

Laserstrahlfügen von keramischen Komponenten

W. Lippmann, M. Herrmann, C. Hille, A.-M. Reinecke, R. Wolf

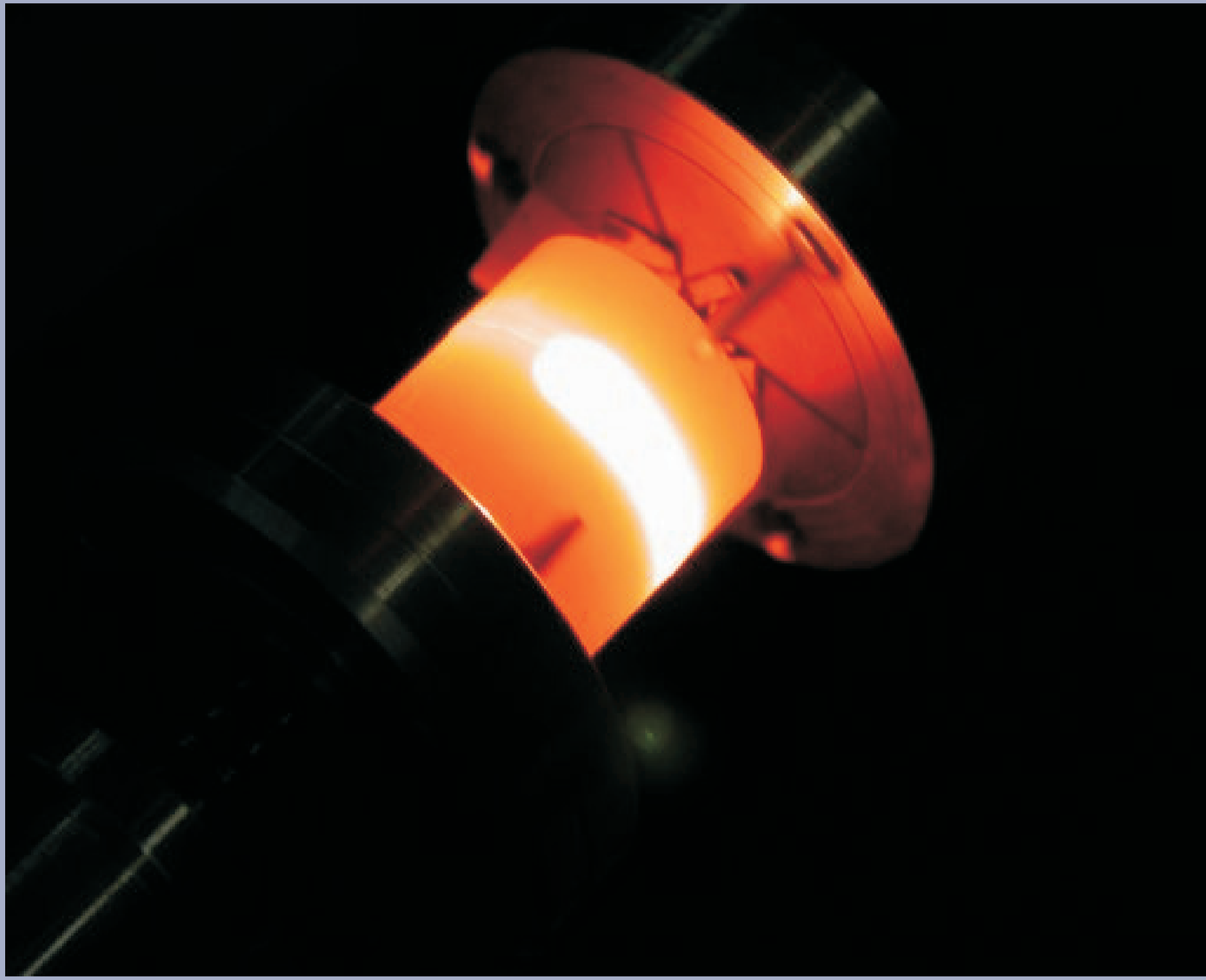


Abb. 1 - Gedämpftes Bild eines Laserprozesses

ZIELSTELLUNG

Entwicklung einer Technologie zum Fügen von Nichtoxidkeramik (SiC und Si₃N₄) mittels Laser

