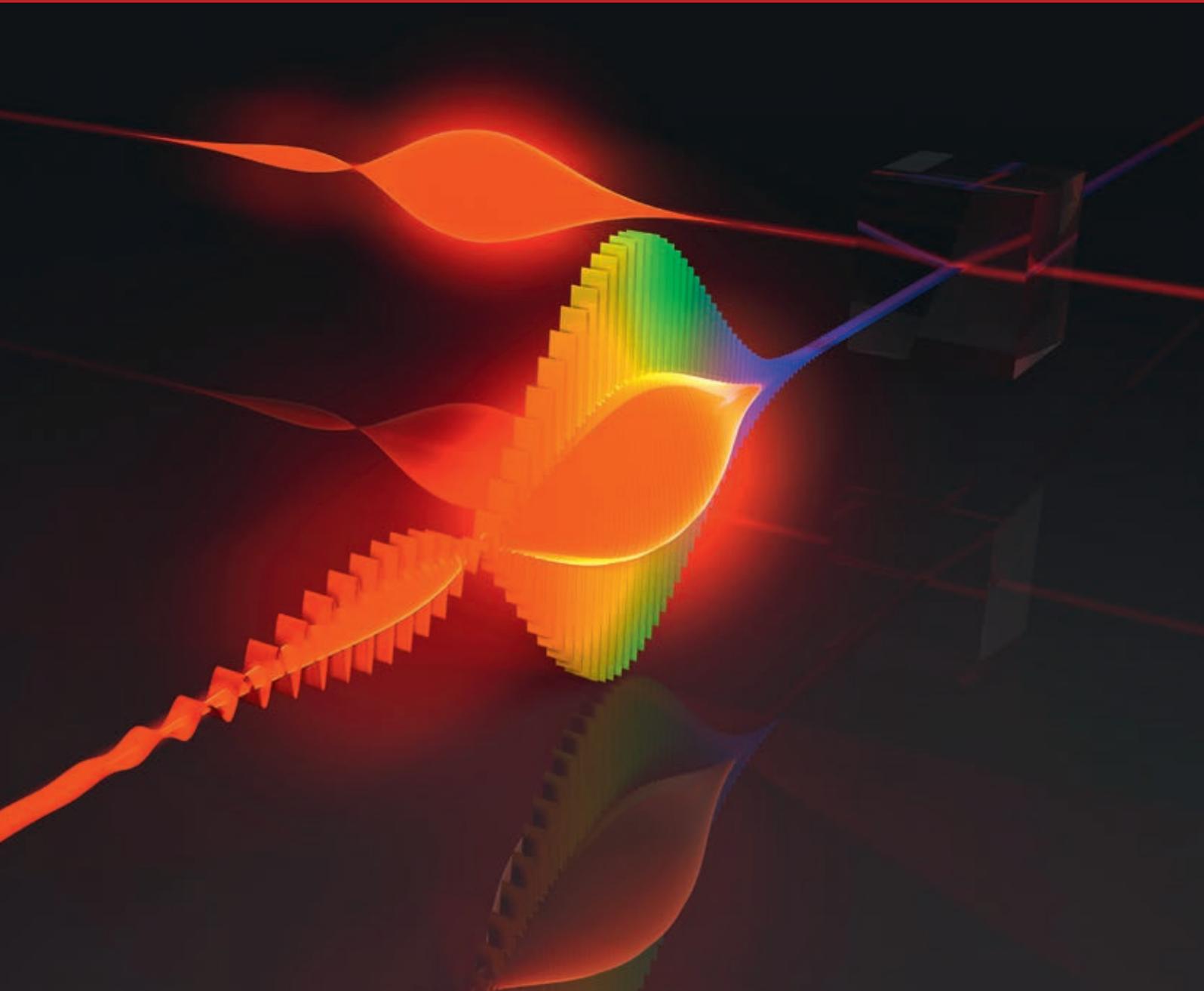


PHOTONISCHE SYSTEME



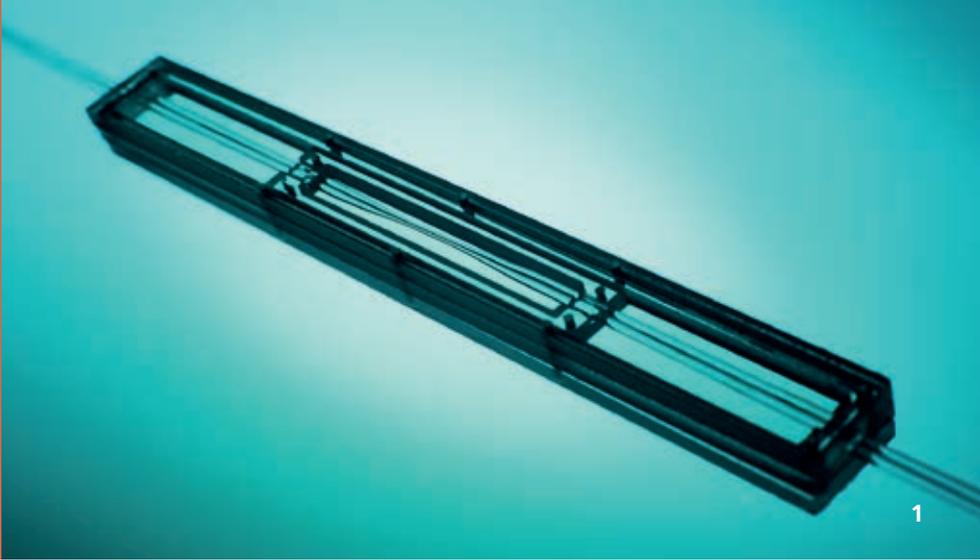
PHOTONIK – KOMMUNIKATION, LICHT UND OPTISCHE SENSOREN



Diagnosis in healthcare
Bio sensing
Spectroscopy
5G Projection
Laser therapy
Display
Quantum technologies
High performance computers (HPC)
Data transmission
Next generation consumer device
Environmental monitoring
LIDAR
Core routers
Chemical analytics
Storage servers
Aerospace

MOEMS

Fraunhofer



Das Fraunhofer IZM bietet photonische Systemintegration auf der Grundlage optischer Verbindungen im Freiraum sowie mittels Glasfaser und integrierten Lichtwellenleitern. Unser Portfolio umfasst das gesamte Leistungsspektrum von Design für Packaging und Prototyping bis hin zu Prozessentwicklung und -transfer.

Am Institut wurde eine Vielzahl faseroptischer Komponenten entwickelt, um der wachsenden Nachfrage in den Bereichen Kommunikation, Sensorik, Gesundheitswesen und anderen Halbleiterlaseranwendungen gerecht zu werden. Wir verfügen über alle notwendigen Geräte für die aktive und passive Justage von Lichtquellen und mikrooptischen Elementen für eine optimale Kopplung mit etablierten oder eigens entwickelten Klebe- und Fixierverfahren.

DESIGN, SIMULATION UND OPTISCHE VERBINDUNGSTECHNIKEN

