

PRESSEINFORMATION

PRESSEINFORMATION16. Januar 2025 || Seite 1 | 3

Ultrakompakte Lichtquelle für Quantenverschlüsselung

Photonics West 2025: Fraunhofer IOF präsentiert VCSEL-basierte Photonenquelle für quantenverschlüsselte Kommunikation

Jena / San Francisco (USA)

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF präsentiert auf der SPIE Photonics West in San Francisco (28. bis 30. Januar 2025) eine neue Photonenquelle, die speziell für das »Prepare-and-Measure«-Protokoll der Quantenkommunikation entwickelt wurde. Die Komponenten der Quelle sind für den Weltraumeinsatz optimiert.

Seit Mitte der 1980er Jahre gibt es das Konzept, stark abgeschwächte zufällig polarisierte Lichtpulse für eine sichere Quantenkommunikation zu nutzen. Die meisten kommerziellen Lichtquellen für Quantenkommunikation basieren bis heute auf dieser Idee. Die größte Herausforderung ist dabei, ununterscheidbare und zufällig polarisierte Photonen mit einer hohen Rate in einer möglichst kompakten und energieeffizienten Quelle zu erzeugen.

Am Fraunhofer IOF in Jena wurde nun eine Photonenquelle entwickelt, die auf einem linearen Array aus acht vertikal emittierenden Halbleiterlasern (VCSELs) basiert. Sie verfügt über eine besonders kompakte Bauweise, hohe spektrale und zeitliche Präzision sowie eine gute Polarisationsqualität. Das System ist speziell für sichere Verbindungen von Satelliten zur Bodenstation entwickelt.

Ununterscheidbare Photonen und Decoy States

Die neue Photonenquelle nutzt ein Galliumarsenid (GaAs)-Substrat für acht VCSEL bei 850 nm mit lithographisch strukturierten Polarisatoren, die an der Universität Stuttgart entwickelt wurden. Mit diesen integrierten Komponenten kann die Quelle vier Polarisationszustände (H/V/D/A) für Signale nach dem BB84 Protokoll aus einer ultrakompakten Box liefern.

Die Temperaturabweichungen der einzelnen VCSEL sind deutlich kleiner als 0,5 K. Dadurch können die Wellenlängenunterschiede der polarisierten Photonenpakete < 40 pm gehalten werden. Vorläufige Daten zeigen, dass die On-Chip-Polarisatoren ein Extinktionsverhältnis von mindestens 12 dB in diagonalen und mindestens 20 dB in horizontaler oder vertikaler Richtung erreichen.

Pressekontakt

Desiree Haak | Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF | Telefon +49 3641 807 - 803 |
Albert-Einstein-Straße 7 | 07745 Jena | www.iof.fraunhofer.de | desiree.haak@iof.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ANGEWANDTE OPTIK UND FEINMECHANIK IOF

Vier der acht VCSEL-Kanäle liefern Decoy States, indem ein Dämpfungsglied (~4 dB) verwendet wird. Das erhöht die Gesamtsicherheit der Quantenkommunikationsverbindung, da im System sowohl Signal- als auch Täuschungspulse spektral und zeitlich ununterscheidbar erzeugt werden.

PRESEINFORMATION

16. Januar 2025 || Seite 2 | 3

Die integrierte Digital-Analog-Wandlung, entwickelt in Kooperation mit der TU Ilmenau, erlaubt eine Pulsfolgefrequenz von bis zu 5 GHz. Es wird erwartet, dass dieses Signal von einem zusätzlichen Quantenzufallszahlengenerator stammt. Das optische System der Quelle ist in einer KOVAR-Box mit niedrigem Ausdehnungskoeffizienten untergebracht.

Die VCSEL-Quelle für die BB84-basierte Quantenschlüsselverteilung mit Decoy States passt dank der integrierten Komponenten in ein Volumen von $40 \times 40 \times 43 \text{ mm}^3$. Die Signale der acht separaten Kanäle unterscheiden sich spektral weniger als 50 pm und haben Unterschiede in der Zeitverzögerung von $<1 \text{ ps}$. Damit ist die Quelle ein aussichtsreicher Kandidat für eine Weltraummission auf einem Mikrosatelliten (Cubesat). Alle Technologien wurden so ausgewählt, dass sie für eine künftige Qualifikation im Weltraum bereit sind.

