Fraunhofer IWS

Hahn Schickard

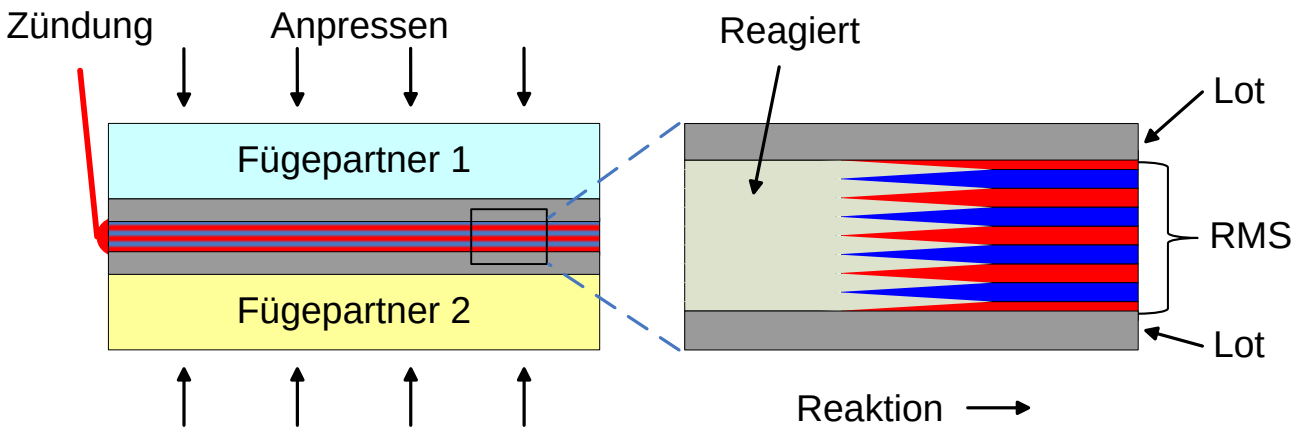
Visions to Products

Reaktives Fügen mit neuartigen Zirkonium-Systemen für den Einsatz in der Mikrosystemtechnik

Axel Schumacher, Peter Meyer, Stephan Knappmann, Alfons Dehé
Georg Dietrich, Erik Pflug, Julius Böttcher

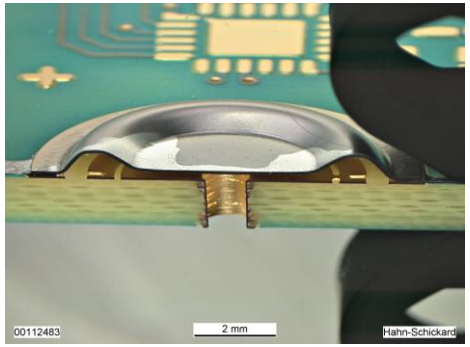
TechnologyMountains
InnovationForum Smarte Technologien und Systeme
15. Juni 2023, Donaueschingen

Reaktive Multischichtsysteme (RMS)

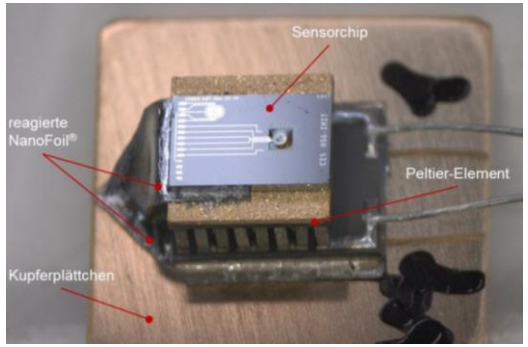


Reaktion	freiwerdende Bindungs-enthalpie	adiabatische Reaktions-temperatur
Ti + Al → TiAl	-36 kJ/mol	1227 °C
Zr + Al → ZrAl	-45 kJ/mol	1480 °C
Ni + Al → NiAl	**-59 kJ/mol**	**1639 °C**
5Ti + 3Si → Ti_5Si_3	-72 kJ/mol	2120 °C
Zr + Si → ZrSi	**-72 kJ/mol**	**2250 °C**
Pd +Al → PdAl	-92 kJ/mol	2380 °C

Energielevel:
niedrig
mittel
hoch

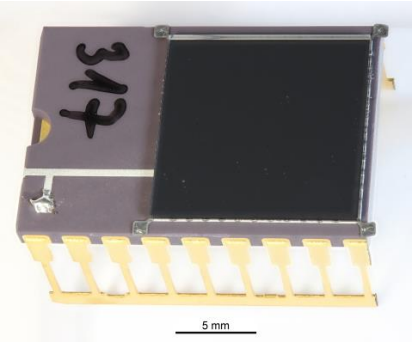


Drucksensor



Taupunktsensor

Beschleunigungssensor



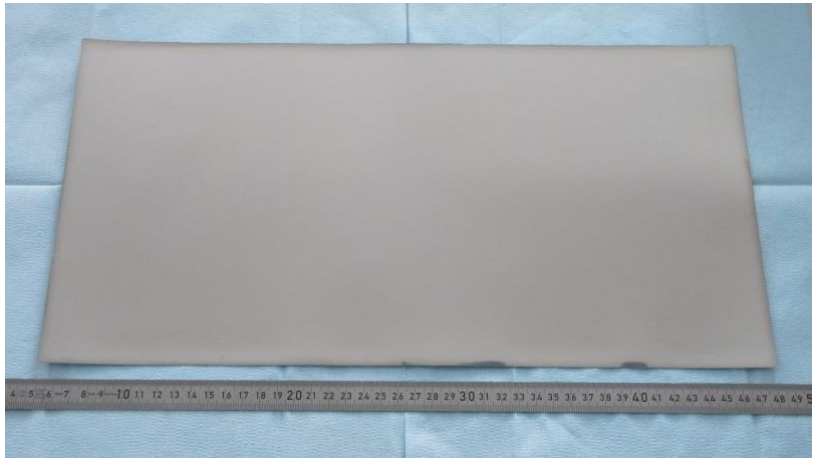
Deckelung

Warum Zr-Si-RMS?