Mit CO₂-Lasern können Glasfasern berührungslos verarbeitet werden, indem gezielt Wärme zum Formen und Verbinden in bestimmte Bereiche des Glasmaterials eingeführt wird. Dies ermöglicht eine Faserumformung oder aber es werden stoffschlüssige Verbindungen zwischen Glasfasern (Kapillaren) und Kappen oder faseroptischen oder mikrofluidisch zu bekoppelnden Chips aus Glas hervorgebracht. Einzelne Fasern und Arrays von Glasfasern können gleichermaßen auch an glasoptische Elemente wie GRIN-Linsen und Mikrolinsen-Arrays geschweißt werden und nutzen so den entscheidenden Vorteil klebstofffreier optischer Schnittstellen.

Das Fraunhofer IZM nutzt und entwickelt fortschrittliche Technologien, um die Anforderungen seiner Kunden an optische Verbindungen zu erfüllen. Hierzu gehören beispielsweise:

- Design und Simulation für photonisches Packaging einschließlich Zuverlässigkeit
- Hochpräzise Komponentenjustage zur Erzielung maximaler Kopplungseffizienz
- Packaging von optischen Komponenten und Systemen mit gelaserten Dünnglas-Elementen
- Anwendungsgerechte Befestigung durch Kleben, Schweißen und Löten
- Ein- und Mehrmoden-Wellenleiterintegration in Dünnglasscheiben und Polymere
- Optische Charakterisierung auf Material-, Komponenten- und Systemebene

