

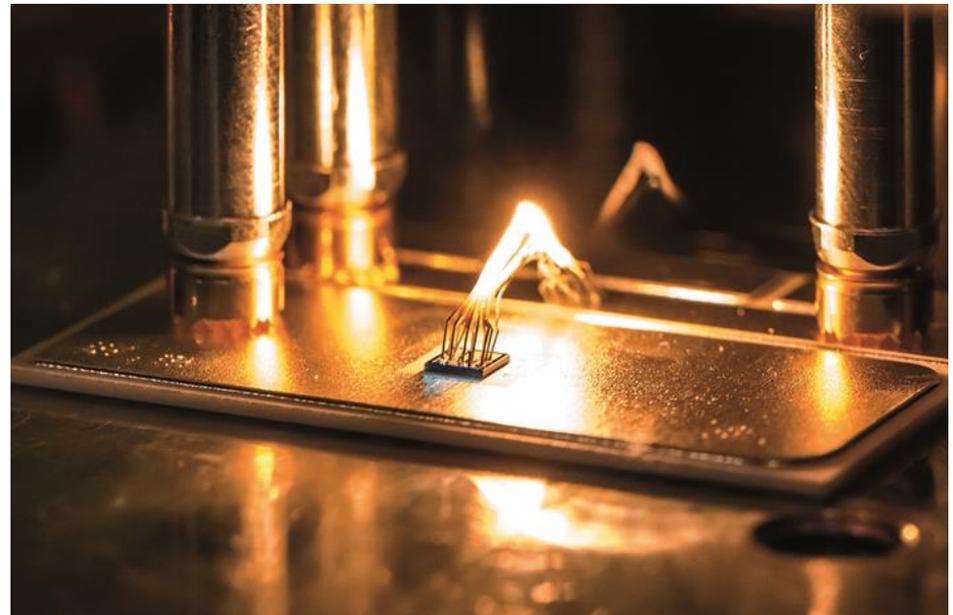
Optimierung und Qualifizierung eines Bondprozesses – Tests und Analyseverfahren

Daniel Dirksen



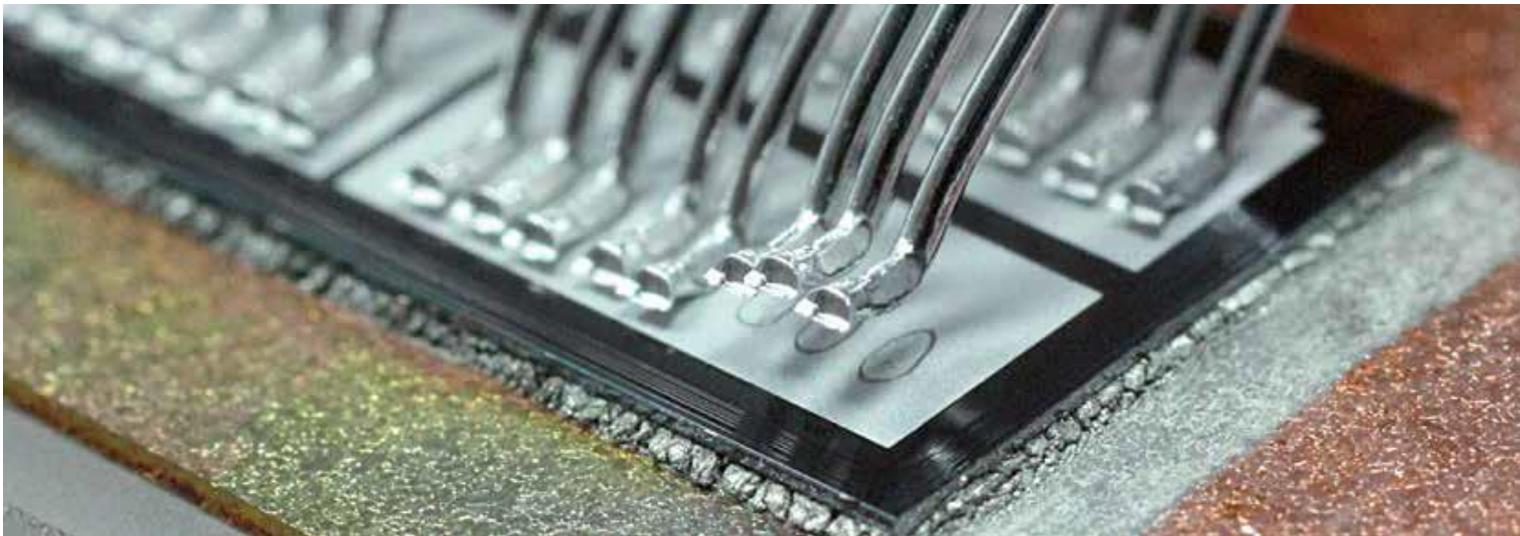
Inhalt

- Anforderungen aus der Leistungselektronik
- Übersicht der Testverfahren
- Eingesetzte Testverfahren
 - BAMFIT
 - Pulltest
 - Visuelle Inspektion
 - Schertest
 - Lock-In-Thermographie
 - Schliffpräparation
 - PCT



Anforderungen aus der Leistungselektronik

- Hohe Leistungsdichte
- Hohe Temperaturen $>250^{\circ}\text{C}$
- Hohe Temperaturwechselfestigkeit
- Hohe Lebensdauer
- Miniaturisierung
- Kosteneinsparung



Übersicht der Testverfahren

■ Zerstörende Testverfahren

- Pulltest
- Schertest
- Peeltest
- BAMFIT
- Schliffpräparation
- FIB-Schnitt
- REM-Aufnahmen
- PCT
- Lock-In-Thermographie
- Ätzen

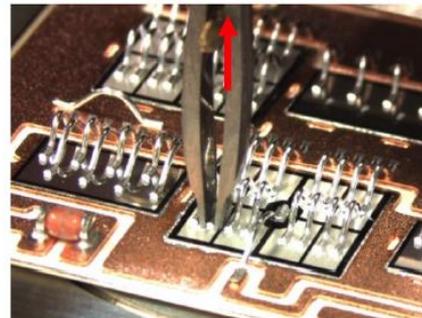
■ Zerstörungsfreie Testverfahren

- Visuelle Inspektion
- Elektrische Messungen u. a.
Ausgangskennlinienfeld
Gateleckstrom
Sperrstrom
- Lock-In-Thermographie
- Pulltest
- Schertest
- BAMFIT
- SAM

