

# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

Prof. Mathias Nowotnick, Universität Rostock  
Wolfgang Härtel, Wolfgang Härtel – Speziallotpaste, Freiberg  
Prof. Klaus Wittke, Fraunhofer IZM, Berlin  
Dr. Markus Detert, TU Dresden



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



Speziallotpaste



Fraunhofer

Institut  
Zuverlässigkeit und  
Mikrointegration



Lehrstuhl Zuverlässigkeit und  
Sicherheit elektronischer Systeme



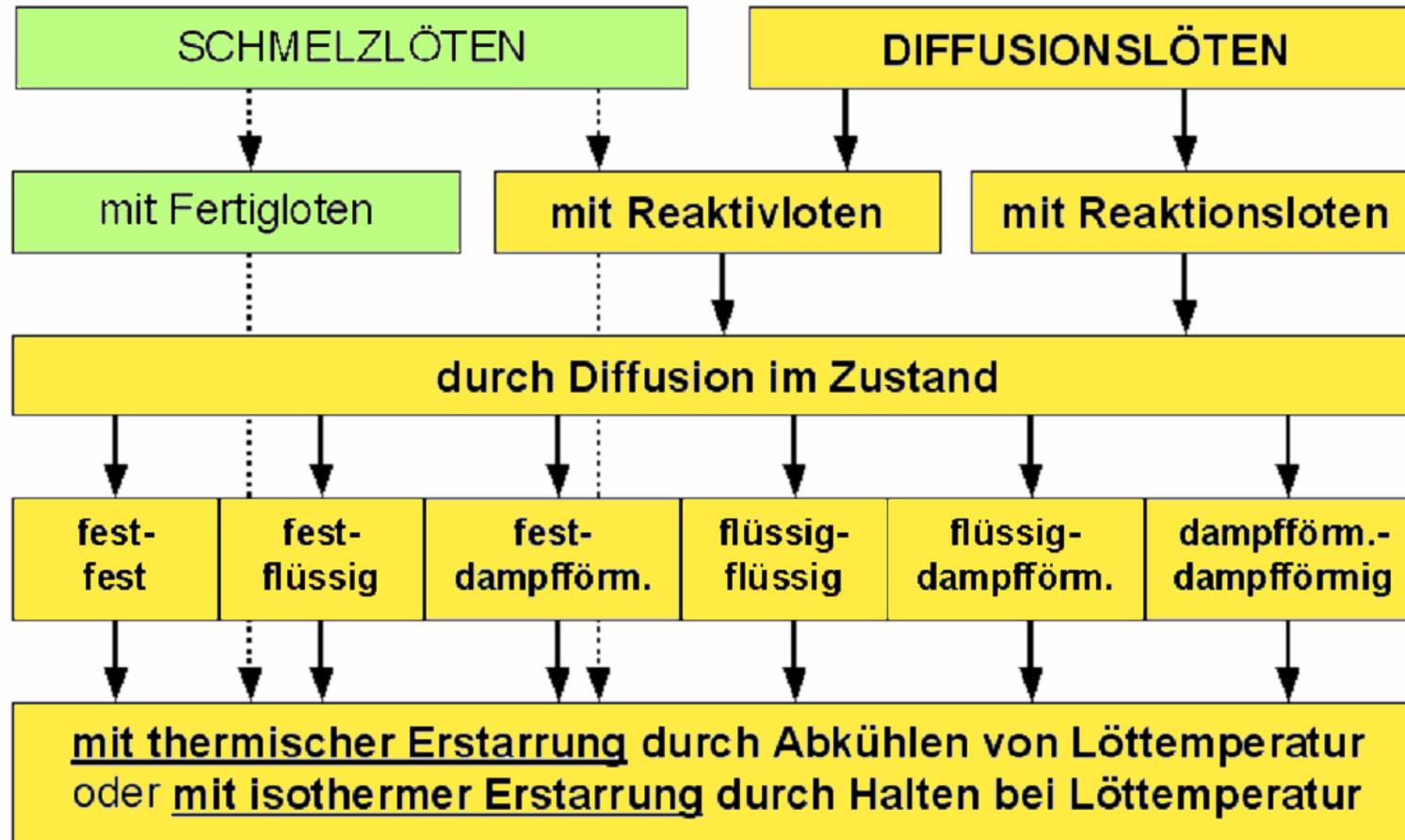
## Gliederung:

- Wirkungsweise von Reaktionsloten
- Vorteile für die Hochtemperaturelektronik
- Erfahrungen mit kommerziell verfügbaren Systemen
- Entwicklungspotentiale: Reaktionslotfolien
- Entwicklungspotentiale: fest/flüssige Lötverbindungen



# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

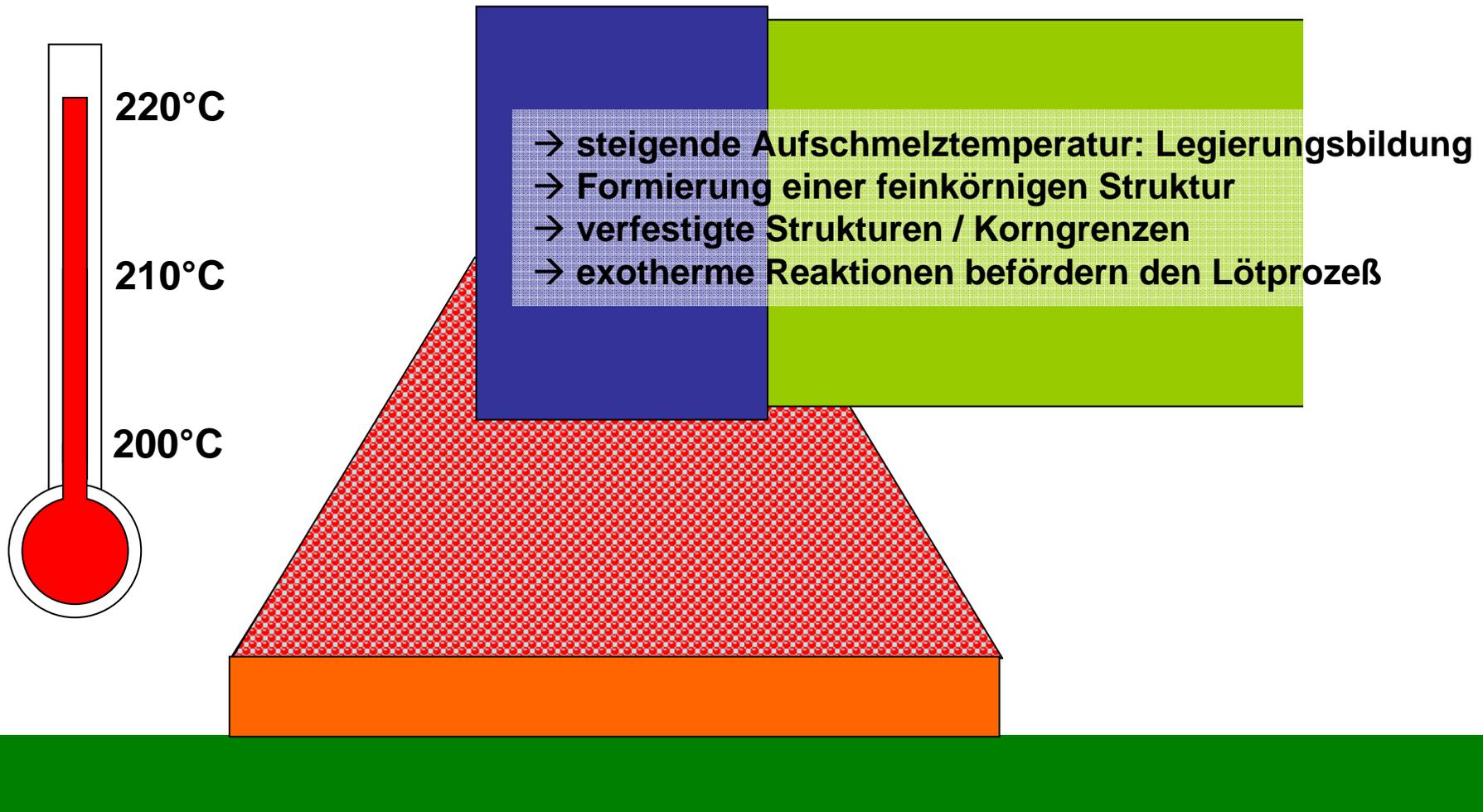
## Vergleich der möglichen Varianten und Entwicklungsmöglichkeiten des Schmelz- und Diffusionslötens