KOMPLETTE
MINIATURISIERTE
PHOTONISCHE
SYSTEME VOM
ENTWURF
BIS ZUM
PROTOTYPEN

TITEL

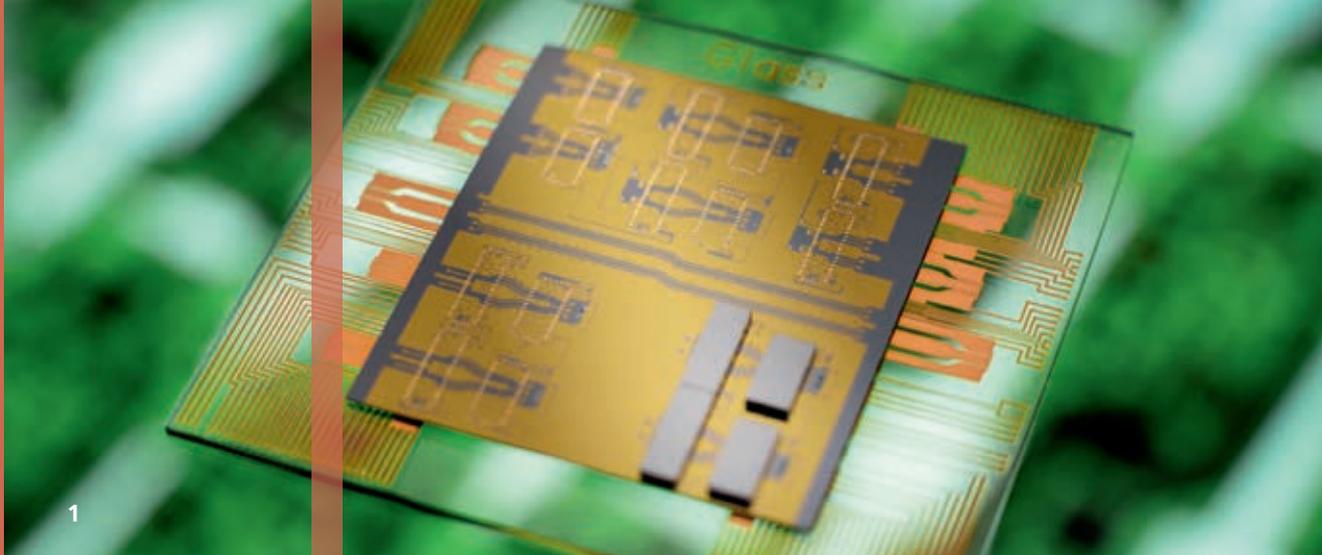
Optimale Detektion eines einzelnen Photons durch präzise abgestimmten Laserpuls