VORTEILE

- keine Schutzgasatmosphäre
- lokale Aufheizung
- kurze Prozesszeiten
- keine Probenvorbereitung

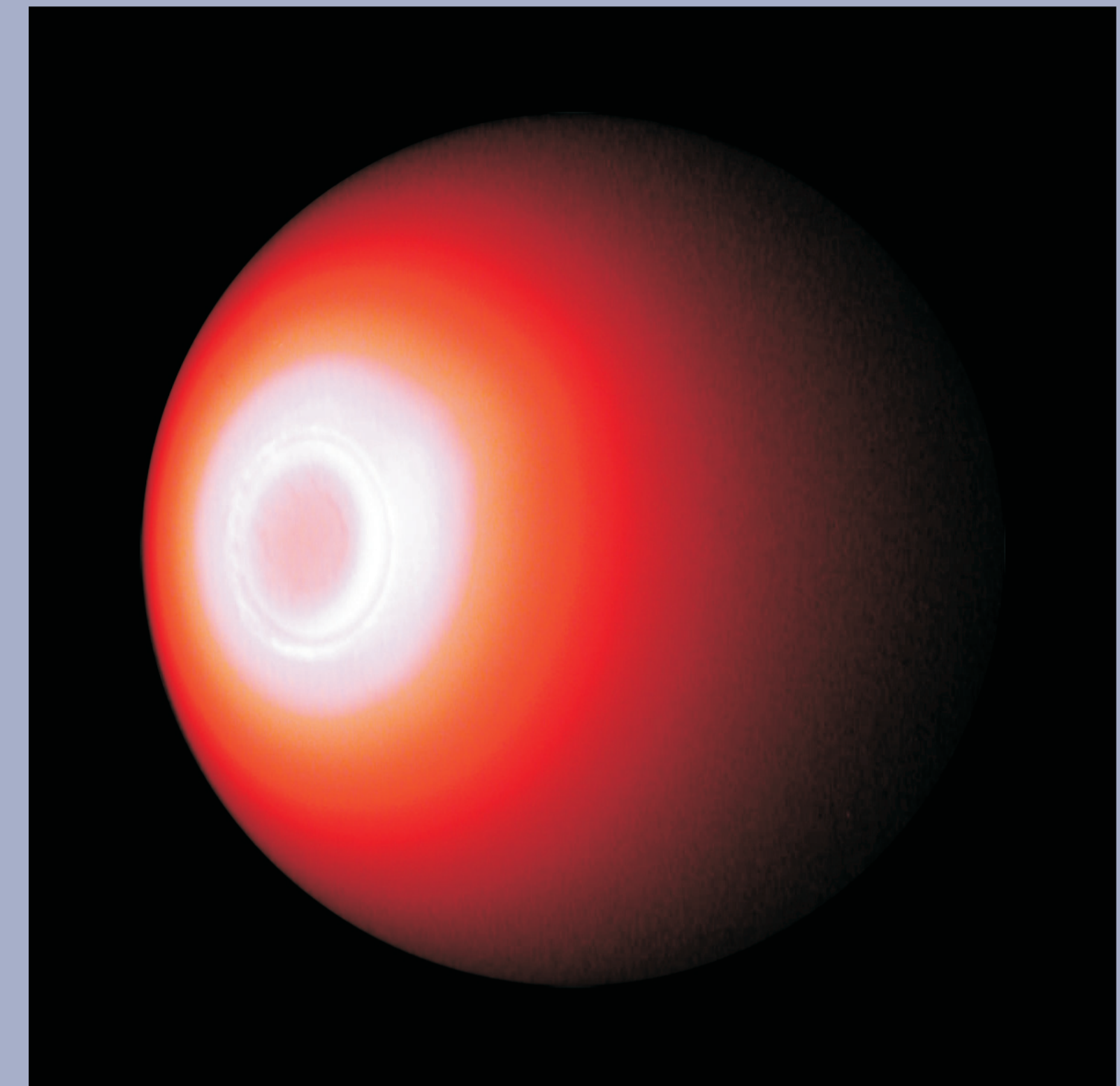


Abb. 2 - Gefügte SiC-Hohlkugel

Diese Technologie basiert auf der Lösung zweier grundlegender Probleme

PROBLEM 1 - SiC und Si₃N₄

- geringe Sinteraktivität durch hohen kovalenten Bindungsanteil
- SiC bildet keine Schmelzphase aus

➔ Entwicklung eines geeigneten oxidischen Lotes aus dem Phasensystem Al₂O₃, SiO₂ und Y₂O₃

PROBLEM 2 - Fügeverfahren mittels Laser

- Laserstrahlung wird vollständig an Oberfläche absorbiert
- Wärmetransport in Tiefe erfolgt ausschließlich über Wärmeleitung

➔ Anpassen und Optimieren der entwickelten Lasertechnologie hinsichtlich der Laserparameter