Quelle: Wittke, K.; Scheel, W.; Köhler, G.: Diffusionslötens – Wirkprinzip und Verfahrensvarianten. LÖT´01, Aachen, DVS-Berichte Bd. 212, DVS-Verlag Düsseldorf 2001



## Wirkprinzip und potentielle Vorteile von Reaktionslotpasten



# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

Hochtemperaturelektronik ( $\geq 125^\circ\text{C}$ ):  
Einsatzbereiche für elektronische Baugruppen

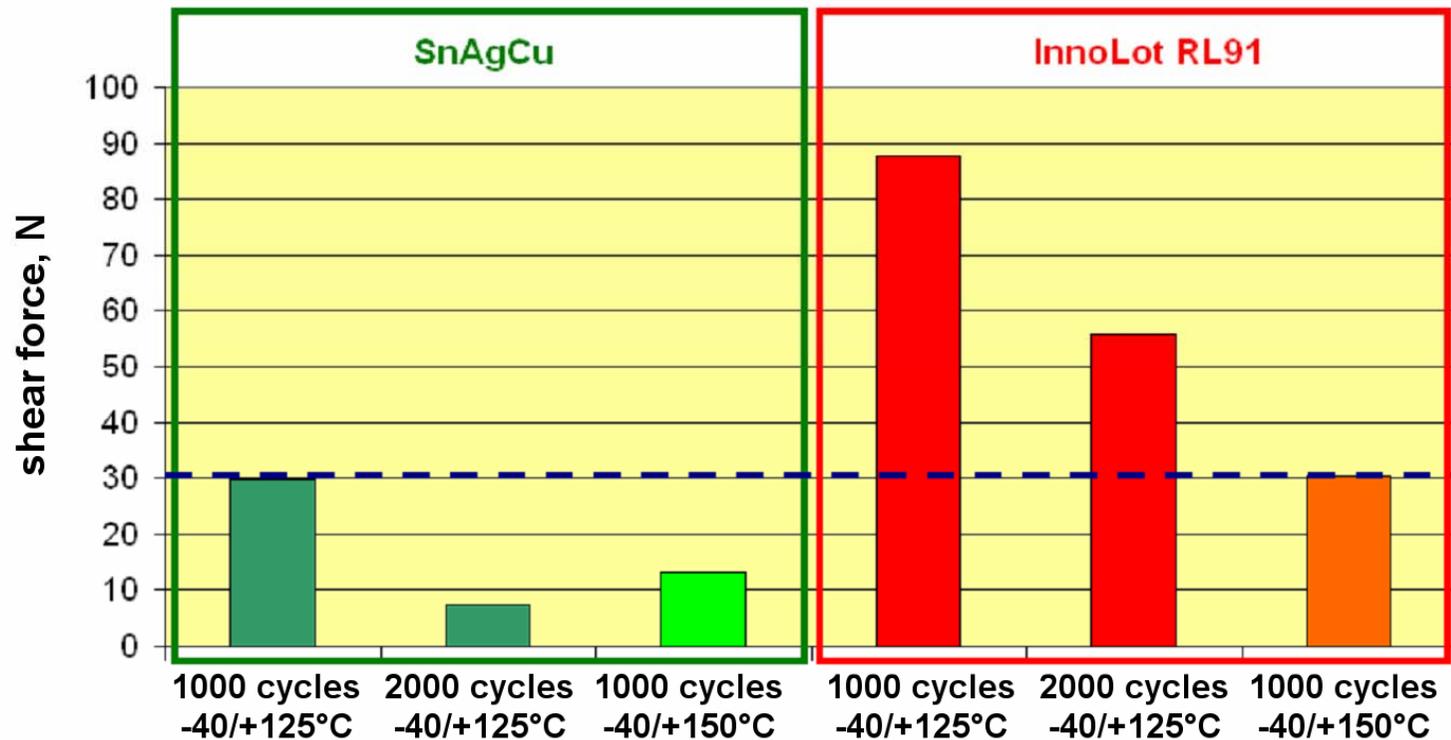
Hochtemperaturelektronik  $\geq 125^\circ\text{C}$

Konsumelektronik	0 °C	bis	+ 70 °C
Industrie	- 25 °C	bis	+ 85 °C
Industrie / erhöht	- 40 °C	bis	+ 125 °C
Militärtechnik	- 55 °C	bis	+ 125 °C
Automobilbau	- 55 °C	bis	+ 200 °C

Daten aus: HITEN Report / AEA 1997

# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

Forschungsergebnisse mit der Labor-Lotpaste im Projekt "InnoLot"