1

Hochzuverlässiger 1x2 Großkern-Faserkoppler im Glas-Package

2

Packaging von Kundenspektrometer-PIC (Photonic Integrated Circuit) auf SiN-Basis



PACKAGING AUF WAFEREBENE

UMFASSENDE
SUPPORT VON
LOW-COST BIS
HIGH-END

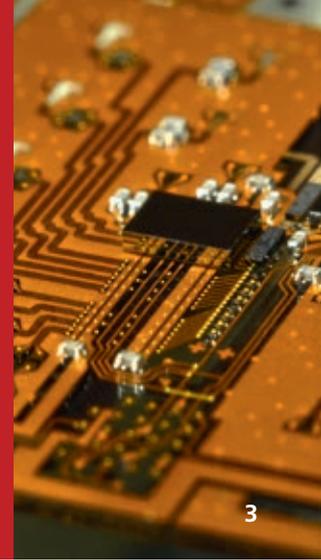
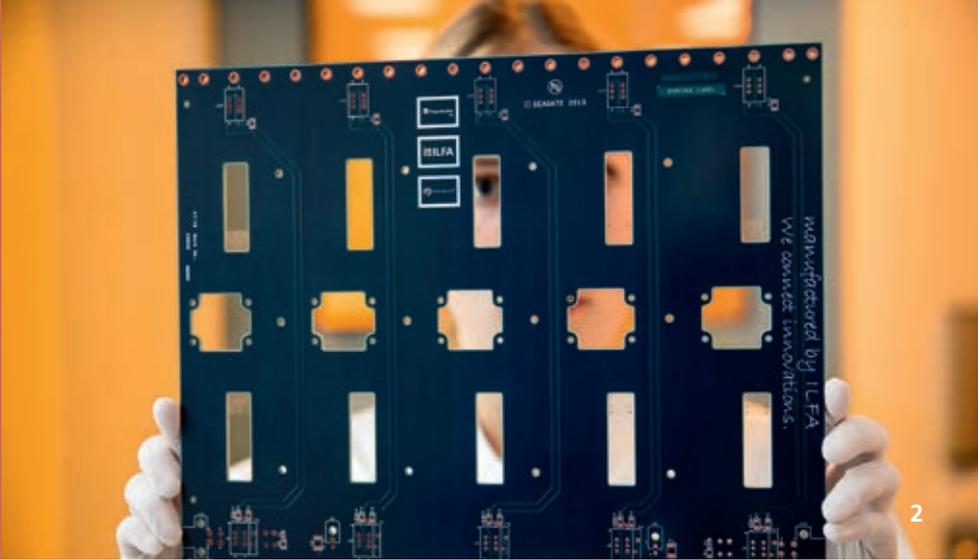
Die meisten elektro-optischen Komponenten basieren auf Verbindungshalbleitern wie GaAs, InP oder GaN. Für den Einsatz von Flip-Chip-Anwendungen in der flussmittelfreien Montage setzt das Fraunhofer IZM auf Wafer Ebene Bumping mit Gold-Zinn, Gold oder nanoporösem Gold ein. Mit dieser Technologie können siliziumbasierte Treiber, TIA oder integrierte Schaltungen in großer Nähe zu den aktiven elektro-optischen Komponenten mit Bumps versehen und Flip-Chips gebondet werden.

Photonik-ICs werden mit Hilfe von Silizium oder Siliziumnitridwellenleitern realisiert, die optische Schnittstellen, wie beispielsweise optische Spiegel, optische Gitter oder Kantenkopplung, verwenden. Diese innovativen ICs dienen als Plattform für das Wafer Level Packaging, zum Beispiel für die 3D-Integration mittels TSV, HF-kompatible Multilagen-Signalführung, Mikrobumps und mit MEMS-Prozessen gestaltete mechanische Ausführungen.

Für eine passive optische Kopplung lässt sich eine Präzisionsmontage mit Submikrometergenauigkeit erreichen, bei der Thermoden-Bonder mit einer Genauigkeit von einem halben Mikrometer auf Substraten mit einem Durchmesser von bis zu 300 mm eingesetzt werden. Darüber hinaus ist durch eine lotunterstützte Selbstjustage, mit und ohne mechanische Anschlüsse, eine kostengünstige Massenfertigung durchführbar. Des Weiteren ermöglicht die Technologie auch 3D-Chip-Stacking und eine hermetische Versiegelung. Kappen-Wafer oder Chips können selbst für Bolometer oder inertielle MEMS-Anwendungen, die mit Getterabscheidungen kompatibel sind, vakuumdicht verschlossen werden.

Das Fraunhofer IZM setzt Spitzentechnologie zur kosteneffizienten Entwicklung zuverlässiger Hochleistungsprodukte ein:

- 3D-Integration mit Durchkontaktierungen aus Silizium, RF-kompatiblen Umverdrahtungsebenen sowie Mikrobumping
- Permanentes und temporäres Wafer-Bonding/Debonding, hermetisches Verkapseln und Dünnen von Wafern
- Hochpräzisionsmontagen, lotunterstützte Selbstjustage
- 3D-Chip-zu-Chip- und 3D-Chip-zu-Wafer-Stacking oder massiv-parallele Mikromontagen



INTEGRATION AUF MODUL- UND LEITERPLATTENEBCNE

Weitreichende Automatisierung ermöglicht eine kostengünstige und schnelle Montage von komplexen optischen Modulen mit optischen Fasern, Prismen und Spiegeln auf photonischen Plattformen. Unsere Montageausrüstung ebnet den Weg für flexible Anwendungen vom Prototypen bis zur Serienproduktion im Bereich der Kommunikation und medizinischen Sensorik, im Weltraum, in der Quantentechnologie sowie bei LIDAR-Anwendungen.

