Entwicklung eigenspannungsreduzierender Maßnahmen für flächige Lötverbindungen der Mikrosystemtechnik

Institut für Werkstoffkunde
Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Fr.-W. Bach
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. C. Roxlau

Lehr- und Forschungsgebiet
Werkstoffwissenschaften
RWTH Aachen
Prof. Dr. techn. E. Lugscheider
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. W. Varava

DVS/AiF-Projekt „Entwicklung eigenspannungsreduzierender Maßnahmen für flächige Lötverbindungen der Mikrosystemtechnik“

Konventionelle Fügetechniken:

Kleben → Eingeschränkte Anwendungstemperatur, schlechte Wärmeleitung

Anodisches Bonden, Löten mit Glasloten → Beschränkt auf wenige Grundwerkstoffe, spröde Fügeverbindungen

Löten mit metallisierten Fügeflächen → Großflächige Fügezone, gute Wärmeleitung, viele Werkstoffe, **Eigenspannungsproblematik**

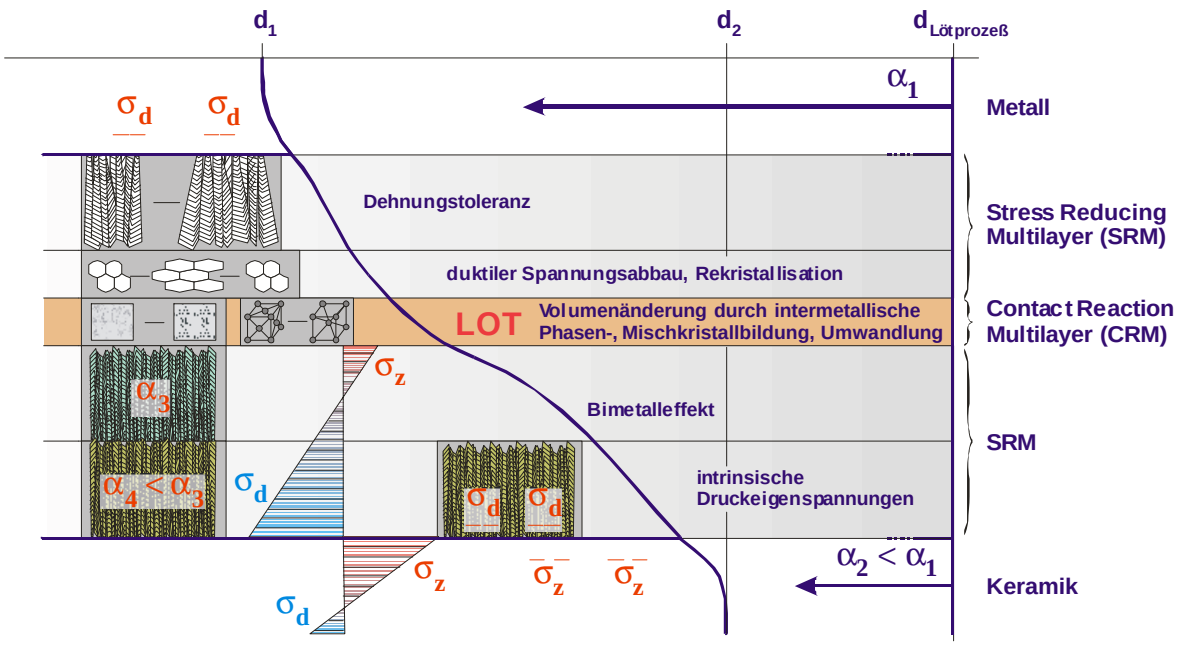
→ ***Bedarf an einer spannungs- und verzugsarmen Fügetechnik für die Mikrosystemtechnik***