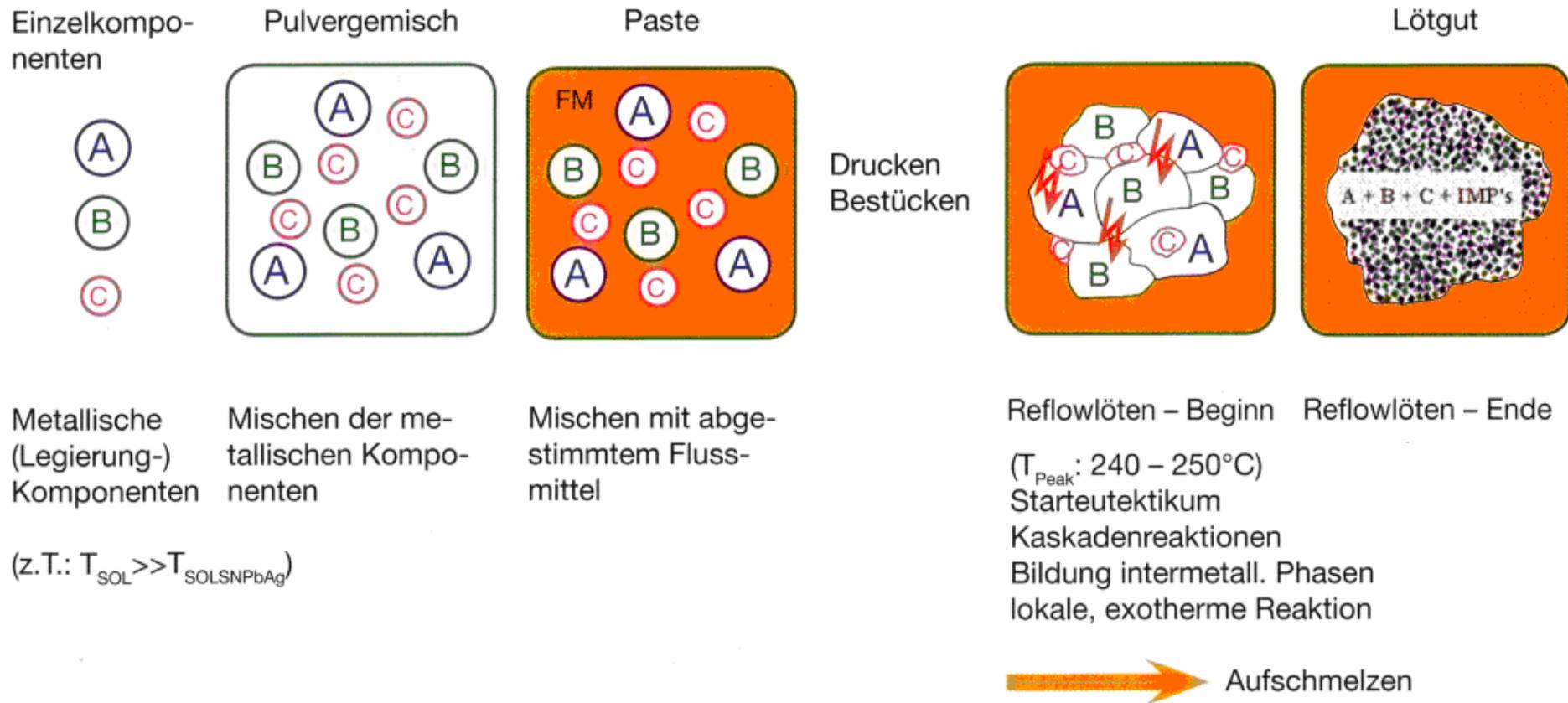


Beispiel: Chip Widerstand CR 2010

Höhere Zuverlässigkeit für Anwendungen bis 150°C

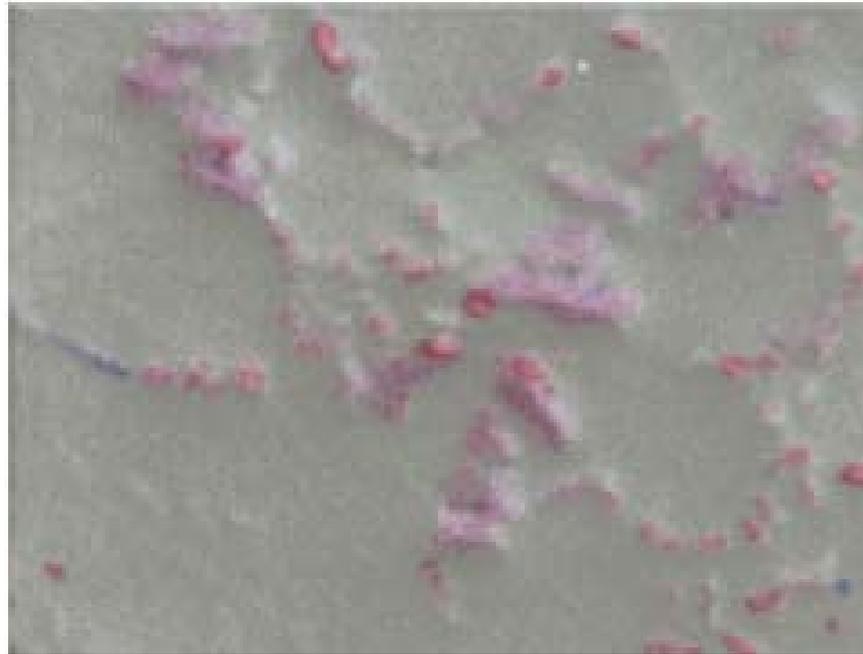
# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

## Kommerzielle Reaktionslotpaste "RKL" mit den Komponenten A, B und C



Quelle: W. Härtel: Reaktionslote und andere Pastensysteme, Firmenschrift, Freiberg 2007

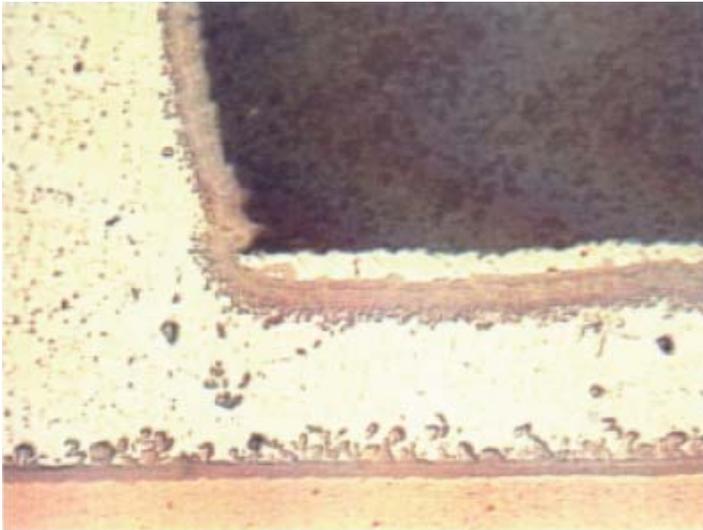
## Rasterelektronenbild des Querschliffes einer RKL-Lötverbindung



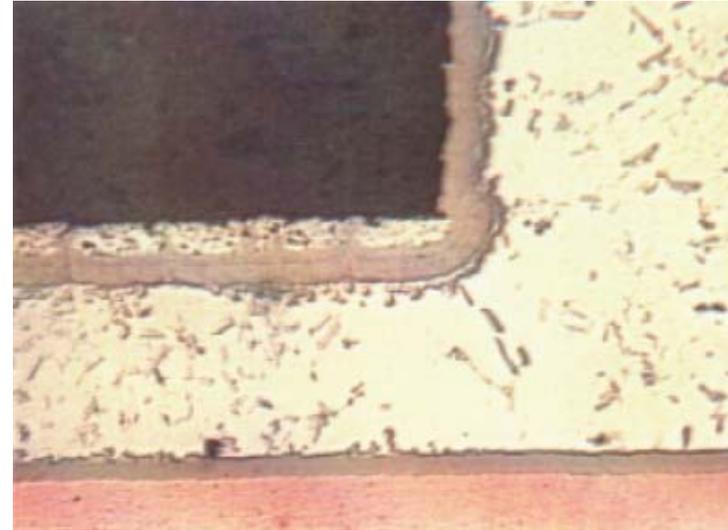
WDX-Elementverteilung der Phasen  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ,  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  und  $\text{PdSn}_4$

Quelle: W. Härtel: Reaktionslote und andere  
Pastensysteme, Firmenschrift, Freiberg 2007

## Anwendung von RKL-Reaktionslotpasten für die Hochtemperaturelektronik



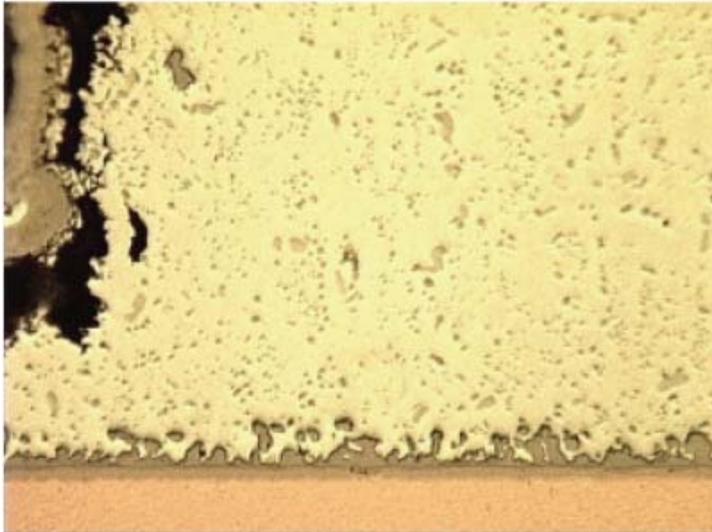
Gefügebild einer Lötverbindung, die mit dem Fertiglot SnAg3,5 hergestellt wurde, im Ausgangszustand



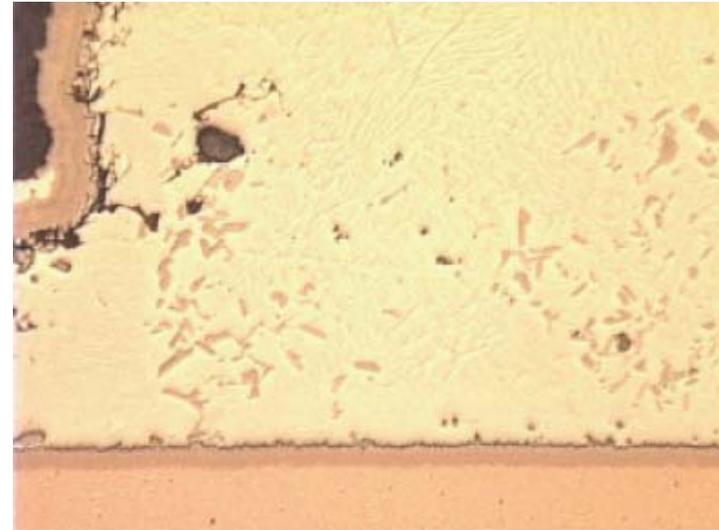
Gefügebild einer Lötverbindung, die mit dem Reaktionslot RKL (SnAg+SnCu+Pd) hergestellt wurde, im Ausgangszustand

