PRESSEINFORMATION

Frostige Forschung: Fraunhofer IZM entwickelt Integrationstechnologien für Kryo-Elektronik

Quantentechnologien und Highspeed-Rechner mit Supraleitern gehören zu den aktuellen Elektronik-Trends. Doch sind die Strukturen, mit denen etwa Qubits auf Chips angesteuert und in Echtzeit ausgelesen werden können, bislang noch größer als die Qubits selbst. Forschende des Fraunhofer IZM haben nun einen Prozess entwickelt, mit dem sie die Anschlussdichte mit Indiumbumps im Vergleich zu bisherigen Lösungen verdoppeln. Mit dieser Technologie wollen sie nun die Ansteuerelektronik optimieren. Zusätzlich haben sie in Berlin ein Kryomesslabor eingerichtet, mit dem sie die Leistungsfähigkeit ihrer Elektronikaufbauten testen können.

Fans der Science-Fiction kennen den Vorgang: Mit Hilfe der Kryostase wird die Hauptfigur eingefroren und kann einige Jahrhunderte später unbeschadet aus dem Kälteschlaf erweckt werden. Solche Utopien basieren auf ganz realer Wissenschaft: der Kryotechnik. Dabei werden Gase verflüssigt, indem sie Tiefsttemperaturen von -160°C und noch kälter ausgesetzt werden. Während die Erkenntnisse der Kryotechnik Ende des 19. Jahrhunderts noch experimentell gewonnen wurden, haben inzwischen viele Branchen die Vorteile der extremen Kälte erkannt: In der Raumfahrt kommen beispielsweise Kryo-Sensoren für die Gravitationsmessung oder rauscharme Verstärker für sehr schwache Signale zum Einsatz. In der Kryochirurgie wird damit krankes Gewebe behandelt. Vor allem auf dem Gebiet der Quantentechnologie ist die Kryotechnik relevant.

Um das Spektrum der Quantentechnologien vom Computing über die Sensorik bis zur Quantenkommunikation realisieren zu können, ist die Entwicklung geeigneter und vor allem skalierbarer Fertigungstechnologien notwendig. Damit ein Quantencomputer echte Rechnungen löst und damit Anwendungen beschleunigt, bedarf es zusätzlicher, ansteuerbarer Qubits – mit Hunderttausenden bis sogar Millionen physikalischen Einheiten nicht gerade wenige. Diese Qubits sind durch supraleitende Schaltkreise miteinander verbunden, also Leitungen, die bei bestimmter Kälte einen kaum noch messbaren elektrischen Widerstand aufweisen.

Um nun die Qubits auslesen und manipulieren zu können, bedarf es einer elektrischen Schaltung, die eine möglichst hohe Anschlussdichte besitzt. Außerdem muss sie thermisch entkoppelt sein, damit durch ihre Eigenerwärmung im Betrieb die gekühlten Qubits ihre Verschränkung nicht verlieren. Die so genannte Quantenüberlegenheit wird erst mit hohen Qubit-Zahlen erreicht, man geht derzeit von 100.000 oder sogar einer Million Qubits aus. Die erreichbare Qubit-Dichte auf einem Halbleiterchip ist in vielen

Redaktion
Georg Weigelt | Telefon +49 30 46403-279 | georg.weigelt@izm.fraunhofer.de |
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM I Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin | www.izm.fraunhofer.de |

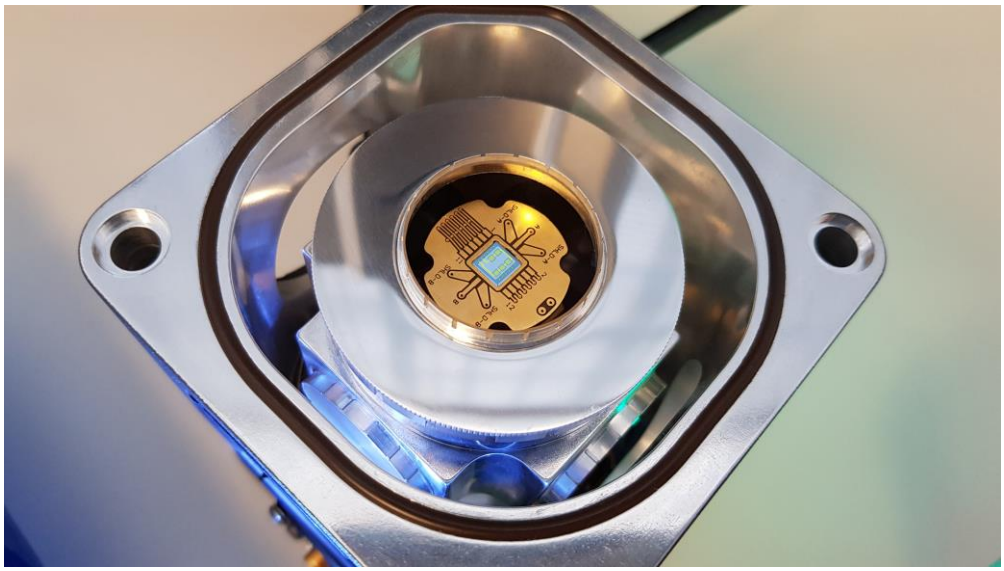
Fällen durch die Kontaktdichte limitiert. Beim Anschluss-Rastermaß, dem so genannten Pitch, konnte mit derzeitigen Technologien seit Jahren der Wert von 15 Mikrometern nicht unterschritten werden. Den Forschenden um Dr.-Ing. Hermann Oppermann vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM ist es nun gelungen, durch die galvanische Abscheidung von Indium einen Pitch von weniger als 7,5 Mikrometern zu realisieren.
Bei erforderlichen Umgebungstemperaturen von 20 Milli-Kelvin im Betrieb muss die Eigenerwärmung der elektrischen Leitungen extrem niedrig sein. Dafür sind supraleitende Materialien bestens geeignet. Den Forschenden um Hermann Oppermann ist die Abscheidung und Strukturierung von supraleitendem Niob und Nioblegierungen gelungen, die für die Verdrahtung von Schaltungsträgern in mehreren Lagen, so genannte Interposer, mit Durchkontaktierungen verwendet werden. Das Ergebnis sind äußerst verlustarme Schaltungsträger, mit denen sich Qubit-Arrays in Echtzeit ansteuern und zu hochdichten, skalierbaren Systemen für Quantenrechner integrieren lassen.

