

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Konzipierung und Validierung einer hochpräzisen 3D-Aufbautechnik für miniaturisierte optische Mikroresonator Gyroskope (MiReG)

Die Herausforderung

Mikrooptische Aufbauten sind hochspeziell und bis auf wenige Komponenten technologisch kaum auf andere Produkte übertragbar. Die Integration verschiedener Materialien erfordert diversifizierte Verbindungstechnologien, einen größeren Maschinenpark sowie verschieden spezialisierte Mitarbeiter. Zudem kommt es z. B. durch thermische Fehlanpassungen zu Problemen in der Produktzuverlässigkeit. Diese Schwierigkeiten führen dazu, dass design- und kundenspezifisch zu entwickelnde Prototypen und Produkte insbesondere bei geringen und mittleren Anfangsstückzahlen sehr lange und teure Entwicklungszeiten benötigen und im Falle höherer Nachfrage nicht schnell auf Volumenfertigung skalierbar sind.

Interferometrisch messende und ähnliche Systeme für die Messtechnik, z. B. für Abstandsmessungen oder 3D-Tracking, sind aktuell nur in massiv ausgeführten Geräten und Anlagen möglich. Eine Miniaturisierung auf Wafer-basierte Mikrotechniken ist, größtenteils physikalisch-bedingt, nicht möglich. Eine Wafer-Level-Montage wäre zudem für kleine

bis mittlere Stückzahlen nicht wirtschaftlich. Standardisiert-automatisierte Aufbautechniken zwischen diesen beiden Extremen sind bisher nicht verfügbar.

Die Innovationsidee

Das Ziel des Vorhabens MiReG war die Entwicklung einer thermisch unempfindlichen, generischen Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT), die sowohl Prototypen als auch Produkte mit geringen Initialkosten ermöglicht und gleichzeitig eine hohe Präzision in der Aufbautechnik und Dimensionsstabilität in kompakten photonischen Modulen im Betrieb garantiert.

Für die mikro-optische und elektronische Integration sollte eine AVT aus gelasertem Dünnglas entwickelt werden, sodass auch komplexe optische Sensorsysteme aus dem kostengünstig einsetzbaren Halbzeug Dünnglas assembliert und optisch koppelnd ausgerichtet werden können. Dies sollte exemplarisch anhand eines hochpräzisen, miniaturisierten, mikro-optischen Messgeräts für den Nachweis der Erdschwendung (Gyroskop) gezeigt werden.

Projektinformationen

IGF-Nr.:	19619 N
Laufzeit:	07/2017 – 03/2020
Fördersumme:	244.280 EUR
Industrieleistungen:	59.385,17 EUR

Forschungseinrichtungen

- Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik, Technische Universität Berlin

Projektbegleitender Ausschuss

- Aifotec GmbH ^{KMU}
- Astro- und Feinwerktechnik GmbH ^{KMU}
- CREAVAC GmbH
- Eagleyard Photonics GmbH ^{KMU}
- ficonTEC Service GmbH ^{KMU}
- FOC-fibre opt. Comp. GmbH ^{KMU}
- GRINTECH GmbH ^{KMU}
- MDI Adv. Processing GmbH ^{KMU}
- Northrop Grumman LITEF GmbH
- OPTOCRAFT GmbH ^{KMU}
- Schott AG
- Schröder Spezialglas GmbH ^{KMU}
- SmarAct GmbH ^{KMU}
- TEM Messtechnik GmbH ^{KMU}

- **Optische Messtechnik**
- **Sensorik**

Projektbegleitende akademische Abschlussarbeiten

[Master] Daniel Brauda: Adhesive bonding of micro-optical components with sub-micrometer precision and analysis of coupling tolerances

Das Programm „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF) ...

... fördert Studien zur industriellen Machbarkeit von Innovationsideen und beschleunigt so Technologietrends. Dazu arbeiten Wissenschaft, Industrie und Politik zusammen:

0 Das **BMW**i fördert vorwettbewerbliche, innovationsorientierte Forschung mit dem IGF-Programm.

1 **Industrie** und **Wissenschaftler** entwickeln Innovationsideen und geben Projektimpulse.

2 **AiF-Forschungsvereinigungen**, wie die F.O.M., finden Forschungspartner.

3 **Wissenschaftler** von je 1-3 Forschungseinrichtungen schreiben Förderanträge.

4 **Industrieunternehmen** beraten bei der Entwicklung der Anträge.

5 Die **Forschungsvereinigungen** optimieren die Qualität der Vorhaben und der Anträge und reichen die Anträge ein.

6 Die **Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen** (AiF) lässt die Anträge durch **Experten aus Industrie und Wissenschaft** begutachten.

7 Das **BMW**i finanziert die Forschungskosten bis max. 250/500/750 T EUR.

8 Die **Industrie** teilt sich die Administrationskosten.

9 Die **Wissenschaftler** der Forschungseinrichtungen führen die Forschung durch.

10 Die **Forschungsvereinigungen** stellen einen regen Technologietransfer zwischen den **Forschungseinrichtungen** und den 10-15 Unternehmen eines projektbegleitenden **Industrieausschusses** mit mindestens 50 % KMU sicher.

