

# Kryogener On-Wafer-Prober misst Qubit-Bauelemente

Projekt KryoproPlus erfolgreich abgeschlossen



Nikola Komerički

Deutschlands erste kryogene Anlage zur statistischen Qualitätsmessung von Qubit-Bauelementen auf ganzen 200- und 300-mm-Wafern hat am Fraunhofer IAF die Arbeit aufgenommen. Der On-Wafer-Prober kann Bauelemente auf Basis von Halbleiter-Quantenpunkten und -Quantentöpfen sowie Supraleitern bei Messtemperaturen unter 2 K charakterisieren. Durch den vollautomatischen Betrieb können Forschende eine quantitativ relevante Datenbasis aufbauen und die industrielle Fertigung hochwertiger Bauelemente für Quantencomputing und Quantensensorik in Europa voranbringen.

Mit dem neu in Betrieb genommenen kryogenen On-Wafer-Prober möchten Forschende des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF die Funktionsweise von Quantenbauelementen besser verstehen, die auf Halbleiter-Quantenpunkten und -Quantentöpfen sowie Supraleitern basieren. Das Gerät kann Wafer in Industriegrößen (200 mm und 300 mm) und hohen Stückzahlen (bis 25 Wafer hintereinander) vollautomatisch bei Tieftemperaturen unter 2 K (271,15 °C) charakterisieren.

Die gewonnenen Datenmengen reduzieren die Abhängigkeit von Zufallstreffern, wie sie für reine Einzelmessungen kennzeichnend ist, erheblich. Auf diese Weise trägt die Steigerung der Messkapazitäten am Institut dazu bei, eine verlässliche Fertigung von qualitativ hochwertigen Qubits zu entwickeln, die in Quantencomputern und Quantensensoren zum Einsatz kommen können.

Zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme ist die Anlage weltweit die fünfte, in Europa die zweite und in Deutschland die erste ihrer Art. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte die Beschaffung und Inbetriebnahme des Wafer-Probers im Rahmen des Projekts KryoproPlus – Bereitstellung und Verifizierung eines kryogenen On-Wafer-Probers.

## Know-how für die industrielle Qubit-Fertigung aufbauen

„Durch den On-Wafer-Prober gewinnen wir bundesweit einzigartige neue Fähigkeiten in der kryogenen Charakterisierung“, betont Prof. Dr. Rüdiger Quay, KryoproPlus-Projektkoordinator und kommissarischer Institutsleiter des Fraunhofer IAF. „Mit ihm werden wir unsere Partner aus Forschung und Industrie beim Aufbau einer europäischen Lieferkette für Materialien und

Produktionsprozesse für Festkörper-Qubits unterstützen. So können wir einen wichtigen Beitrag zur technologischen Souveränität Deutschlands und Europas leisten“, blickt Quay voraus.

„Der Wafer-Prober stellt uns erstmals statistisch relevante Datenmengen zur Verfügung, mit denen wir die Herstellung von Qubit-Bauelementen systematisch optimieren und skalieren können“, erklärt Nikola Komerički, der das KryoproPlus-Projekt im Rahmen seiner Promotion zur Charakterisierung von Quantencomputing-Bauelementen betreut. Komerički hat die Installation und Inbetriebnahme der Anlage koordiniert und führt bereits erste Messungen durch.

„Wir möchten besser verstehen, wie wir zu guten, homogenen Qubits kommen, um die Skalierung und industrielle Produktion von Qubits in Deutschland und Europa zu ermöglichen“, ergänzt Komerički. „Dafür ist es nötig, den qua-

◀ Der kryogene On-Wafer-Prober am Fraunhofer IAF charakterisiert vollautomatisch bis zu 25 ganze 200-mm- oder 300-mm-Wafer mit Bauelementen für Quantencomputer.

© Fraunhofer IAF

litativen Blick um die quantitative, statistische Perspektive auf das Verhalten der Bauelemente zu erweitern.“

### Bessere Daten durch automatisierte Messung

Qubits auf Basis von Halbleiter-Quantenpunkten und -Quantentöpfen sowie Supraleitern funktionieren bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt (273,15 °C), da diese die Störeinflüsse der Umgebung minimieren, Supraleitung aktivieren und so die Formung und Verschränkung der Qubits ermöglichen. Für die Prüfung, Optimierung und Skalierung von Qubits spielt es demnach eine wesentliche Rolle, dass sie möglichst bei ihrer Betriebstemperatur charakterisiert werden und eine statistisch auswertbare Messdatenmenge erfasst wird.

