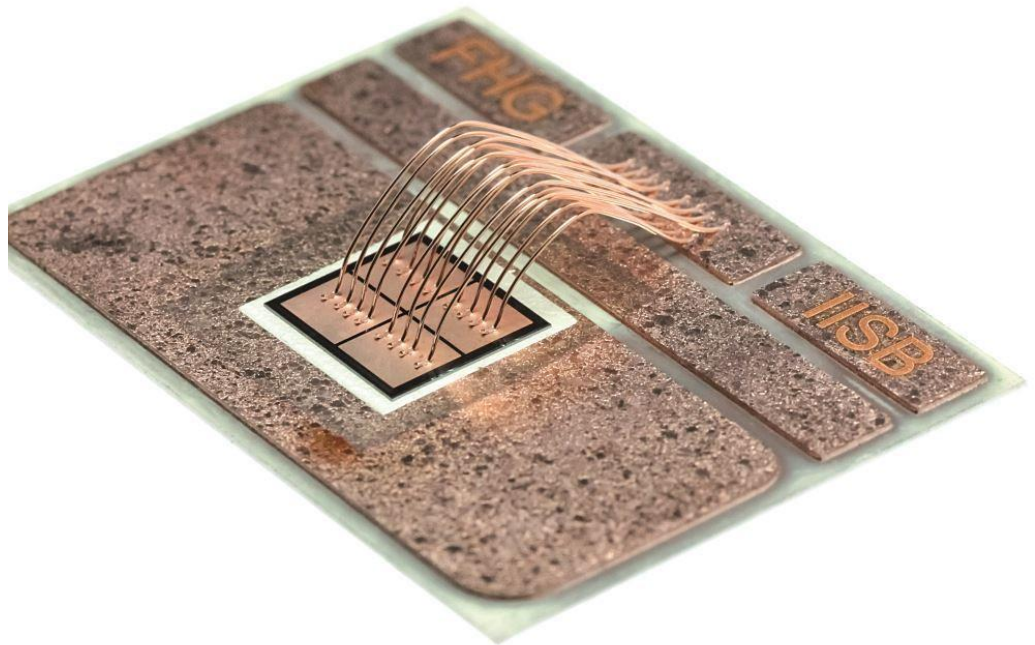

Bewertung von Bondverbindungen – Möglichkeiten, Normen und Herausforderungen

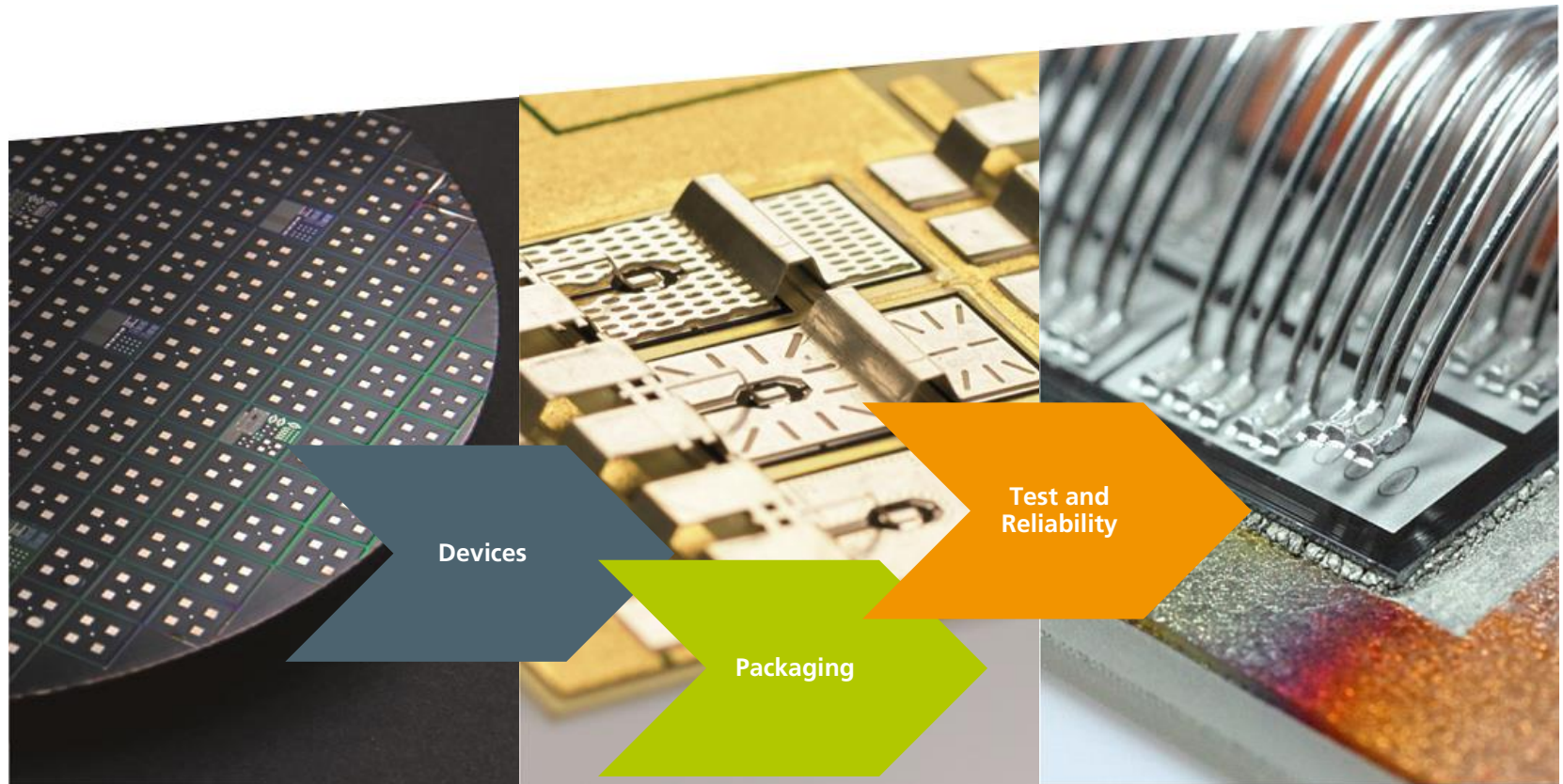
Daniel Dirksen



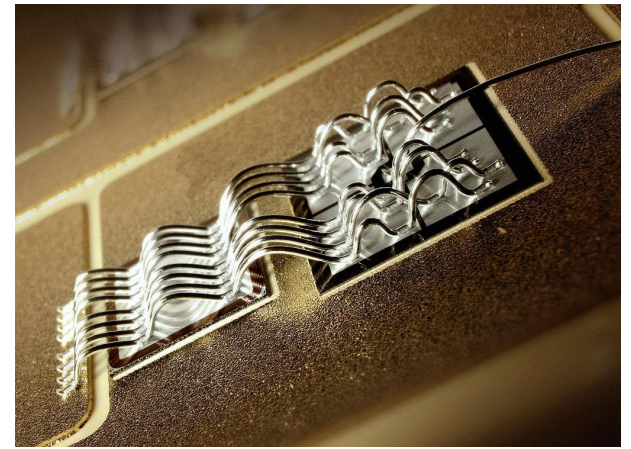