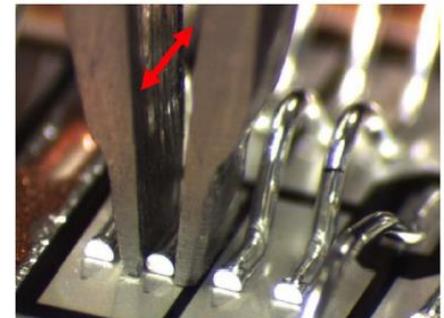
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - BAMFIT

- BAMFIT: Bondtec Accelerated Mechanical Fatigue Interconnect Testing
- Innovatives Verfahren (2018 auf der SMT vorgestellt)
- Beschleunigte Materialermüdung unter Einsatz von Ultraschall und Kraft
- Mögliche Alternative zum Schertest
- Rückschlüsse auf die Lebensdauer der Drahtbondverbindung möglich

Vorspannung (Zugkraft)

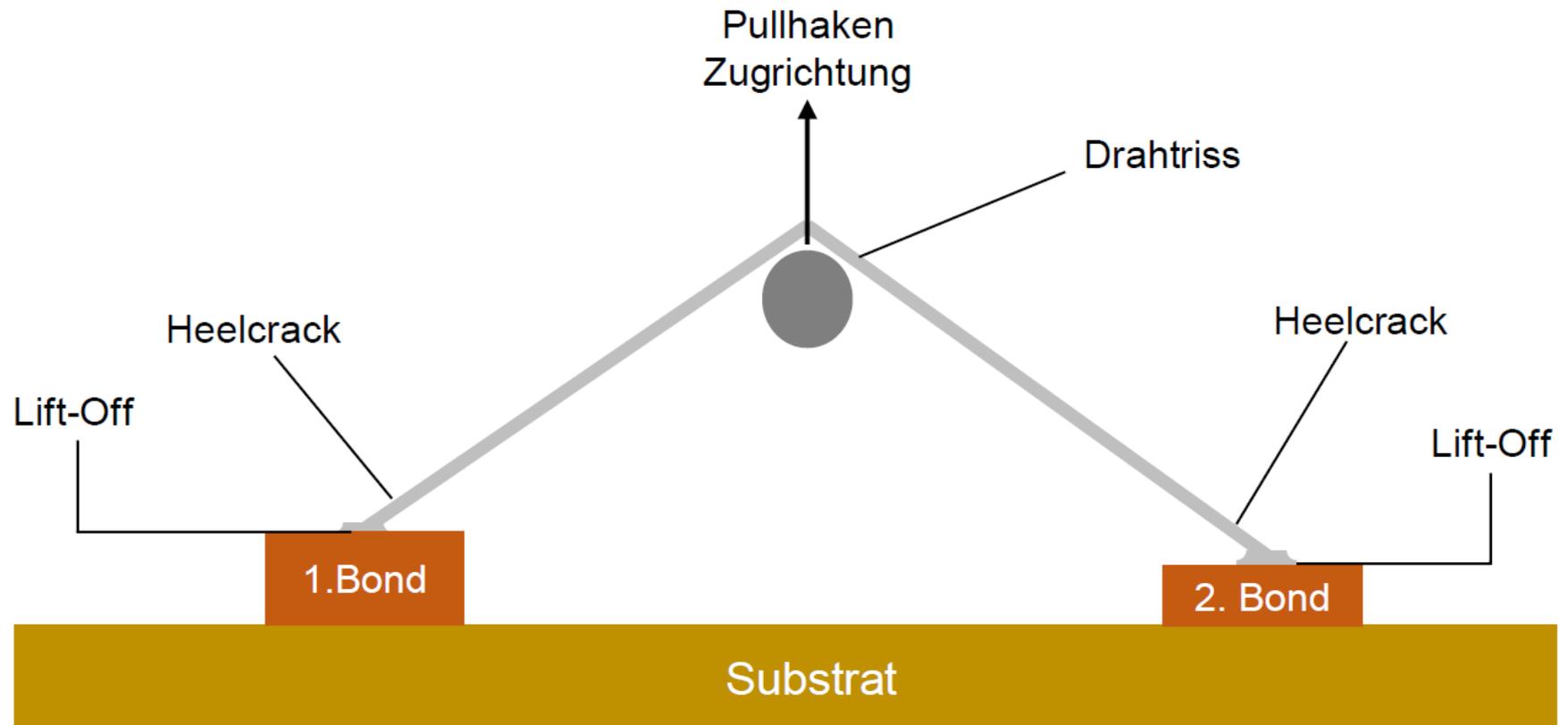


Anregungsrichtung (Ultraschall)



Quelle: Projektskizze SpeedCycle – Phase 1

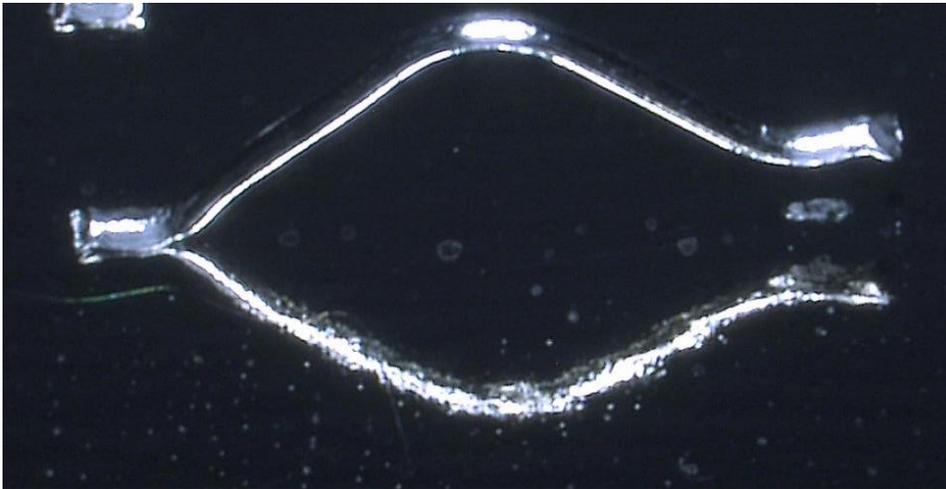
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Pulltest



Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Pulltest

- Nicht zerstörend: Auswirkung einer definierten Zugkraft am Draht
- Zerstörend: Zugbeanspruchung am Draht bis zum Auftreten eines der Fehlerbilder
- → Der Pulltest findet bei Dickdrähten vor allem Anwendung in der Vorversuchsphase. „Bondparameter abtasten“
- Pulltests bei Dickdrähten haben relativ wenig Aussagekraft
 - Es kommt meist zum Drahriss
 - Die Pullkraft entspricht annähernd der Reissfestigkeit des Drahtes

Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Pulltest



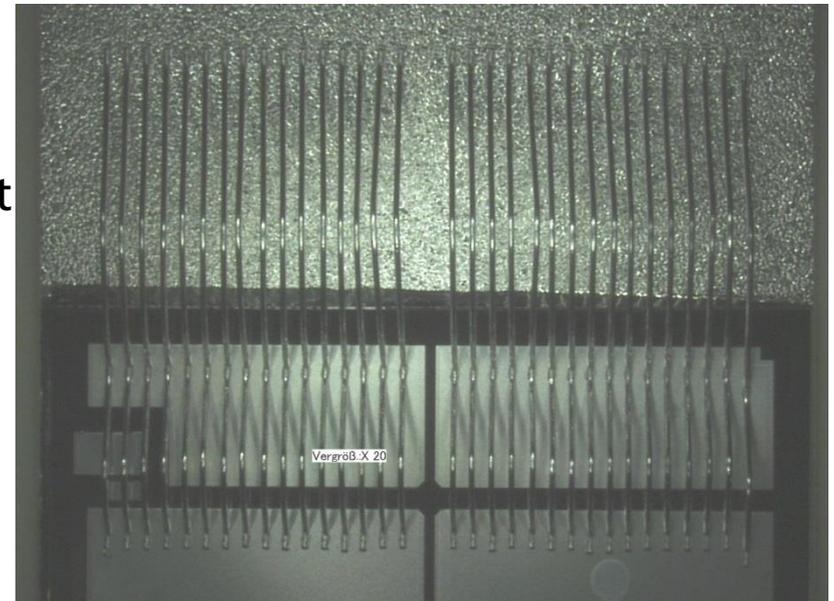
Bonddraht Lift-Off



Drahtriss

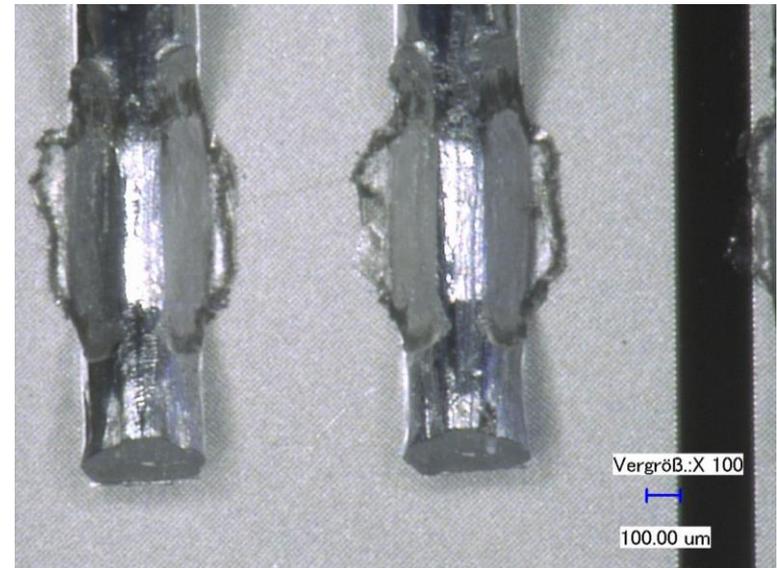
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Visuelle Inspektion

- Qualitative/Quantitative Bewertung der Bondverbindung u. a. hinsichtlich der
 - Bondfußbeschaffenheit
 - Ausbildung der Bondhöhle
 - Homogenität der Bondflanken
 - Verbrennungen am Draht
 - Taillänge
 - Toolabdrücke
 - Symmetrie
 - Risse und Kerben
 - Partikelbildung



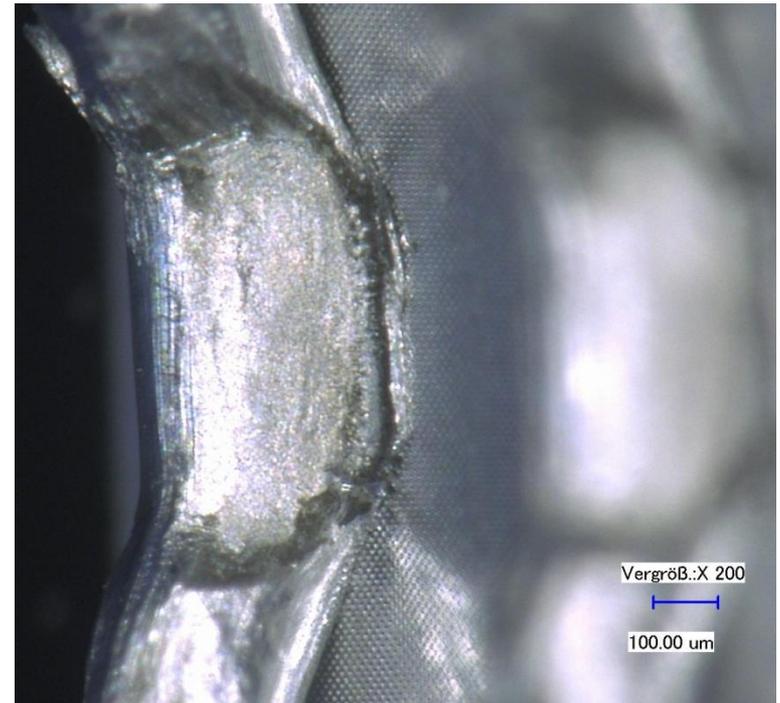
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Visuelle Inspektion