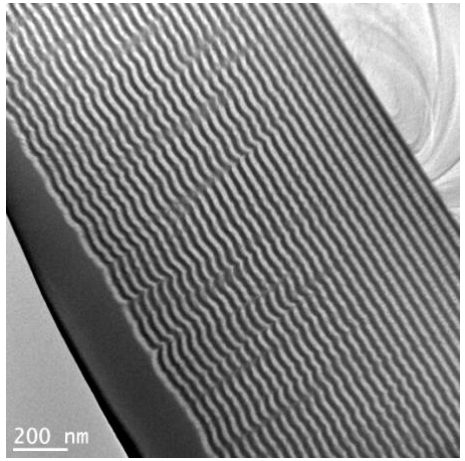
	Ni/Al-RMS	Zr/Si-RMS
Reaktionsschwindung	12% → Starke Rissbildung	3% → Weniger starke Rissbildung
Ausbreitungs-geschwindigkeit	4 – 6 m/s	10 – 25 m/s → Auch für größere Bauteile, z.B. Wafer
Reaktionsenergie	Mittel → 40 – 80 µm Dicke erforderlich → Nur für Weichlot sinnvoll	Hoch → Ab ca. 10 µm Dicke einsetzbar → Auch für Hartlot einsetzbar

Herstellung der RMS (Fraunhofer IWS)

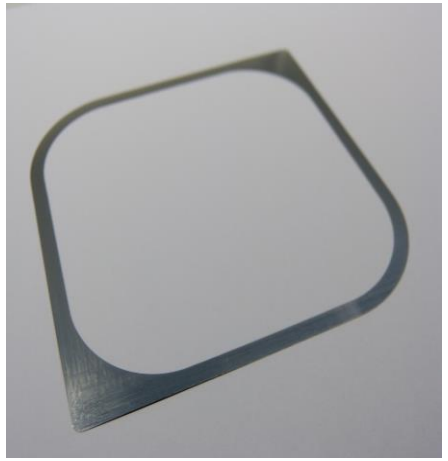
- Herstellungsprozess im Vakuum mittels Physical-Vapor-Deposition
  - Im Speziellen: Magnetron-Sputter-Deposition (MSD)
- Herstellung von freistehenden RMS-Folien oder direkte RMS-Abscheidung auf Bauteilen möglich
- Strukturierung der RMS-Folien über verschiedene Verfahren, z.B. Stanzen, Schneiden, Laserbearbeitung



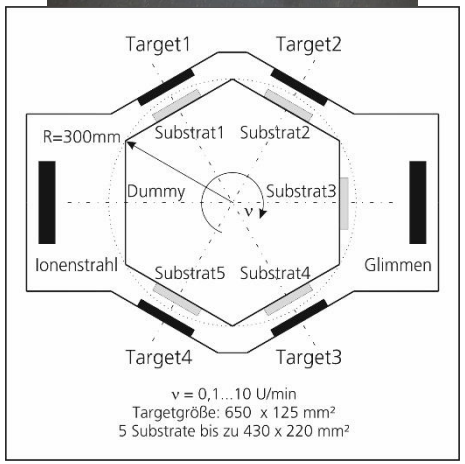
Ni/Al-RMS-Folie: (400 x 200) mm²



Nanostruktur von RMS



Strukturierte RMS-Preform

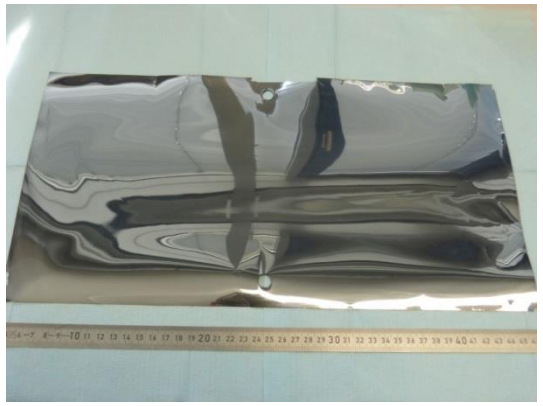


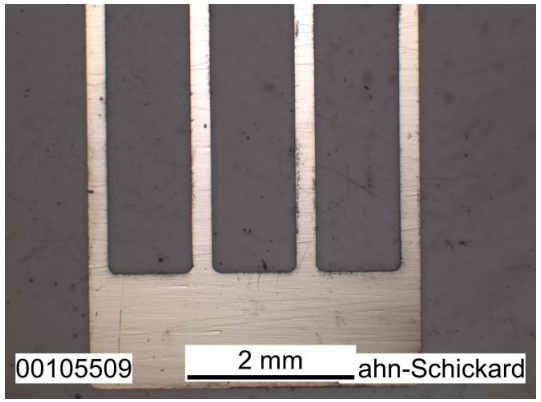
Beschichtungsanlage MSL600

Fotos: Fraunhofer IWS

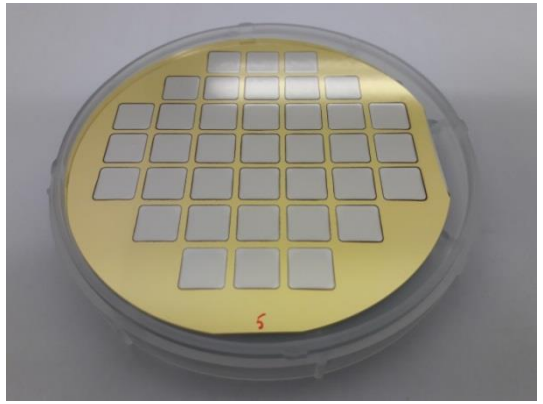
Entwicklung von Zr/Si-RMS (IWS)