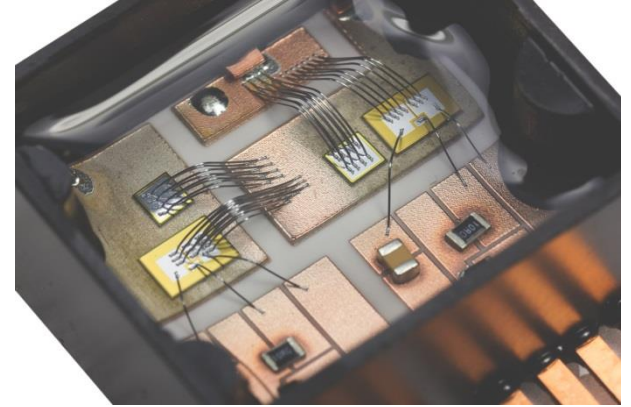
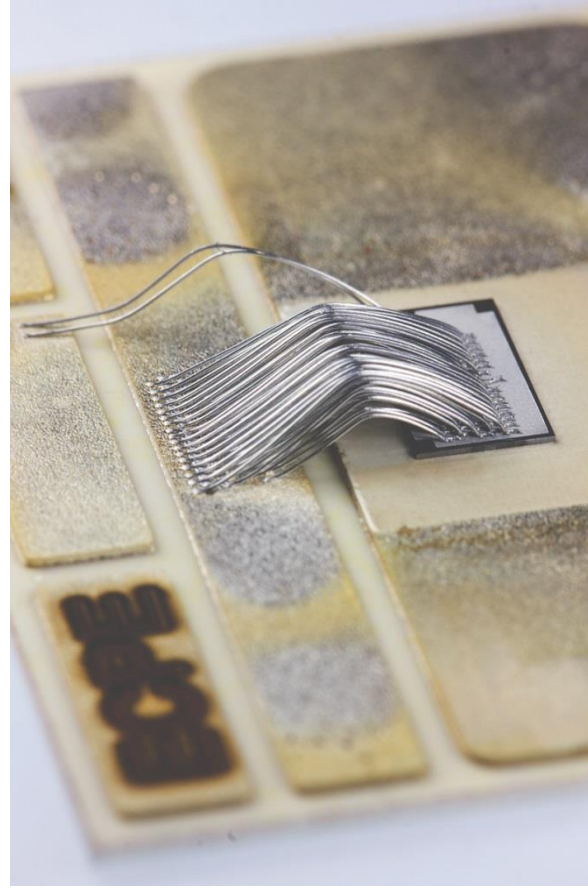
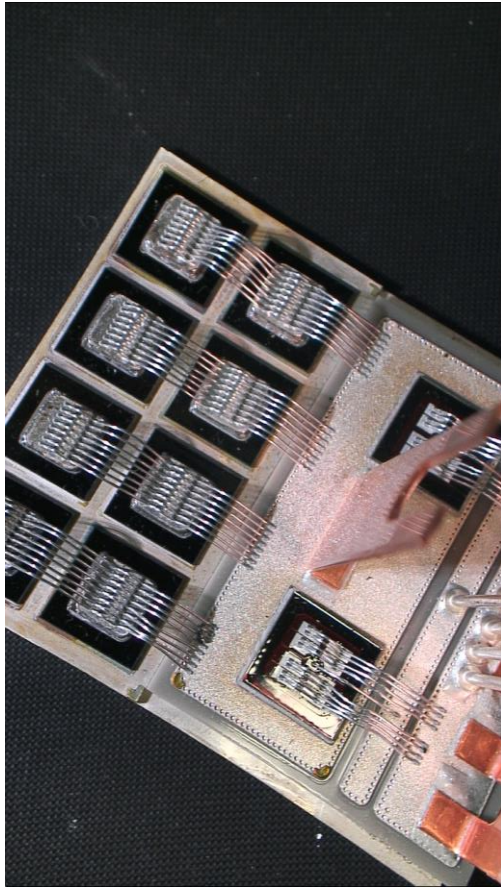
Bewertung von Bondverbindungen – Möglichkeiten, Normen und Herausforderungen

