



## MIKROFÜGEN MIT LASERSTRAHLUNG



DQS zertifiziert nach  
DIN EN ISO 9001:2015  
Reg.-Nr. 069572 QM15

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung  
Prof. Constantin Häfner

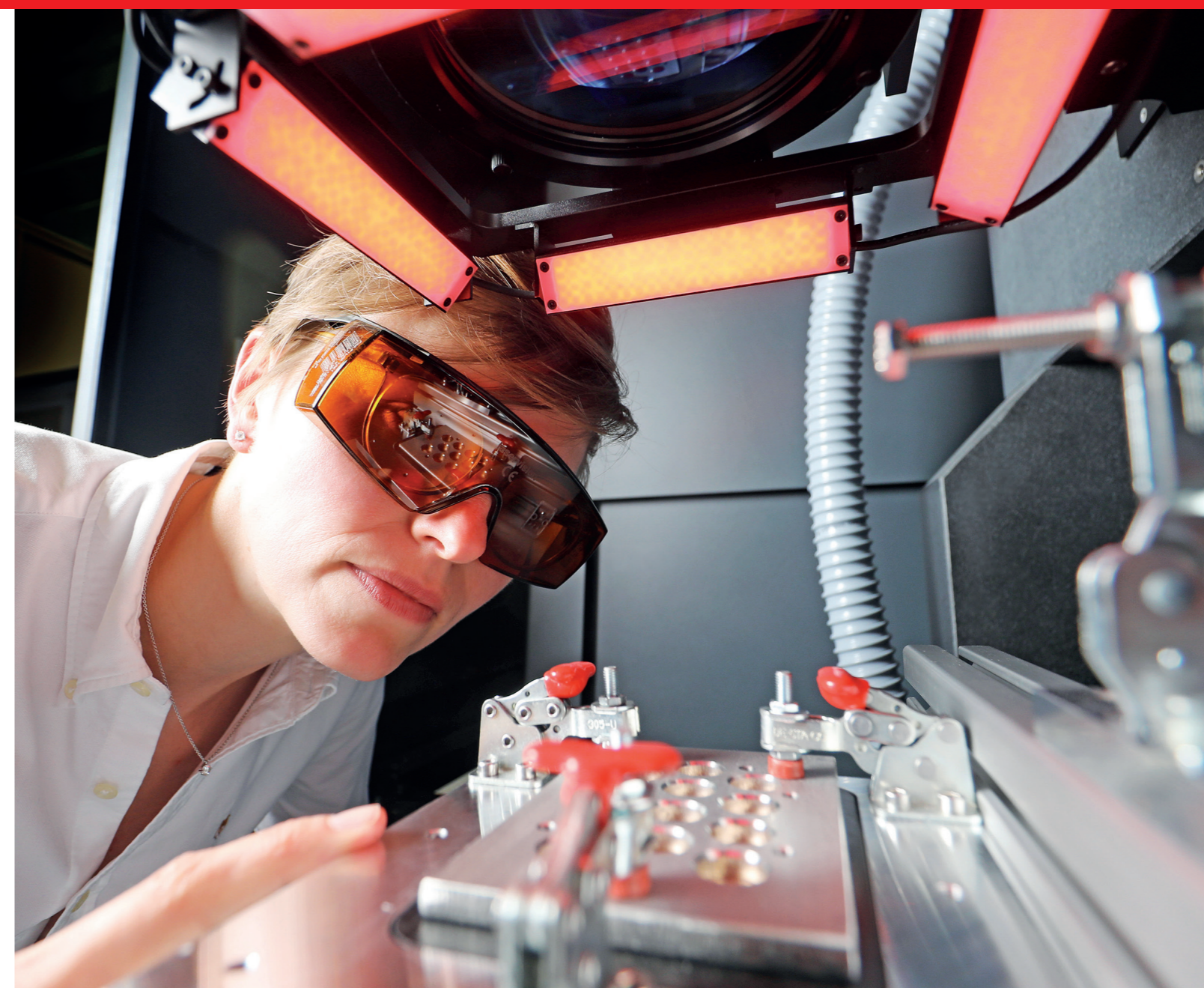
Steinbachstraße 15  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 8906-0  
Fax +49 241 8906-121