Unser bewährtes Portfolio an Electronics Manufacturing Services (EMS) wurde um innovative optische Komponenten erweitert. Eine große Auswahl an Verbindungsprozessen, Materialien und Komponenten steht zur Verfügung, um Produktvisionen in realen Erfolg zu verwandeln. Alle Füge- und Verbindungsprozesse können unter Industriebedingungen getestet werden. Zusätzliche Prüfzyklen für rauere Umgebungen bis hin zu zerstörenden Prüfungen mit anschließender Analyse können realisiert werden.

Zudem können bei medizinischen Anwendungen und in der Biosensorik neuartige Lösungen zur photonischen Erkennung und Analyse in die Produzier- und Anwendbarkeit gebracht werden, in Gestalt von miniaturisierten, aber gleichzeitig komplex funktionalisierten Bauformen. Das Fraunhofer IZM macht sich den etablierten Stand der Technik zunutze und treibt diesen stetig weiter voran mit aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wie z. B. bei integriert-optischen Spektrometer-Chip-Packages sowie optischen Mikroresonatoren.

Unsere Aktivitäten im Bereich elektrisch-optischer Leiterplatten konzentrieren sich auf in Dünn- glas eindiffundierte Ein- oder Mehrmoden-Gradientenindex-Lichtwellenleiter mit geringen Ausbreitungsverlusten. Derartige, mit planar integrierten Lichtwellenleitern ausgestattete Glaspanels werden mittels bewährter industrieller Prozesse als optisch funktionalisierte Zwischenlage in elektronische Leiterplatten einlaminiert.

Das Fraunhofer IZM setzt modernste Technologien zur Integration photonischer Systeme auf allen Ebenen des Packaging ein, darunter:

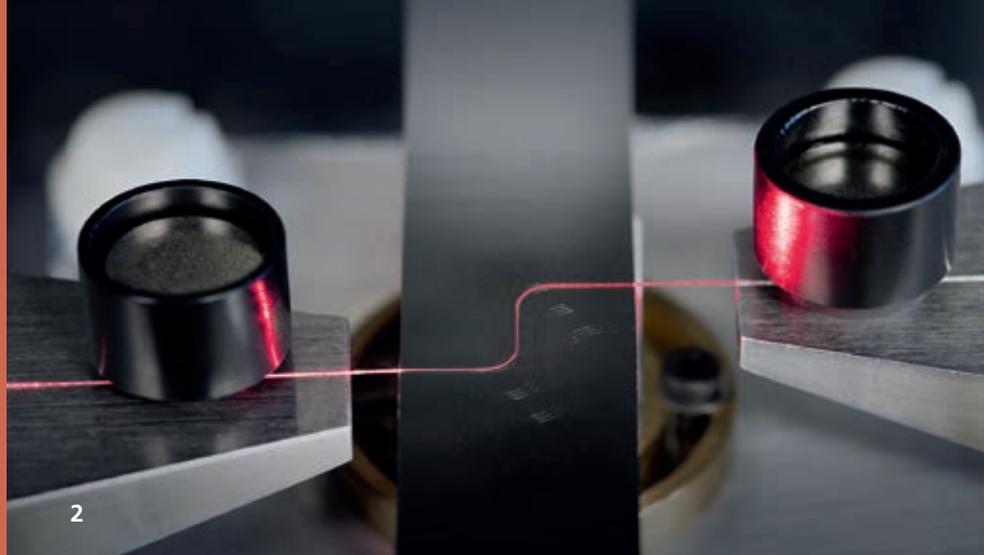
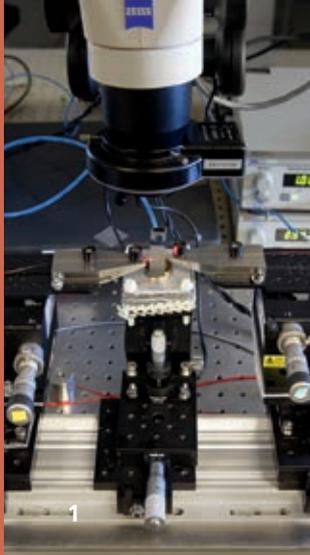
- Montage mit Hilfe von automatisierter aktiver und passiver Justage von optoelektronischen und mikrooptischen Komponenten
- Faseranätzen, Lensing, Verschmelzen und Montieren an Chip- und Laserkomponenten
- Optisches Drahtbonden und Out-of-Plane-Kopplung
- Hybride Leiterplattenintegration von Lichtwellenleiterschichten aus Dünn- glas und Polymer
- Multifunktionschips (elektrisch/optisch/fluidisch) sowie entsprechende Modulintegration

