



LASERBASIERTE KONTAKTIERUNG VON BATTERIEN UND LEISTUNGSELEKTRONIK



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

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

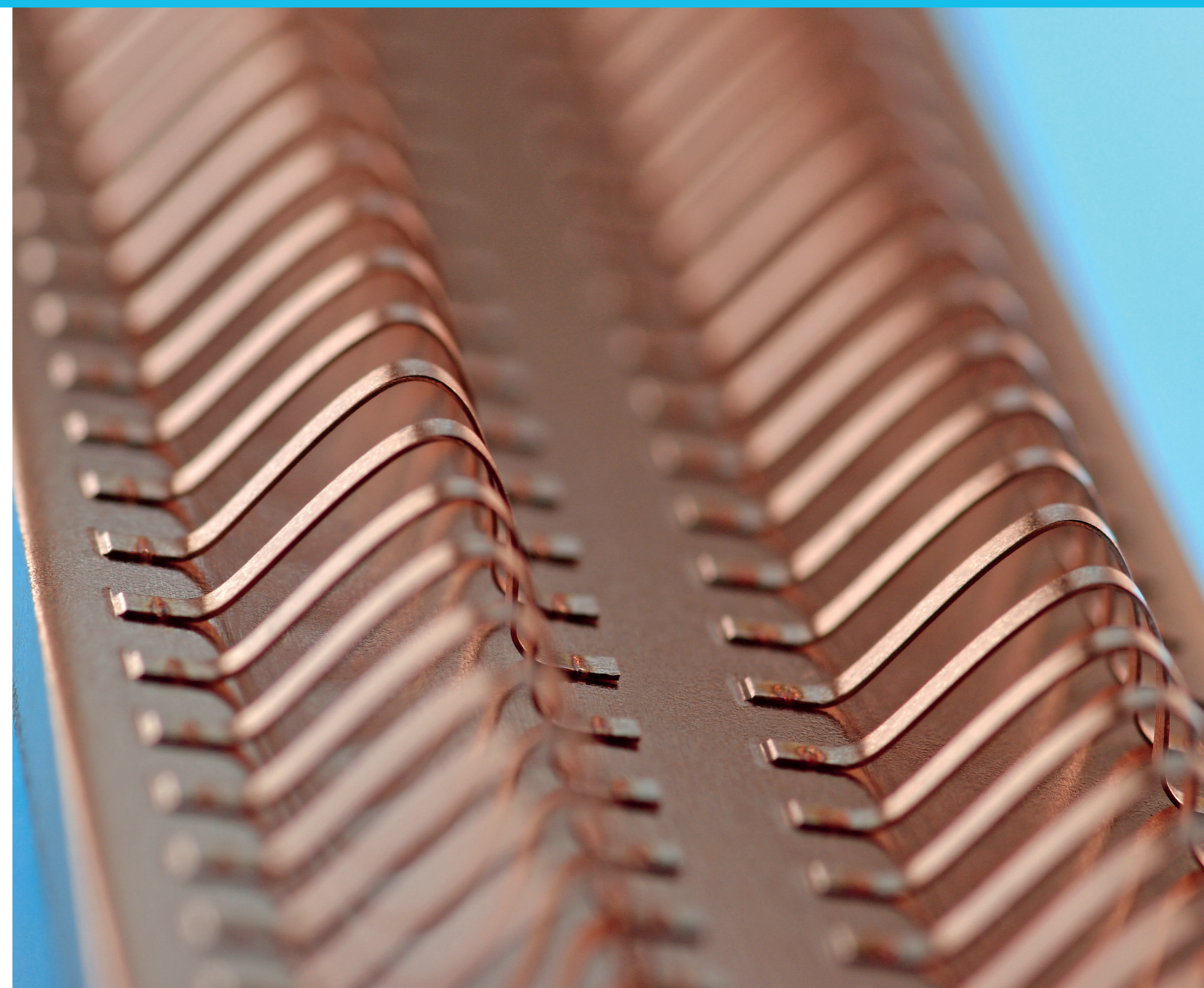
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

