

VERSCHRÄNKTE PHOTONENQUELLE FÜR DIE QUANTENKOMMUNIKATION ENTANGLED PHOTON SOURCE FOR QUANTUM COMMUNICATION

Die Quantum Key Distribution (QKD) beinhaltet das Verteilen von Schlüsseln zum Chiffrieren und Deciffrieren von Daten an Sender und Empfänger auf der Basis von Photonen, die die entsprechende Schlüsselinformation codieren. Dabei ist der Schlüssel durch die quantenmechanische Verschränkung der an Sender und Empfänger gerichteten Photonen physikalisch abhörsicher, weshalb die QKD als Zukunft der verschlüsselten Kommunikation angesehen wird.

Durch die gegenwärtig nur in Freistrahlanordnungen gewährleistete, lange Kohärenzlänge von verschränkten Photonen sind im Moment nur satellitengestützte optische Links zum Verteilen der Schlüsselinformationen über große Entfernungen geeignet. Am Fraunhofer IOF wurde dafür im Rahmen eines von der European Space Agency geförderten Projektes der Prototyp einer effizienten und raumfahrttauglichen verschränkten Photonenquelle entwickelt. Die Quelle basiert auf einem hybriden Aufbau, in dem ein nichtlinearer, periodisch gepolter Kristall (ppKTP) von zwei Seiten in der Anordnung eines Sagnac-Interferometers mit einer Leistung von max. 8 mW bei 405 nm gepumpt wird. Die dadurch angeregte Spontaneous Down Conversion (SPDC) im Kristall erzeugt polarisationsverschränkte Photonen im Sender- und Empfänger-Kanal mit einer Rate von bis zu 300.000 Paaren pro Sekunde bei einer Sichtbarkeit dieser Photonenpaare (Visibility) im Bereich 96 - 99 %. Bei höheren Pumpleistungen kann mit Paarraten

Quantum Key Distribution (QKD) is the distribution of keys to sender and receiver for encrypting and decrypting data. The key information is carried by photons that are quantum mechanically entangled. This means that a pair of entangled photons, where one photon is going to the sender and the other to the receiver, cannot be eavesdropped by a third party without destroying the entanglement state, which can be observed by sender and receiver. QKD is thus believed to be the future of encrypted communication; it provides keys that are safe from being hacked by means of the laws of physics.

Due to the required long coherence length of entangled photons that can only currently be realized by free-space optics, satellite optical links are preferred to distribute keys over large distances to different customers. At Fraunhofer IOF, the prototype of a space-suitable Entangled Photon Source (EPS) has been developed for such satellite links within the framework of the European Space Agency ARTES telecom program.

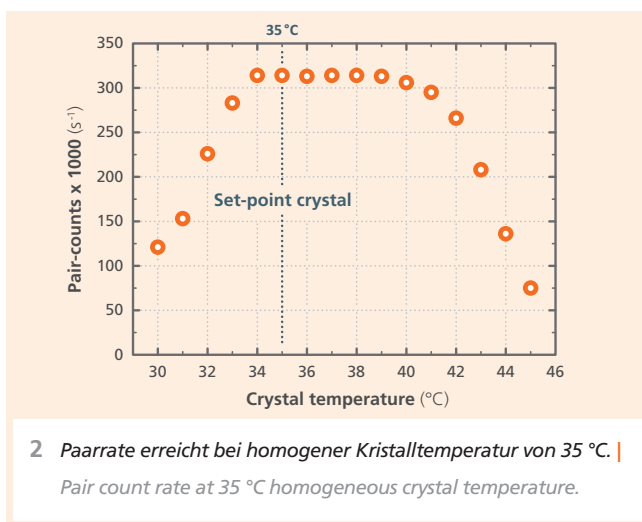
The EPS is based on a hybrid setup, where a non-linear, periodically poled KTP crystal is double-side pumped using up to 8 mW pumping power at 405 nm in a sagnac-interferometer scheme. The pumping power triggers spontaneous down conversion (SPDC) in the crystal that

1 *Komponenten der verschränkten Photonenquelle. |
Components of the entangled photon source.*

bis zu 1 Mio/s gerechnet werden, was Voraussetzung für die effiziente Datenübertragung bei optischen Freistrahllinks mit hoher Dämpfung ist.

Für das raumfahrttaugliche Design der verschränkten Photonenquelle wurde eine kompakte, präzisionsmechanische und thermomechanisch stabile Plattform entworfen, auf der in determinierten Montagealgorithmen Pump- und Signalstrahlengang der Quelle effektiv und sehr genau justiert werden können. Die Temperierung des nichtlinearen Kristalls erfolgt in der Plattform mit einer Homogenität von bis zu 0,1 K entlang der 30 mm langen optischen Achse des Kristalls. Um die sehr empfindlichen Justierzustände der optischen Komponenten dauerhaft und raumfahrttauglich zu fixieren, kamen spezielle Laserlöt- und Klebetechnologien zum Einsatz. Die Quelle wurde einem typischen Testprogramm für Raumfahrt-Baugruppen unterzogen in Bezug auf thermische und mechanische Belastung sowie Thermalvakuum und auch nach diesen Tests positiv bezüglich der quantenoptischen Parameter evaluiert.

Im Ergebnis der Entwicklungsarbeiten ist geplant, die Quelle weiterzuentwickeln und in einer Satelliten-Mission zur Demonstration eines optischen QKD-Links einzusetzen.



generates polarization entangled photons within sender and receiver channel at rates up to 300.000 pairs per second and at visibilities between 96 - 99 %. At higher pumping power, it is expected that up to 1 mio. pairs/s can be achieved, which will be the basis for efficient key transmission at highly attenuated optical links.

For the space-suitable design of the EPS, a compact, precision mechanics, thermo-mechanically stable platform has been selected, on which the optical setup of the source was integrated via effective and deterministic assembly algorithms, achieving high accuracies. Temperature leveling of the ppKTP crystal within this platform was realized at temperature homogeneity of 0.1 K along the 30 mm long optical axis of the crystal. To fixate the sensitive alignment state of the EPS with respect to long-term stability under space conditions, specific laser based soldering and optics glueing technologies have been used. The source was positively evaluated for its quantum optical parameters within and after typical test cycles for space assembly for thermal and mechanical loads as well as thermal-vacuum.

As a result of the development activities and results, it is planned to further optimize the EPS and implement it in an upcoming satellite mission for the demonstration of QKD links.

AUTHORS

Erik Beckert
Oliver deVries
Christoph Damm

CONTACT

Dr. Erik Beckert
Phone +49 3641 807-338
erik.beckert@iof.fraunhofer.de