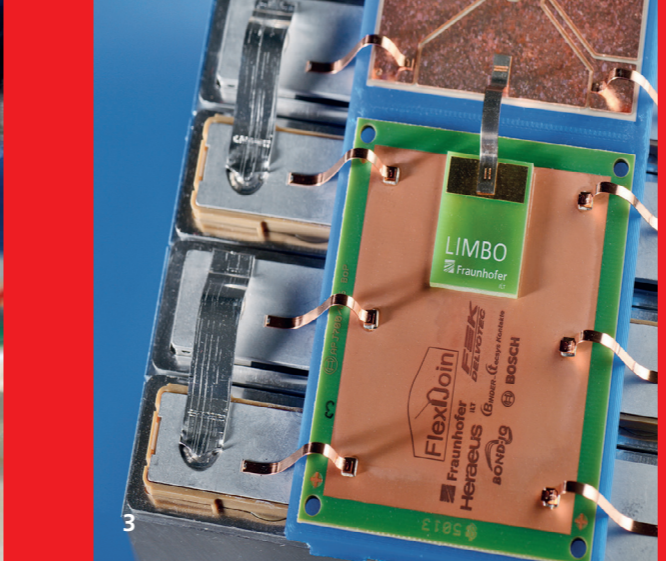
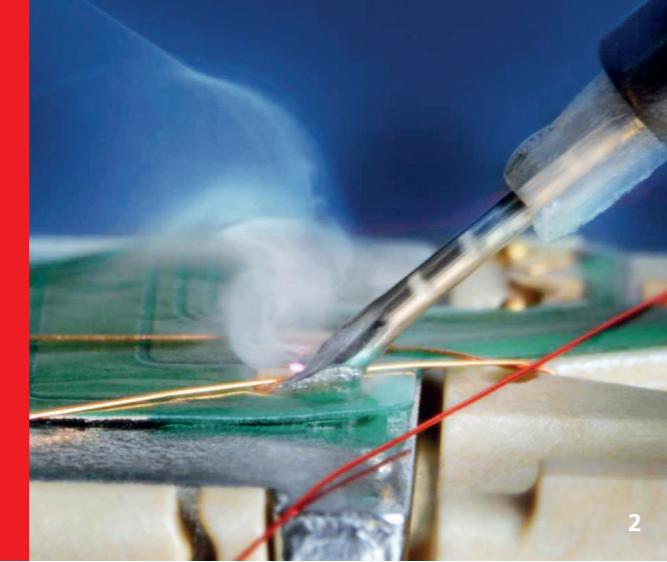
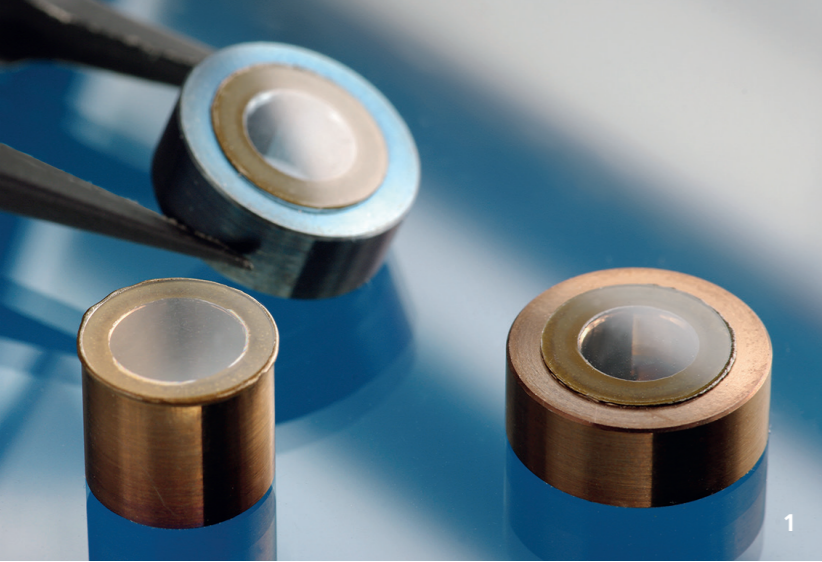
info@ilt.fraunhofer.de  
www.ilt.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





