



RoodMicrotec
powerful solutions

smthybridpackaging 2015
PCB/Forum

Thema

Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen
Gerhard Bayer



Zwolle



Noerdlingen



Stuttgart



Dresden



Bath



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

- **Firmenvorstellung**
- **Übersicht relevanter Standards**
- **Messung Ionischer Verunreinigungen**
- **Fehlerbilder an Leiterplatten und Baugruppen**

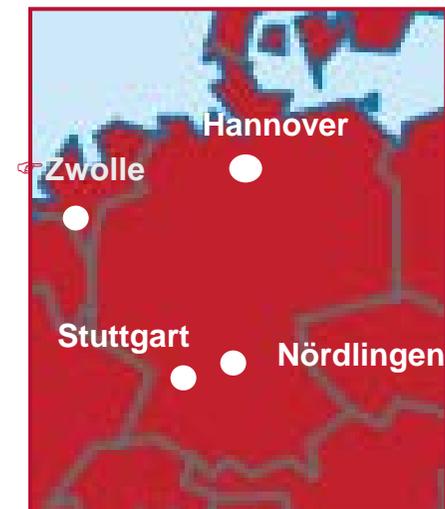


Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

 **Standorte**



-  Business units
-  Sales representatives
-  Strategic alliances





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

- **Founded in 1969**
- **110 FTE**
- **Vast experience of, and presence in the market**
- **Largest Independent “Full Service” Test House in Europe**
- **“One-Stop-Shop” for Semiconductor & Optoelectronics Services**
- **Located across Europe**



Zwolle



Nördlingen



Stuttgart



Dresden



Bath



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Quality Management

■ ISO/IEC 17025

General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories

■ ISO 9001

Quality Management System and Automotive Requirements aligned to ISO TS 16949

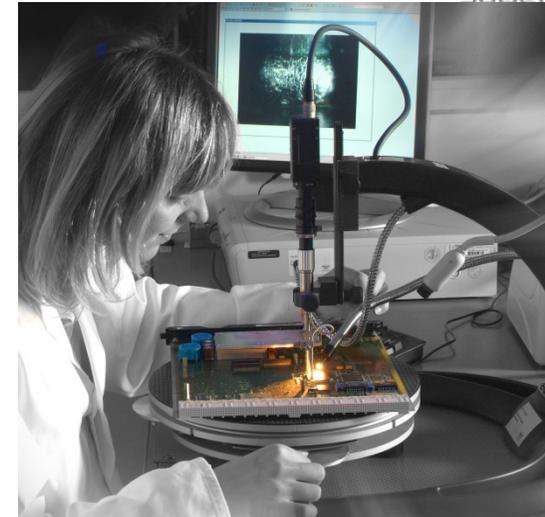
■ ISO 14001 → EMAS (Planned for Recertification 2015)

Environmental Management Systems Requirements with Guidance for Use



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

- **Test & Quality Engineering**
- **eXtended Supply Chain Management**
- **Production Test and Programming**
- **Qualification and Monitoring Burn-In**
- **Failure & Technology Analysis**
- **Services for Optoelectronics**
- **Evaluation & Consultancy**





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Fehleranalyse

- Destructive Physical Analysis (DPA/IPI)
- First Silicon Debug and Chip Repair
- Focused Ion Beam (FIB) Modification incl. Copper
- Customer Return Management
- Identity Check
- Metallographic X-Sectioning
- Material Characterization
- Extensive Microscopy:
SAM, SEM / EDX, X-ray
- Failure Analysis Pool





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

- **Standards**
- **IPC-A-600, Acceptability of Printed Boards**
- **IPC-A-610, Acceptability of Electronic Assemblies**
- **IPC-QE-605A, Printed Board Quality Evaluation Handbook**
- **IPC-4101, Specification for Base Materials for rigid and Multilayer Printed Boards**
- **IPC-6011, Generic Performance, Specification for Printed Boards**
- **IPC 6012, Qualification and Performance, Specification for Rigid Printed Boards**
- **IPC-TM-650, Test Methods**
- **DIN/EN 61192-2, Anforderungen an die Ausführungsqualität von Lötbaugruppen**
- **DIN/EN 61192-6, Elektronik Aufbauten auf LP**
- **Firmenspezifikationen**
- **.....**



