

PRESSEINFORMATION

PRESSEINFORMATION

08. April 2025 || Seite 1 | 4

Zuverlässige Faser-PIC-Verbindungen für die Quantentechnologie dank erweitertem Laserschweißverfahren

Forschende am Fraunhofer IZM haben ein klebstofffreies Laserschweißverfahren zur Kopplung photonisch integrierter Schaltkreise (PICs) mit optischen Glasfasern realisiert, welches auch in kryogenen Umgebungen von bis zu vier Kelvin, also -269.15°C potenziell einsetzbar ist. Die Technologie eröffnet durch eine direkte Quarz-Quarz-Verbindung eine zuverlässigere, schnellere und preiswertere Faser-PIC-Kopplung und revolutioniert so Anwendungen im Bereich der Quantentechnologien.

Eine Tieftemperaturumgebung ist unerlässlich zur Beobachtung von Quanteneffekten. Letztere können einen enormen Vorteil für die Lebensqualität von Menschen haben, so ist der Umgang mit Big Data heute nur mit Quantencomputing lösbar, beispielsweise in der personalisierten Medizin und der Verwaltung von Informationen in Krankenhäusern. Die Entwicklung von kryogenen Systemen für Quantencomputing wird aktuell intensiv gefördert. Quantentechnologische Systeme, mit implementierten PIC-basierten Modulen, bieten hier eine kompakte Lösung für eine sichere Kommunikation und Vernetzung in Quantencomputing. Zuverlässige Glasfaserverbindungen sind jedoch eine Grundvoraussetzung für solche photonischen Quantensysteme. Auch andere Bereiche wie die Biophotonik oder Sensorik profitieren davon.

Im Rahmen des Forschungsprojekts QWeld entwickelten die Forschenden am IZM ein Laserschweißverfahren für vertikale, optische Verbindungen unter Verwendung eines Prozessanlageprototypen „PICWeld“, der bereits in einem vorangegangenen Forschungsprojekt aufgebaut und installiert wurde. Mit der Anlage konnte man das erste Mal überhaupt eine direkte Kantenverbindung zwischen einer Glasfaser und einem PIC aus Quarzglas mithilfe eines Laserschweißverfahrens realisieren. Die Langlebigkeit und thermische Robustheit bieten einen klaren Vorteil gegenüber der konventionellen Verbindungsmethode mittels Klebstoffes.

Der Schwerpunkt in QWeld liegt darauf, diese Verbindungstechnologie für Anwendungen in kryogenen Umgebungen zu realisieren. Eingesetzt werden PICs, die mit dem Standard-CMOS-Verfahren hergestellt sind, allerdings mit einer grundlegenden Anforderung: eine Deckschicht aus Siliziumdioxid (SiO_2) zum Glas-Glas-Laserschweißen ist erforderlich. Eine Besonderheit ist die vertikale Kopplung der Faser mit dem PIC, üblicherweise mit einem spezifischen Anstellwinkel. Beim Schweißen trifft der Laser

Redaktion

Susann Thoma | susann.thoma@izm.fraunhofer.de | Telefon +49 30 46403-745 |

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM | Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin | www.izm.fraunhofer.de |

beidseitig auf die Kontaktstelle zwischen dem PIC und der Glasfaser und erzeugt die stoffschlüssige Verbindung innerhalb weniger Sekunden. Damit bietet dieses Fertigungsverfahren eine immense Zeitersparnis. Die veränderten Randbedingungen, vor allem die SiO₂-SiO₂-Materialpaarung und hohen Präzisionsanforderungen bei der Ausrichtung zueinander, haben eine tiefgreifende Weiterentwicklung des Prozesses und der zugehörigen Anlage erfordert. Es wurde beispielsweise eine lokale Vorheizung, erweiterte Ausrichtmöglichkeiten sowie Messtechnik integriert. Die Schweißverbindung ist langlebig, reproduzierbar und automatisierbar, beispielsweise für die Serienfertigung von PICs, die in Quantensystemen so dringend gebraucht werden.