FA 10 – Sitzung 21.11.2003 in Dresden

Lösungsweg: PVD-Mehrschichtsysteme

- Mehrlagenschichtsysteme
  - → kontinuierlicher Übergang der Ausdehnungskoeffizienten
- kolumnare Schichtstruktur
  - → Dehnungstoleranz
- intrinsische Druckspannungen
  - → Abbau thermisch induzierter Zug-Eigenspannungen
- rekristallisationsinduzierter Volumensprung durch Wärmebehandlung
  - → Kompensation von Längenänderungen
- Entstehung von Mischkristallen und intermetallischen Phasen im Lötprozeß
  - → gezieltes Implementieren von Eigenspannungen
- metallische Zwischenschichten
  - → duktiler Abbau von Eigenspannungen

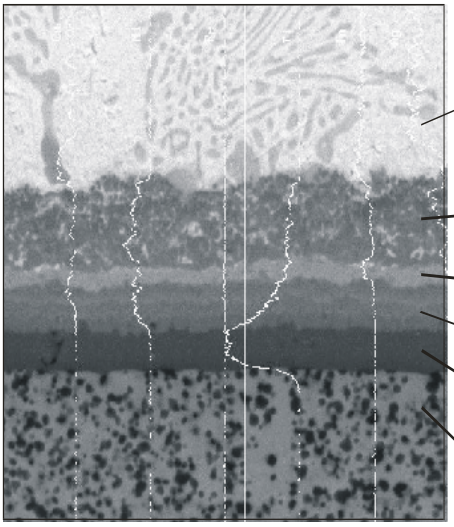
DVS/AiF-Projekt „Entwicklung eigenspannungsreduzierender Maßnahmen für flächige Lötverbindungen der Mikrosystemtechnik“