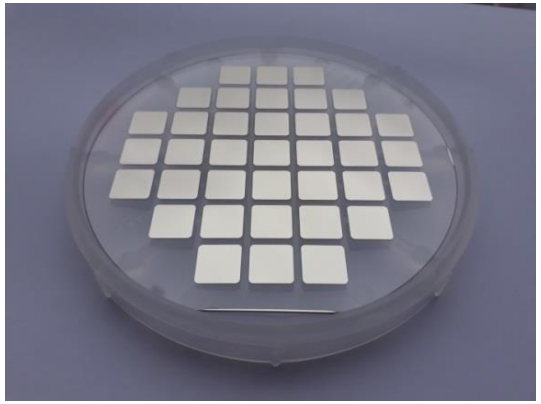
- Finden der optimalen Schichtzusammensetzung:
  - Eigenspannungsanalyse
  - Messung Energiegehalt (DSC)
  - Messung Ausbreitungsgeschwindigkeit
- System für Folienherstellung:
  - Zr/Al/Si mit höherem Al-Anteil
  - Etwas geringere Energie, aber immer noch höher als Ni/Al-RMS
- System für Direktabscheidung:
  - Zr/Al/Si mit geringerem Al-Anteil
  - Höchste Energie
  - Mit und ohne Belotung (Hart- und Weichlot)
  - Vollflächig und strukturiert