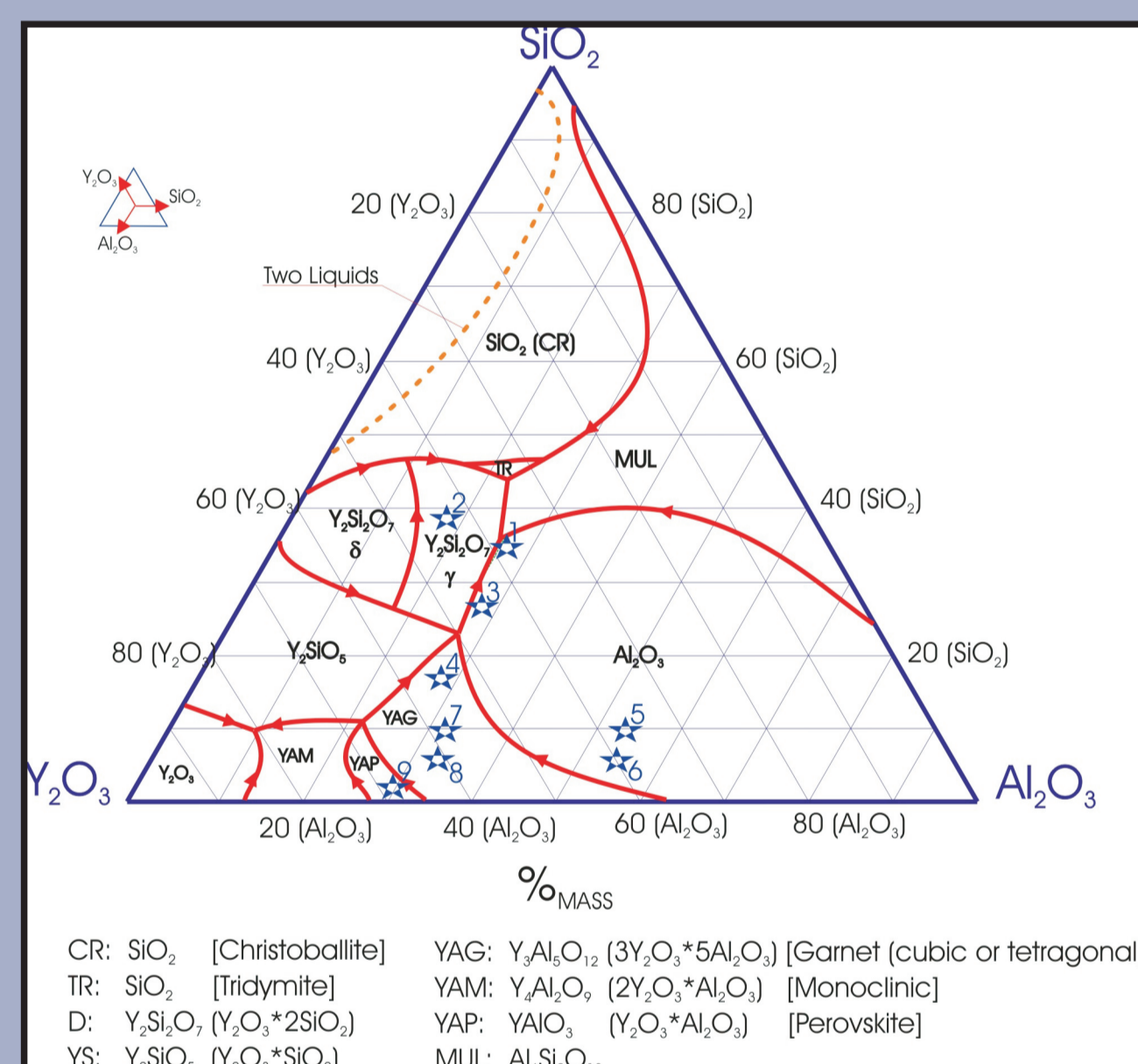


Abb. 3 - Ternäres Phasendiagramm des Lotsystems

Anforderungen an das Lot

- ⇒ ausreichend gute Benetzung
- ⇒ geringe Wechselwirkung mit der Keramik
- ⇒ gute Übereinstimmung der thermischen Dehnung

Auftragsmöglichkeiten

- ⇒ als Pulver
- ⇒ als Suspension
- ⇒ als Folie

Anmerkung: Fügeverbindung kann elektrisch leitfähig gestaltet werden.

Eigenschaften

- ⇒ nieder- bis hochtemperaturbeständig
- ⇒ riss- und porenfrei
- ⇒ extrem schmale Fügenaht
- ⇒ korrosionsresistent
- ⇒ vakuumdicht
- ⇒ ausreichend mechanische Festigkeit

