

1

- 1 *Hermetisch dichtes, reaktives Bonden von Chips und Sensoren.*
- 2 *Reaktives Fügen eines optisch beschichteten Siliziumspiegels auf Schaumstrukturen aus Metall zum Einsatz als Laserscannerspiegel.*



2

## SCHONENDES REAKTIVES FÜGEN

### REAKTIVE MULTISCHICHTSYSTEME ZUM MASSGESCHNEIDERTEN FÜGEN

Reaktive Multischichtsysteme (RMS) bieten die Möglichkeit, eine genau definierbare Wärmemenge innerhalb weniger Millisekunden zum schonenden Fügen von Bauteilen bereitzustellen. Sie bestehen aus mehreren hundert periodisch aufgebauten Schichten zweier Materialien mit Einzelschichtdicken von wenigen Nanometern. Über eine exotherme Reaktion wird die Wärme freigesetzt und kann zum reaktiven Fügen von Bauteilen genutzt werden. RMS ermöglichen aufgrund der einzigartigen Eigenschaften Verbindungen von z. B. temperaturempfindlichen Bauelementen und von Materialien mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Dabei weisen die Verbindungen gute elektrische und thermische Leitfähigkeiten sowie hohe Festigkeiten auf. Am Fraunhofer IWS Dresden werden solche RMS entwickelt und deren Potenzial auf unterschiedlichen Anwendungsfeldern analysiert.

#### Aufbau und Prinzip von RMS

Das Fraunhofer IWS hat mit reaktiven Multischichtsystemen fugezoneninterne Wärmequellen entwickelt, die auf die jeweilige Fügeaufgabe zugeschnitten werden und somit die genannten Herausforderungen überwinden können. RMS bestehen aus mindestens zwei Materialien, die aus alternierenden Einzelschichten weniger Nanometer Dicke aufgebaut sind und nach Einwirkung einer Aktivierungsenergie selbstfortschreitend exotherm reagieren. Die dabei entstehende Reaktionswärme wird zum Aufschmelzen des Grundwerkstoffes oder von Loten genutzt, um Verbindungen innerhalb weniger Sekunden zu erzeugen.

#### Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

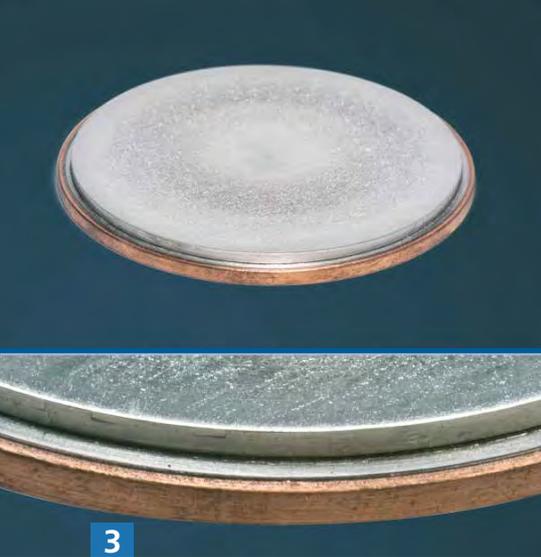
Winterbergstraße 28  
01277 Dresden

Ansprechpartner

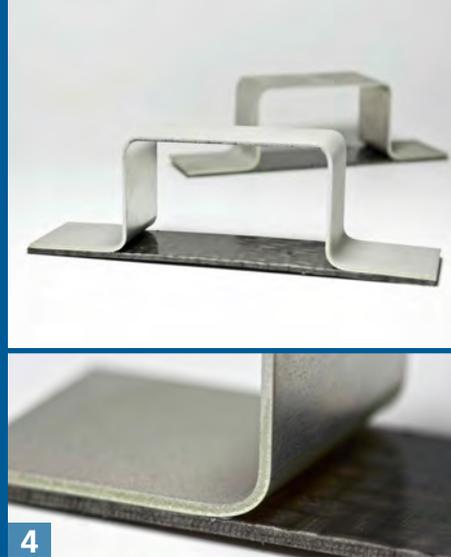
Dipl.-Ing. Erik Pflug  
+49 351 83391-3524  
erik.pflug@iws.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Georg Dietrich  
+49 351 83391-3287  
georg.dietrich@iws.fraunhofer.de