Weltweit erste Zr/Al/Si-Folie (30 µm), mit Laser strukturiert

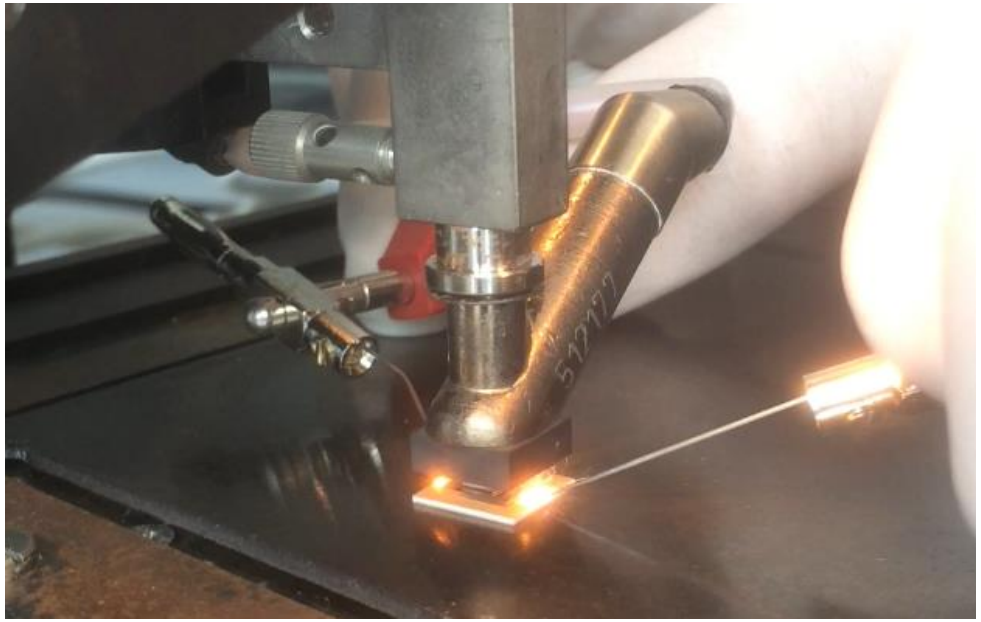


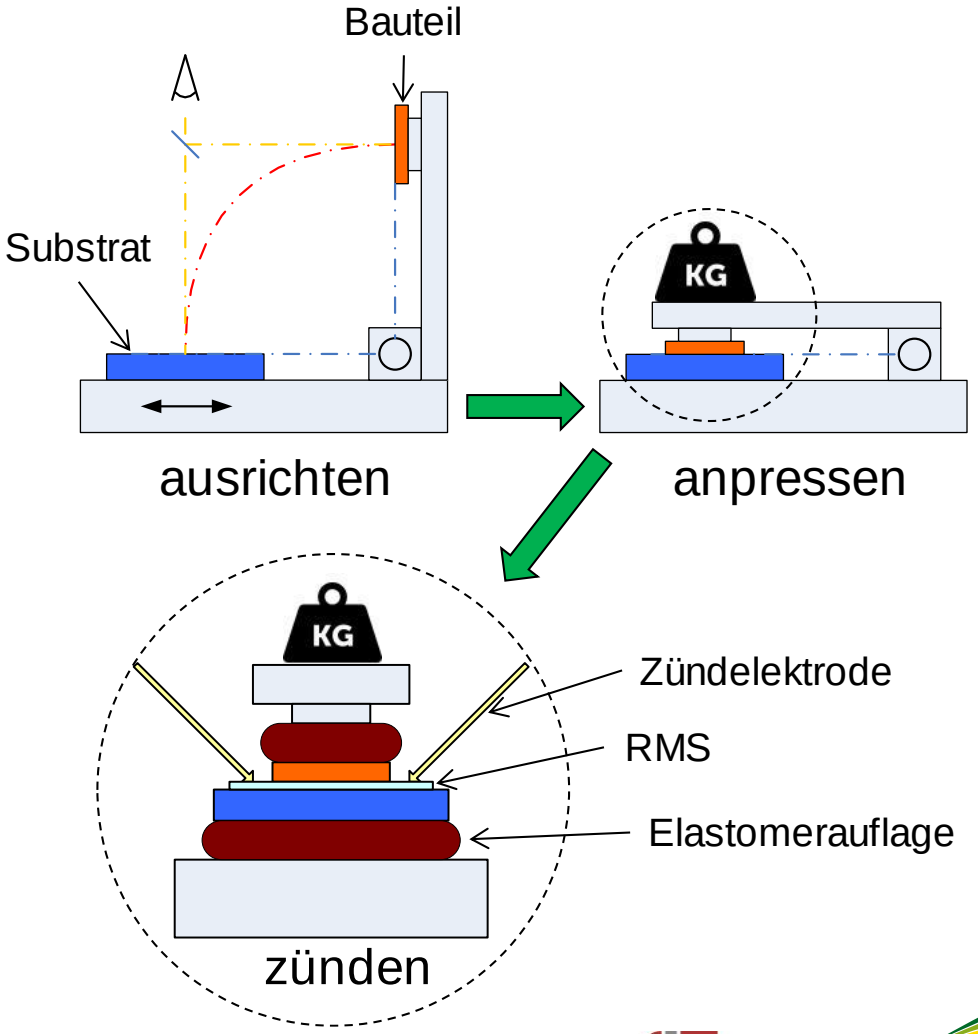


Zr/Al/Si-RMS abgeschieden auf einem Wafer

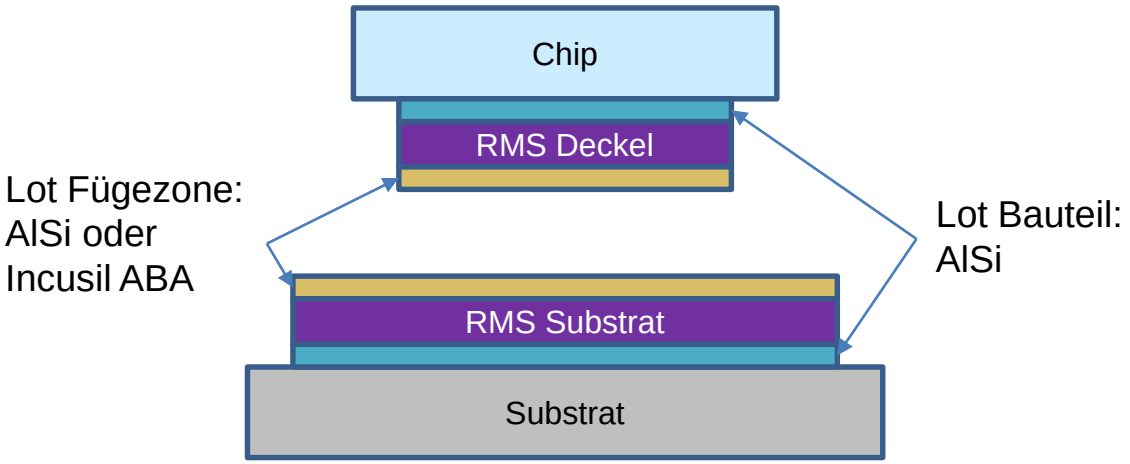
Fügeprozesstechnik für Bauteile

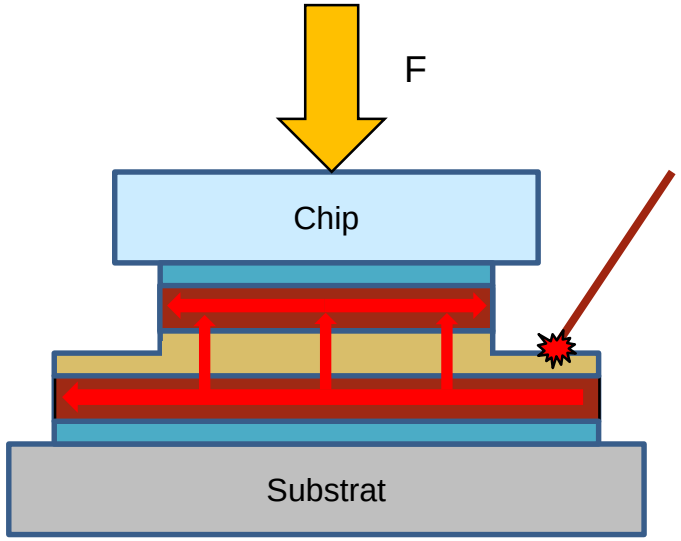
- Diebonder FINEPLACER® pico:
  - Schwenkarmtechnik
  - Präzise Ausrichtung Bauteil – Substrat
  - Definierte Kraftaufbringung





Prinzip und Vorgehensweise beim Fügen





Ausrichten und Zusammenpressen

Zündung

→ Reaktion RMS Substrat

→ Wärmeübertrag auf Chip

→ Reaktion RMS Chip

→ Lotaufschmelzung in Fügezone

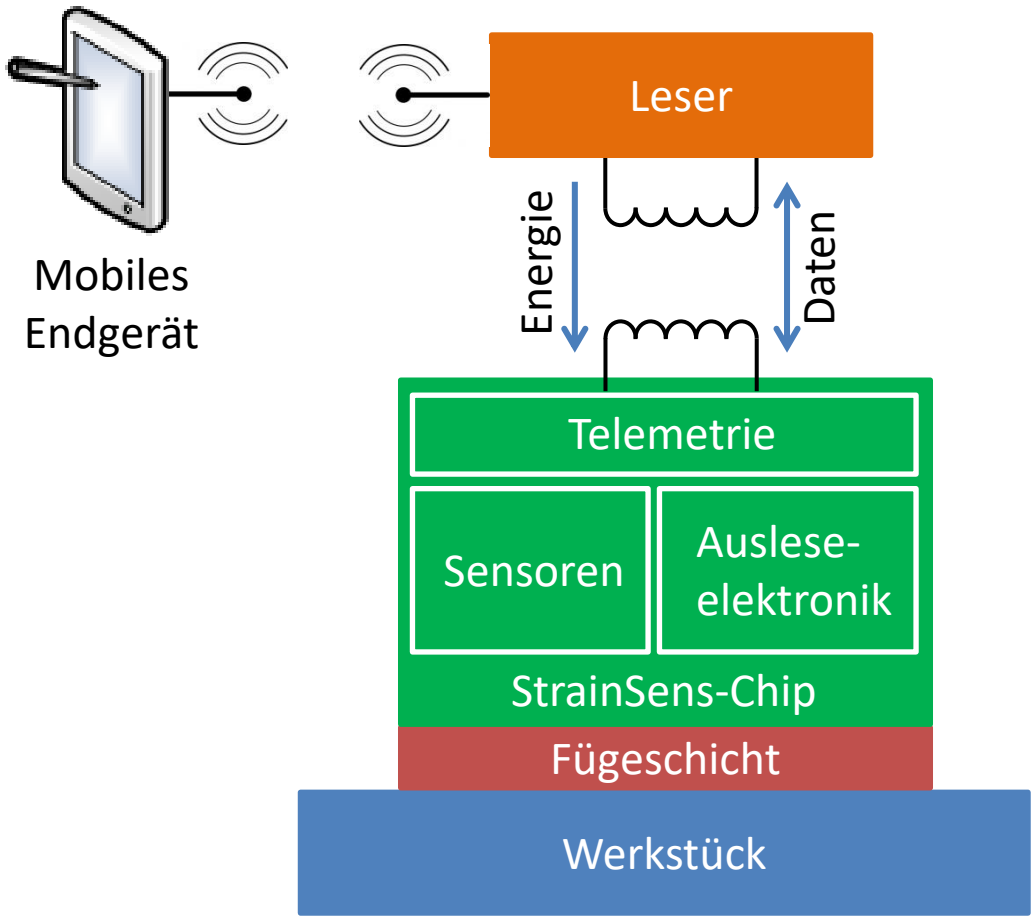
→ Fügeverbindung

Prinzip:

- Beschichtung beider Fügepartner mit Lot-RMS-Lot (IWS)
- RMS-Energie nur zur Aufschmelzung des Lots in Fügezone
- Vorherige Simulation (IWS)

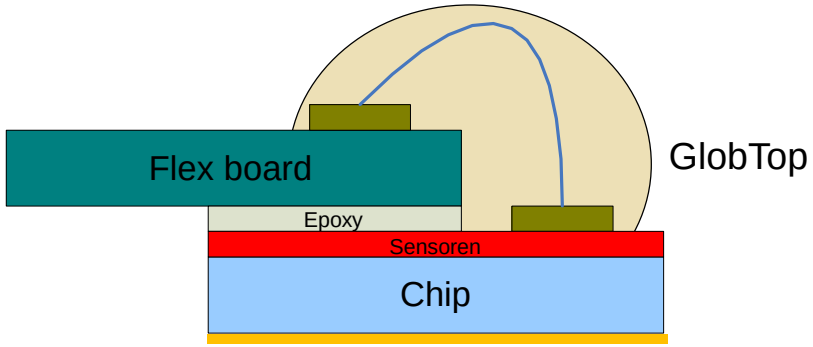
Anwendung
Dehnungsempfindlicher Sensorchip

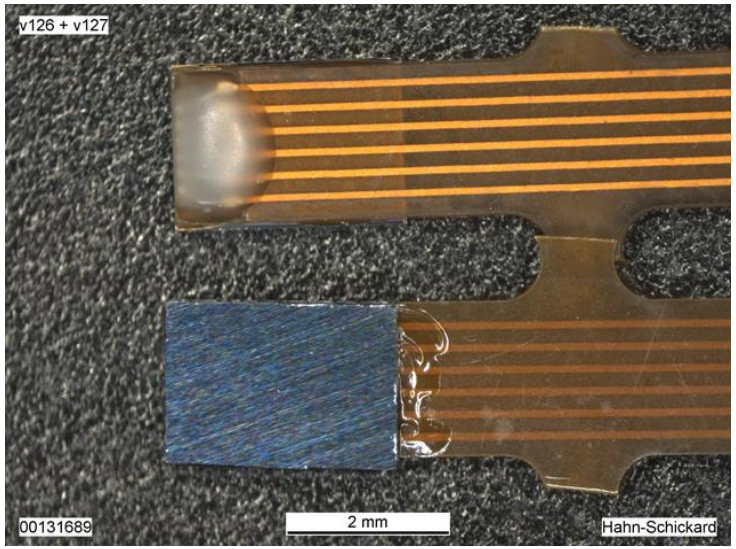
- Sensitive Elemente:
  - 24 PMOS für Zugspannungen
  - 8 NMOS für Scherspannungen
- Ausleseelektronik
  - Verstärkung und AD-Wandlung
- Telemetrieschnittstelle
  - Drahtlose Energie- und Datenübertragung
- Mobiles Endgerät
  - Z.B. Tablet-PC
  - Software-App
- Ziel: Feste mechanische Ankopplung an Werkstückoberfläche



Elektrische Anbindung Sensorchip – Flexboard

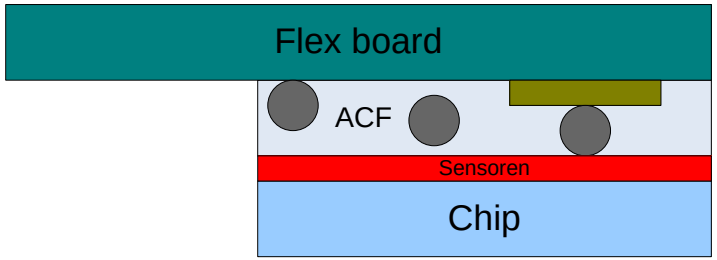
Drahtbonden

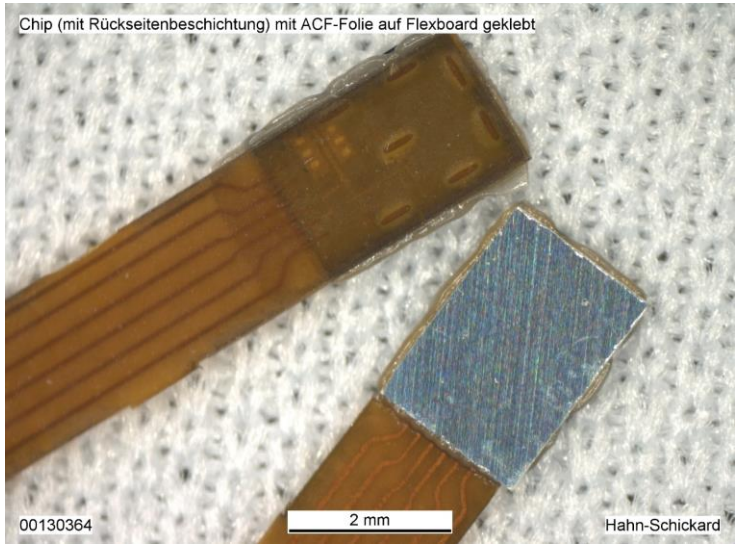




Flip-Chip

- Mit anisotrop leitfähiger Folie (ACF)