## MIKROFÜGEN MIT LASERSTRAHLUNG

Das Mikrofügen mit Laserstrahlung wird bereits in vielen Bereichen wie z. B. in der Elektronik, der Medizintechnik, der Mikrooptik oder der Feinwerk- und Mikrosystemtechnik eingesetzt. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt hierfür mit langjähriger Erfahrung und umfassendem Know-how innovative Fertigungsverfahren und -systeme für Kunden aus Industrie und Forschung. Hohe Ortsauflösung durch Fokussierbarkeit auf wenige Mikrometer, geringe Wärmeeinbringung und große Flexibilität zeichnen den Laserstrahl als Werkzeug in der Mikrofügetechnik aus. Sowohl Metalle und Kunststoffe als auch Werkstoffkombinationen wie z. B. Silizium-Glas oder Kunststoff-Metall können mit Laserstrahlung gefügt werden.

### Schweißen

Das Laserstrahl-Mikroschweißen von metallischen Werkstoffen zeichnet sich insbesondere durch einen geringen und kontrollierten Wärmeeintrag in das Bauteil aus. Dazu werden mithilfe von hochbrillianten Strahlquellen Fokusbereiche < 40 µm erzeugt, die auch bei einer Wellenlänge um 1 µm in hochreflektierende Materialien wie z. B. Kupfer oder Aluminium einen Tiefschweißeffekt mit geringen Laserleistungen < 500 W ermöglichen. Der durch den geringen Fokusbereich entstehende kleine Anbindungsquerschnitt kann durch geeignete Bestrahlungsstrategien, wie z. B. durch eine örtliche und zeitliche Leistungsmodulation, kompensiert werden. Außerdem lässt sich das thermische Management auch durch den Einsatz von Quellen, die Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich emittieren, anpassen. Auf diese Weise kann die thermische Belastung der Bauteile minimiert und die Dynamik der gemeinsamen Schmelze kontrolliert werden.

*Titelseite: Laserstrahl-Mikroschweißen von Batteriezellen für elektrische Antriebe.*

*1 Glas-Metall-Verbindungen bestehend aus Borosilikatglasdeckeln und Kovarhülsen.*

*2 Lötten von Lackdraht.*

### Lötten

Für die Elektronik und Medizintechnik können berührungs- und temperatursensitive Bauteile mittels Weich- und Hartlötens mit Laserstrahlung mit einem geringen Energieaufwand innerhalb einiger hundert Millisekunden gefügt werden. Eine herausragende Eigenschaft des Laserstrahl-Lötens besteht in der Bearbeitung von Pitchgrößen zwischen 100 und 2000 µm durch eine geeignete Wahl der Fokussierung und der Bestrahlungsstrategie. Mit einer Online-Detektion der Wärmestrahlung koaxial zur Laserstrahlung mittels pyrometrischer Sensoren und einer darauf basierenden Laserleistungsregelung lässt sich die Temperatur des Fügeprozesses auch bei wechselnden Prozessbedingungen konstant halten. Ebenso ist eine Positionskontrolle über integrierte, miniaturisierte CCD-Kameras möglich.