- Qualitative/Quantitative Bewertung der Bondverbindung u. a. hinsichtlich der
 - Bondfußbeschaffenheit
 - Verbrennungen am Draht
 - Toolabdrücke
 - Symmetrie
 - Risse und Kerben



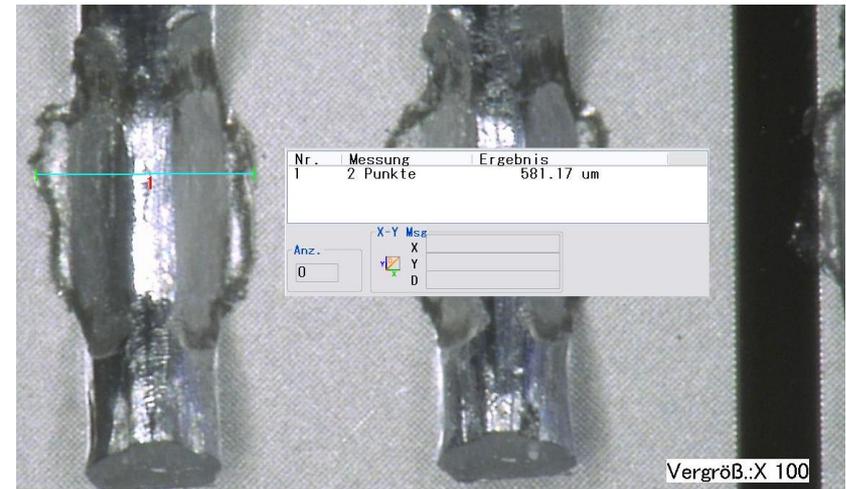
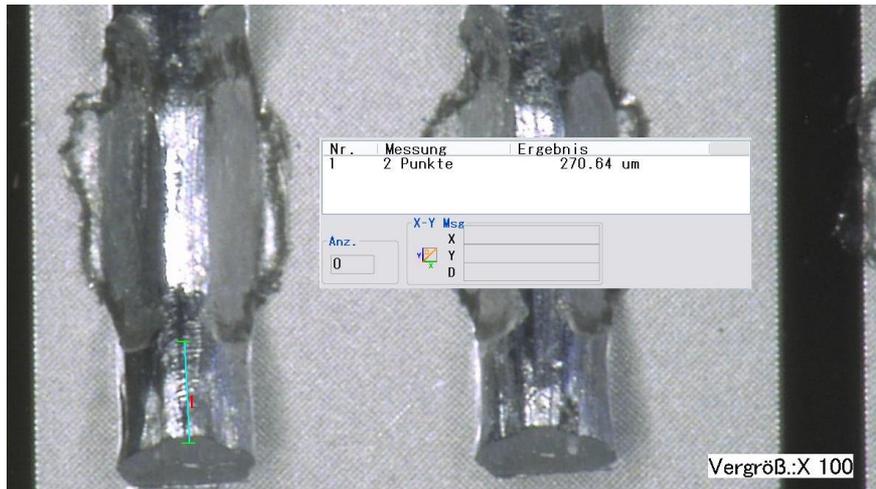
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Visuelle Inspektion

- Qualitative/Quantitative Bewertung der Bondverbindung u. a. hinsichtlich der
 - Bondfußbeschaffenheit
 - Ausbildung der Bondhöhle
 - Verbrennungen am Draht
 - Homogenität der Bondflanken



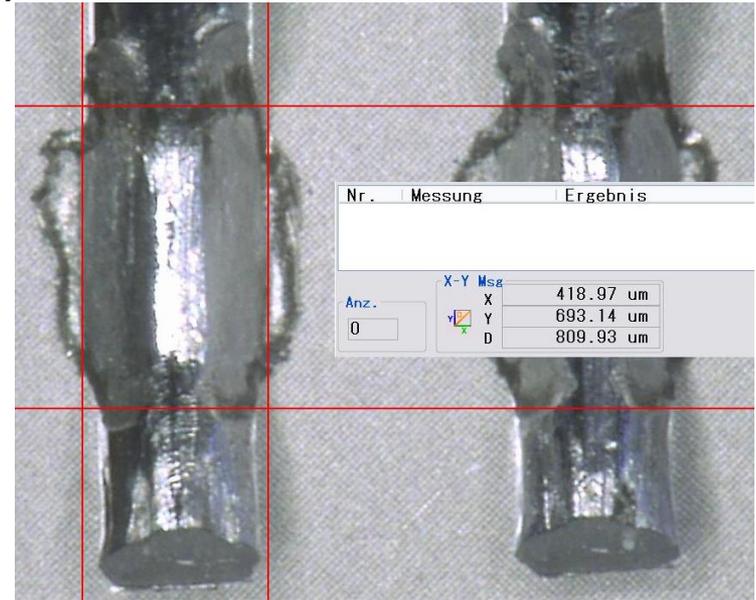
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Visuelle Inspektion

- Qualitative/Quantitative Bewertung der Bondverbindung u. a. hinsichtlich der
 - Bondfußbeschaffenheit
 - Ausbildung der Bondhöhle
 - Taillänge