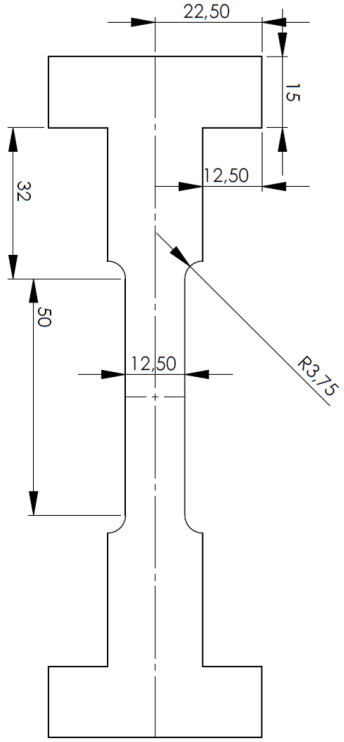


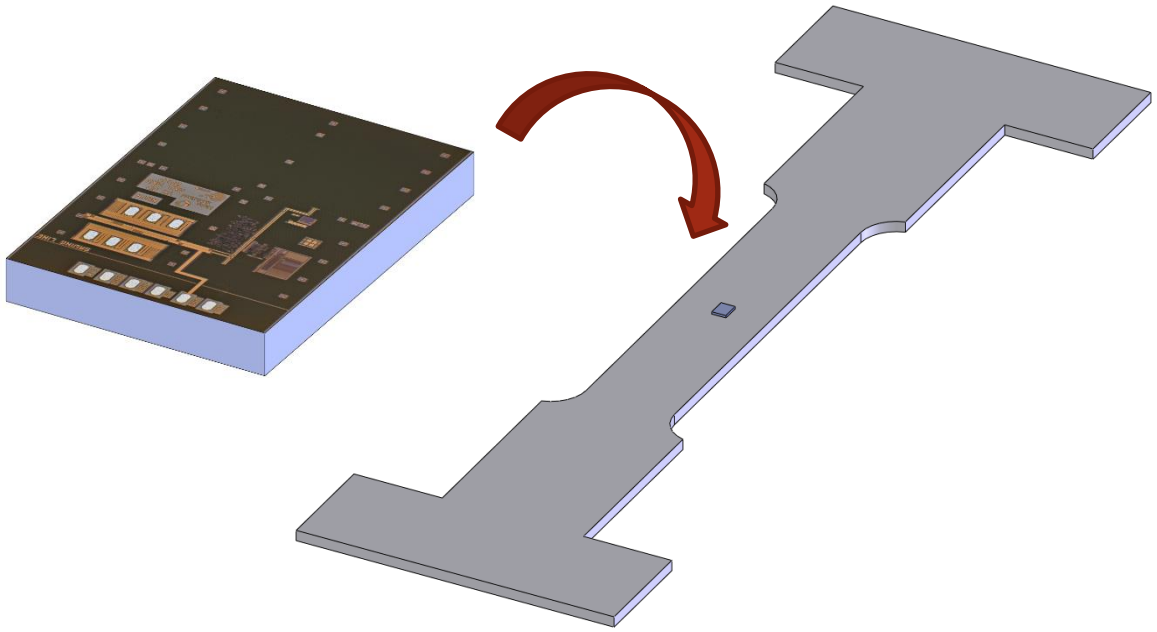


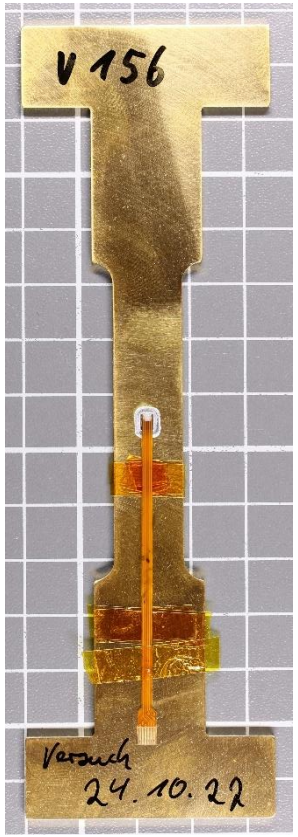
Sensormontage auf Zugprobe

Zugprobe

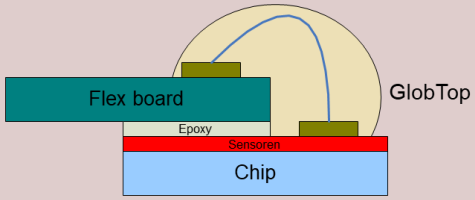
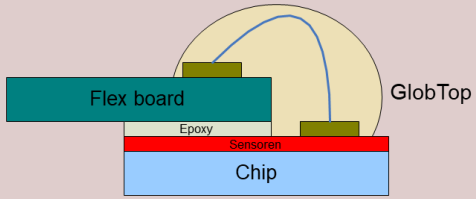
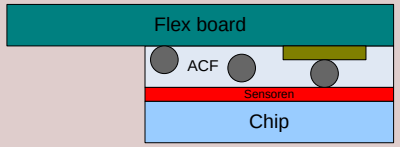
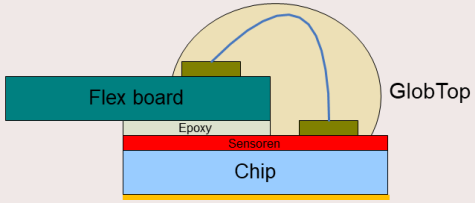
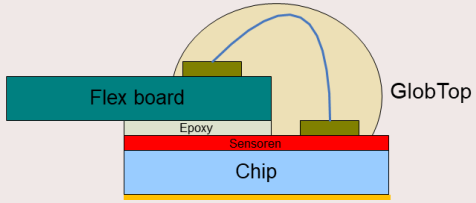
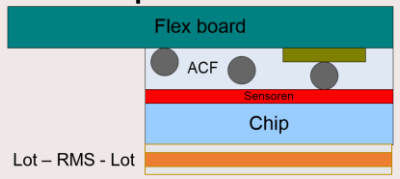
- Stahl nach DIN 50125, Form E
  Dicke: 1,5 mm