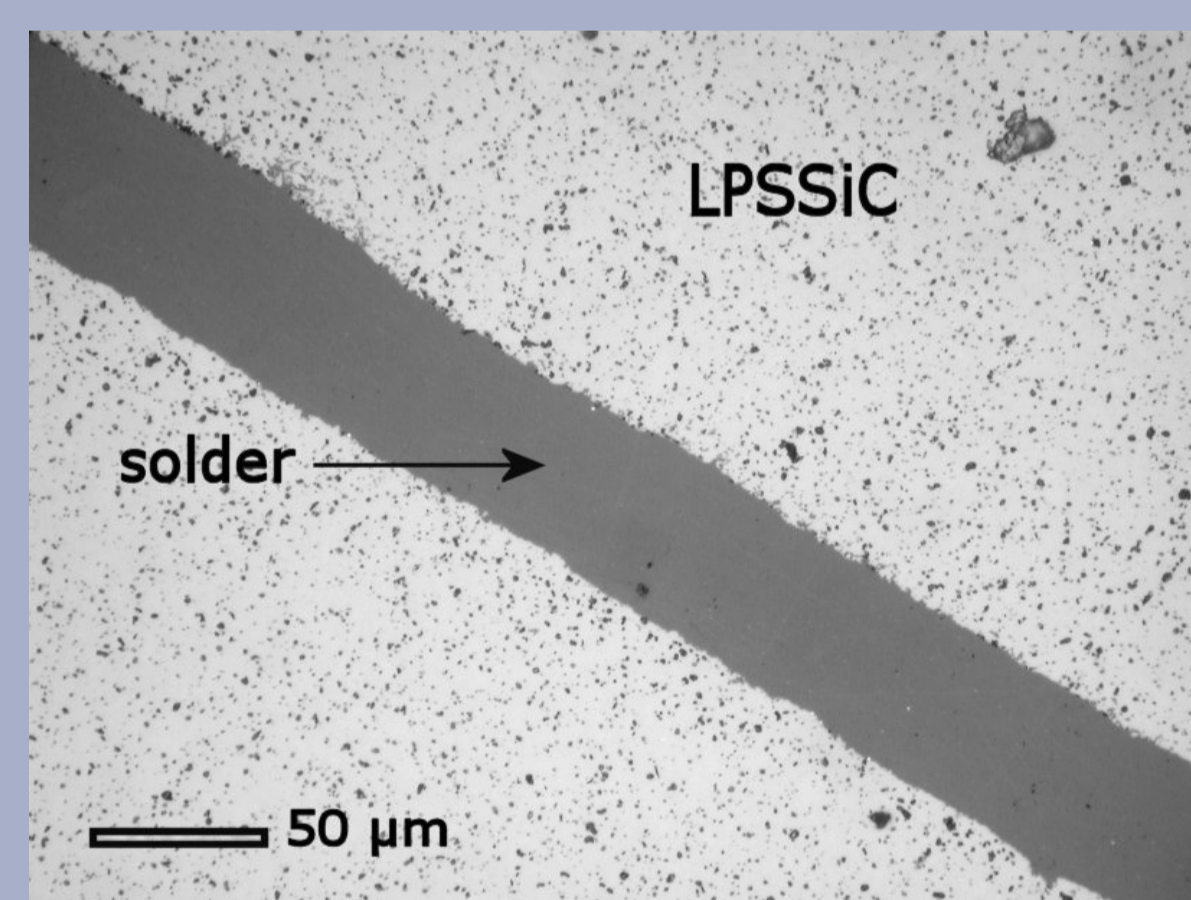


Abb. 6 - Querschnitt einer Fügenaht

CO₂ Laser

Dioden-Laser



Abb. 4 - Laserarbeitsplatz

Laseranlage

Es stehen zwei unterschiedliche Lasertypen zur Verfügung:

- ⇒ CO₂-Laser: 10,6 µm maximale Strahlleistung 2,0 kW
- ⇒ Dioden-Laser: 0,808 + 0,940 µm maximale Strahlleistung 3,1 kW