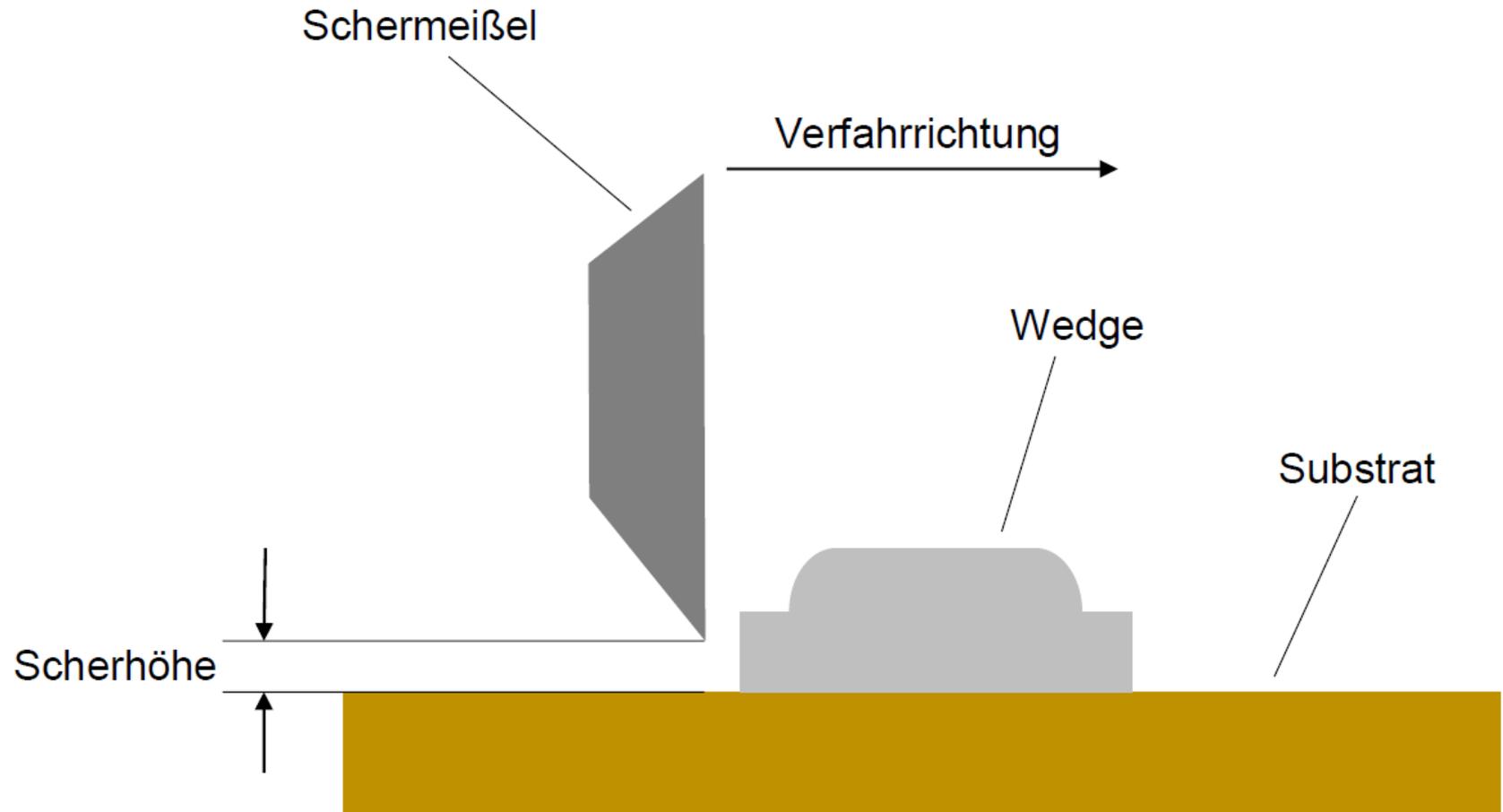


Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Visuelle Inspektion

- Qualitative/Quantitative Bewertung der Bondverbindung u. a. hinsichtlich der
 - Bondfußbeschaffenheit
 - Bondfläche ($A = 0,2897 \text{ mm}^2$)