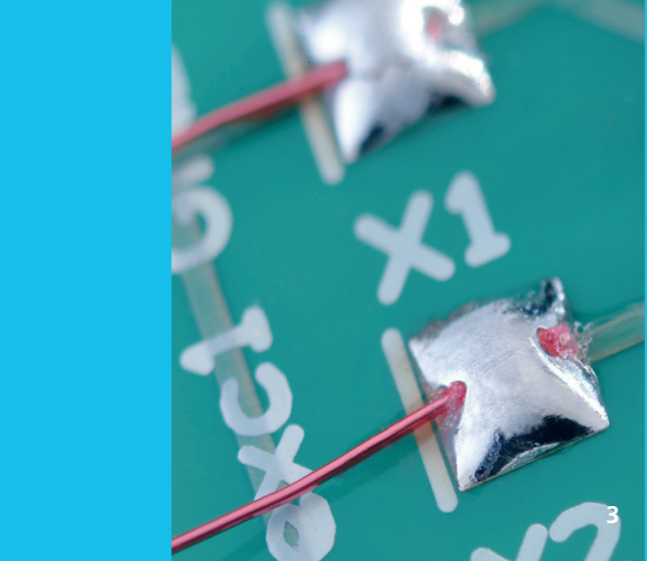
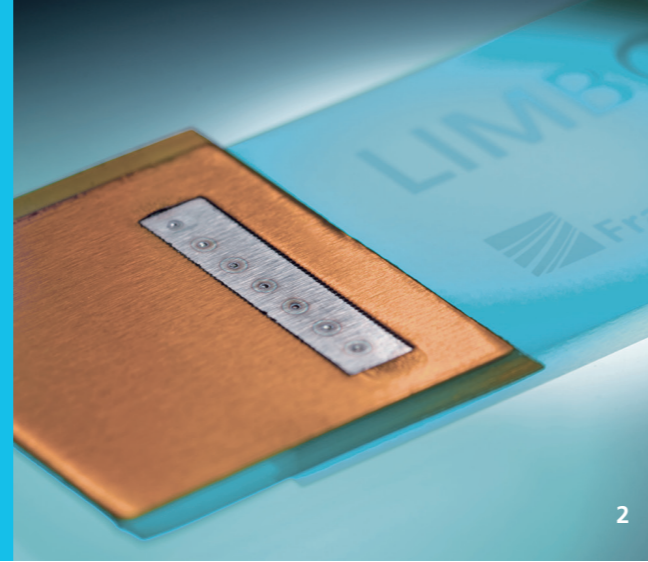
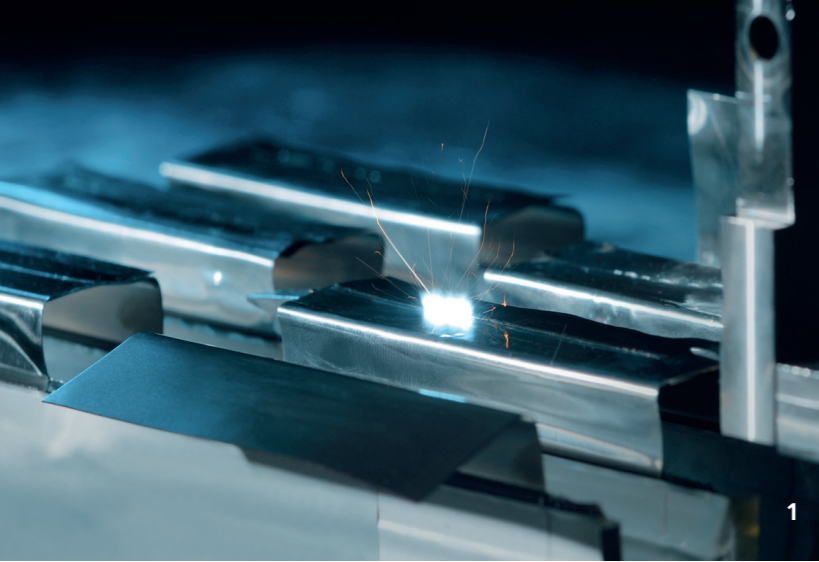
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

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.





LASERBASIERTE KONTAKTIERUNG VON BATTERIEN UND LEISTUNGSELEKTRONIK

Der Ausbau regenerativer Energiequellen und die Weiterentwicklung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen führen zu neuen Anforderungen an die Leistungselektronik. Höhere Ströme und Leistungen erfordern größere Anbindungsflächen und -querschnitte zur Reduzierung der Übergangswiderstände. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt robuste Verbindungstechniken zum Fügen von leitenden Elementen wie Kupfer oder Aluminium.

Laserstrahl-Mikroschweißen

Beim Laserstrahl-Mikroschweißen von thermisch und elektrisch gut leitenden Materialien wie Kupfer und Aluminium wird zunehmend auf die Verwendung von hochbrillanten Strahlquellen gesetzt. Durch den Einsatz von Faserlasern mit einer sehr guten Fokussierbarkeit (Beugungsmaßzahl $M^2 \approx 1$) können Fokusdurchmesser von einigen 10 μm erreicht werden. Die bereitgestellten Leistungen von einigen Kilowatt erzeugen damit eine Intensität, bei der sich auch Materialien wie Kupfer und Gold, die bei einer Wellenlänge von ca. 1 μm einen hohen Reflexionsgrad besitzen (≥ 90 Prozent), prozesssicher fügen lassen. Der durch den geringen Fokussdurchmesser bedingte, nachteilige Effekt einer geringen Anbindungsbreite kann durch die Verwendung einer örtlichen Leistungsmodulation – eine dem Vorschub überlagerte kreisförmige Oszillationsbewegung – kompensiert werden. Eine solche Strahlmodulation führt sowohl zu einer Erhöhung der Prozesseffizienz als auch zu einer stabilen Prozessführung. Um die Einschweißtiefe möglichst konstant zu halten, kann die Laserleistung zusätzlich zeitlich moduliert

werden, um auftretende Schwankungen in der Energieeinkbringung oder Streckenenergie auszugleichen. Daraus ergeben sich neben der Leistungselektronik auch weitere Anwendungsgebiete wie z. B. die Batterietechnik.