Optimierung der Laserparameter

- ⇒ Laserleistung
- ⇒ Laserstrahlführung
- ⇒ Scan-Geschwindigkeit

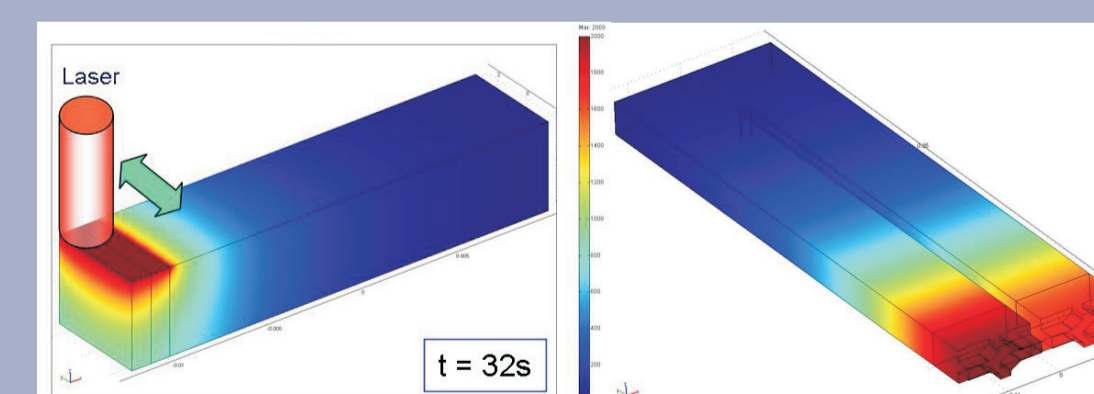