Quelle: W. Härtel: Reaktionslote und andere Pastensysteme, Firmenschrift, Freiberg 2007

## Anwendung von RKL-Reaktionslotpasten für die Hochtemperaturelektronik



Gefügebild einer Lötverbindung, die mit dem Fertiglot SnAg3,5 hergestellt wurde, nach 2000 Zyklen Temperaturschock  $-40^{\circ}\text{C}/+160^{\circ}\text{C}$

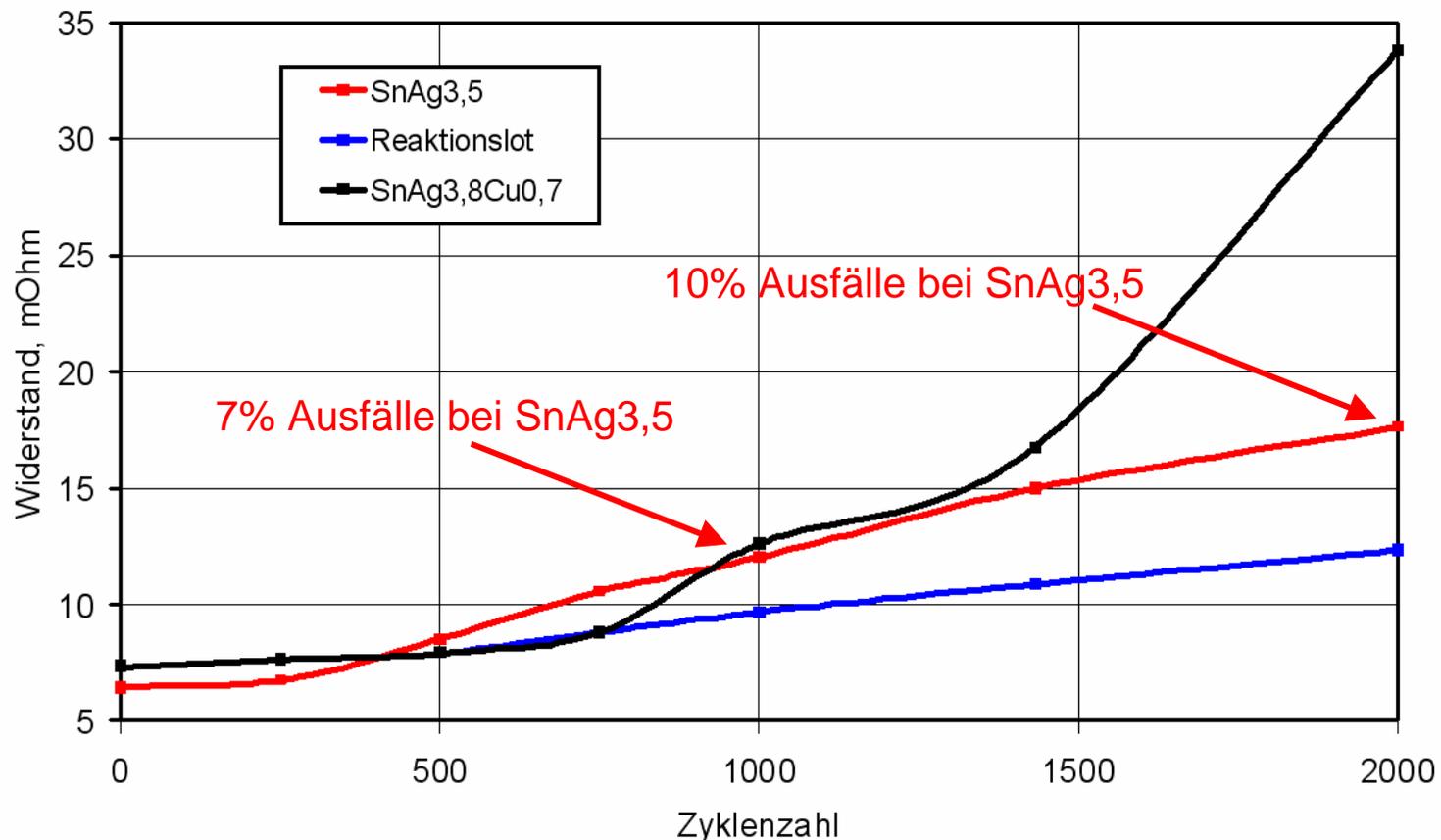


Gefügebild einer Lötverbindung, die mit dem SnAgCuPd-Reaktionslot RKL hergestellt wurde, nach 2000 Zyklen Temperaturschock  $-40^{\circ}\text{C}/+160^{\circ}\text{C}$

Quelle: W. Härtel: Reaktionslote und andere Pastensysteme, Firmenschrift, Freiberg 2007

# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

Widerstandsänderung von mit unterschiedlichen Lotpasten gelöteten Null-Ohm-Chip-Widerständen bei Temperaturschockbelastung (-40°C/+160°C)



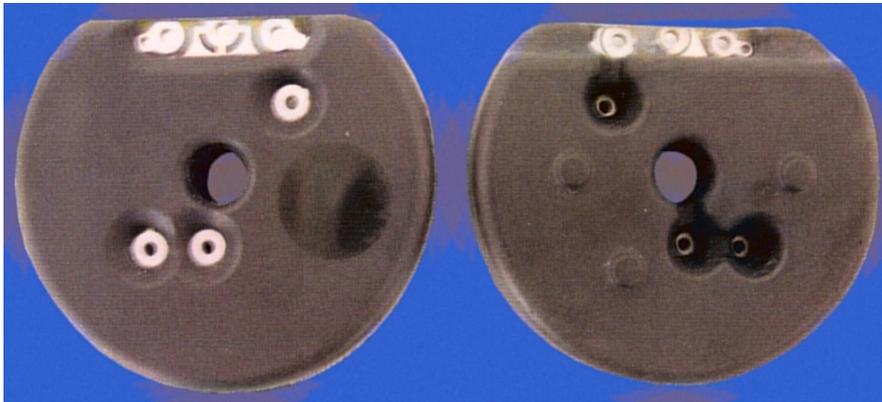
Quelle: W. Härtel: Reaktionslote und andere Pastensysteme, Firmenschrift, Freiberg 2007



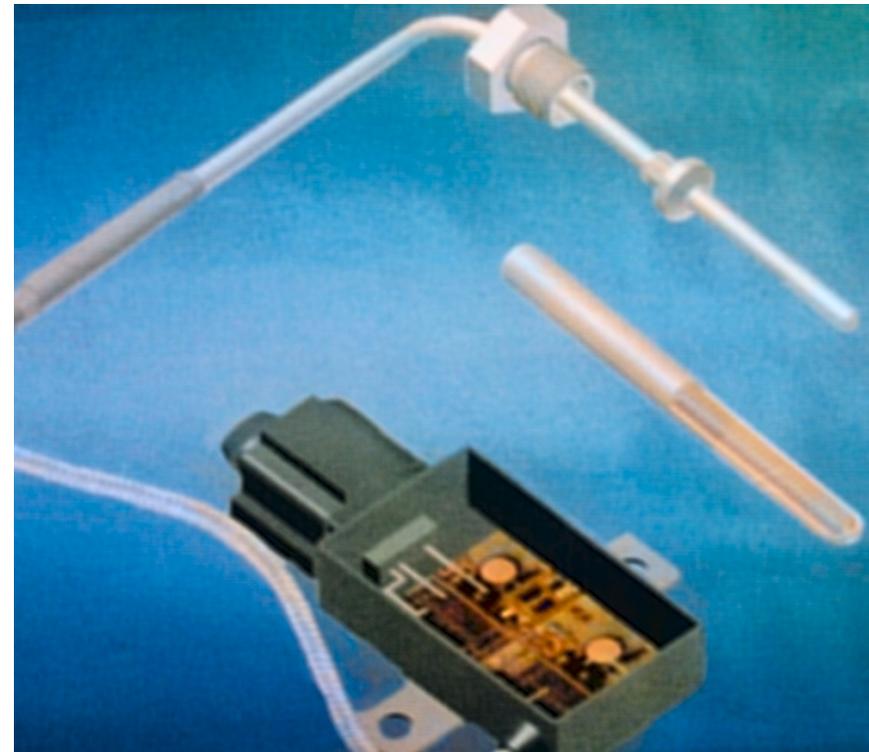
# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