Laser Impulse Metal Bonding (LIMBO®)

Das Laser Impulse Metal Bonding (LIMBO®) ermöglicht einen Laser-Spaltschweißprozess zwischen einem 200 μm dicken Kupferblech und einer 105 μm dicken Kupferplatine, ohne eine Beschädigung der darunter liegenden Leiterplatte. Der zentrale Ansatz des LIMBO®-Verfahrens ist die Modulation des Fokussdurchmessers zur Anpassung der Laserstrahlintensität an das Werkstück. Dies führt zum Aufschmelzen und Auslenken der Schmelze sowie zur Kontaktierung des oberen mit dem unteren Fügepartner durch einen Impuls. Dieses innovative Verfahren bietet die Möglichkeit die Einschweißtiefe und den thermischen Energieeintrag in das untere Material deutlich zu reduzieren. So können die oberen Fügepartner in ihrer Bauteilgeometrie, im Vergleich zu konventionellen Schweißprozessen, dicker ausgelegt werden und dadurch eine bessere Stromtragfähigkeit gewährleisten. Aufgrund der geringen Einschweißtiefe und des reduzierten Energieeintrags in das untere Material ist die LIMBO®-Fügetechnik außerdem sehr bauteilschonend, insbesondere im Hinblick auf sensible Schichten wie z. B. FR4 oder Keramik.

Titelbild: Mittels Laserstrahl-Mikroschweißen befestigte Kupferbändchen.

- 1 Laserstrahl-Mikroschweißen von Pouchzellen.
- 2 Spaltschweißen mittels LIMBO®-Prozess auf einer Leiterplatte.

Laserbonden

Als Fügeprozess wird beim Laserbonden das Laserstrahl-Mikroschweißen verwendet. Im Gegensatz zum herkömmlichen Ultraschallbonden sind die Ansprüche an Oberflächengüten und Reinigungsprozesse dabei geringer. Zudem wird durch den laserbasierten Mikroschweißprozess eine größere Unabhängigkeit vom Unterbau und Schwingungsverhalten des Werkstücks erreicht. Zur Kombination des Laserstrahlbondprozesses mit herkömmlicher Bondtechnologie können bestehende Bonder umgerüstet werden.

Insbesondere für Kupferwerkstoffe ergeben sich neue Möglichkeiten durch den Einsatz der kombinierten Bondtechnologie. Basierend auf dem Einsatz moderner Laserstrahlquellen mit einer sehr guten Strahlqualität können so z. B. Kupfer- und Aluminiumwerkstoffe präzise und reproduzierbar gefügt werden. Zusätzlich lässt sich der Laserprozess mit einem Oszillationsschweißprozess erweitern, der bei der Bearbeitung von Drähten und Bändchen höhere Anbindungskräfte ermöglicht und somit neue Anwendungsgebiete für das Verfahren eröffnet.

Laserstrahllöten

Beim Weich- und Hartlöten mittels Laserstrahlung können berührungs- und temperatursensitive Bauteile, z. B. für die Elektronik-, Photovoltaik- und Medizintechnik, mit einem geringen Energieaufwand innerhalb einiger hundert Millisekunden gefügt werden. Eine herausragende Eigenschaft des Laserstrahllöten besteht in der Bearbeitung von Pitchgrößen zwischen 100 und 2000 μm durch eine geeignete Wahl der Fokussierung und der Bestrahlungsstrategie.

Die Schmelztemperatur kann durch Verwendung von Niedertemperaturloten auf unter 150 $^{\circ}\text{C}$ reduziert werden, für Hochtemperaturanwendungen sind auch Hartlote mit Schmelztemperaturen von über 1000 $^{\circ}\text{C}$ geeignet. Durch eine Online-Detektion der Wärmestrahlung mit pyrometrischen Sensoren koaxial zur Laserstrahlung 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.

Ansprechpartner

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

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

- 3 Laserstrahllöten von Drähten auf einer Leiterplatte.
- 4 Einzelkontaktierung von 18650-Batteriezellen.
- 5 Lasergefügtes Batteriemodul aus Batteriezellen des Typs 18650.