Abb. 7 - Berechnete Temperaturverteilung von Bauteilen

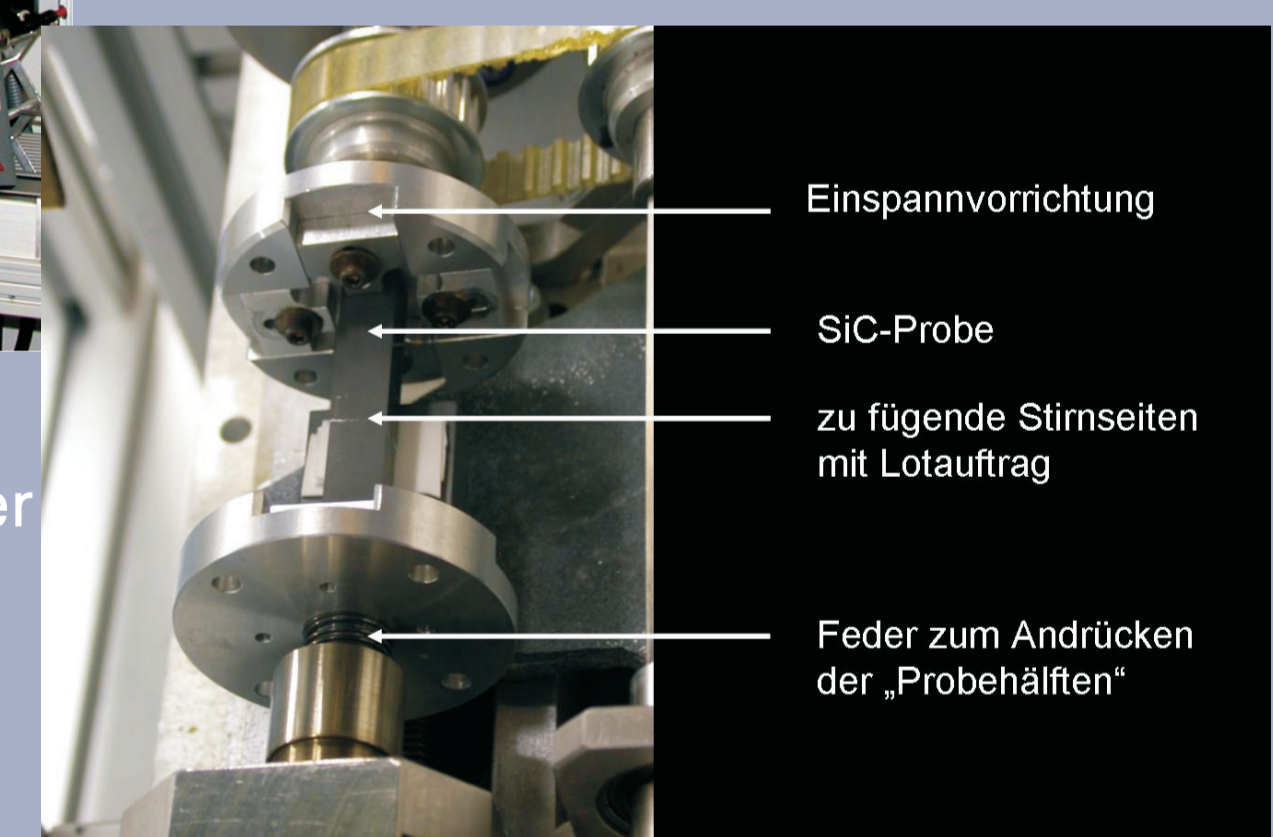


Abb. 5 - Probenhalterung

Simulationsrechnungen mit Hilfe eines FEM-Codes (COMSOL)