## Anwendungsbeispiele für Reaktionslote

über 200.000 Sensoren seit dem Jahr 2000 mit RKL-Lotpaste gefertigt



Zündelektronik für 8-Zylinder  
Kfz-Motoren



Abgastemperatursensor DTS-P

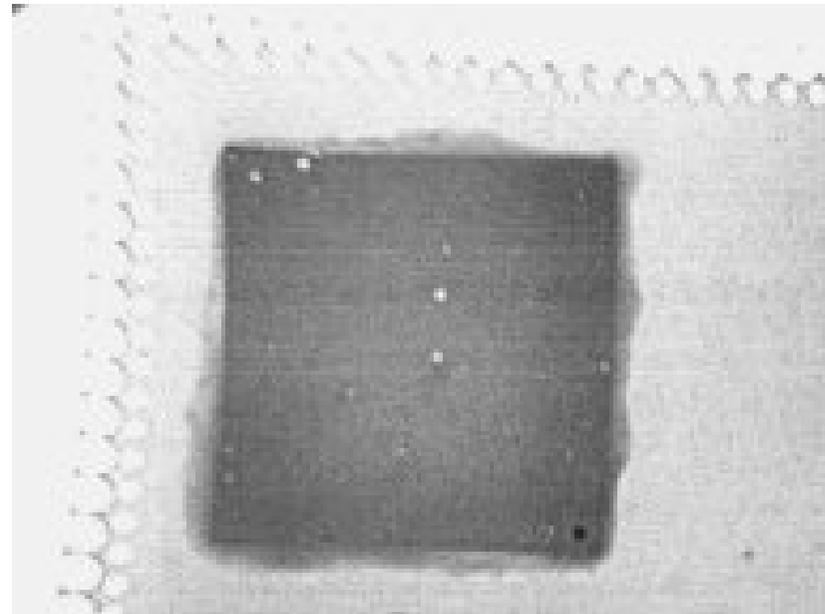
Quelle: W. Härtel: Reaktionslote und andere  
Pastensysteme, Firmenschrift, Freiberg 2007

# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

## Anwendung von RKL-Reaktionslotpasten für die Leistungselektronik



Chip-Lötungen auf  
Keramiksubstrat

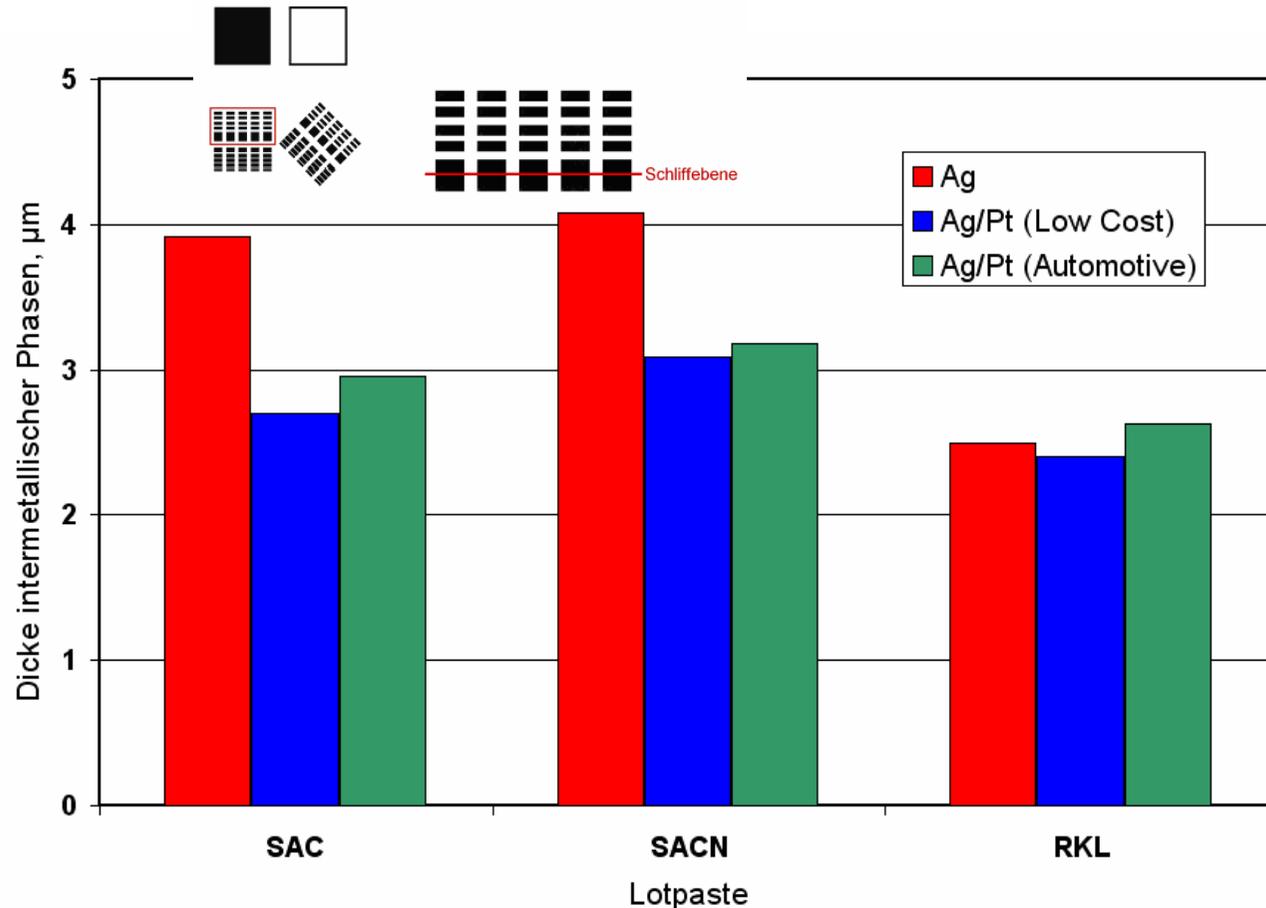


Röntgenuntersuchung der  
Chip-Lötverbindung

Quelle: A. Braun: Danfoss Silicon Power,  
Process Development / Sample Line

# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

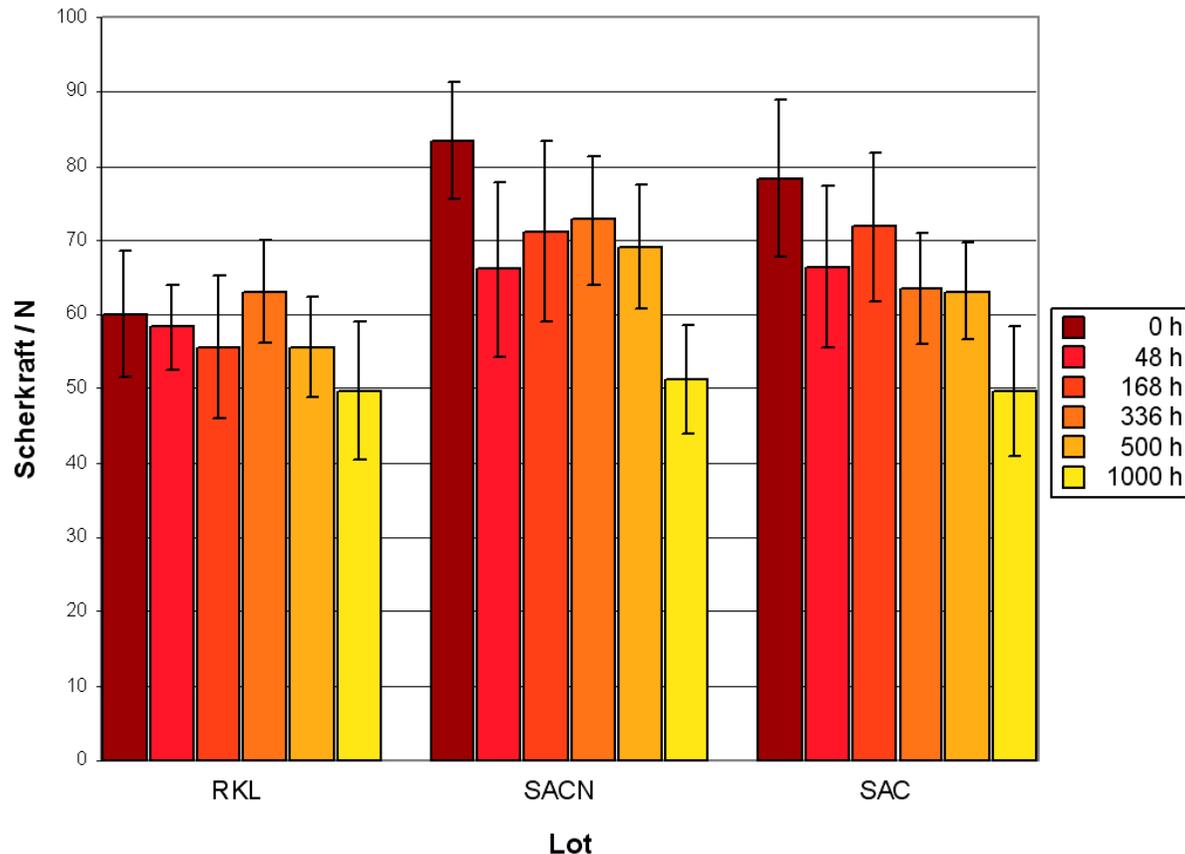
## Anwendung von Reaktionslotpasten in der Hybridelektronik



Dicke der intermetallischen Phasen in Abhängigkeit von Metallisierung und Lot

Quelle: S. Bramlage: "Untersuchungen des intermetallischen Phasenwachstums zwischen Dickschicht-Leitpasten und bleifreien Weichloten", Diplomarbeit IAVT, TU Dresden, 2007

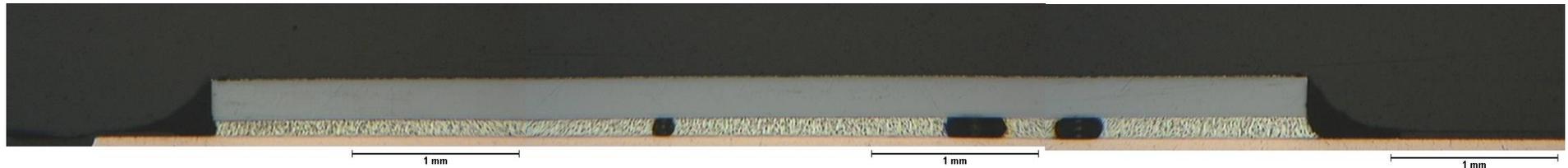
## Anwendung von Reaktionslotpasten in der Hybridelektronik



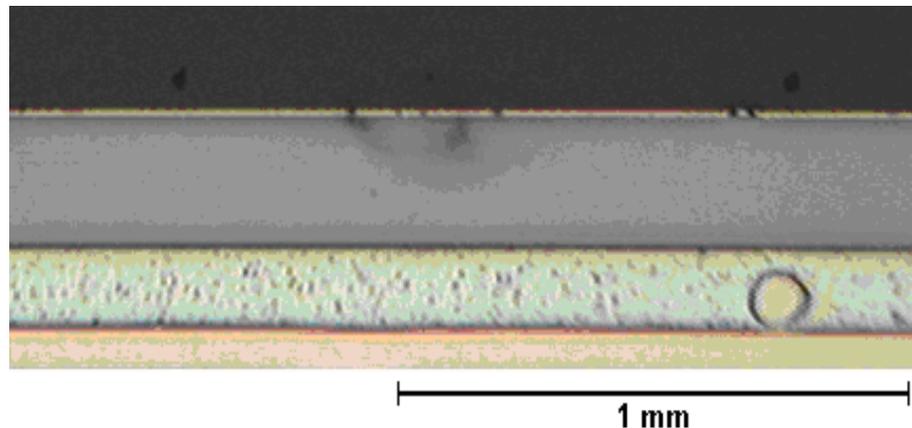
Entwicklung der Abscherkräfte auf Ag/Pt (Automotive) Metallisierung nach Hochtemperaturauslagerung bei 150°C

Quelle: S. Bramlage: "Untersuchungen des intermetallischen Phasenwachstums zwischen Dickschicht-Leitpasten und bleifreien Weichloten", Diplomarbeit IAVT, TU Dresden, 2007

## Entwicklungspotentiale: Reaktionslote (SnAgCu+Cu) für die Leistungselektronik



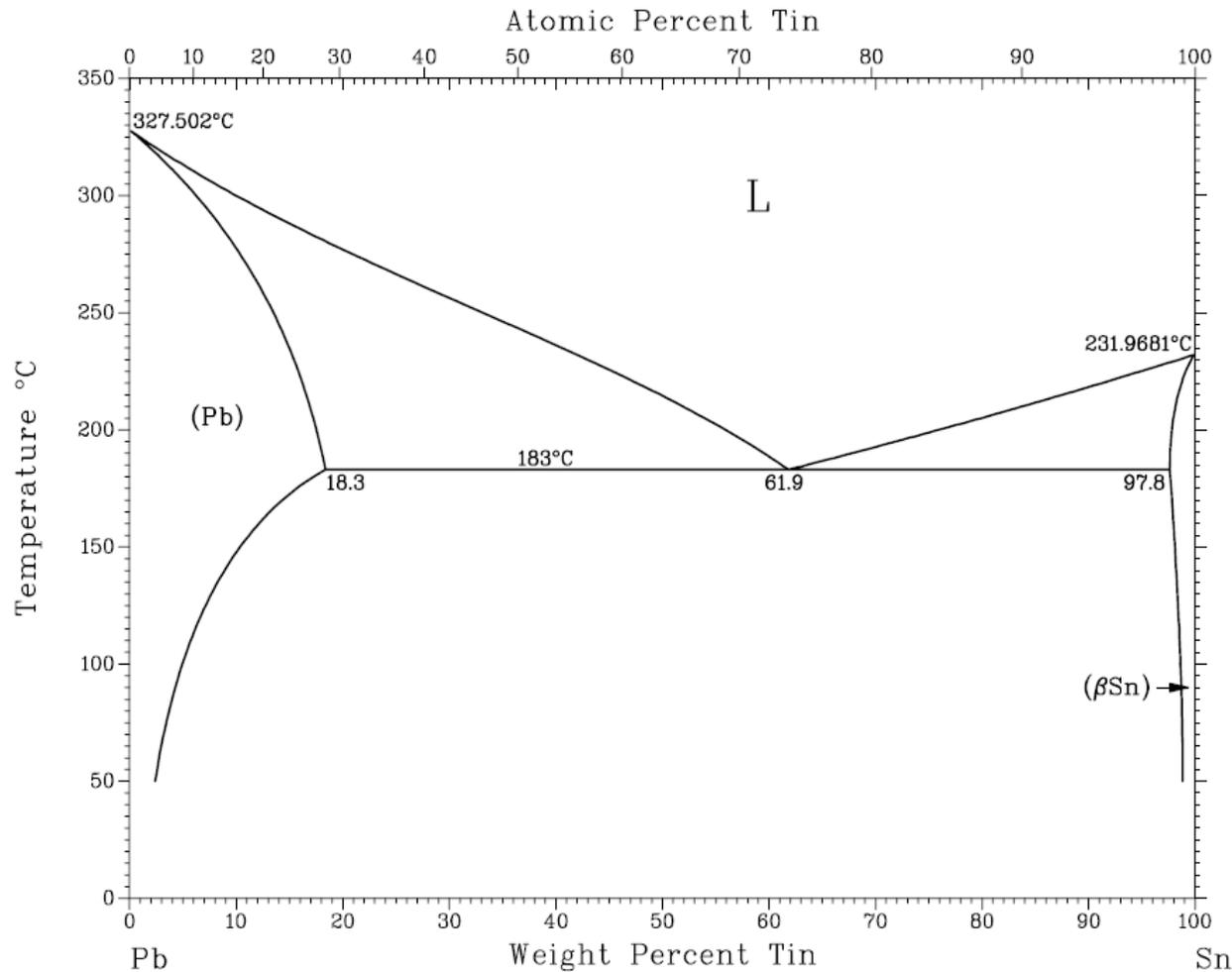
Poren können ein Verkippen der Chips verursachen  
(Lotspalt: links 88  $\mu\text{m}$ , rechts 118  $\mu\text{m}$ )