### Kunststoffschweißen

Das Laserstrahlschweißen von thermoplastischen Kunststoffen liefert qualitativ hochwertige Nähte und bietet zahlreiche verfahrensspezifische Vorteile wie z. B. das berührungslose Einbringen der Fügeenergie ohne thermische Belastung der Fügeumgebung und das Bearbeiten ohne Partikelfreisetzung. Innovative Verfahrenstechniken auf Basis schnell modulierbarer Faserlaserstrahlung erlauben Nahtbreiten < 150 µm bei Schweißgeschwindigkeiten bis 1 m/s. Durch die Anpassung der Laserwellenlänge an das Absorptionsverhalten der Kunststoffe können auch transparente Kunststoffe ohne Verwendung von Absorbieren geschweißt werden.

### Kunststofffügen mit artungleichen Werkstoffen

Das Fügen artungleicher Materialien stellt für viele Anwendungsbereiche eine besondere Herausforderung dar. Beim Multimaterial-Leichtbau müssen z. B. Kunststoffe und Metalle sicher und schnell verbunden werden. Durch Lasermikrostrukturierung der Metalloberfläche werden Hinterschnitte erzeugt, die im nachfolgenden Fügeprozess ein Verkrallen des Kunststoffs ermöglichen. Dadurch entstehen sehr stabile, hybride Fügeverbindungen ohne den Einsatz von zusätzlichen Materialien. Ein vergleichbarer Ansatz findet auch für das Fügen von Kunststoff und Glas Anwendung, indem entsprechende Mikrostrukturen in der Glasoberfläche erzeugt werden. Die Einsatzbereiche der hybriden Fügeverfahren reichen von der Automobil- und Luftfahrtindustrie bis hin zur Display- und Medizintechnik.

### Glaslötten

Das laserbasierte Glaslotbünden kommt als zuverlässige Verkapselungsmethode für unterschiedliche Anwendungen und Materialkombinationen zum Einsatz und ist insbesondere für die Einhausung und Verkapselung temperaturempfindlicher Komponenten geeignet. Der glasbasierte Fügewerkstoff ermöglicht die Herstellung belastbarer Verbindungen von Glas- und Keramikwerkstoffen. Auch artungleiche Materialkombinationen wie Metall-Glas oder Metall-Keramik können gefügt werden, sofern es sich um wärmeausdehnungsangepasste Werkstoffe handelt. Beim Glaslotbünden resultiert der notwendige Energieeintrag aus der Absorption der Laserstrahlung im Glaslot. Der Laserprozess wird so eingestellt, dass ein zuverlässiges Benetzen der Fügeteile stattfindet und ein Verdampfen von Glaslotkomponenten vermieden wird. Die so erzielte Verbindung bildet eine hermetische Barriere, die das Eindringen von Feuchtigkeit und Gas verhindert.

### Laserstrahlbünden

Silizium und Glas sind weitverbreitete Werkstoffe in der Mikrosystemtechnik und können mittels Laserstrahlbünden lokal begrenzt verbunden werden. Durch eine selektive Laserbestrahlung des Fügebereichs werden, analog zum konventionellen anodischen Bünden, in einem schmelzefreien Festkörperfügeverfahren Sauerstoffbrücken gebildet. So können Fügezonen mit Bondnahtbreiten < 200 µm bei sehr geringer Temperaturbelastung des Gesamtbauteils erreicht werden. Das Verfahren eignet sich daher besonders für das Verkapseln von Mikrosystemen mit beweglichen Strukturen und thermisch empfindlichen Komponenten. Durch den Einsatz von absorbierenden Zwischenschichten und Laserstrahlquellen mit einer Wellenlänge im Bereich 1500–1900 nm können auch Werkstoffverbünde wie z. B. Silizium-Silizium gefügt werden.

### Ansprechpartner

Dr. Alexander Olowinsky  
Telefon +49 241 8906-491  
alexander.owinsky@ilt.fraunhofer.de

Prof. Arnold Gillner  
Telefon +49 241 8906-148  
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

*3 Batteriemodul mit laserbasierter Verbindungstechnik.*

*4 Laserstrahlschweißen von transparenten Kunststoffen für Mikrofluidikanwendungen.*

*5 Autotür mit lasergefügter Kunststoff-Metall-Hybridverbindung.*