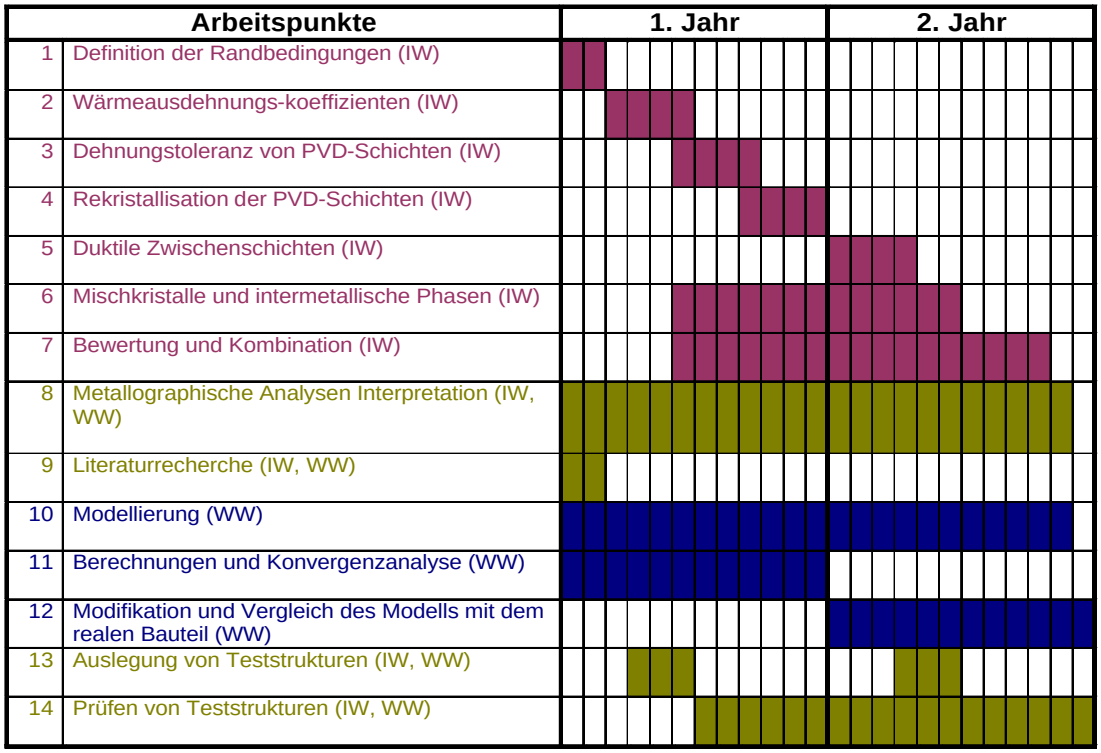
FA 10 – Sitzung 21.11.2003 in Dresden

Werkstoffe

PVD-Schicht-Werkstoff	a	Fügesysteme / Verfahren
In	24,8	**Kontaktreaktionslote:** **Ag-Sn 221°C / 232°C** **Sn-In 120°C / 156°C** Zn-Al 382°C / 420°C Ag-Cu 780°C Al-Si 577°C / 660°C
Al	23,5	
Cu	17,0	
Ni	13,3	
Ti	8,9	
V	8,3	**Lötverfahren:** Schutzgasofen Partielle Erwärmungs-verfahren
Nb	7,2	
Ta	6,5	
Mo	5,1	**Grundwerkstoffe:** Al2O3 Cu Si Al
Si	4,7-7,6	
W	4,5	



DVS/AiF-Projekt „Entwicklung eigenspannungsreduzierender Maßnahmen für flächige Lötverbindungen der Mikrosystemtechnik“



FA 10 – Sitzung 21.11.2003 in Dresden

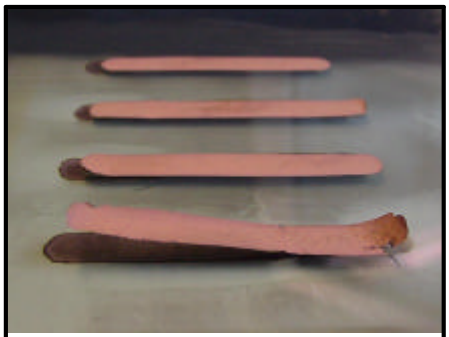
Anstehende Arbeiten (PBA-Sitzung vom 21.10.03)

- Ermittlung der Eigenspannungen / thermischen Ausdehnungskoeffizienten der PVD -Schichtwerkstoffe
  - → Aufbringen des jeweiligen Schichtwerkstoffs auf Keramik / Metallfolien
  - → Ablösen der aufgebrachten Schichten von Keramik
    - Ermittlung der Eigenspannung anhand des Biegeradius
    - Ermittlung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten anhand ausgeglühter Schichten
  - → Bimetall Effekt an artgleichen Verbunden
- Herstellung und Simulation eines Referenzprüfkörpers
  - → Auflöten eines DMS auf ein Bauteil
  - → Lote: Indium-Weichlot, Zinn-Kupfer-Lot, **Zinn-Silber-Lot**
    Fügetemperatur: max. 240°C
    Bauteilwerkstoffe: Al, Cu, Si-Einkristall
  - → Aufzeichnung der Abkühlkurve
  - → Eigenspannungssimulation mittels FEM