[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)



3



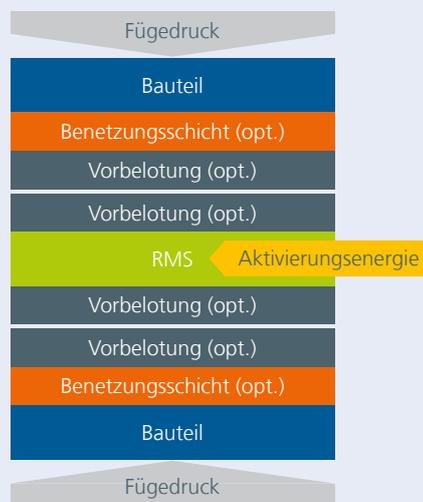
4



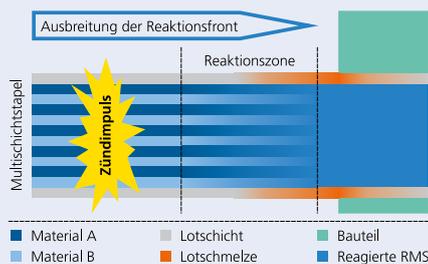
5

- 3 Targetbonden mittels RMS für Beschichtungsprozesse im Vakuum.
- 4 Reaktives Bonden eines Hutprofils von Hybridverbindungen aus Metall-Kunststoff.
- 5 Hermetische und feste, reaktive Verbindung einer Autotürgummidichtung.

#### Fügevorgang unter Nutzung von RMS



#### Prinzip einer RMS-Reaktion



Ausgangszustand mit Initiierung der Reaktion. Diffusionsprozess durch chemische Reaktion (Mitte), Freigabe der Reaktionswärme zum Verbinden der Bauteile.

Aufgrund der kurzen Reaktionszeit und der geringen, anpassbaren Wärmemenge, die zum reaktiven Fügen notwendig ist, ergibt sich eine minimale thermische Belastung der an die Fügezone angrenzenden Bauteile. Dabei lassen sich RMS sowohl direkt auf Bauteile abscheiden, als auch als mobile, freistehende Folie herstellen.

#### Herstellung und Eigenschaften

Das Fraunhofer IWS hat in den vergangenen Jahren geeignete Materialsysteme für RMS mit einer großen Bandbreite an Eigenschaften entwickelt. Die Herstellung der RMS erfolgt dabei über das Vakuumbeschichtungsverfahren Magnetron-Sputter-Deposition. Neben der Auswahl des Materialsystems lassen sich die RMS-Eigenschaften zudem über die Gesamtdicke und das stöchiometrische Verhältnis der Reaktionspartner einstellen. Dadurch ist es möglich, sowohl niedrig schmelzende Werkstoffe, wie z. B. Kunststoffe, als auch Metalle oder Keramiken über Lote zu verbinden. Einen weiteren wesentlichen Einfluss auf die Verbindungseigenschaften wie Festigkeit oder Dichtheit übt der erforderliche Fügedruck

aus. Werden beispielsweise in der Mikrosystemtechnik und im Gehäusebau präzise Fügeflächendesigns benötigt, so ist eine Strukturierung der RMS mittels Laser bei Folien oder durch Schattenmasken bei Direktbeschichtung möglich.

#### Anwendungsfelder

- Mikrosystemtechnik
- Scannersysteme/-spiegel
- Sputtertargets für Vakuumbeschichtung
- Leichtbau
- Automotive

#### Vorteile

- Maßgeschneidertes, schonendes Fügeverfahren
- Keine Veränderung der Bauteileigenschaften
- Fügen verschiedener Materialklassen
- Kurze Fügeprozesszeiten (< 1 s)
- Langlebige, feste und dichte Verbindungen

#### Kenndaten zur Nutzung von RMS

RMS-Materialien:	Ni/Al, Ti/Al, Zr/Si, Zr/Al
RMS-Gesamtdicken:	5–100 µm
Maximale Reaktionstemperaturen:	600–2300 °C
Reaktionsgeschwindigkeiten:	2–15 m s <sup>-1</sup>
Benötigte Fügedrücke:	0,1–30 MPa
Fügezeit:	< 1s
Aktivierungsenergie:	Elektrischer Funke, Laserpuls, Wärme