Gewährleistung eines definierten Lotspaltes durch Metallkugeln in der Lotpaste

Quelle: F. Kuhlmann et al.: US Patent 20060255476

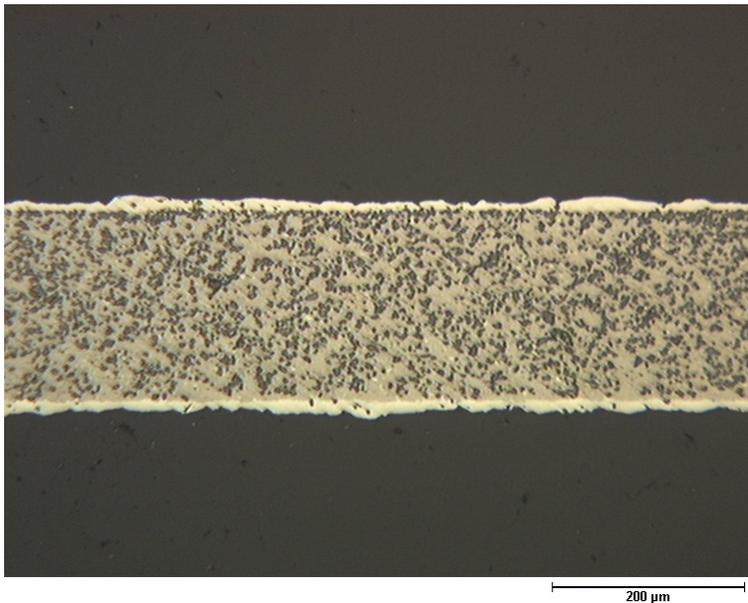
## Entwicklungspotentiale: Zustandsdiagramm Blei – Zinn



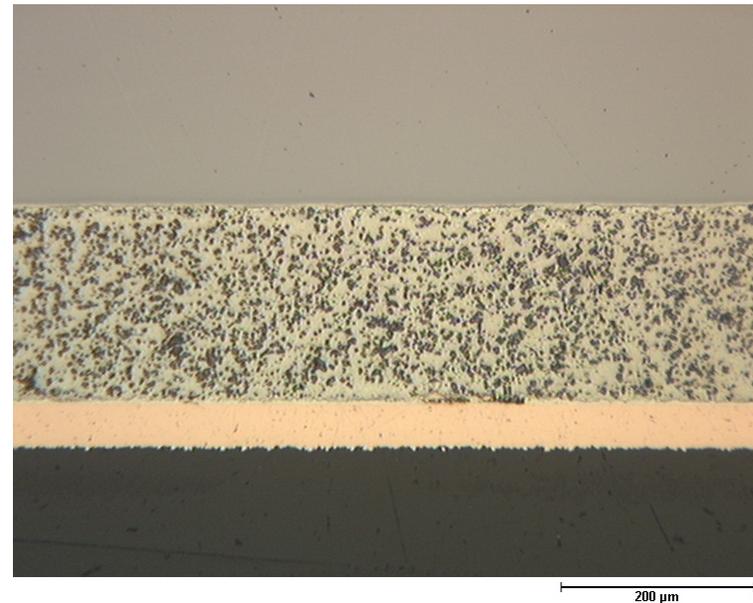
Quelle: Binary Alloys, ASM International, The Material Information Society