11 Die **Industrie** steuert das Projekt mit, berät während der Forschungsphase, validiert die Ergebnisse, absorbiert sie und verwertet sie.

Gemeinsam stärken wir die Innovationskraft des Mittelstands und den Fachkräftenachwuchs in Deutschland.

Für eine ausführlichere Fassung des Abschlussberichts wenden Sie sich bitte an:

Kontakt / Impressum

Forschungsvereinigung F.O.M.
Werderscher Markt 15, 10117 Berlin
030 4140 2139,
info@forschung-fom.de
www.forschung-fom.de



Die Ergebnisse

In MiReG wurde erfolgreich eine auf Dünnglas basierende, einfach skalier- und adaptierbare Plattform für optische Sensorik entwickelt. Auf dieser Plattform können verschiedenste mikro-optische Komponenten präzise maschinell bestückt werden. Über auf dem Glas angebrachte Dünnschicht-Metallisierungen sind zusätzlich opto-elektronische und elektronische Komponenten integrierbar.

Im Besonderen konnte eine Validierung der opto-elektronischen Messtechnik an optischen Resonatoren, die bei Resonanz mitschwingen, gezeigt werden. Nach anfänglich verwendeten optischen Faserresonatoren wurde im Demonstrator an einen sehr kompakten optischen Flaschenresonator gekoppelt. Dieser Resonator wurde hierzu mit verschiedenen verfeinerten Verfahren sehr formtreu aus einer Quarzglasfaser hergestellt.

Die optischen Resonatoren konnten stabil in der MiReG-Plattform direkt faser-optisch angeregt und ausgelesen werden, sodass auch kleinste Veränderungen in der Umgebung durch Änderung in den Spektren nachweisbar sind (z. B. eine rotatorische Bewegung nach dem Sagnac-Prinzip).

Zudem konnten feine Resonanzbreiten entsprechend optischen Güten Q von 1 Mio. an sehr kleinen Flaschenresonatoren mit 1 mm Durchmesser optisch-annähernd angeregt und abgetastet werden. Bei dieser hohen Auflösung werden bereits hohe Anforderungen an die Plattform-integrierte Elektronik gestellt.

Der gesetzte Formfaktor für die Messplattform von 100 mm x 50 mm wurde eingehalten. Weiteres Miniaturisierungspotential war angesichts der vergleichsweise lockeren Belegung der Messplat-

form vorhanden, auch wenn bei Freistrahl-systemen/Interferometern am Ende auch physikalisch-optische Aspekte eine Abwägung erfordern zwischen Größe und Auflösungsfähigkeit/Reichweite des optischen Systems.

Die Verwertung

KMU-Nutzen

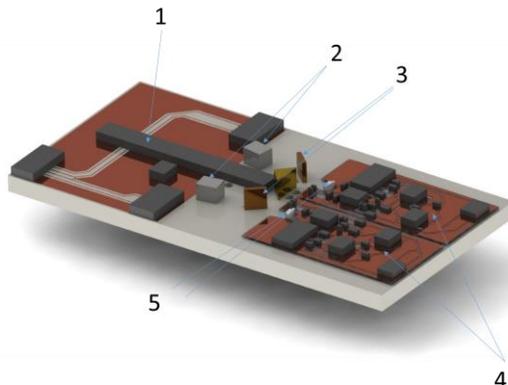
Für KMUs ist neben der maschinellen Bestückbarkeit auch der Aspekt der Miniaturisierbarkeit optischer Systeme besonders relevant.

Glas als Substratmaterial für strukturierte Metallschichten ist auch bei sehr hohen Frequenzen sehr verlustarm bei wesentlich kleineren Materialkosten als üblicherweise verwendete Keramiken. Für Firmen der sehr diversifizierten Glasverarbeitenden Industrie, die traditionell mittelständisch aufgestellt ist, bieten sich vielfältige neue Geschäftsfelder im Bereich der Zulieferung miniaturisierter Baugruppen oder der Erweiterung der Wertschöpfungstiefe durch eigene Produkte oder Halbzeuge.

Weiterhin besitzt die entwickelte hybride Aufbautechnik von mikro-optischen, opto-elektronischen und elektronischen Komponenten verschiedenster Größen auf Dünnglas ein großes Potential für Kosteneinsparungen, unabhängig der Stückzahlen der zu fertigenden Systeme.

Umsetzung

Auf Basis der in MiReG gewonnenen Ergebnisse wurden mehrere Ideen zur Prototyp-Entwicklung mit verschiedenen KMU des PA entwickelt. Drei Projekte (zwei zu Dünnglas-basierten Aufbautechniken, eines zur Anwendung des Pound-Drever-Hall-Verfahrens zur Stabilisierung der Frequenz von Lasern) befinden sich bereits in Förderung über das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM).



- 1: Elektrooptischer Modulator
- 2: Faser-zu-Freistrahl-Koppler
- 3: Leistungs-Strahlteiler
- 4: Transimpedanzverstärker
- 5: Photodioden

Perspektivische CAD-Ansicht der entwickelten zentralen MiReG-Messplattform mit den benötigten funktionalen Anteilen. Die optische Ebene für alle aufgestellten Komponenten und Untermodule ist in kompakter 2,5 mm über der Oberkante der Gesamt-Glasbank definiert.