

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Nominiert für den
Otto von Guericke-Preis 2018
für das IGF-Projekt des Jahres
Finalrunde

Integriert-Optische Module durch neue Bondtechnologien (Opti-Bond)

Die Herausforderung

Die moderne Optik und Photonik eröffnet vielfältige Lösungsmöglichkeiten in den unterschiedlichsten Märkten, wie Energie, Messtechnik, Sicherheit, Mobilität, Kommunikation und den Lebenswissenschaften. Innovative Ansätze basieren vermehrt auf funktionellen Mikro- und Nanostrukturen, die durch traditionelle Aufbau- und Verbindungstechnik integriert werden müssen, zum Beispiel bei Umweltbeobachtungen mit satellitengestützten Spektrometern. Gerade solch extreme Arbeits- und Umgebungsbedingungen stellen besondere Anforderungen an die Fügetechnologien.

Derzeit werden hauptsächlich die Verfahren Kleben und Ansprennen eingesetzt. Geklebte optische Systeme, bei denen brechzahlangepasste Polymere zum Fügen optischer Flächen aus Glas verwendet werden, weisen Leistungsgrenzen bei erhöhten Temperaturen, unter Vakuumbedingungen oder gegenüber leistungsstarker Laserstrahlung sowie dem Einsatz im UV-Spektralbereich auf. Ursache ist die begrenzte Material-

stabilität der Polymere, die zum Beispiel durch UV-Strahlung erheblich degradieren und ausgasen. Ebenso setzen bereits geringe thermische und mechanische Belastungen die Stabilität angesprengter optischer Komponenten herab.

Die Innovationsidee

Um die Limitationen der herkömmlichen Fügetechnologien für Glas zu überwinden und auf die aktuellen Erfordernisse der Industrie-Applikationen zu reagieren, sollten in dem Vorhaben neue und aussichtsreiche Fügetechnologien für optische Subkomponenten entwickelt, sowie deren Möglichkeiten und Grenzen evaluiert werden. Die im Vorhaben verfolgten Verfahren sind das direkte Bonden, das silikatische Bonden und das Ultrakurzpuls-(UKP)-Laserschweißen.

Allen drei Fügeverfahren ist gemeinsam, dass an der Oberfläche zwischen den Fügepartnern im Ergebnis kovalente Silizium-Sauerstoff-Silizium-Brückenbindungen gebildet werden, die zu materialangepassten und hochstabilen Verbindungszonen führen.

Projektinformationen

IGF-Nr.: 18360 BR
Laufzeit: 06/2015 – 11/2017
Fördersumme: 410.500 EUR
Industrieleistungen: 155.632,13 EUR

Forschungseinrichtungen

- Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF Jena
Projektleiterin: Dr. Ramona Eberhardt,
ramona.eberhardt@iof.fraunhofer.de
- Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Angewandte Physik
Projektleiter: Prof. Dr. Stefan Nolte,
stefan.nolte@uni-jena.de

Projektbegleitender Ausschuss

- asphericon GmbH ^{KMU}
- Berliner Glas KGaA
- Coherent Laser Systems GmbH & Co. KG
- Hellma Optik GmbH Jena
- Laserline GmbH ^{KMU}
- LIMO GmbH ^{KMU}
- Optikron ^{KMU}
- POG Präzisionsoptik Gera GmbH ^{KMU}
- Qioptiq Photonics GmbH & Co. KG
- Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH

- **Fügetechnologie, Bondverfahren**
- **Ultrakurzpuls-Lasertechnik**

Projektbegleitende akademische Abschlussarbeiten

[Promotion] Caroline Rothhardt: Das Bonden von optischen Komponenten

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 Projekimpulse.