Präsentation auf der Photonics West 2025

Das Team vom Fraunhofer IOF präsentiert einen Prototypen der Photonenquelle für die sichere Quantenkommunikation auf der diesjährigen SPIE Photonics West in San Francisco (USA) vom 28. bis 30. Januar am Fraunhofer-Stand im German Pavillon (4205 North Hall).

Erik Beckert, Leiter der Abteilung »Opto-mechatronische Komponenten und Systeme« am Fraunhofer IOF, wird die Technologie am 26. Januar um 13:50 Uhr (Raum 158, Moscone South) in seinem Vortrag »Ultracompact, VCSEL-based photon source for prepare-and-measure QKD« vorstellen.

Über das Fraunhofer IOF

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena betreibt anwendungsorientierte Forschung auf dem Gebiet der Photonik und entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Das Leistungsangebot des Instituts umfasst die gesamte photonische Prozesskette vom opto-mechanischen und opto-elektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Am Fraunhofer IOF erarbeiten rund 400 Mitarbeitende das jährliche Forschungsvolumen von 40 Millionen Euro.

Weitere Informationen über das Fraunhofer IOF finden Sie unter:

www.iof.fraunhofer.de/

Wissenschaftlicher Kontakt

Dr. Erik Beckert
Fraunhofer IOF
Abteilung Opto-mechatronische
Komponenten und Systeme

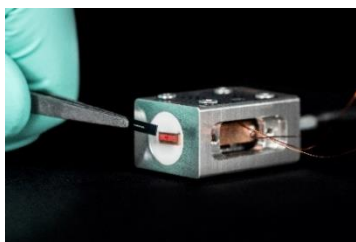
Telefon: +49 (0) 3641 807 - 338
eMail: erik.beckert@iof.fraunhofer.de

PRESSEINFORMATION

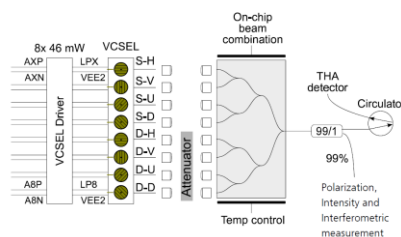
16. Januar 2025 || Seite 3 | 3

Pressebilder

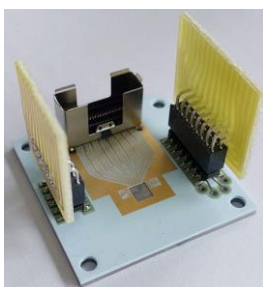
Folgendes Bildmaterial finden Sie im Pressebereich des Fraunhofer IOF unter <https://www.iof.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemittelungen.html> zum Download.



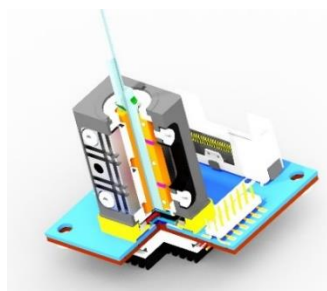
Das Gehäuse der VCSEL-Laserdioden mit integrierter Temperaturkontrolle ist äußerst kompakt. © Fraunhofer IOF



Schematische Darstellung der achtkanaligen VCSEL-Quelle für polarisationsverschlüsselte Photonen. © Fraunhofer IOF



Die Quelle wird auf einer Keramik-Leiterplatte mit einem Molybdän-Kühlkörper montiert. Die Flügel sind Stecker für Wärmemanagementkomponenten. © TU Ilmenau



Darstellung der VCSEL-Quelle auf der Leiterplatte mit KOVAR-Rahmen. Im Rahmen ist die Optik untergebracht, die oben auf dem VCSEL-Chip befestigt ist. Die Glasspitze auf dem Gehäuse ist der Wellenleiterkombinator, aus dem das Polarisationsignal austritt. © Fraunhofer IOF