PRESSEINFORMATION08. April 2025 || Seite 2 | 4

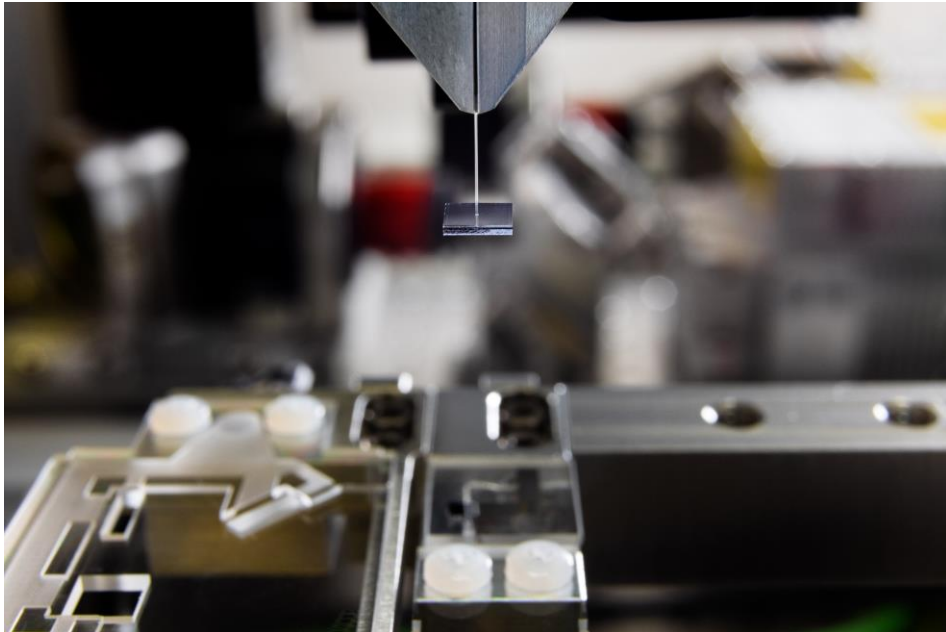
Nach der erfolgreichen Realisierung dieser Technologie für die Quantenphotonik fasst die Projektkoordinatorin und Wissenschaftlerin vom Fraunhofer IZM Dr. Alethea Vanessa Zamora Gómez zusammen: „Im neu entwickelten Laserschweißprozess wird mit einem CO₂-Laser ein gewisser Bereich der SiO₂-Schicht des PIC vorgewärmt, um den Temperaturunterschied zwischen Faser und PIC beim Verschweißen zu minimieren. Dieses innovative Vorwärmverfahren verspricht alle derzeitigen Herausforderungen der Faseranbindung für PICs bei kryogenen Temperaturen zu lösen. Dank der Verwendung von CO₂-Lasern ist der automatisierte Prozess günstig und zuverlässig in der Herstellung, was es attraktiv für die Anwendung in der Industrie macht.“ Zufrieden können Dr. Zamora Gómez und Prozessentwickler Herr Marco Queisser damit das Ziel des Projekts bestätigen: Die Erforschung eines neuartigen Laserschweißverfahrens für die Faser-PIC-Kopplung, um zukünftige Kooperationsmöglichkeiten in dem Bereich der Kryotechnik und Quanten-PICs zu realisieren. Darüber hinaus sind weitere potenzielle Anwendungen in der Biophotonik, Sensorik und bei Hochleistungslasern möglich.

Das Projekt QWeld wurde durch die Fördermaßnahme „Wissenschaftliche Vorprojekte (WiVoPro): Photonik und Quantentechnologien zu 100% durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Im Programm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ lief das Projekt QWeld vom 01.08.2022 bis 31.12.2024. Die Projektkoordination lag bei Dr. Alethea Vanessa Zamora Gómez vom Fraunhofer IZM.

(Text: Lotta Jahnke)

Fachliche Ansprechpartnerin

Dr. Alethea Vanessa Zamora Gómez | System Integration & Interconnection Technologies | Telefon (030) 46403-7995 |
alethea.vanessa.zamora.gomez@izm.fraunhofer.de | Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM |
Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin | www.izm.fraunhofer.de |



PRESSEINFORMATION

08. April 2025 || Seite 3 | 4

Im Projekt QWeld haben Forschende zum ersten Mal eine stabile, klebstofffreie, optische Kopplungslösung für PICs entwickelt, die potenziell bei niedrigen Temperaturen bis zu 4K eingesetzt werden kann. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der vertikalen Kopplung.© Fraunhofer IZM | Bild in Druckqualität:
<http://www.izm.fraunhofer.de/pics>

Fachliche Ansprechpartnerin

Dr. Alethea Vanessa Zamora Gómez | System Integration & Interconnection Technologies | Telefon (030) 46403-7995 |
alethea.vanessa.zamora.gomez@izm.fraunhofer.de | Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM |
Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin | www.izm.fraunhofer.de |

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf 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 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 30.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 3 Milliarden Euro. Davon fallen 2,6 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung.

Hoch integrierte Mikroelektronik ist allgegenwärtig und bleibt doch fürs bloße Auge meist unsichtbar. Seit über 30 Jahren unterstützen wir an den Standorten Berlin, Dresden und Cottbus Startups sowie mittelständische und internationale Großunternehmen mit Technologietransfer für intelligente Elektroniksysteme der Zukunft. Das **Fraunhofer IZM** deckt mit vier zentralen Technologie-Clustern eine große Bandbreite aus den Bereichen Quantentechnologie, Medizin-, Kommunikations- und Hochfrequenztechnik ab. Mit unserer weltweit führenden Expertise bieten wir unseren Kund*innen kostengünstige Entwicklung und Zuverlässigkeitsbewertung von Electronic Packaging Technologien sowie maßgeschneiderte Systemintegration auf Wafer-, Chip- und Boardebene.

Fachliche Ansprechpartnerin

Dr. Alethea Vanessa Zamora Gómez | System Integration & Interconnection Technologies | Telefon (030) 46403-7995 |
alethea.vanessa.zamora.gomez@izm.fraunhofer.de | Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM |
Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin | www.izm.fraunhofer.de |