- Vorstellung
- Motivation Drahtbonden
- Standards zur Prüfung von Drahtbondverbindungen
- Übersicht der Testverfahren
- Herausforderungen für die Prozesstechnik
- Fazit

Vorstellung – Bauelemente und Zuverlässigkeit

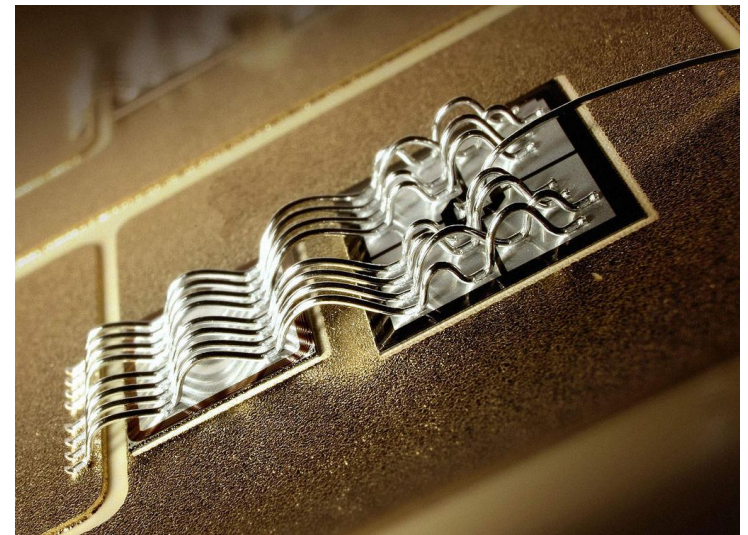


Motivation Drahtbonden



Motivation Drahtbonden

- Drahtbonden als etablierte Technologie in der Leistungselektronik
- Anforderungen
 - Hohe Stromtragfähigkeit
 - Lange Lebensdauer
 - Maximale Ausnutzung der Halbleiterfläche
 - Quantitativer Nachweis der Verbindungsqualität
- Primär Verwendung von Dickdrähten (100 μm – 500 μm)



Standards zur Prüfung der Drahtbondverbindungen

- AEC-Q100-001C (1998) – Schertest
- AEC-Q101-003A (2005) – Schertest
- MIL-STD 883J (2018) – Testmethoden für mikroelektronische Systeme (Pulltest)
- IPC-TM-650 (1998) – Pulltest
- ASTM (alle 2018)
 - F459-13 – Pulltest
 - F1269-13 – Schertest
 - F458-13 – zerstörungsfreier Pulltest
- Merkblatt DVS 2811 (2017) – Prüfverfahren für Drahtbondverbindungen

Vorteile des DVS 2811 - Merkblattes

- In deutscher Sprache verfügbar
- Namhafte Partner aus unterschiedlichen Bereichen waren bei der Erstellung des Dokuments beteiligt, z. B. F&S Bondtec, Fraunhofer IZM, Heraeus, VW
- Umfasst sämtliche Bondgeometrien
 - Dünndraht
 - Dickdraht
 - Bändchen
- Anschauliche schematische Zeichnungen
- Richtwerte für diverse Prüfverfahren

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
- Lock-In-Thermographie
- Pulltest
- Schertest
- BAMFIT
- SAM

Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Anlage
- Handling
- Bondoberfläche
- Bondprozess