## Entwicklungspotentiale: Reaktionslotfolien für die Leistungselektronik

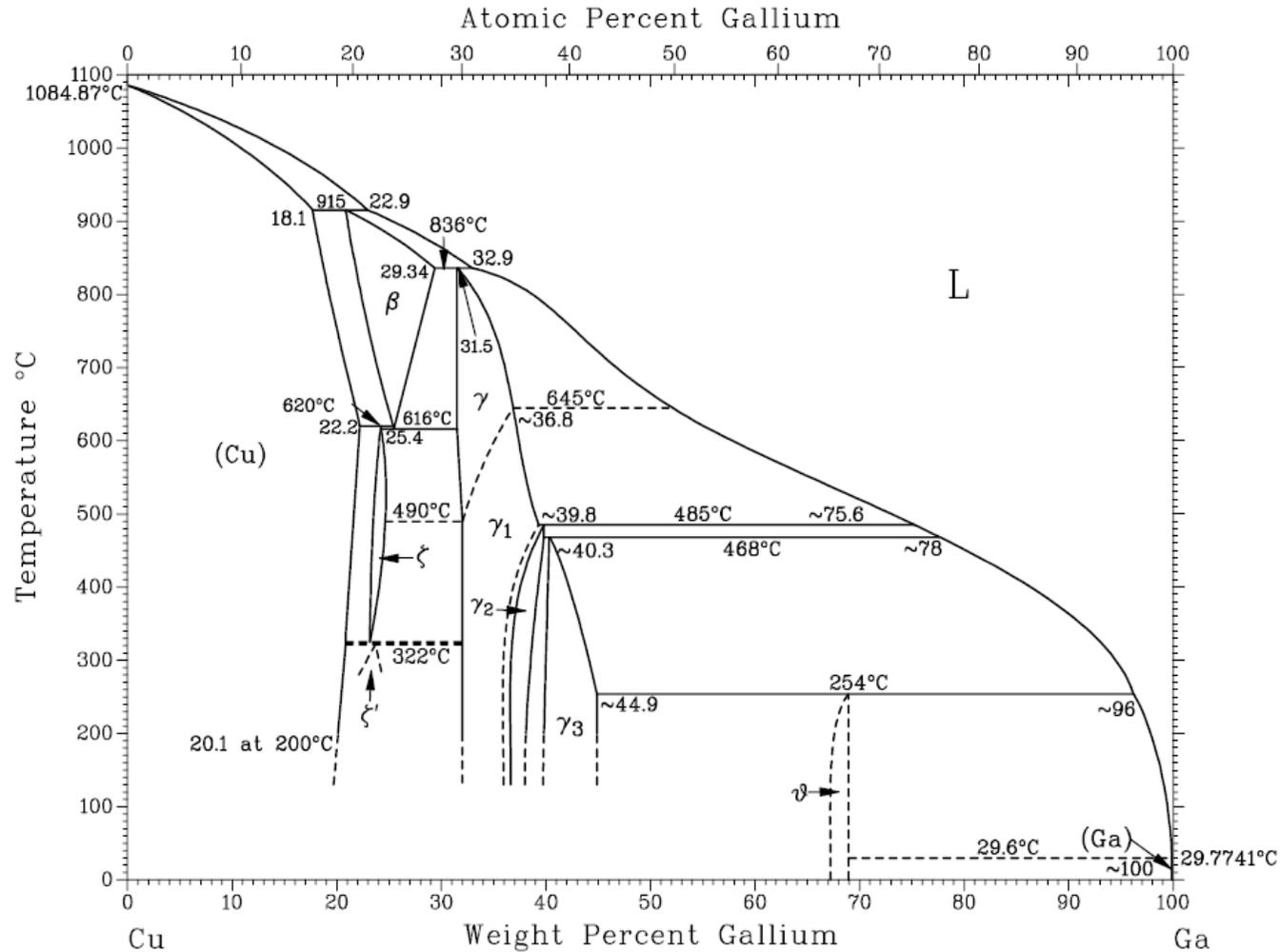


200 µm dicke PbSn5-  
Reaktionslotfolie mit  
verzinnter Oberfläche



Si-Chip auf Kupfer gelötet  
mit Sn-PbSn-  
Reaktionslotfolie

## Entwicklungspotentiale: Zustandsdiagramm Kupfer – Gallium

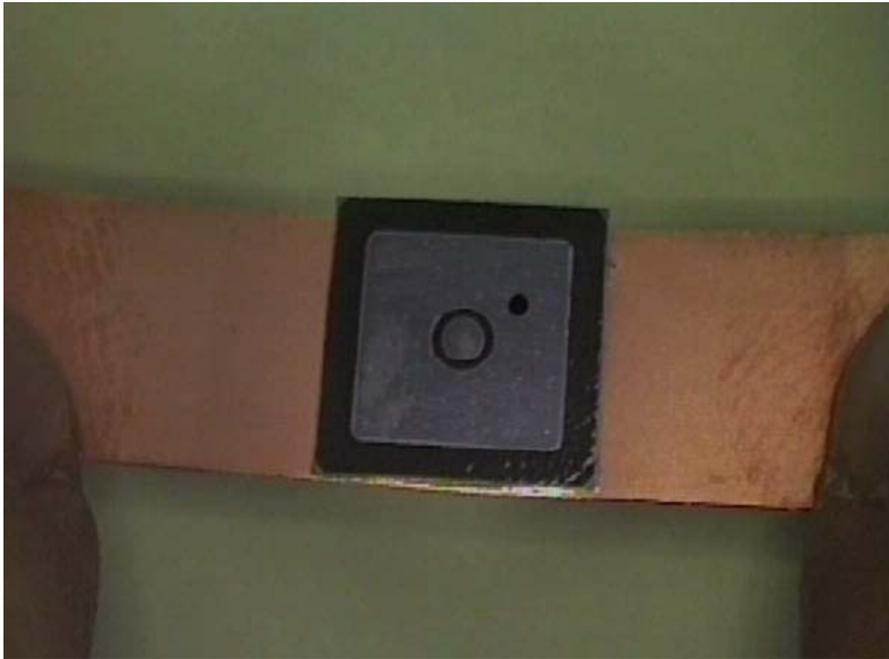


Quelle: Binary Alloys, ASM International, The Material Information Society



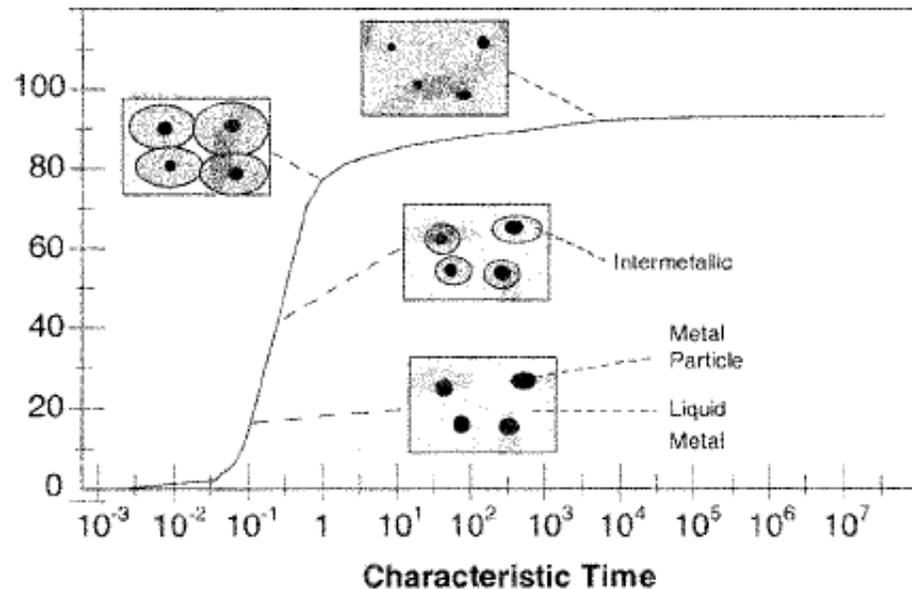
# Reaktionslote in der Elektronik – Erfahrungen und Potentiale

## Entwicklungspotentiale: fest/flüssige Reaktionslote für die Chipkontaktierung



Flüssige Lötverbindungen mit Gallium

Hardness (Durometer D)

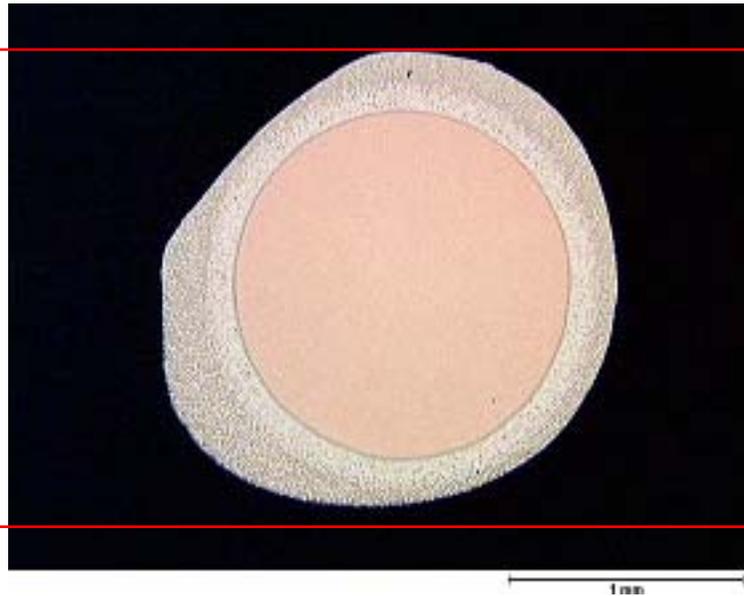


Härte und Mikrostruktur eines Ga-Cu-Ni-Reaktionslotes während der Härtung

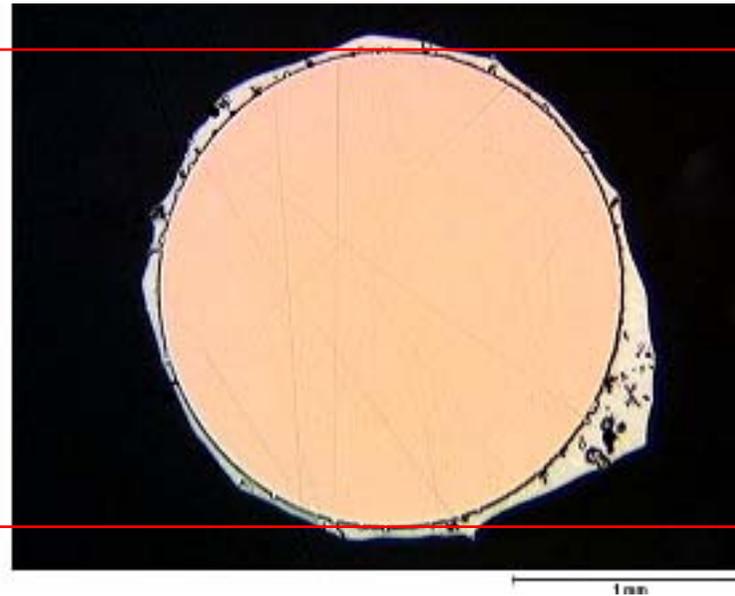
Quelle: D.F. Baldwin u.a.: Gallium Alloy Interconnects For Flip-Chip Assembly Applications, IEEE Transactions On Components And Packaging Technologic, 23/2 2000

## Entwicklungspotentiale: fest/flüssige Reaktionslote für die Hochtemperaturelektronik

Cu-Draht in Bi58Sn42



Cu-Draht in BiSn +1% Al-Inhibitor



Ausgangsdurchmesser 2 mm

Die Reaktionskomponente (Inhibitor) Aluminium verhindert die Auflösung des Kupferdrahtes im flüssigen Lot (500h Lagerung bei 200°C)

## Zusammenfassung - Reaktionslote:

- Höhere Festigkeit, insbesondere bei hohen Betriebstemperaturen
- Höhere chemische Beständigkeit
- Erfolgreiche Erprobung in der Praxis
- Breites Spektrum potentieller Entwicklungen