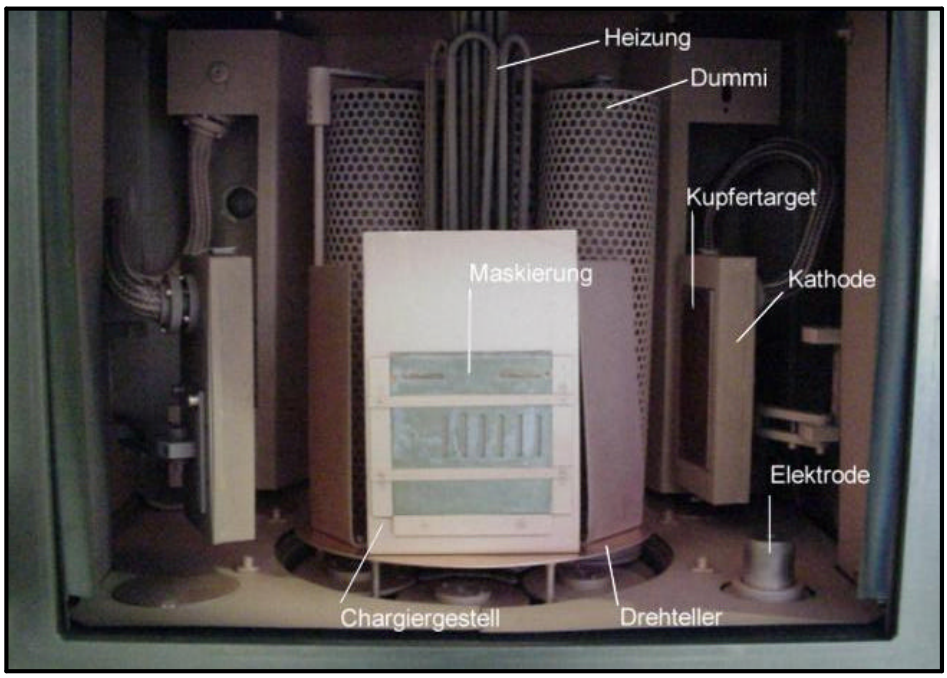
DVS/AiF-Projekt „Entwicklung eigenspannungsreduzierender Maßnahmen für flächige Lötverbindungen der Mikrosystemtechnik“

Aktuelle Arbeiten: Herstellung von Beschichtungsproben

Cu beschichtete Ti-Folie



Mit Kupfer beschichtetes Glassubstrat



FA 10 – Sitzung 21.11.2003 in Dresden

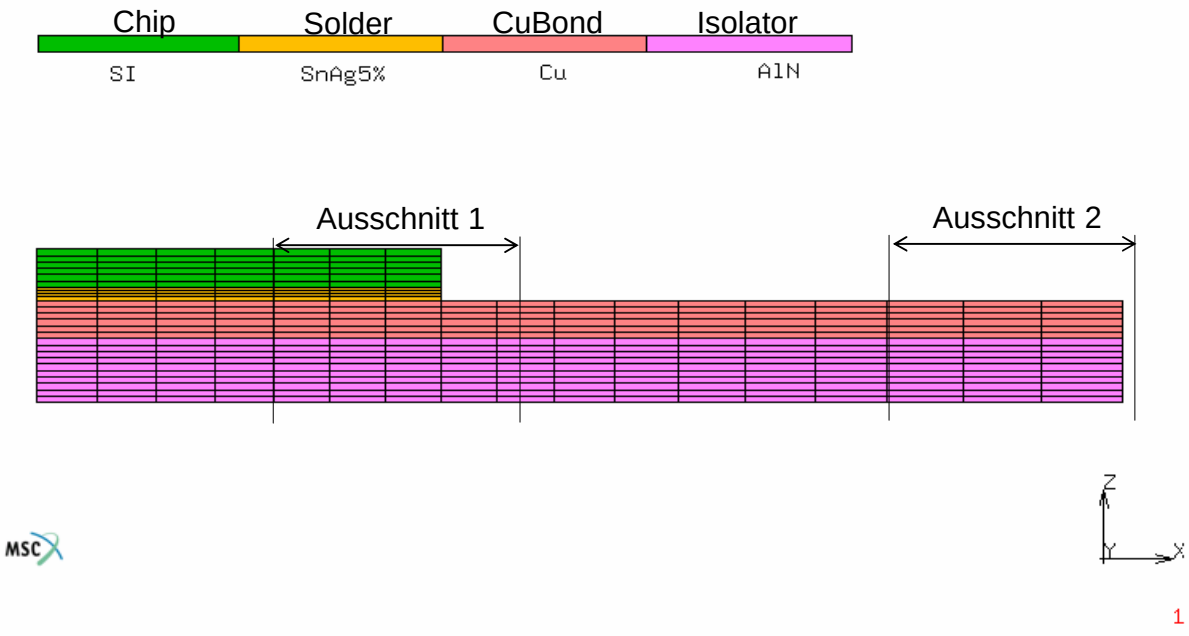
Simulation - Durchgeführte Arbeiten

- Annahmen für das Referenzmodell
  - Lineares thermoelastisches Verhalten für alle Fügepartner
  - Homogenes Temperaturfeld für alle Fügepartner
  - Temperaturunabhängige Materialwerte für alle Fügepartner
  - Bauteilträger ist unendlich steif