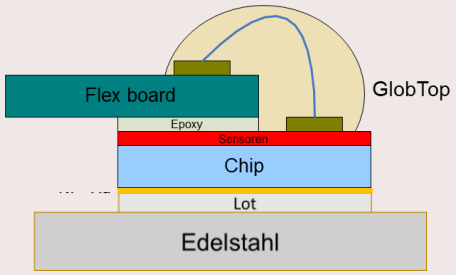
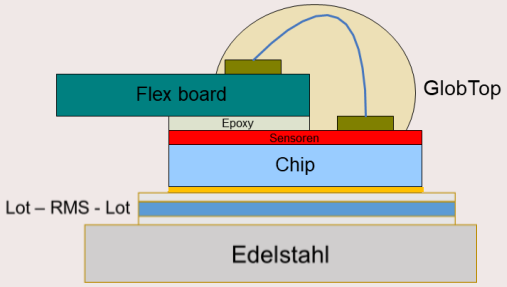
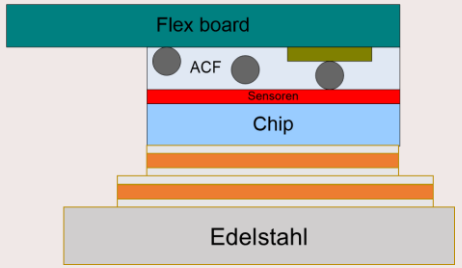
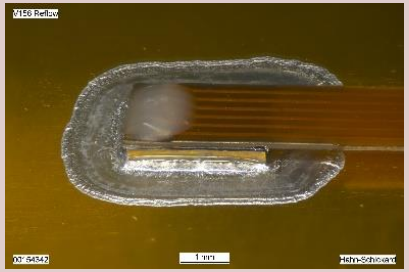
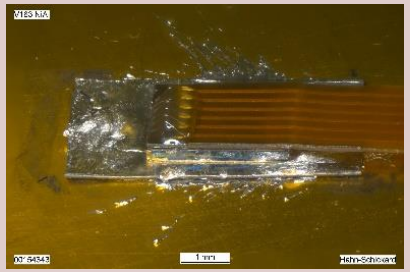
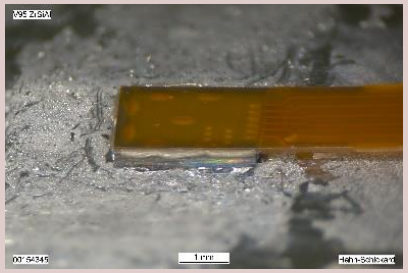




Sensormontage auf Stahlträger (1)

Arbeitsschritt	Reflow-Löten	Reaktives Fügen (Ni/Al-Folie)	Reaktives Fügen (Zr/Si/Al-Beschichtung)
Chip auf Flexboard			
Direktbeschichtung Chip	50 nm WTi 200 nm Ni 200 nm Au 	50 nm WTi 200 nm Ni 200 nm Au 	4 µm AlSi12 23,2 µm Zr/Si/Al-RMS 2 µm AlSi12 
Beschichtung Stahlträger	200 nm Ni 200 nm Au Auftragen Lotpaste Loctite GC 10SAC 305 T4	200 nm Ni 200 nm Au Auflegen 60 µm Ni/Al-Folie, beids. 10 µm Sn (Innojoin)	0,2 µm Cr 4 µm AlSi12 23,2 µm Zr/Si/Al-RMS 2 µm AlSi12

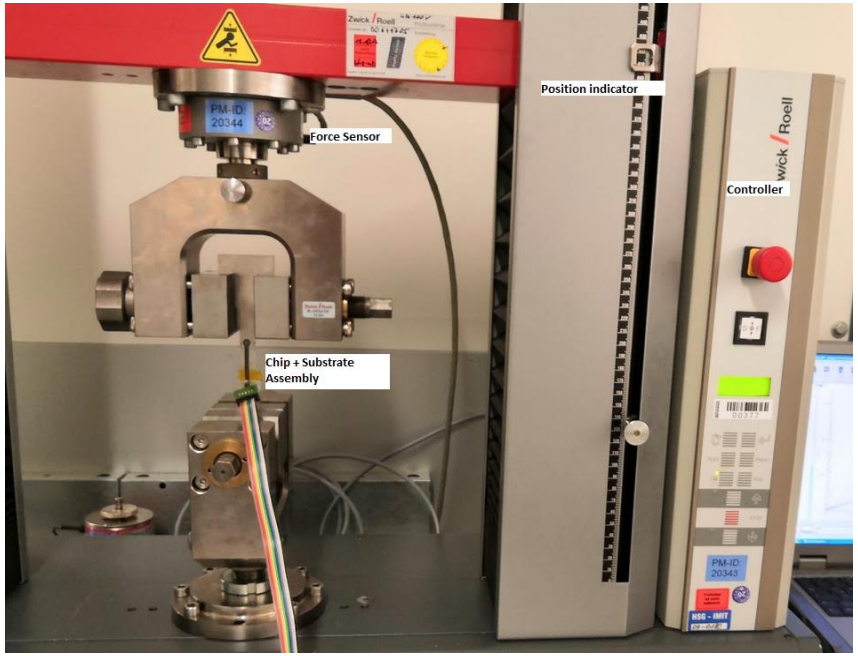
Sensormontage auf Stahlträger (2)