PHOTONISCHES
KNOW-HOW FÜR
INNOVATION UND
TIME-TO-MARKET

1
Photonischer 3D-Interposer mit elektronischen und optischen Komponenten auf Glassubstrat montiert

2
Elektro-optische Leiterplatte mit integrierten Lichtwellenleitern aus Dünn- glas für Rechenzentren

3
Auf transparentem Glas realisierter integrierter optischer Transceiver



DESIGN UND QUALIFIKATION PHOTONISCHER SYSTEME

In der Photonik beginnt eine professionelle Entwicklung mit einem gutem Design und durchdachter Simulation und endet mit der Qualifikation der Prototypen. Das Fraunhofer IZM kann auf hervorragende Qualifikationen in der Elektronik zurückgreifen, jedoch gehen mit photonischen Systemen besondere Anforderungen einher. Bestehendes Know-how muss angepasst und optimiert werden, um an die Photonik gestellte Herausforderungen meistern zu können.

DIE GESAMTE
WERTSCHÖPFUNGS-
KETTE VON DESIGN
UND SIMULATION
BIS HIN ZUR
CHARAKTERISIERUNG

EVALUATION UND DESIGN:

Photonische Komponenten und Subsysteme

- Baukasten photonischer integrierter Schaltungen (PICs) und Subsysteme für PON, Access- und Metro-Netze, Inter- und Intra-DC Interconnects, 5G, IoT, LIDAR und Sensorik
- PDK-Entwicklung für monolithische und heterogene Integrationsplattformen (SOI, SiN, Polymer, Glas sowie InP)
- Plasmonische CMOS-kompatible Bausteine

Elektromagnetische Simulationen für Photonik

- Mikrowellen-, HF- und Wireless Design unter Beachtung der Signalintegrität
- Design konventioneller und elektro-optischer Leiterplatten und Interposer

Co-Design für photonische und elektrische Integration und Subassemblies

- 3D-Integration und -Packaging
- Photonik Co-Package (SiP, SoC)
- Photonik Chiplet

QUALIFIKATION:

On-Chip

- DC-Charakterisierung (L-I-V Kurven, optisches Spektrum, Temperaturverhalten)
- Kleinsignalmessungen (S-Parameter, HF-Anpassung, Resonanzverhalten)
- Großsignalmessungen (Augendiagramme, Q-Faktor, Extinktionsverhältnis, Bitmuster-Effekte, Messungen der Bitfehlerrate bis zu 50 Gbd und für verschiedene Modulationsformate, optische Übertragungsexperimente)

Photonische Interconnect Systeme

- Übertragungsmessungen (Rack-to-Rack-, Board-to-Board-, Chip-to-Chip-Übertragung, Augen-/Konstellationsdiagramme, Bitfehlerrate)



ZUVERLÄSSIGKEIT UND THERMISCHES MANAGEMENT

Das thermische Management stellt in nahezu allen photonischen Systemen eine essenzielle Herausforderung dar, da die Verlustleistungsdichte mit zunehmender Funktionalität steigt und extreme Temperaturstabilität die Grundvoraussetzung, insbesondere für die Datenkommunikation, bildet. Aus diesem Grund gilt eine effiziente Wärmezufuhr als wesentlicher Faktor für die Optimierung der Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Produkten. Die im Chip erzeugte Wärme wird über mehrere Substrate, thermische Schnittstellenmaterialien und Wärmeverteiler abgeleitet, bevor sie an die Umgebung abgegeben wird. Jede dieser Komponenten beeinflusst den thermischen Widerstand des Systems und muss den Anforderungen der jeweiligen Anwendung gerecht werden.

Durch Simulationen und Experimente kann der thermische Pfad bereits in der Designphase auf maximale Effizienz ausgelegt werden und so eine deutliche Verbesserung von Zuverlässigkeit und Lebensdauer bewirken, und das trotz zumeist unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten für die gewählten Materialien.

Das Fraunhofer IZM bietet umfassende Zuverlässigkeitsanalysen für die bei Montage und Betrieb auftretenden thermomechanischen Spannungen. Die Analysen basieren nicht nur auf Referenzdaten, sondern auch auf individuellen Messwerten der verwendeten Materialien. Zusätzlich dazu, können Simulationen mit Ergebnissen aus beschleunigten Alterungstests verglichen werden.