- Referenzmodell des Multilayers
  - Festlegung der Elementbase des Bauteils
  - Festlegung des geometrischen Modells (automatisiert)
  - Festlegung des FEM-Modells (automatisiert)
  - Festlegung der Materialwerte und Randbedingungen
  - Berechnungen und Ergebnisanalyse

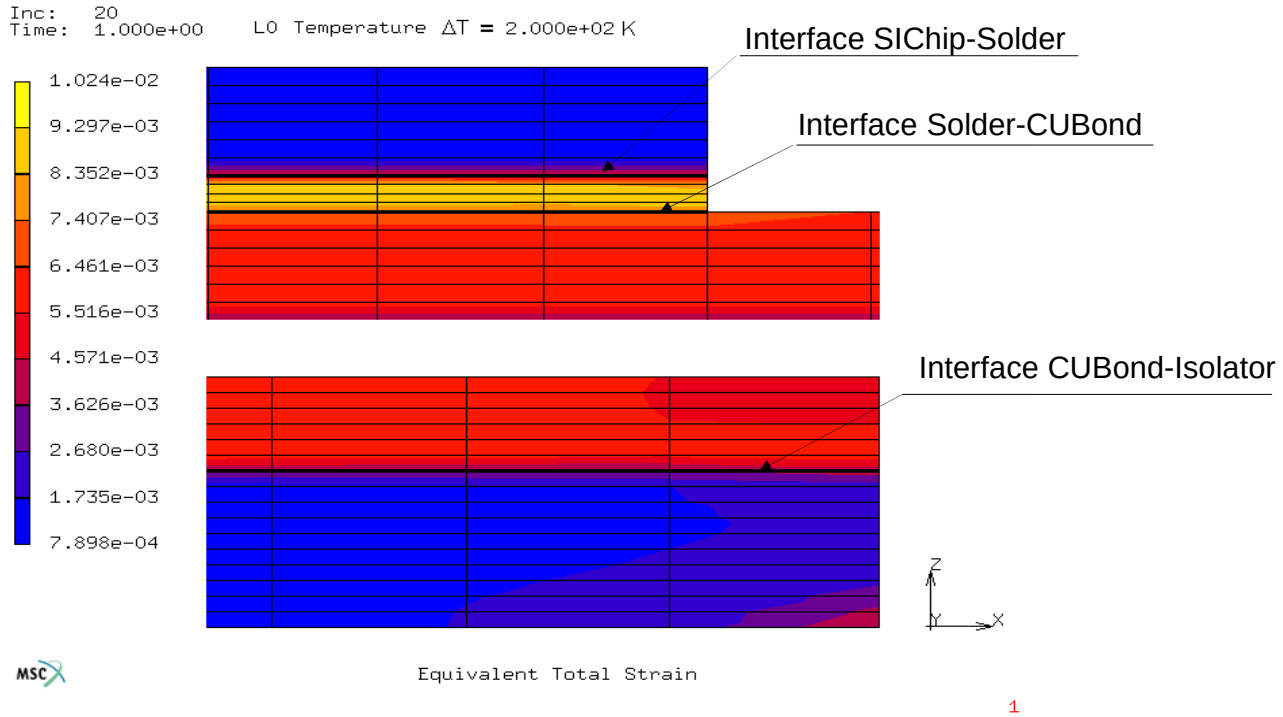
DVS/AiF-Projekt „Entwicklung eigenspannungsreduzierender Maßnahmen für flächige Lötverbindungen der Mikrosystemtechnik“