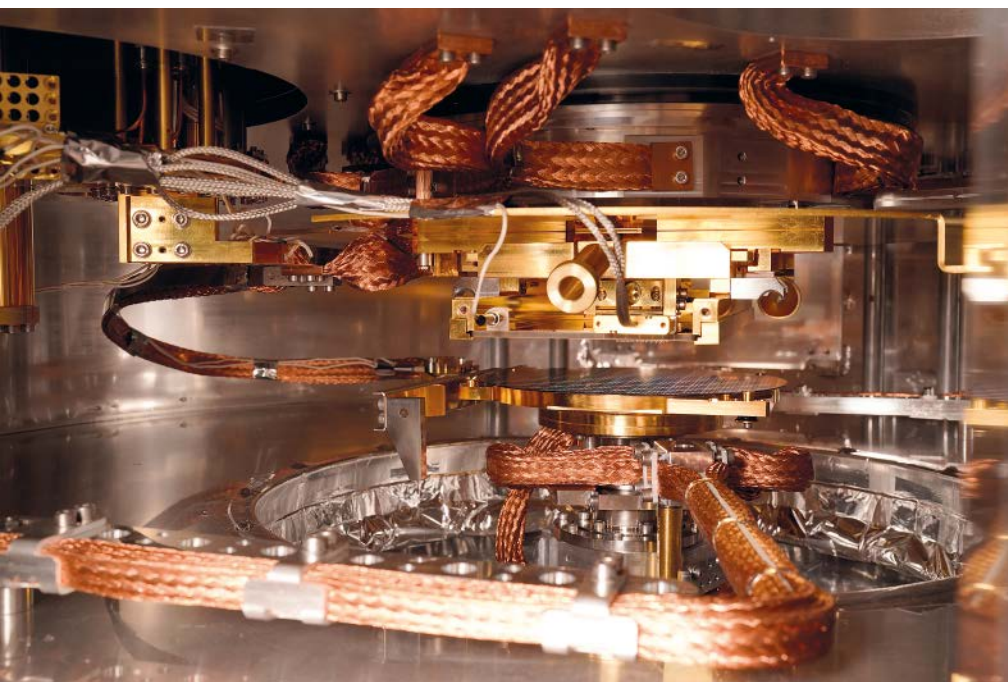
Der kryogene On-Wafer-Prober schließt diese Charakterisierungslücke. Die automatisierte Messung ganzer 200-mm- und 300-mm-Wafer bei Temperaturen unter 2 K mit geringer Wechselzeit erhöht die Menge der verfügbaren Daten um ein

Vielfaches. Mit ihnen verfügen Forschende und Ingenieurinnen und Ingenieure über die nötige Basis, um gezielte Verbesserungen von Bauelementen zur Qubit-Formung vorzunehmen und die Skalierbarkeit zu erhöhen.

### Charakterisierung von Qubit-Bauelementen

Durch die vollständige Inbetriebnahme des Wafer-Probers ist das Projekt KryoproPlus abgeschlossen. Die ersten Einsätze hat die Anlage im Rahmen der Projekte MATQu – Materialien für das Quantencomputing, QUASAR – Halbleiter-Quantenprozessor mit shuttlingbasierter skalierbarer Architektur und QLSI – Großskalige Quantenintegration mit Silizium.

Für MATQu charakterisiert und analysiert Komerički (Niobium-)Josephson-Kontakte, die Bauelemente für Transmon-Qubits darstellen. Für QUASAR und QLSI erfolgen Charakterisierungen von Feldeffekttransistoren (FETs) für Einzelelektronentransistoren (SETs) basierend auf Silizium-Quantentöpfen und im Anschluss von SETs, die als Bauelemente für Spin-Qubits dienen.



▲ Blick in die Hauptkammer mit einem 200-mm-Wafer aus dem Projekt QUASAR, in dem Forschende SETs basierend auf Silizium-Quantentöpfen entwickeln, die als Bauelement für Spin-Qubits genutzt werden sollen.

© Fraunhofer IAF

### KONTAKT

**Nikola Komerički**

Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik (IAF), Freiburg  
Tel.: +49 761 5159-486  
nikola.komericki@iaf.fraunhofer.de  
www.iaf.fraunhofer.de



Mechatronik

## Modulare Positioniersysteme

individuell bis ins kleinste [µm]



### XYZ-(R)-Systeme

Sämtliche Freiheitsgrade,  
Auslegung für Reinraum (UHV/EUV),  
Labor und Produktion

### Kundenspezifisch

Express-3D-Entwürfe, NDA,  
Prototypen, Produktion von  
Losgröße 1 bis Großserie

### Hochperformant

Submikrometer-Präzision bei  
1.500 mm/s Geschwindigkeit  
und 2 G Beschleunigung

Erhalten Sie jetzt Ihren  
ersten 3D-Entwurf in  
nur wenigen Tagen:



www.steinmeyer-mechatronik.de