Dank der Kenntnis zugrunde liegender Fehlermechanismen können wir nicht nur die Zuverlässigkeit definieren, sondern auch Empfehlungen für Kunden auf Grundlage spezifischer Verbesserungsziele entwickeln. Unsere Leistungen in diesem Bereich umfassen unter anderem:

- Thermische und thermomechanische Simulation, Optimierung und Charakterisierung
- Charakterisierung thermischer Schnittstellenmaterialien
- Beschleunigte Alterung (Temperatur und Betriebszyklen, Temperatur und Feuchtigkeit, Vibration, Temperaturschock, UV und Tageslicht etc.)
- Elektromigration

EFFIZIENTE,
ZUVERLÄSSIGE
OPTISCHE
KOPPLUNG DANK
GEEIGNETER
DESIGNS UND
RICHTIGER
MATERIALWAHL

1

Elektro-optische Analyse

2

Optische Polymer-FlexLines

FRAUNHOFER IZM – IHR PARTNER FÜR PHOTONISCHES PACKAGING

MACHBARKEITS-
STUDIEN
PROTOTYPING
ENTWICKLUNGS-
PARTNER-
SCHAFT
FERTIGUNGS-
SERVICE
PROZESS-
TRANSFER

Dienstleistungen im Bereich des photonischen Packaging:

Fertigung und Montage optischer und mikroelektronischer Komponenten

- Ausrichtung photonischer Komponenten mit Genauigkeiten von unter 1 µm
- Wafer- und Panelverarbeitung
- Faseroptisches Pigtailling, Faserarrays, Faserlinsen
- Ätzen und Verschmelzen von Fasern und Kapillaren

Elektro-optische Leiterplatten

- Elektro-optisches Design und Auslegung von Lichtwellenleitern
- Volle Leiterplattenintegration von Glaslichtwellenleiter-Panels
- Ionenaustausch für in Glas eingebettete Ein- und Mehrmoden-Lichtwellenleiter

Photonischer Interposer

- Integration auf Wafer-Ebene
- Bumping und Flip-Chip-Montage
- Drahtbonden

Verbesserte photonische und plasmonische Systeme

- Design und Herstellung von photonischen integrierten Schaltungen (Siliziumnitrid, Polymer)
- Benchmarking von photonischen Verbindungen

Simulation, Design und Quantifizierung

- Thermisch, mechanisch, optisch und hochfrequent
- Zemax, COMSOL, Optiwave, OptiBPM
- Ein- und Mehrmitterstrahlbildung und -kombination
- Design optischer Systeme und Toleranzanalyse
- Simulation hocheffizienter Schnittstellen zur kohärenten Kopplung

Qualifizierungs-, Fehler- und Zuverlässigkeitsanalysen

- Tests bei variablen und rauen Umgebungen
- Strahlprofilanalyse, Nah-/Fernfeldanalyse
- Brechungsindexprofil, spektrale Transmission, Einfügedämpfung, numerische Apertur

**Fraunhofer-Institut
für Zuverlässigkeit und
Mikrointegration IZM**

**Leitung: Prof. Dr.-Ing.
Martin Schneider-Ramelow**

Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin
www.izm.fraunhofer.de

Optische Verbindungstechnik

Dr. Henning Schröder
Telefon: +49 30 46403-277
henning.schroeder@izm.fraunhofer.de

3D-Montage und Messtechnik

Dr. Hermann Oppermann
Telefon: +49 30 46403-163
hermann.oppermann@izm.fraunhofer.de

Photonische und plasmonische Systeme

Dr. Tolga Tekin
Telefon: +49 30 46403-639
tolga.tekin@izm.fraunhofer.de



Mehr Info: www.izm.fraunhofer.de/photonics

Konzept & Redaktion: Fraunhofer IZM, Berlin + mnc, Agentur für Kommunikation, Berlin ·
Design: J. Metzger / ateller 150 Berlin · Fotografie: Fraunhofer IZM, außer: Marco Bellini, Istituto
Nazionale di Ottica – CNR, Florence, Italy (Titel und S. 8); Volker Mai (S. 3, li. S. 4; S. 5, li. S. 6,
re); MKA-fotografie | Berlin (S. 8, o. m); Erik Müller (S. 8, u). PH 19/06-3d