- ⇒ Temperaturverteilung im Bauteil
- ⇒ Spannungsanalysen
- ⇒ Leitfähigkeitsprognosen
- ⇒ Aufheizgeschwindigkeiten

FAZIT

Das Verfahren bietet viele Vorteile für eine effiziente Nutzung der Lasertechnologie zum Fügen von Keramiken für Hochtemperaturanwendungen. Die gute Regel- und Steuerbarkeit der Laseranlage begünstigt die Integration in automatisierte Fertigungslinien. Der Energieeintrag der Laserstrahlung ist lokal begrenzt, was die Prozesszeiten erheblich verkürzt. Das Laserfügeverfahren ist für oxidkeramische Materialien anwendbar.



Abb. 8 - Verschiedene gefügte Komponenten



Abb. 9 - Gefügte Si₃N₄-Kapsel

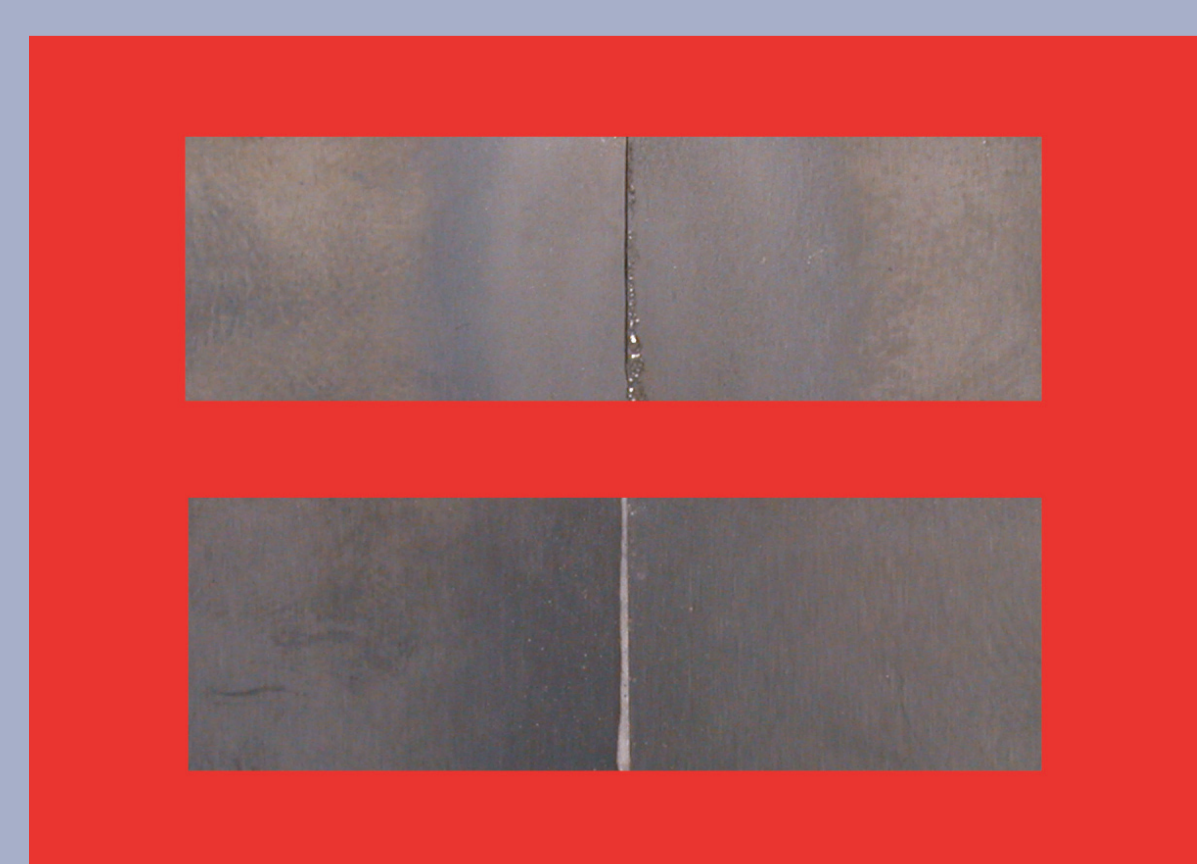


Abb. 10 - Gefügte LPS-SiC-Heizleiterelemente

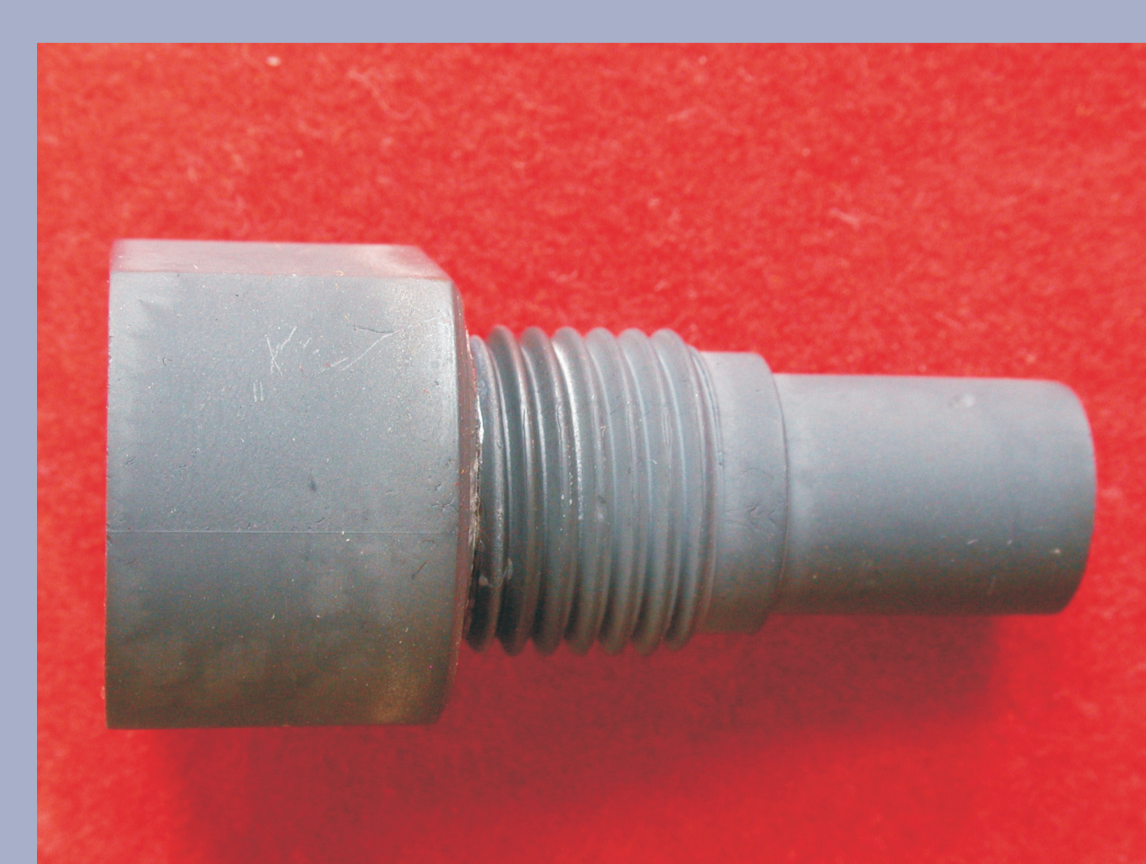


Abb. 11 - Gefügte SiC-Sensorkappe

KONTAKT

Dr.-Ing. habil. Wolfgang Lippmann
Technische Universität Dresden
Professur für Wasserstoff- und Kernenergietechnik

Tel.: 49 0351 - 463 34793
Fax: 49 0351 - 463 37161
wolfgang.lippmann@tu-dresden.de