Referenzmodell



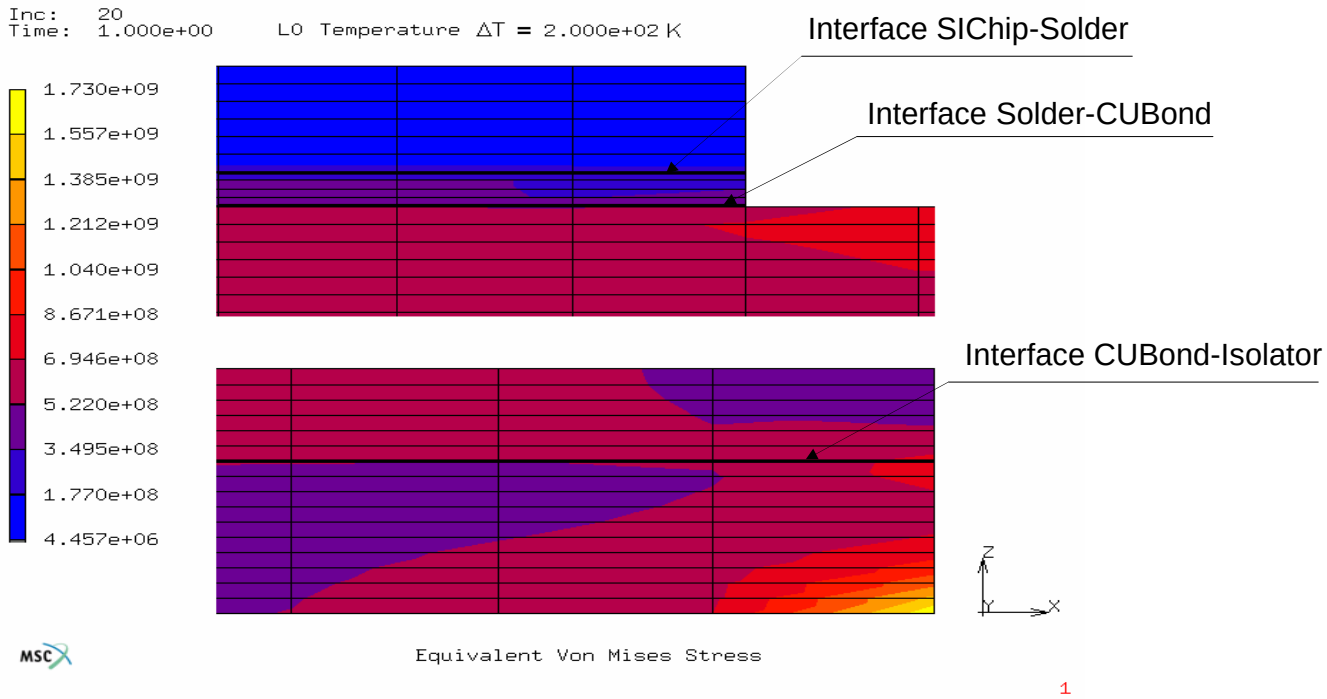
FA 10 – Sitzung 21.11.2003 in Dresden

Äquivalente Dehnungen in Ausschnitten 1 und 2



DVS/AiF-Projekt „Entwicklung eigenspannungsreduzierender Maßnahmen für flächige Lötverbindungen der Mikrosystemtechnik“

Äquivalente Spannungen in Ausschnitten 1 und 2



FA 10 – Sitzung 21.11.2003 in Dresden

Simulation - Zukünftige Arbeiten

- Durchführung der Parameterstudie
- Komplette Parameteriesierung des Berechnungsmodells
- Einsetzen der erweiterten Materialmodelle
  - Lot: viskoelastisch
  - Lot: plastisch
- Einsetzen des erweiterten Berechnungsmodells der Multilayerstruktur mit den PVD - Metallisierungen
- Erweiterung des Berechnungsmodells auf die industriell einsetzbaren Multilayerstrukturen