

Forscher sortieren einzelne Lichtquanten mit Höchstgeschwindigkeit

geschrieben von Andreas Potthoff | 22. November 2022

Nanoschallwelle kontrolliert Photonen auf einem Chip – Meilenstein hin zu hybriden Quantentechnologien

Einem deutsch-spanischen Forscherteam aus Valencia, Münster, Augsburg, Berlin und München ist es gelungen, einzelne Lichtquanten mit höchster Präzision zu kontrollieren. In der Fachzeitschrift „Nature Communications“ berichten die Wissenschaftler, wie sie einzelne Photonen auf einem Chip mithilfe einer Schallwelle gezielt zwischen zwei Ausgängen mit Gigahertz-Frequenzen hin- und herschalten. Diese erstmals gezeigte Methode kann nun für akustische Quantentechnologien oder komplexe integrierte photonische Netzwerke angewandt werden.

Licht- und Schallwellen bilden das technologische Rückgrat moderner Kommunikation. Während Glasfasern mit Laserlicht das weltweite Internet aufspannen, werden Chips für Nanoschallwellen zur drahtlosen Datenübertragung mit Gigahertz-Frequenzen zwischen Smartphones, Tablets oder Laptops verwendet. Eine der drängendsten Fragen für die Zukunft ist daher, wie diese Technologien um Quantensysteme erweitert werden können, um beispielsweise abhörsichere Quantenkommunikationsnetzwerke aufzubauen.

„Lichtquanten oder Photonen spielen bei der Entwicklung von

Quantentechnologien eine ganz zentrale Rolle“, unterstreicht Physiker Prof. Dr. Hubert Krenner, der die Studie in Münster und Augsburg leitet. „Unserem Team ist es nun gelungen, einzelne Photonen auf einem daumennagelgroßen Chip zu erzeugen und dann mit bisher unerreichter Präzision exakt getaktet mit Hilfe von Schallwellen zu kontrollieren.“ Dr. Mauricio de Lima, der an der Universität Valencia forscht und die dortigen Arbeiten koordinierte, ergänzt: „Das Funktionsprinzip unseres Chips war uns zwar für ‚klassisches‘ Laserlicht bekannt. Doch jetzt ist uns mit Lichtquanten der langersehnte Durchbruch hin zu Quantentechnologien gelungen.“

In ihrer Studie fertigten die Forscher einen Chip, der mit winzigen „Leiterbahnen“ für Lichtquanten, sogenannten Wellenleitern, ausgestattet ist. Diese sind zirka 30-mal dünner als ein menschliches Haar. Zusätzlich enthielt dieser Chip Quanten-Lichtquellen, sogenannte Quantenpunkte. Dr. Matthias Weiß von der Universität Münster, der die optischen Experimente durchführte, erläutert: „Diese Quantenpunkte sind wenige Nanometer große Inseln im Inneren der Wellenleiter, die Licht als einzelne Photonen abstrahlen. In unserem Chip sind die Quantenpunkte mit eingebaut und wir müssen einzelne Photonen nicht erst kompliziert mit einer anderen Quelle erzeugen und mit den Wellenleitern koppeln.“ Dr. Dominik Bühler, der im Rahmen seiner Doktorarbeit an der Universität Valencia die Quanten-Chips entworfen hat, weist auf die Schnelligkeit der Technik hin: „Mithilfe der Nanoschallwellen ist es uns möglich, die direkt auf dem Chip erzeugten Photonen mit vorher nicht erreichter Geschwindigkeit während ihrer Ausbreitung in den Wellenleitern zwischen zwei Ausgängen hin und her zu schalten.“

Die Forscher sehen ihre Ergebnisse als einen Meilenstein auf dem Weg zu hybriden Quantentechnologien, da sie drei verschiedene Quantensysteme kombinieren: Quantenlichtquellen in Form der Quantenpunkte, die erzeugten Lichtquanten sowie Phononen, die Quantenteilchen der Schallwelle. Die an der

Universität Valencia entworfenen und am Berliner Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik mit Quantenpunkten der TU München hergestellten hybriden Quanten-Chips übertrafen die Erwartungen des Forschungsteams.

Das internationale Team hat einen weiteren entscheidenden Schritt hin zu akustischen Quantentechnologien gemacht. „Wir arbeiten bereits mit Hochdruck daran, unseren Chip zu erweitern, um den Quantenzustand der Photonen beliebig programmieren zu können oder sogar mehrere Photonen mit unterschiedlichen Farben zwischen vier oder mehr Ausgängen zu sortieren“, blickt Dr. Mauricio de Lima in die Zukunft. Physik-Professor Hubert Krenner fügt hinzu „Hier kommt uns eine einzigartige Stärke unserer Nanoschallwellen zugute. Da diese sich nahezu verlustfrei auf der Chipoberfläche ausbreiten, können wir elegant fast beliebig viele Wellenleiter mit einer einzigen Welle hochpräzise kontrollieren.“

Die Europäische Union hat die Forschungsarbeiten im Doktorandenkolleg ITN SAWtrain im Zuge des Rahmenprogramms „Horizon 2020“ (Marie-Skłodowska-Curie Grant Agreement 642688) gefördert.

Originalveröffentlichung

Dominik D. Bühler, Matthias Weiß, Antonio Crespo-Poveda, Emeline D. S. Nysten, Jonathan J. Finley, Kai Müller, Paulo V. Santos, Mauricio M. de Lima Jr., H. J. Krenner (2022): On-chip generation and dynamic piezo-optomechanical rotation of single photons. Nature Communications 13, Article number: 6998; DOI: 10.1038/s41467-022-34372-9

Weiterführende Informationen

Per Delsing et al. (2019): The 2019 surface acoustic wave roadmap. Journal of Physics D: Applied Physics 52, 353001; DOI: 10.1088/1361-6463/ab1b04

Pressestelle der Universität Münster
Schlossplatz 2, 48149 Münster
pressestelle@uni-muenster.de
+49 251 83-22232 o. -22233

upm – Mediendienst der WWU Münster
<http://www.uni-muenster.de/journalisten/upmabo/>

Links:

- Originalveröffentlichung
<https://doi.org/10.1038/s41467-022-34372-9>
 - Originalveröffentlichung (share link)
<https://rdcu.be/cZPgX>
 - Video: SAWtrain-Doktoranden erklären SAW-Technologie
<https://youtu.be/H0MJstxNDQM>
 - Arbeitsgruppe von Prof. Krenner an der WWU
<https://www.uni-muenster.de/Physik.PI/Krenner/>
-

Quelle: Pressemitteilung / Pressestelle der Universität
Münster (upm)