließend in England an der Universität von Oxford über die *Entwicklung von effizienten numerischen Methoden für die Simulation photonischer Geräte*. Nach der Erlangung seines Doktorgrades im Jahr 2007 wechselte er Anfang 2008 von England in die USA an die Yale University, wo er in der Gruppe von Hong Tang - mit einem Humboldt-Stipendium gefördert - nanooptomechanische Systeme analysierte. Im Sommer 2011 erhielt Pernice die Zusage der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Leitung einer Emmy-Noether Nachwuchsgruppe. Seine Forschungsarbeit über integrierte quantenoptische und nanooptomechanische Systeme hatte die Kommission überzeugt. Als Emmy-Noether-Stipendiant konnte er sich seinen neuen Wirkungsort aussuchen und entschied sich für das Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Hier ist er nun seit Oktober 2011 Nachwuchsgruppenleiter am Institut für Nanotechnologie (INT). Aktuell konnte er zum Jahresanfang für seine internationale Forschungsarbeit zusätzlich eine ‚Helmholtz International Research Groups‘-Unterstützung einwerben, die er dafür nutzen möchte, sein Karlsruher Team um einen weiteren Doktoranden zu ergänzen.

Das DFG-Centrum für Funktionelle Nanostrukturen (CFN) hat sich einem wichtigen Bereich der Nanotechnologie verschrieben: den funktionellen Nanostrukturen. Ziel ist es durch exzellente interdisziplinäre und internationale Forschung Nano-Strukturen mit neuen technologischen Funktionen darzustellen sowie den ersten Schritt von der Grundlagenforschung zur Anwendung zu gehen. Zurzeit arbeiten in Karlsruhe mehr als 250 Wissenschaftler und Techniker über das CFN vernetzt in mehr als 80 Teilprojekten zusammen. Der Fokus liegt auf den Bereichen Nano-Photonik, Nano-Elektronik,

Molekulare Nanostrukturen, Nano-Biologie und Nano-Energie.
www.cfn.kit.edu

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts nach den Gesetzen des Landes Baden-Württemberg. Es nimmt sowohl die Mission einer Universität als auch die Mission eines nationalen Forschungszentrums in der Helmholtz-Gemeinschaft wahr. Das KIT verfolgt seine Aufgaben im Wissensdreieck Forschung – Lehre – Innovation.

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter: www.kit.edu

Das Foto steht in druckfähiger Qualität auf www.kit.edu zum Download bereit und kann angefordert werden unter: presse@kit.edu oder +49 721 608-47414. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.