Herausforderungen für die Prozesstechnik – Verwendetes Bondequipment

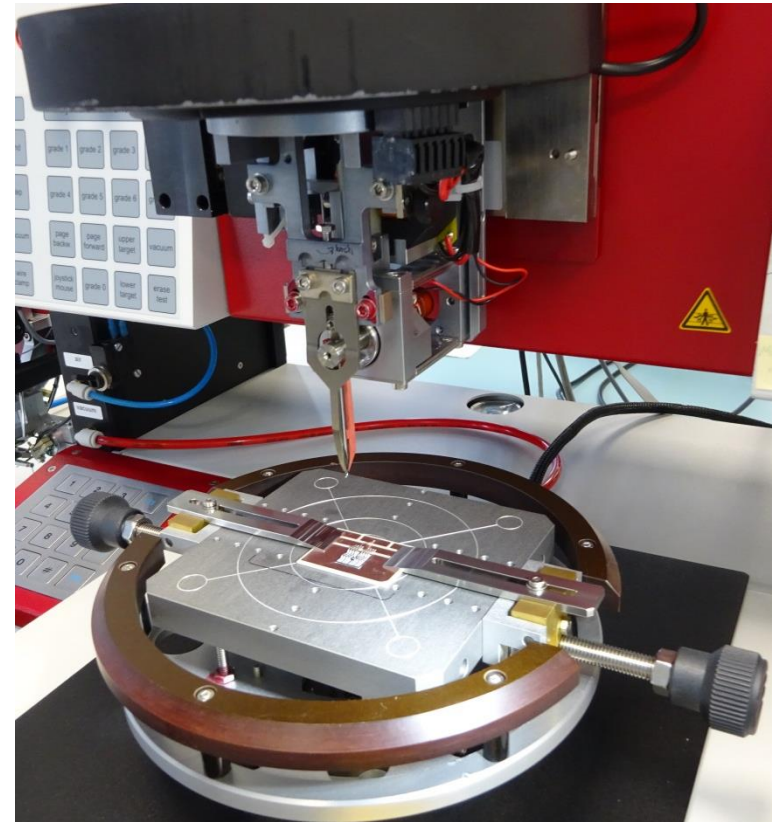
- F&S Bondtec 56xx
- Bondverfahren
 - Ultrasonic
 - Drähte: 17,5 μm – 500 μm
 - Bändchen: bis 2000 x 300 μm
 - Thermosonic
 - 17,5 μm – 50 μm
- Testverfahren
 - Schertester
 - Pulltester



Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Anlage

- Z-Verfahrenlimit zu tief eingestellt
→ Kollision von Bondtool und Bondoberfläche
- Z-Verfahrenhöhe nicht berücksichtigt
→ Kollision von Bondtool und Modul
- USG-Einstellungen nicht an den Draht angepasst
→ Bondvorgang findet nicht wie geplant statt
- Falsche Positionierung des Bondtools beim Einspannen (zu hoch / zu tief)
→ US-Leistung wird nicht korrekt vom Transducer auf das Bondtool übertragen



Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Handling

- Arbeiten ohne Schutzhandschuhe → Kontamination der Bondoberflächen
- Unzureichende Fixierung des Substrats → Mitschwingen während des Bondvorgangs → Cratering/Nichtanbindung
- Kontaminierte Bondoberfläche durch vorhergehende Prozesse → Keine Bondverbindung realisierbar

Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondoberfläche

- DCB-Oberflächen

- Hohe Rauheit
- Bondbarkeit mit Dünndrähten ($<100\ \mu\text{m}$) ist schwierig

- PCB-Oberflächen

- Oxidbildung bei längerer Lagerung
- Evtl. Durchscheinen von Nickel bei NiAu-Oberflächen

- Halbleiter:

- Trotz gleicher Metallisierung ist bei jedem Halbleiterbauelement individuelles Vorgehen für optimales Bondergebnis notwendig

Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondoberfläche

- Herausforderungen in der Modulzusammensetzung
 - Fügeprozess
 - Löten
 - Lunger in der Lötstelle
 - Vakuumschritt während des Lötprozesses einfügen
 - Evaluierung des Lotmittels durchführen
 - Flussmittelreste auf der Bondoberfläche
 - Reinigungsschritt durchführen

Herausforderungen für die Prozesstechnik - Bondoberfläche

- Herausforderungen in der Modulzusammensetzung
 - Fügeprozess
 - Sintern
 - Rückstände von organischen Bestandteilen auf den Bondoberflächen
 - Trocknungsschritt anpassen
 - Reinigungsschritt durchführen
 - Toolabdrücke vom Bestücktool auf den Halbleitern
 - Bestücktool überprüfen
 - Bestückkraft heruntersetzen