Um diese Technologiebasis zu schaffen, Materialien zu untersuchen, Integrationskonzepte zu optimieren und supraleitende Aufbau- und Verbindungstechnik für kryogene Anwendungen zu entwickeln, wurde am Fraunhofer IZM in Berlin das Kryomesslabor eingerichtet. Im neu aufgebauten Testlabor können die Forschenden elektrische Schaltungen charakterisieren, evaluieren und damit Integrationstechnologien für Anwendungen in Niedrigsttemperaturen voranbringen. Durch die Analyse des Widerstandsverhaltens einzelner Schaltungsbestandteile, die mit einem Kühlfinger unter Vakuum auf bis zu 3 Kelvin gekühlt werden, können das elektrische Verhalten und die Zuverlässigkeit der Durchkontaktierungen, Umverdrahtungsebenen und Leitungssysteme bei Kryo-Temperaturen evaluiert werden.

In laufenden Projekten konnten bereits erste Messungen vorgenommen und Aufbau- und Verbindungstechniken sowie die Integration unter kryogenen Bedingungen vorangetrieben werden. „Als einen der nächsten Schritte sehen wir die Erweiterung der kryogenen Aufbau- und Verbindungstechnik in Richtung hochfrequente Millimeter-Wellentechnik." Hermann Oppermann ist zuversichtlich: „Unsere steigende Expertise auf diesem Gebiet bietet ein weites Marktpotenzial, welches über die Quantentechnologien hinaus in klassische Anwendungsgebiete wie High Performance Computing und Kryo-Sensorik reicht. Wir sind offen für weitere Projekte, in denen wir mit unseren Aufbautechnologien kryogene Anwendungen auf die nächste Ebene bringen."

(Text: Olga Putsykina)

Fachlicher Ansprechpartner
Dr.-Ing. Hermann Oppermann | Telefon +49 30 46403-163 | hermann.oppermann@izm.fraunhofer.de |
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM | Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin | www.izm.fraunhofer.de |



Chips aus dem Tiefkühlfach: Ob Elektronik fit genug für die Quantenforschung ist, verrät die Kryomessung am Fraunhofer IZM. Geräteaufbau mit einer Skizze des Testchips.
© Fraunhofer IZM, Bild in Druckqualität: http://www.izm.fraunhofer.de/pics

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 75 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 29 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon fallen 2,4 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung.

Das **Fraunhofer IZM**: Unsichtbar – aber unverzichtbar: nichts funktioniert mehr ohne hoch integrierte Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik. Grundlage für deren Integration in Produkte ist die Verfügbarkeit von zuverlässigen und kostengünstigen Aufbau- und Verbindungstechniken. Das Fraunhofer IZM, weltweit führend bei der Entwicklung und Zuverlässigkeitsbewertung von Electronic Packaging Technologien, stellt seinen Kunden angepasste Systemintegrationstechnologien auf Wafer-, Chip- und Boardebene zur Verfügung. Forschung am Fraunhofer IZM bedeutet auch, Elektronik zuverlässiger zu gestalten und seinen Kunden sichere Aussagen zur Haltbarkeit der Elektronik zur Verfügung zu stellen.

Fachlicher Ansprechpartner
Dr.-Ing. Hermann Oppermann | Telefon +49 30 46403-163 | hermann.oppermann@izm.fraunhofer.de |
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM | Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin | www.izm.fraunhofer.de |