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

Die schlüsselhaft ausgewählten Demonstratoren, Achromat, Strahlteiler und Faserendkappe (Abb. 1), zeigen das enorme Potential der Bondtechnologien. Die Ergebnisse zeigen, dass unterschiedliche optische Materialien mit teilweise sehr komplexen Geometrien herausragende Eigenschaften in Bezug auf Festigkeit, Maßhaltigkeit, Transmission, Langzeitstabilität und thermischer Invarianz aufweisen und entsprechend die Spezifikationen der Anwender erfüllen. Es ist möglich, ein breites Bauteilspektrum auch aus unterschiedlichen Materialien abzudecken und insbesondere werden Applikationen bei hohen Temperaturen (über 100 °C) und/oder hohen Leistungsdichten mit gekrümmten Flächen ermöglicht. Darüber hinaus wurden die Anforderungen an die Probenbeschaffenheit reduziert (Kosteneinsparung) und die Stabilität gefügter Proben gegenüber Klebe- und Ansprengtechnologien signifikant verbessert. Die entwickelten Technologien ermöglichen, angepasst an die Applikationen, eine deutliche Vereinfachung und eine signifikant schnellere Prozessierbarkeit, z. B. beim Laserfügen, bei vergleichbarer Festigkeit.

Der Prozessfortschritt wurde im Folgenden auf verschiedene weitere Materialien (z. B. Borofloat, SF11, CaF₂, NSF10, N-SF6) sowie auf Materialkombinationen (z. B. SiO₂-Saphir, SiO₂-CaF₂, N-BK7 + N-SF6) übertragen, um langfristig eine breite Verwertung zu ermöglichen und neue Anwendungsfelder zu erschließen.

Die Verwertung

KMU-Nutzen

Die erzielten Ergebnisse sind von besonderem Nutzen für industrielle Applikationen und den Einsatz in KMUs. Die Entwicklung eines laserbasierten, spaltüberbrückenden Fügeverfahrens ermöglicht das dauerhafte und feste Verbinden selbst unterschiedlicher Fügepartner, ohne die Oberflächen der Fügepartner aufwändig auf die hohen Anforderungen des optischen Kontaktierens vorbereiten

oder auf limitierende Klebeverbindungen zurückgreifen zu müssen. Die hohen Festigkeiten gestatten zudem sehr feste Verbindungen durch eine ausgedehnte Laserprozessierung der Fügefläche, sowie auch den gezielten Eintrag lokaler Bondflächen im Randbereich der zu fertigenden Komponenten, ohne Qualitätsbeeinflussung der optisch funktionellen Bereiche.

Die Resultate der Untersuchungen des UKP-Laserbondens sind von wesentlicher wissenschaftlich-technischer Bedeutung für die Akteure der optischen Forschung und Industrie. Die Technologie kann insbesondere zum Verbinden optischer Elemente für den Einsatz unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen genutzt werden, z. B. in der Medizintechnik. Das hier entwickelte Verfahren des laserbasierten Stoß-Bondens ermöglicht zusätzlich das Aneinanderfügen von Einzelelementen, wie Zylinderlinsen, zu großen optischen Komponenten und bietet so zukünftig neue Möglichkeiten der flexiblen und ökonomischen Fertigung.

Bisherige Umsetzung

Das Projektteam von Opti-Bond hat die wissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Voraussetzungen für die Konzeption, Entwicklung und Fertigung von präzise gebondeten optischen Baugruppen für unterschiedliche Applikationen und Märkte geschaffen. Die ausgewählten Demonstratoren mit der verbesserten Performance erschließen die Marktzugänge in den Gebieten Luft- und Raumfahrt, Lasertechnik und Lithographie. Erste bilaterale Gespräche mit dem projektbegleitenden Ausschuss zur Implementierung der Demonstratoren in die Produktion sind bereits erfolgt. Zudem wurden gemeinsam mit Industriepartnern neue Projektvorhaben entwickelt. Die Skizze eines wissenschaftlichen Vorprojektes (WiVoPro) zum laserbasierten Verbinden von Glas und Metallen („glass2met“) wurde bereits positiv bewertet und soll nun umgesetzt werden.

Die Ergebnisse und Entwicklungen wurden bereits der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft präsentiert.

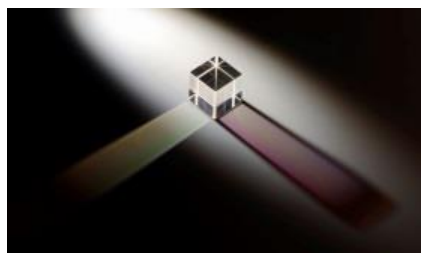


Abbildung 1: Ausgewählte Demonstratoren: a) Achromat, b) Strahlteiler, c) Faserendkappe.