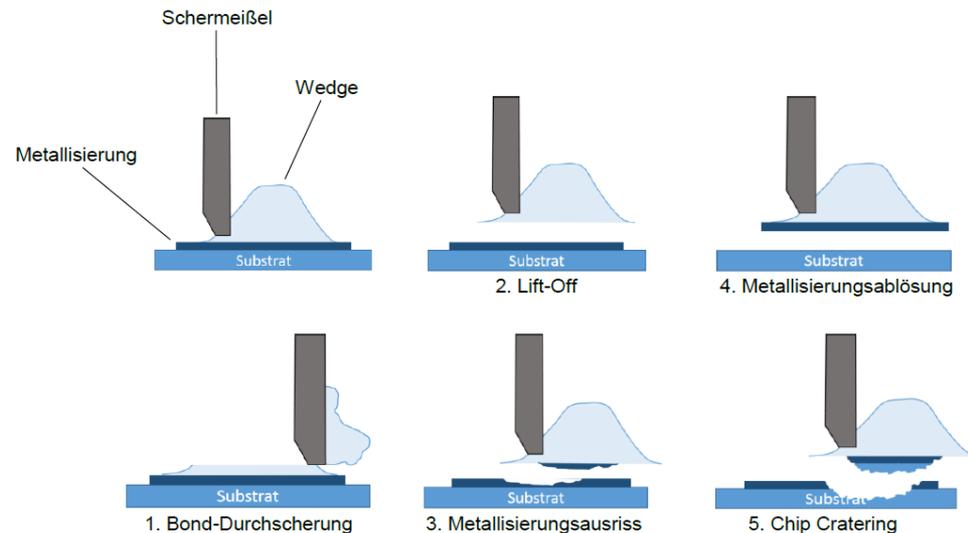


Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Schertest



Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Schertest

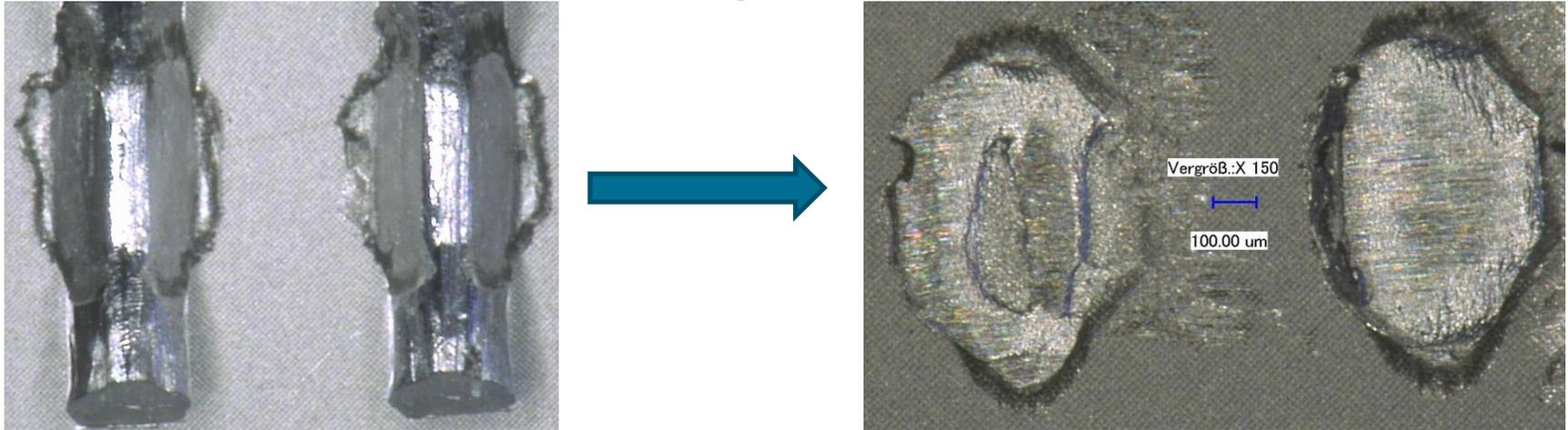
- Nicht zerstörend: Auswirkung einer definierten Druckkraft auf die Bondverbindung
- Zerstörend: Kraftausübung erfolgt so lange, bis die Verbindung aufgehoben wurde. Neben der Scherkraft wird auch der Bruchcode mitberücksichtigt



Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Schertest

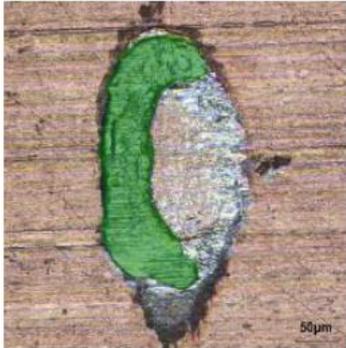
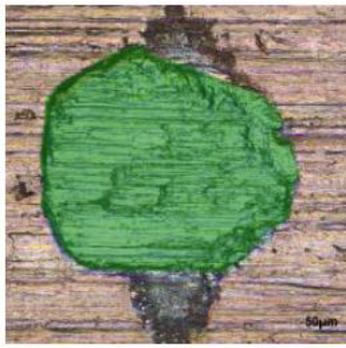
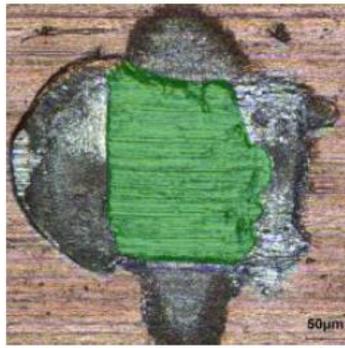
■ Scherparameter:

- Geschwindigkeit: $v = 300 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Scherhöhe: $10 \mu\text{m}$
- Bruchcode: Riss durch den Draht
- Mittlere Scherkraft: $17,5 \text{ N}$
- Resultierende Scherfestigkeit: $60,4 \text{ MPa}$



Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Schertest

- Beispiele zum Schersockelanteil (Al H11 – 150 μm)
- Erfahrungsgemäß werden höhere Restschersockel bei höherer US-Leistung erreicht

Schersockelanteil (%)	20 – 50	> 75	> 50
Bild von Scherfläche (grün dargestellt)			

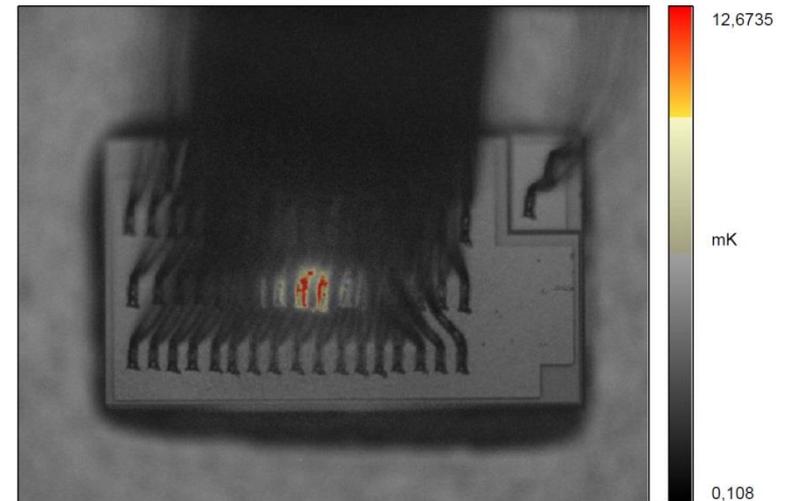
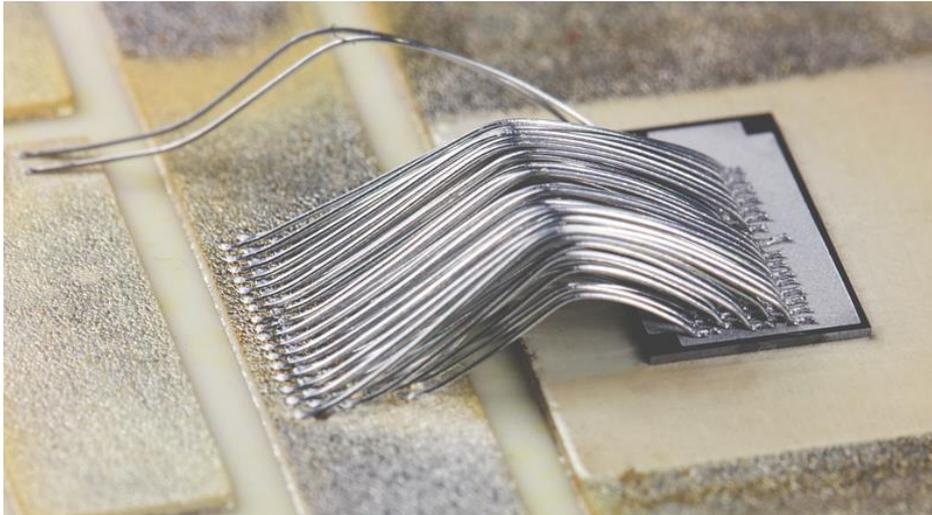
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Lock-In-Thermografie