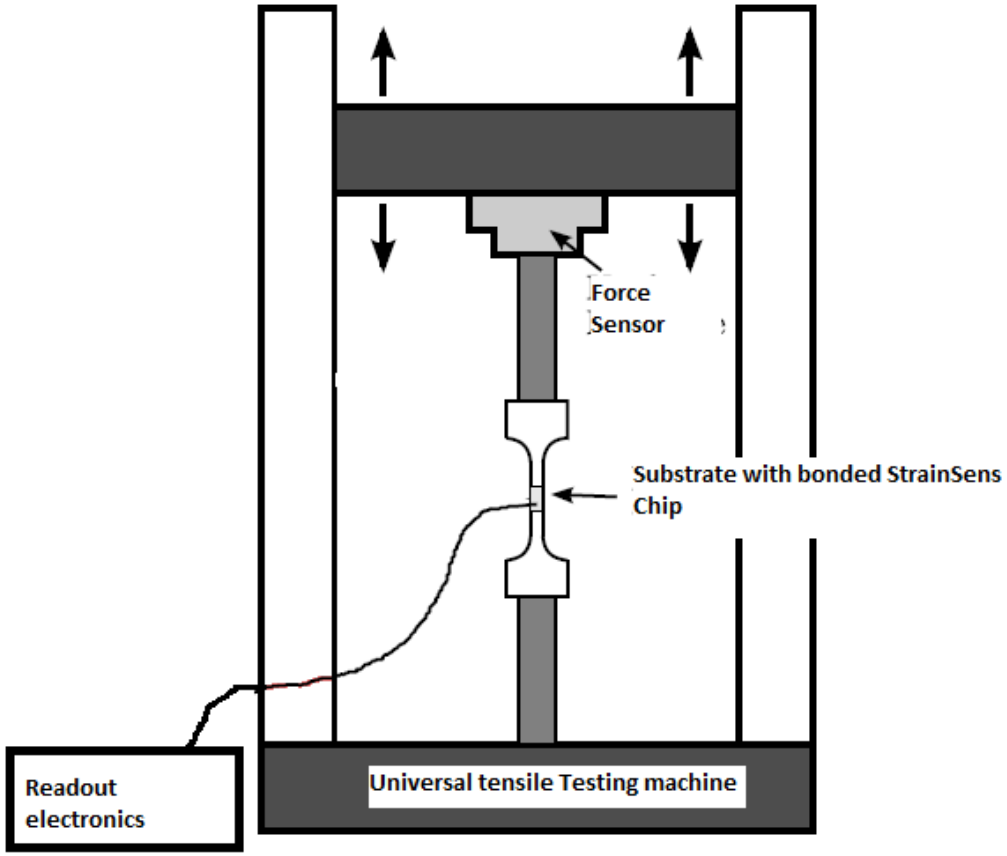
Arbeitsschritt	Reflow-Löten	Reaktives Fügen (Ni/Al-Folie)	Reaktives Fügen (Zr/Si/Al-Beschichtung)
Bonden auf Stahlträger	Reflow-Ofen	Flip Chip Bonder	Flip Chip Bonder
			
			

Mechanische Zugprüfungen

Zugprüfeinrichtung

- Zwick-Roell Z010
- Zugkraft 0 N bis 1200 N

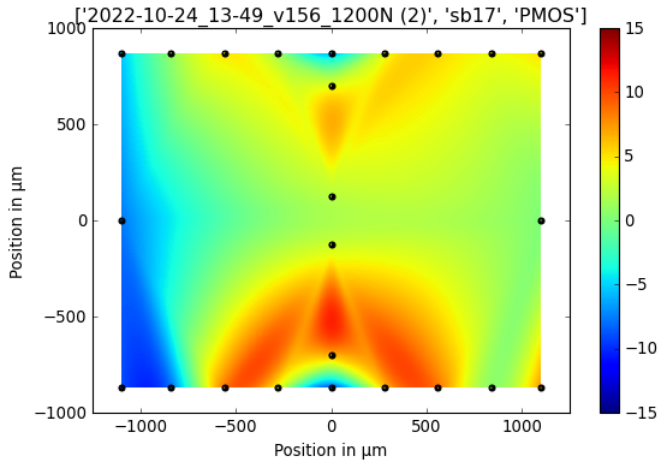




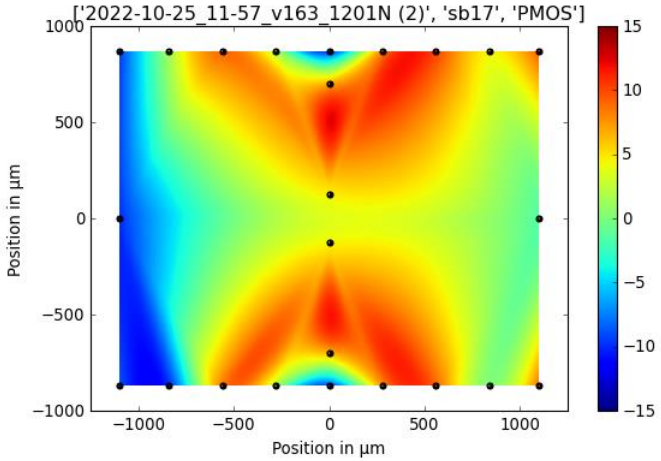
Stressverteilung unter Zugbelastung

- Auslesen von 24 PMOS-Sensoren
- Änderung der Stressverteilung unter Zugbelastung (1200 N)
  - ➢ Interpolation der Sensorsignale über der Chipfläche und Visualisierung

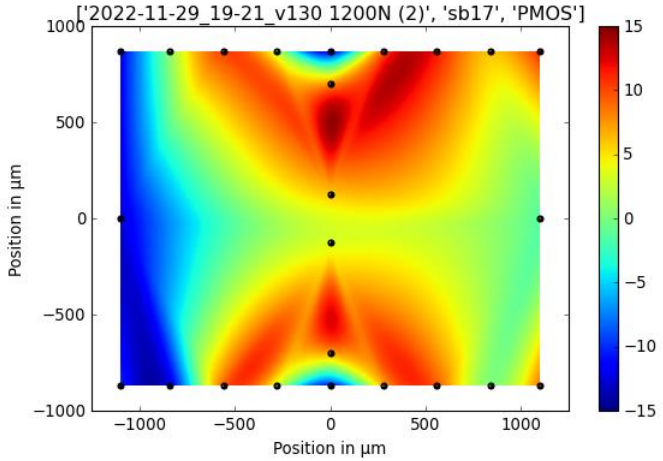
Reflow SAC-Weichlot



Reaktiv Ni/Al + Sn-Weichlot



Reaktiv Zr/Si/Al + AlSi-Hartlot



Zunahme mechanische Kopplung

Zusammenfassung

Entwicklung und Herstellung neuartiger Zr/Si-RMS

- Freitragende Folien
- Direktabscheidung auf Bauteile und Wafer und Strukturierung

Reaktiver Fügeprozess

- Lötverbindungen mit Hartlot

Beispiel

- Montage Dehnungssensorchip auf Edelstahl-Zugprobe
- Verbesserte mechanische Kopplung

Das IGF-Vorhaben 21347 BG der Forschungsvereinigung Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Industrielle Gemeinschaftsforschung

AiF Mitglied

innBW INNOVATIONSALLIANZ BADEN-WÜRTTEMBERG