Herausforderungen für die Prozesstechnik

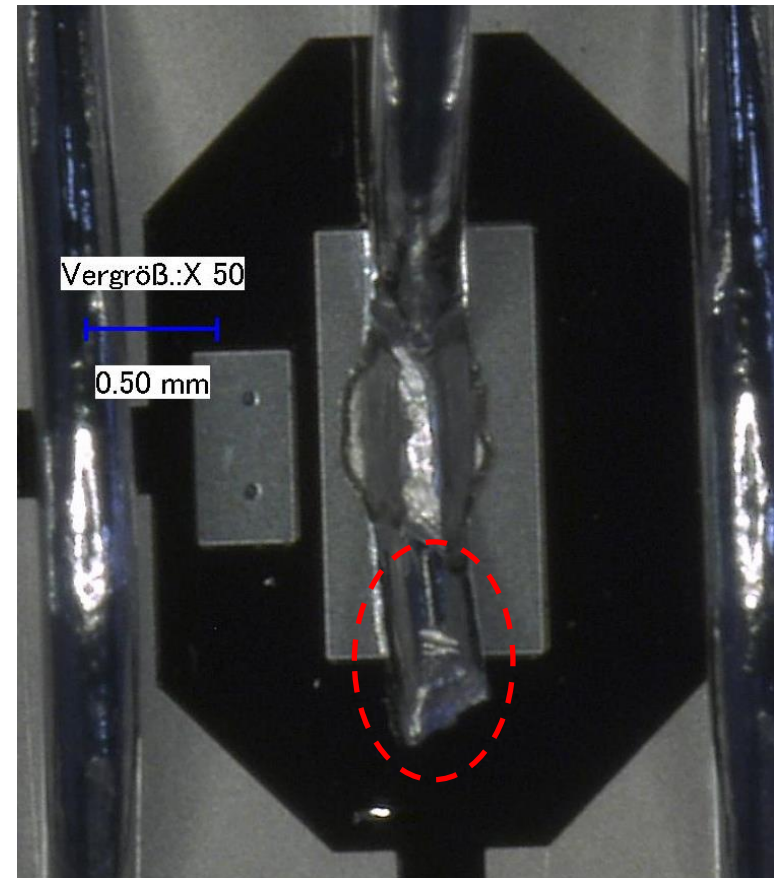
- Bonddraht

- Al-Drähte (Al H11, Al H14, -Cr-Varianten)
 - Großes Prozessfenster
 - Einsteigerfreundlich
 - Vielfältige Loopgeometrien realisierbar
- CuCor-Draht
 - Enges Prozessfenster
 - Bondbarkeit ist von der Bauelementtyp (-empfindlichkeit) abhängig
 - Einschränkungen in der Wahl der Loopgeometrie
- Cu-Draht
 - Zum Bonden auf Halbleitern Cu-Plating notwendig
 - Partikelbildung während des Bondvorgangs ist gegeben

Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondprozess

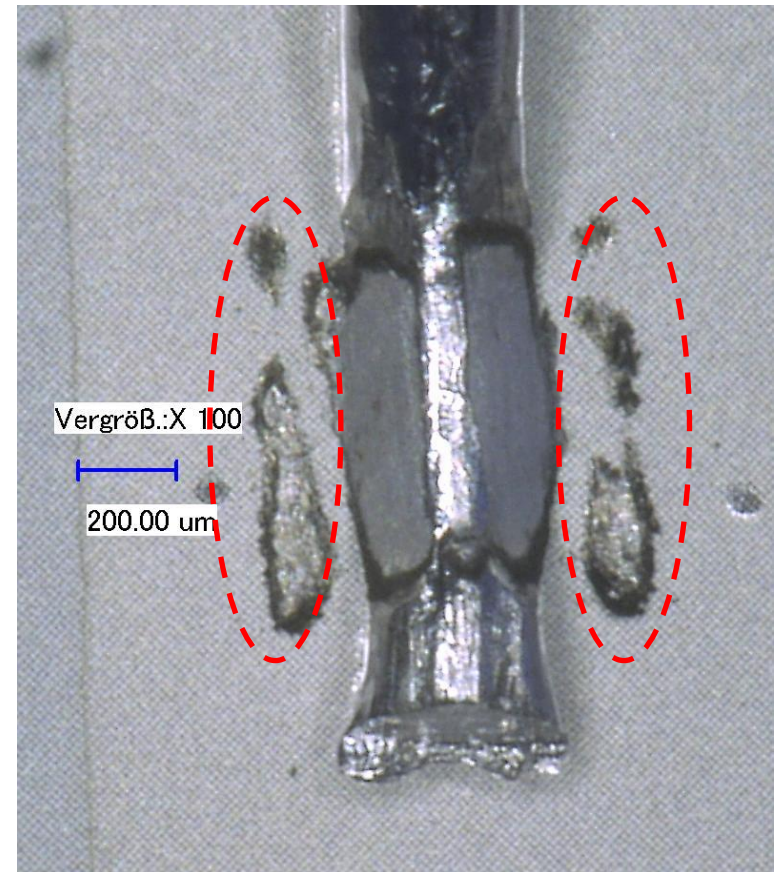
- Status: Tail beim Sourcebond zu lang
- Mögliche Auswirkung
 - Kurzschlussgefahr
- Lösungsmöglichkeit
 - Abstand zwischen Messer und Bondtool verringern
 - Cuthöhe anpassen



Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondprozess

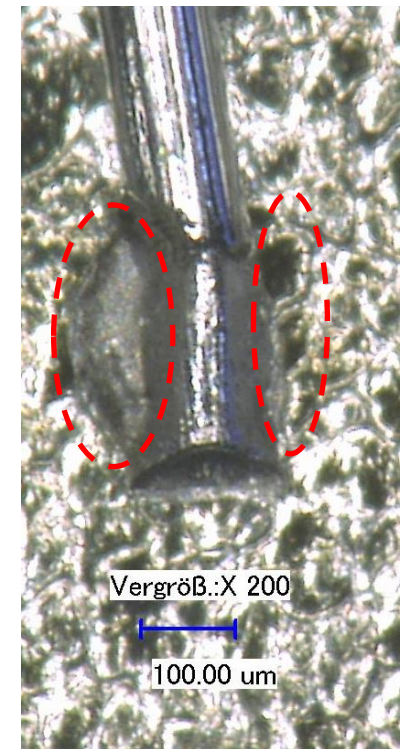
- Status: Toolabdrücke auf dem Substrat
- Mögliche Auswirkung
 - Chipschädigung
 - Bondtoolschaden
- Lösungsmöglichkeit
 - TD Threshold reduzieren
 - US-Leistung reduzieren
 - Bondkraft reduzieren



Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondprozess

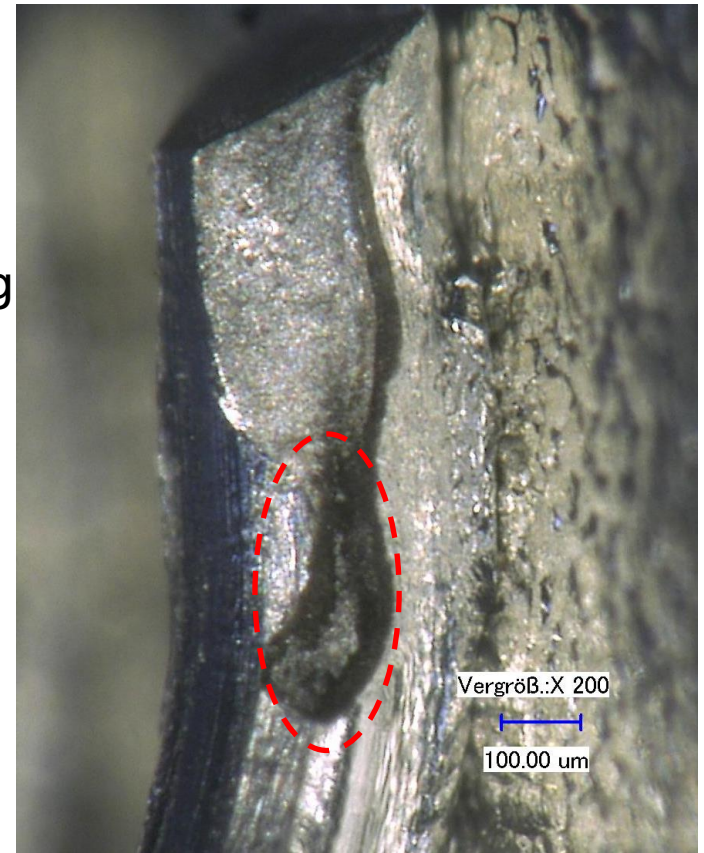
- Status: Asymmetrischer Bondfuß
- Mögliche Auswirkung
 - Scherkraft/Scherfestigkeit entspricht nicht der geforderten Vorgabe
- Lösungsmöglichkeit
 - Bondtool auf Ablagerungen überprüfen
 - Korrektur des S-Shape-Bondwinkels
 - Überprüfung der Drahtführung auf Unversehrtheit



Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondprozess

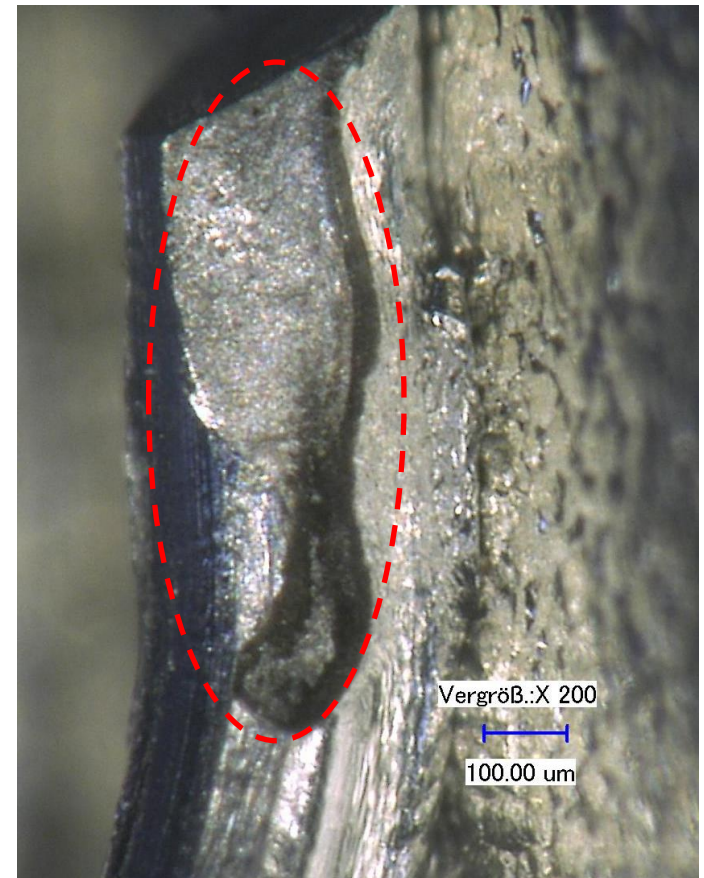
- Status: Brandspuren an der Bondverbindung
- Mögliche Auswirkung
 - Reklamation vom Kunden
 - Früher Ausfall der Bondverbindung
- Lösungsmöglichkeit
 - TD Threshold erhöhen
 - Bondkraft erhöhen
 - TD Force erhöhen
 - US-Leistung verringern
 - Verhältnis Loophöhe zu Looplänge verringern



Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondprozess

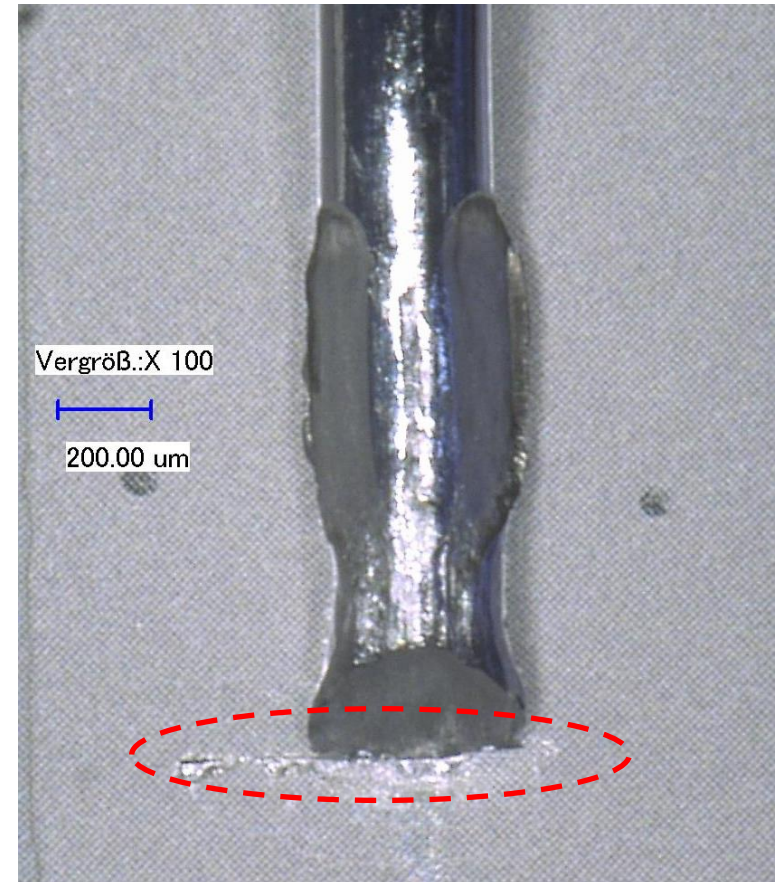
- Status: Inhomogene Bondflanken
- Mögliche Auswirkung
 - Mangelhafte Anbindung
- Lösungsmöglichkeit
 - TD Threshold erhöhen
 - Bondkraft erhöhen
 - TD Force erhöhen
 - US-Leistung verringern
 - Loophöhe verringern



