Fraunhofer IPMS

Integrierte Photonik

Bauelemente und Technologien

Vielfältige Märkte profitieren von integrierten photonischen Lösungen, die Elektronik, Photonik, passive Optik und weitere Technologien mithilfe unterschiedlicher Integrationstechnologien zu miniaturisierten Systemen kombinieren. Neben dem exponentiellen Wachstum von Rechenzentren, insbesondere für KI-Anwendungen, treiben zunehmend neue Einsatzfelder in zahlreichen Branchen die integrierte Photonik voran. Der Übergang von elektrischer zu optischer Kommunikation und Datenverarbeitung senkt dabei den enormen Energieverbrauch und schafft zugleich leistungsfähige Grundlagen für neuartige Anwendungen. Das Fraunhofer IPMS entwickelt dafür geeignete photonische Komponenten und skalierbare Fertigungskapazitäten, um diese etablierten und neu entstehenden Märkte mit anwendungsgerechten Lösungen umfassend zu bedienen.

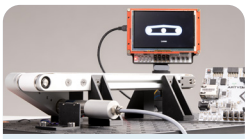
Anwendungsbereiche



Rechenzentren (besonders in KI-Anwendung)



Opische Kommunikation & Datenverarbeitung



Sensorik & Automatisierung



Telekommunikation



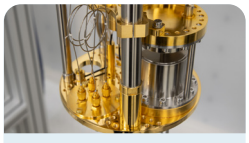
Medizintechnik & Gesundheit



Mobilität & Raumfahrt



Schutz & Sicherheit



Optische KI & Quantencomputer

APECS

Kontakt

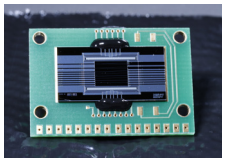
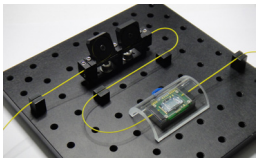
Jörg Amelung
Bereichsleiter Engineering, Manufacturing & Test
Tel. 0351 8823-4691
joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de

Fraunhofer IPMS
Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden
www.ipms.fraunhofer.de

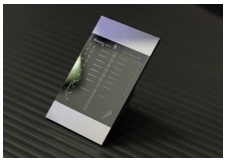
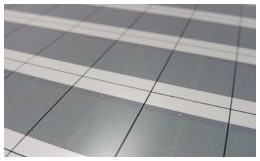
Bauelemente der Integrierten Photonik

Das Fraunhofer IPMS bietet ein breites Portfolio an technologischen Lösungen, die gemeinsam mit Industriepartnern zu unterschiedlichsten Bauelementen der Integrierten Photonik geführt haben:

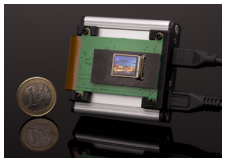
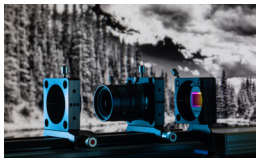
- **Integrierte Wellenleiter in Siliziumnitrid-Technologie (200 mm und 300 mm)**
  Anwendung: Rein optische Schalter und (De-)Multiplexer für die Telekommunikation
  Vorteil: Die Kombination aus Siliziumnitrid- und Flüssigkristall-Wellenleitern ermöglicht programmierbare photonische Bauelemente, die sich flexibel an die Anwendung anpassen.

- **Photonische Biosensoren auf Basis von Mikroring-Resonatoren und Mach-Zehnder-Interferometern (Siliziumnitrid-Technologie)**
  Anwendung: Biomedizinische Diagnostik
  Vorteil: Kompakte, skalierbare Sensorik für schnelle, sensitive und markierungsfreie Multiplex-Analysen – kosteneffizient durch regenerierbare Chips und flexible Biofunktionalisierung.

- **OLED-on-Silicon-Bauelementen vor allem für OLED-Mikrodisplays und optoelektronischen Sensoren-**
  Anwendung: AR/VR für Medizintechnik, Industrie, Sicherheit
  Vorteil: OLED-on-Silicon-Lösungen vereinen optische und elektronische Funktionen auf einem Chip – für kompakte, leistungsstarke und skalierbare photonische Systeme.

Das Fraunhofer IPMS hat eine universelle Fertigungstechnologie MEMS-on-PIC für photonische integrierte Schaltkreise (PICs) mit MEMS-Strukturen entwickelt.

- Für alle etablierten Materialien wie Silizium, Siliziumnitrid und Lithiumniobat
- MEMS-Strukturen werden direkt auf der Wellenleiterebene bestehender PICs gefertigt, ohne deren optische Eigenschaften zu beeinträchtigen
- Zentrales Element sind optische MEMS-Phasenschieber, die die Grundlage für photonische Prozessoren bilden

Quasi-monolithische Integration für die Photonik

Die Integration photonischer und elektronischer Funktionen wird durch unterschiedliche Substratmaterialien, begrenzte Fertigungsausbeuten und hohe Packaging-Kosten erschwert.

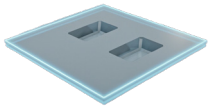
Die vom Fraunhofer IPMS im Rahmen der europäischen Pilotlinie APECS entwickelte QMI-Technologie überwindet diese Grenzen durch die präzise Integration photonischer und elektronischer Chiplets in strukturierte Silizium-Wafer („Pockets"). Die anschließende Backend-of-Line-Verdrahtung ermöglicht sowohl die elektrische als auch die optische Kontaktierung der Chiplets.

So verbindet QMI die Flexibilität heterogener Integration mit der hohen Integrationsdichte monolithischer Ansätze – CMOS-kompatibel und unter Nutzung bestehender 200- und 300-mm-Wafer-Fabs. Die Technologie eröffnet neue Möglichkeiten für hochintegrierte photonische Systeme bis hin zu Co-Packaged Optics.

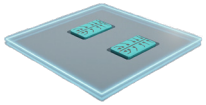
Dies führt zu folgenden Mehrwerten:

- **Höhere Leistungsfähigkeit:** Verkürzte Signalwege reduzieren Verluste und Latenzen und erhöhen die Verarbeitungsgeschwindigkeit auf Systemebene.
- **Geringere optische Verluste** aufgrund der hochgenauen Positionierung
- **Zuverlässigkeit:** Die Reduktion mechanischer Schnittstellen erhöht Robustheit und Lebensdauer.
- **Kompaktheit:** QMI spart erheblich Platz, da die Elemente nahezu monolithisch integriert sind.
- **Kosteneffizienz:** Die Kombination modularer Chiplet-Ansätze ermöglicht eine wirtschaftliche Höchstintegration bei gleichzeitig kurzen Innovationszyklen und hoher Skalierbarkeit.

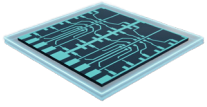
Das Fraunhofer IPMS bietet die QMI-Technologie sowohl für gemeinsame Kundenprojekte zur Entwicklung von anwendungsspezifischen Bauelementen der Integrierten Photonik als auch für Foundry-Dienstleistungen an.



1. Strukturierter Wafer
Silizium-Wafer mit Aussparungen (Pockets).



2. Integration der Chiplets
Photonische und elekronische Chiplets werden eingebracht.



3. Optische + elektrische Verbindungen
Die Verdrahtung verbindet die Chiplets zum System.