■ Prinzip:

- Es liegt ein vorgeschädigtes Halbleiterbauelement vor
 - Feststellung durch Fehlschlagen elektrischer Messungen
- Dieses Bauelement wird gepulst bestromt
- In den geschädigten Bereichen findet eine Erwärmung statt
- Die Erwärmung wird von der Infrarot-Kamera registriert
- Die Erwärmung wird im mK-Bereich erfasst

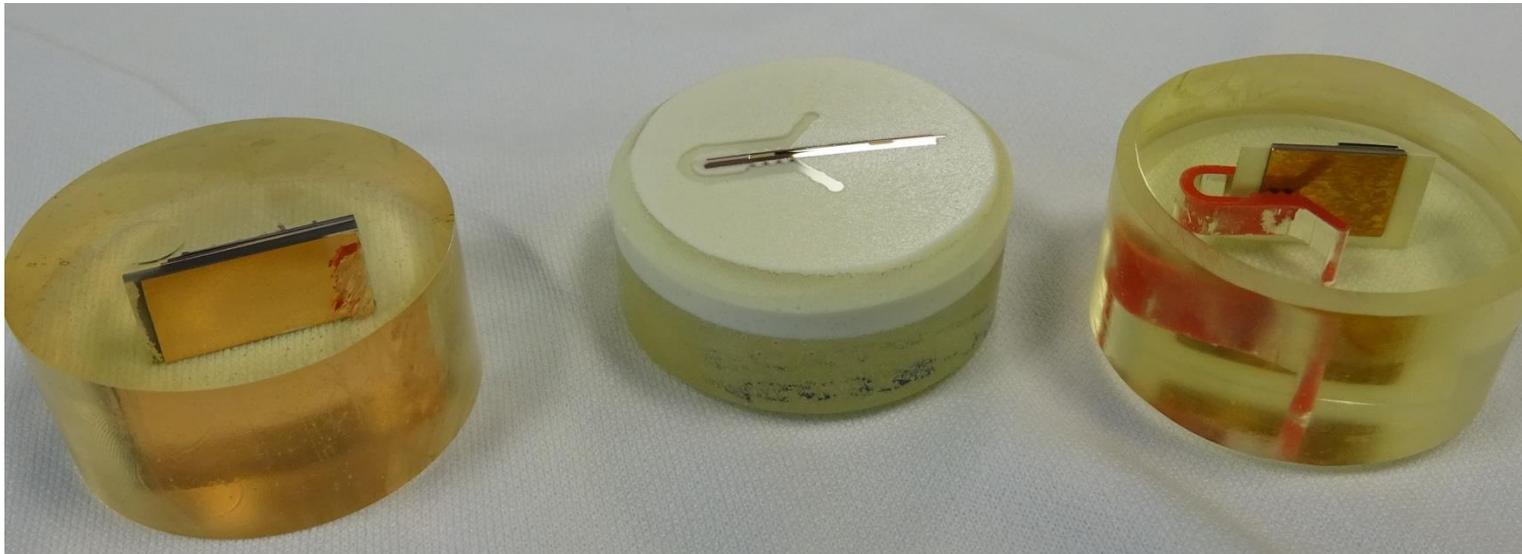
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Lock-In-Thermografie

- Beispiel: Hot Spot Detektion in der Mitte des Halbleiterbauelements



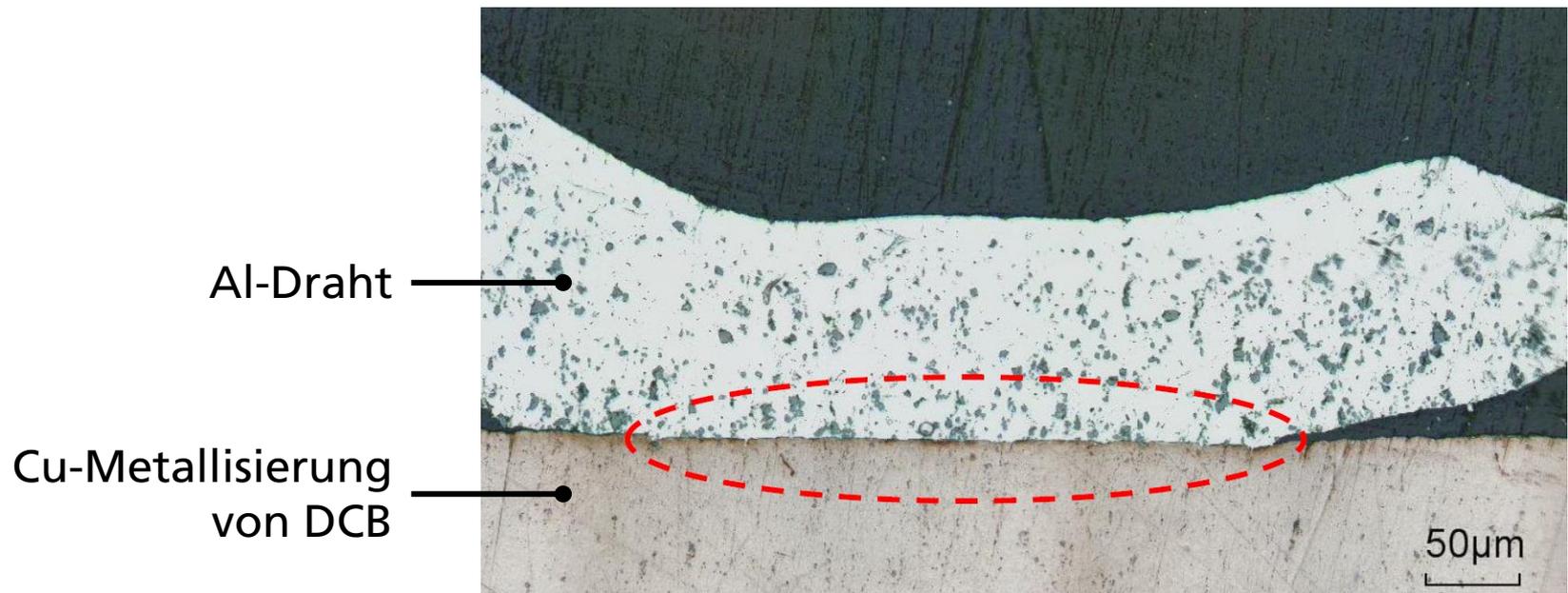
Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Schliffpräparation

