

GMP Preise 2019

Der **zweite Preis** wurde an zwei Forscher des Departements für Angewandte Physik der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Genf verliehen: die Zusammenarbeit von **Alberto Boaron** und **Davide Rusca** im Labor von Professor Hugo Zbinden hat es ihnen auf theoretischer und experimenteller Ebene ermöglicht, sehr grosse Fortschritte auf dem Gebiet der Quantenkommunikation zu erzielen. Diese Technik hat das Potenzial, eine verschlüsselte Datenübertragung in absoluter Vertraulichkeit zu gewährleisten. Sie basiert auf der sicheren Übertragung eines Schlüssels unter Verwendung von Lichtteilchen, Photonen, die in einen Quantenzustand versetzt werden («Quantum key distribution», QKD. Die maximale Entfernung und die Schlüsselübertragungsrate werden begrenzt durch physikalische Einschränkungen (Dämpfung im Übertragungsmedium, Effizienz und Rauschen des Detektors) sowie die Protokolle und Verfahren, welche zum Erkennen eines Spionageangriffs eingesetzt werden müssen. Die maximale Entfernung bei einer gegebenen Übertragungsrate wird häufig verwendet, um die Leistung eines QKD-Systems zu charakterisieren.

Zunächst verbesserten die beiden Forscher in theoretischen Arbeiten die Protokolle: Sie vereinfachten die am häufigsten verwendete Methode zur Erkennung eines Dateneinbruchs und konnten zeigen, dass es möglich ist, die Menge der für die QKD vorbereiteten Photonen zu reduzieren. Basierend auf dem in diesem Bereich am häufigsten verwendeten Übertragungsprotokoll, das 1984 von Charles Bennett und Gilles Brassard erstellt wurde, entwickelten sie ein neues Protokoll, das weniger vorbereitete Photonen erfordert und dessen Sicherheit sie demonstrieren konnten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse konnten sie neue Rekorde in Bezug auf Entfernung und Übertragungsrate aufstellen. Mit Standard-Singlemode-Glasfasern und handelsüblichen Halbleiterdetektoren gelang es ihnen, bei 200 km Distanz einen Schlüssel mit einer Rate von 1,2 kHz zu übermitteln, tausendmal höher als die besten bisher veröffentlichten Ergebnisse über diese Distanz. Mit einem auf Supraleitungstechnologie basierenden Detektor gelang es ihnen, einen neuen Höchstdistanzrekord (421 km) aufzustellen, und sie erzielten bei 405 km eine Übertragungsrate von 6,5 Bit / s, 10'000-mal höher als vergleichbare Experimente 2016 in China ergaben.

Den **ersten Preis** erhielt **Martin Pfeiffer** für seine Doktorarbeit auf dem Gebiet der Integrierten Optik an der EPFL unter der Leitung von Professor Tobias Kippenberg. Um die Auswirkungen seiner Arbeit zu ermessen, müssen wir eine kleine historische Exkursion machen: Die Miniaturisierung integrierter Schaltkreise (IC) war im Jahr 1990 an einem Wendepunkt. Sie konnte nur weitergeführt werden, in dem man die Leiterbahnen aus Aluminium durch solche aus Kupfer ersetzte. Die Methoden zur Strukturierung von Kupfer waren jedoch nicht mit den Methoden zur Herstellung von ICs in einem Reinraum kompatibel. IBM entwickelte daraufhin eine additive Technik (den "Damascene" -Prozess). Sie besteht im Wesentlichen darin, dass zunächst eine Isolierschicht (meistens Siliziumoxid) auf Silizium aufgebracht wird, durch Trockenätzen Kanäle in dieser Schicht erzeugt werden, Kupfer grossflächig aufgetragen wird und zuletzt die zusammenhängende Kupferdecke durch Polieren entfernt wird.

Mit der Herstellung von integrierten optischen Schaltkreisen auf Silizium befanden wir uns 2010 in einer vergleichbaren Situation: Die Miniaturisierung von Wellenleitern für Licht auf Siliziumsubstraten wurde durch zu grosse optische Verluste in den Leitern eingeschränkt. Sie entstanden bei Strukturierung des aufgetragenen dünnen Wellenleitermaterials (z.B. Siliziumnitrid, Si₃N₄). Als Martin Pfeiffer 2013 mit seiner Doktorarbeit begann, gab es keine Lö-

sung. Martin ließ sich von Geschichte der Herstellung von Kupferleitbahnen inspirieren und entwickelte und patentierte ein neues, additives Verfahren ("der photonische Damascene-Prozess"). Seine erste Veröffentlichung zu dieser Technik im Jahr 2016 war ein Durchbruch in dieser Disziplin: Sie hatte einen enormen Einfluss und wurde in weniger als zwei Jahren mehr als 100 Mal zitiert. Im Folgenden verfeinerte er die Herstellung und Verwendung miniaturisierter optischer Wellenleiter auf Silizium, indem er minutiös deren mechanische und optische Eigenschaften untersuchte, das Verhalten der Wellenleiter durch Simulationen und Experimente charakterisierte und so die Schaltkreise verbesserte. Die Reproduzierbarkeit seiner Technologie zur Herstellung von Wellenleitern hat es ihm ermöglicht, diverse integrierte optische Schaltkreise herzustellen und sie in Zusammenarbeit mit weiteren Forschungsgruppen einzusetzen. Dadurch sind in den letzten drei Jahren seiner Dissertation mehr als 25 Arbeiten in verschiedenen optischen Disziplinen (ultraschnelle Entfernungsmessung, kohärente Telekommunikation mit Terabit-Raten, Optical Coherence Tomography (OCT), Synthese präziser optischer Frequenzen, Erzeugung von Solitonen) entstanden und in hochstehenden Fachzeitschriften publiziert worden.