Herausforderungen für die Prozesstechnik

- Bondprozess

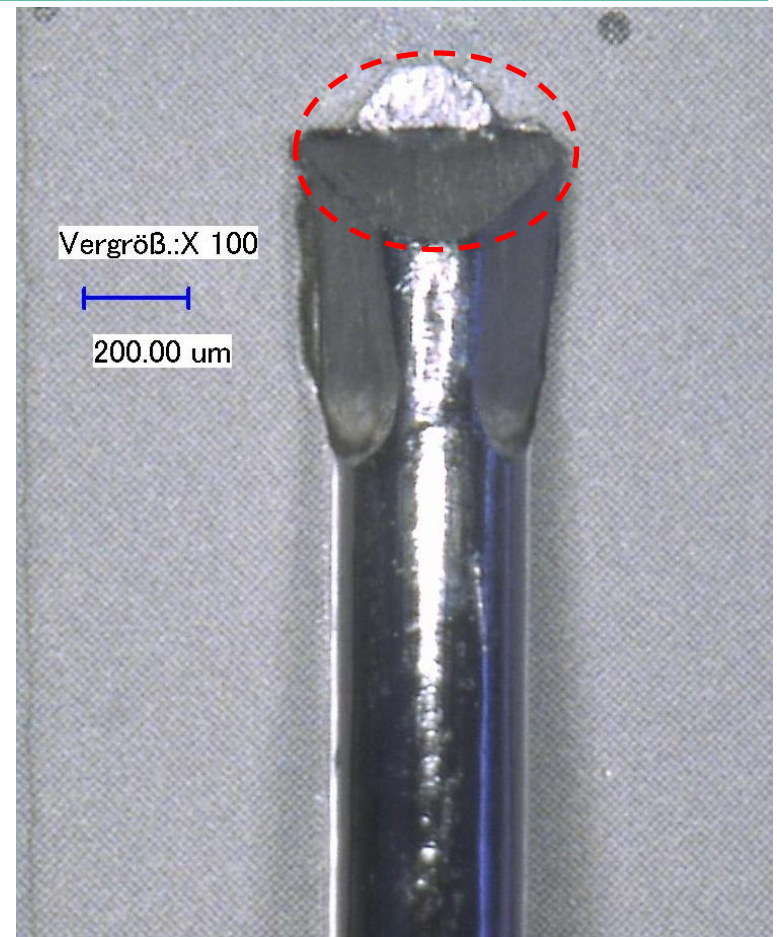
- Messerabdrücke im Halbleiter
- Mögliche Auswirkung
 - Chipschaden
- Lösungsmöglichkeit
 - Schnitthöhe verringern
 - TD Step anpassen



Herausforderungen für die Prozesstechnik

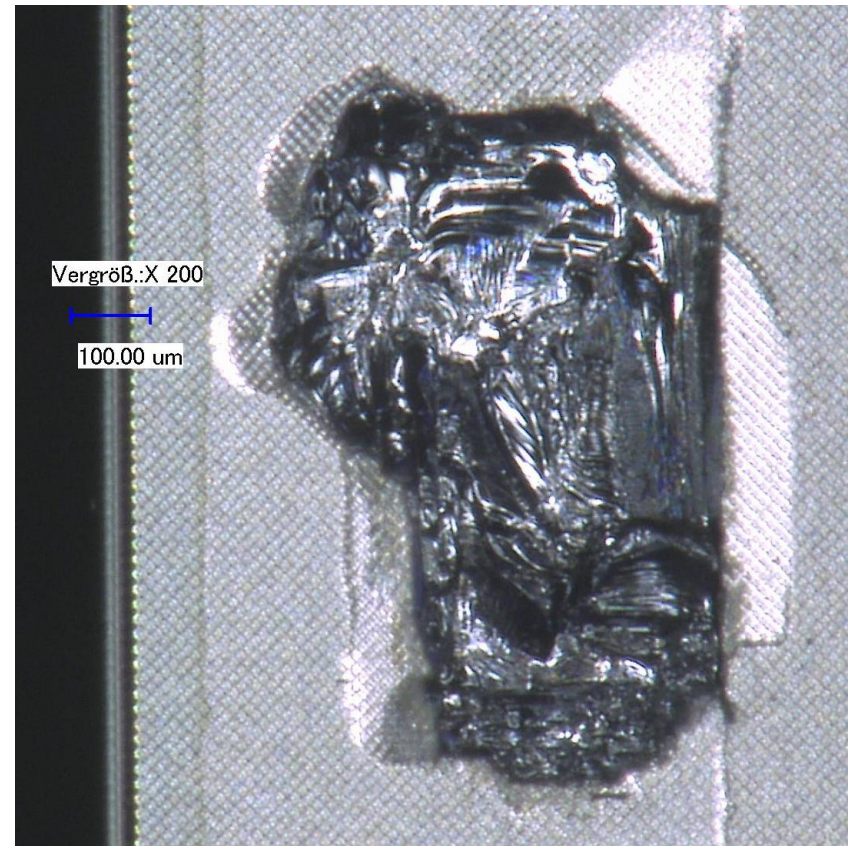
- Bondprozess

- Status: Schnitt in die Bondverbindung
- Mögliche Auswirkung
 - Geringe Scherfestigkeit
 - Geringe Lebensdauer
 - Reklamation
- Lösungsmöglichkeit
 - Tail Länge erhöhen
 - Abstand vom Messer zum Bondtool erhöhen



Herausforderungen für die Prozesstechnik - Bondprozess

- Status: Cratering
- Auswirkung: Halbleiterschaden
- Lösungsmöglichkeit
 - US-Leistung verringern
 - Bondkraft verringern
 - Kompatibilität des Drahtes mit der HL-Metallisierung prüfen



Fazit

- Die Bondparameter sind individuell auf jede Bondoberfläche anzupassen
- Nicht alle Draht-/Metallisierung-Kombinationen sind kompatibel
- Zur Bewertung der Bondverbindungen eignet sich die DVS 2811
- Die Möglichkeiten der Bondbarkeit werden mit kürzeren und gleichzeitig höheren Loops in Verbindung mit reißfesteren Drähten zunehmend geringer

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