

Projekt

Koordinator:

Prof. Dr. Jonathan Finley
Technische Universität München –
Walter Schottky Institut
Am Coulombwall 4
85748 Garching b. München
Tel.: +49 089 289 12770
E-Mail: finley@wsi.tum.de

Projektvolumen:

ca. 1,1 Mio. € (Förderquote 74,3%)

Projektlaufzeit:

01.05.2019 – 30.04.2022

Projektpartner:

- ➔ kiutra GmbH, München
- ➔ Technische Universität München –
Walter Schottky Institut, Garching b. München

Modulare Quantendetektoren (MARQUAND)

Die technische Grundlage für die Erschließung quantenphysikalischer Anwendungen

Die Erforschung neuer Quantentechnologien erfährt derzeit weltweit einen beträchtlichen Aufschwung. Dieser wird vor allem von den Erwartungen an die Leistungsfähigkeit des Quantencomputers gestützt. Doch auch andere Quantentechnologien versprechen erhebliche Fortschritte in den Bereichen Messtechnik, Sensorik, Medizintechnik oder Biotechnologie.

Die vielversprechendsten Anwendungen der Quantentechnologien sind jedoch kurzfristig nicht praktisch umzusetzen. Es fehlt hierfür die erforderliche Gerätetechnik, die in großen Teilen erst entwickelt werden muss. Die genutzten Quantenphänomene reagieren sehr empfindlich auf äußere Einflüsse und sind daher sehr kurzlebig. Ihre Bereitstellung und Kontrolle ist mit einem beträchtlichen apparativen Aufwand verbunden. Selbst dort, wo man bereits grundlegende Funktionen nachweisen konnte, ist die technische Beherrschung der Quantensysteme noch viel zu kostspielig und zu wenig robust für eine praktische Nutzung. Es gilt daher, in enger Zusammenarbeit zwischen den Herstellern der technischen Ausrüstungen und den Forschern in den Labors neue Geräte für den Einsatz in den Quantentechnologien zu entwickeln. Stabile und kostengünstige Systeme sollen die Aussichten auf eine erfolgreiche wirtschaftliche Nutzung der Quanteneffekte erheblich verbessern. Eine wesentliche Zielstellung der geförderten Projekte liegt darin, einheimische Unternehmen dabei zu unterstützen, sich als weltweit führende Ausrüster für Forschung und Entwicklung zu etablieren.



Bild 1: Die apparative Beherrschung von Quantenphänomenen für neue Anwendungen ist derzeit noch sehr kostenintensiv und benötigt hochqualifiziertes Personal. (Quelle: iStock.com/ Maartje van Caspel)

Hocheffiziente Photonendetektoren für die Quantenkommunikation

Beim Quantenschlüsselaustausch (engl. „Quantum Key Distribution“, kurz QKD), der Übermittlung eines geheimen Schlüssels zwischen zwei Gesprächspartnern, werden Photonen als Träger der Information verwendet. Das Verfahren könnte in naher Zukunft herausragende Relevanz für den Austausch einer Vielzahl sensibler Daten erlangen, da es – im Gegensatz zur klassischen algorithmischen Kryptographie – eine intrinsische Abhörsicherheit besitzt. Denn ein Lauschangriff äußert sich (abhängig vom eingesetzten Übertragungsprotokoll) z. B. in einer erhöhten Fehlerrate bei der Übertragung des Schlüssels. Überschreitet diese einen bestimmten Schwellwert, wird der Schlüssel verworfen oder die Kommunikation unterbrochen; der Lauschangriff scheitert. Die Fehlerrate bei der Übertragung des Schlüssels wird aber nicht nur durch einen möglichen Lauschangriff, sondern auch durch technische Randbedingungen bestimmt. So sind v. a. die Effizienzeinbußen und sowie die auftretende Dunkelzählrate des eingesetzten Photonendetektors limitierende Faktoren. Daher können quantenkryptographische Methoden nur mithilfe geeigneter, hocheffizienter Einzelphotonendetektoren erfolgreich eingesetzt werden.

MARQUAND – modulare Detektoren für den Nachweis einzelner Photonen

Das MARQUAND-Projekt hat sich zum Ziel gesetzt hocheffiziente Detektoren mit niedriger Dunkelzählrate zu erforschen. Dazu eignen sich besonders gute Supraleitende Einzelphotonendetektoren (engl. „Superconducting Nanowire Single Photon Detectors“, kurz SNSPD). Diese dünnen Sensorstreifen werden durch das Auftreffen eines Photons kurzzeitig vom supraleitenden in den normalleitenden (resistiven) Zustand gebracht. Einzelne Photonen können dadurch nachgewiesen werden. Als Detektoren werden dazu im Vorhaben fasergekoppelte Übergangsmetall-Silizide verwendet, da auf diese Weise eine extrem hohe System-Detektionseffizienz und eine niedrige Dunkelzählrate erreicht werden kann.

Diesen Vorzügen steht die technische Schwierigkeit gegenüber, dass für den Betrieb von SNSPDs Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt benötigt werden. Solche Temperaturen können momentan ausschließlich auf der

Basis von tiefkalten verflüssigten Gasen, sog. Kryogenen, kontinuierlich bereitgestellt werden. Dies steht einem breiten Einsatz der Detektoren entgegen. Aus diesem Grund wird im MARQUAND-Projekt eine innovative Kühltechnik erforscht. Durch die sogenannte kontinuierliche adiabatische Entmagnetisierungskühlung können die benötigten Temperaturen ohne Verwendung von Kryogenen erzielt werden. Dadurch werden erstmalig hocheffiziente Detektoren z. B. für Quantenkommunikationsanwendungen in einem kompakten, modularen Modul mit standardisierten Schnittstellen verfügbar.

Das Projekt liefert damit einen wichtigen Beitrag, um die Quantentechnologie verfügbar zu machen. Neben der Quantenkommunikation hat die innovative Methode zur Einzelphotonendetektion beispielsweise einen potenziellen Mehrwert für die Bildgebung in den Lebenswissenschaften. Die Kühltechnik kann zudem für Anwendungen jenseits der Einzelphotonendetektion genutzt werden. Dazu zählt vor allem das Quantencomputing.

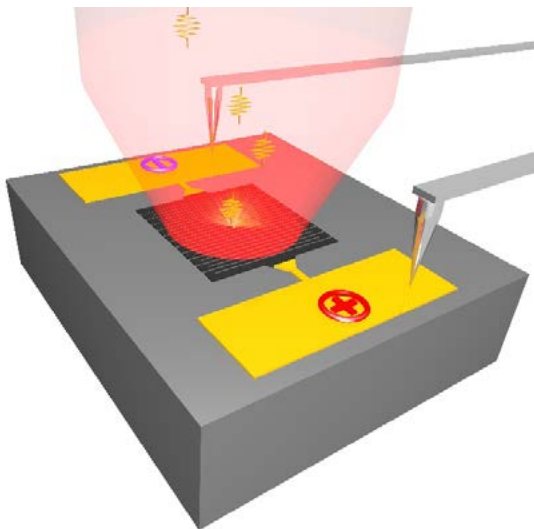


Bild 2: Eine schematische Darstellung supraleitender Einzelphotonendetektoren. (Quelle: TU München)