- Einbetten der zu untersuchenden Probe, z. B. in 2-K-Epoxidharz
 - Optional: Verstärkung der Randstrukturen mit Keramikpulver (mittlere Probe)
- Präparation der zu untersuchenden Ebene



Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - Schliffpräparation

- Minimale Deformation der Kupfers im markierten Bereich
- Vollflächige Anbindung ist zu erkennen
- Keine Materialverdrängung im Randbereich der Bondstelle zu erkennen

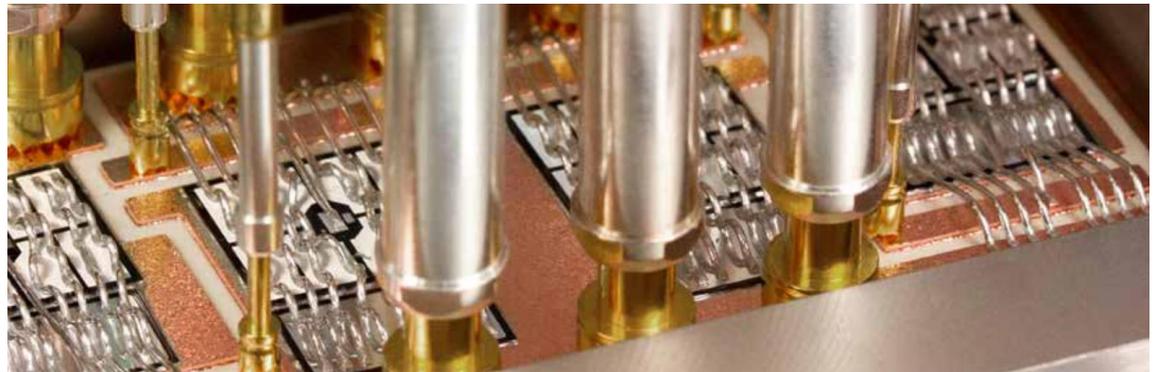
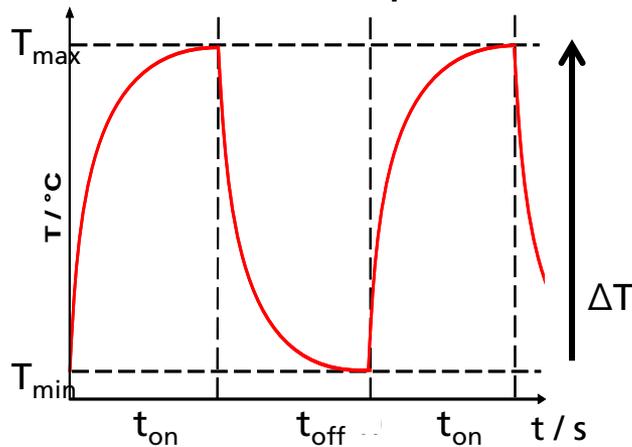


Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - PCT

■ PCT: Power Cycling Test

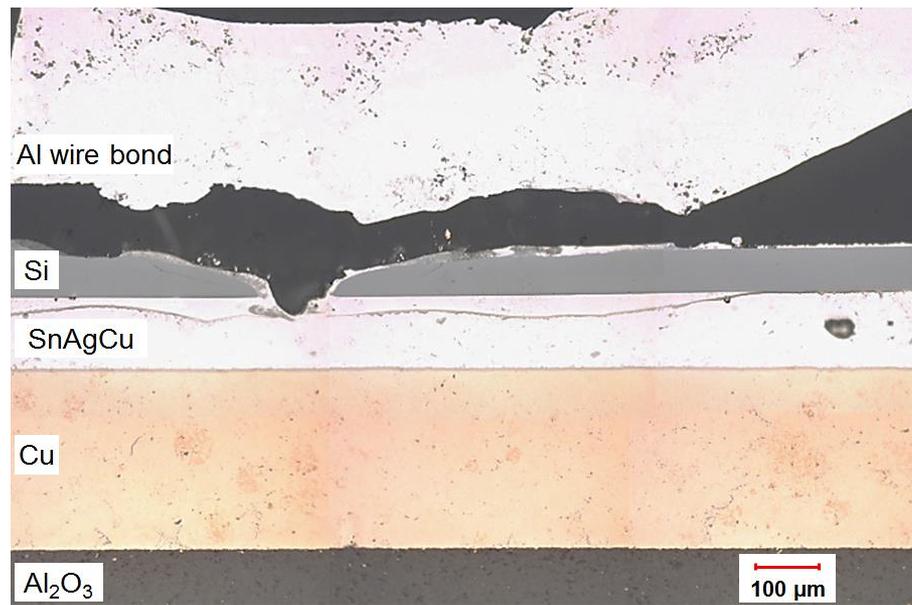
■ Testbedingungen

- Zykluszeiten t_{on} , t_{off}
- Temperaturhub ΔT
- Temperaturen T_{min} , T_{max}



Eingesetzte Tests und Analyseverfahren - PCT

- Ausfallerscheinung ist vorhersehbar aufgrund des Widerstandsanstiegs
- Nach Ausfall weniger Bonddrahtverbindungen kommt es zum Kaskadeneffekt



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Daniel Dirksen
Daniel.Dirksen@iisb.fraunhofer.de

Fraunhofer Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie
Schottkystraße 10 • 91058 Erlangen • Tel. 09131 761-626, Fax -390
www.iisb.fraunhofer.de