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

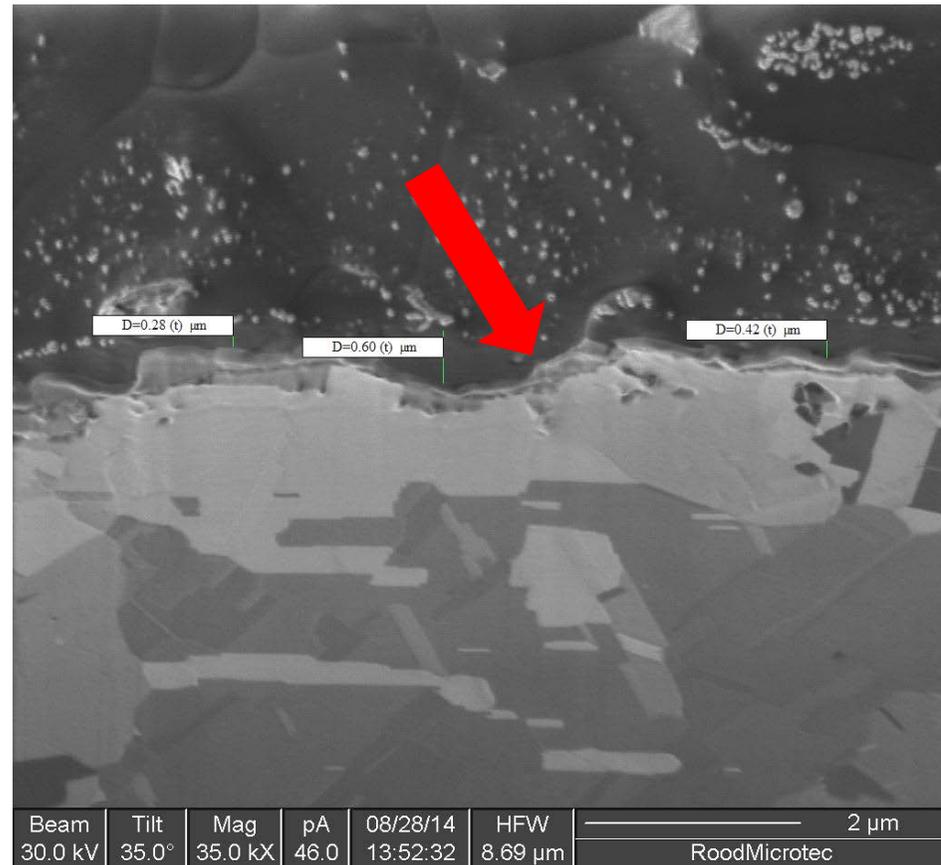
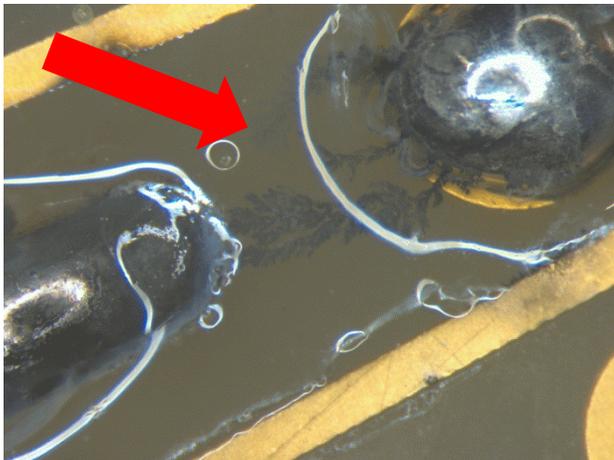
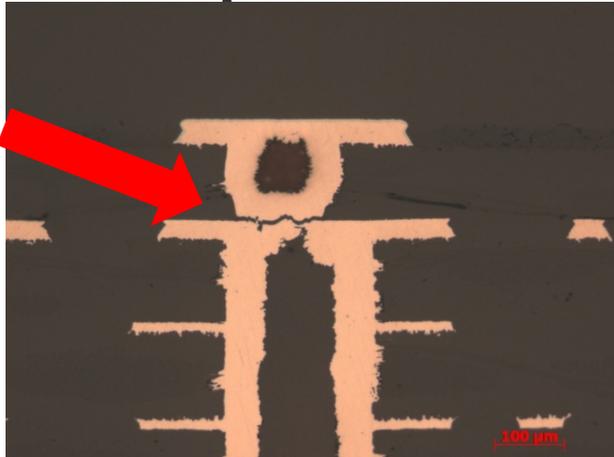
Firmenspezifikationen

- **Ergänzende Anforderungen, welche über die Anforderungen der IPC-A-600 und IPC-6012 hinausgehen.**
 - Forderungen hinsichtlich Reinheit in Abhängigkeit des Endfinishes
 - Metallisierungsdicken
 - Endfinishes, NiAu, chem. Sn , HAL.....
 - Lötstopplack, Typ, Glanzgrad
 - Design
 - Bow and Twist
 - Verpackung
 - Labeling
 -



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Beispiele zur Einstimmung





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

- **Messung Ionischer Verunreinigungen nach IPC-TM-650.
Pkt. 2.3.26**
- **Messgerät Ionograph 500 M**
- **Prüfbedingungen**
 - Gemisch Isopropanol/Wasser; 75%/25%
 - Prüfzeit: nach Kundenwunsch (üblich 60 min)
 - Kalibrierung mit Standard Eichlösung NaCl
 - Berücksichtigung der BG-Oberfläche mit und ohne Bauelementeoberfläche



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

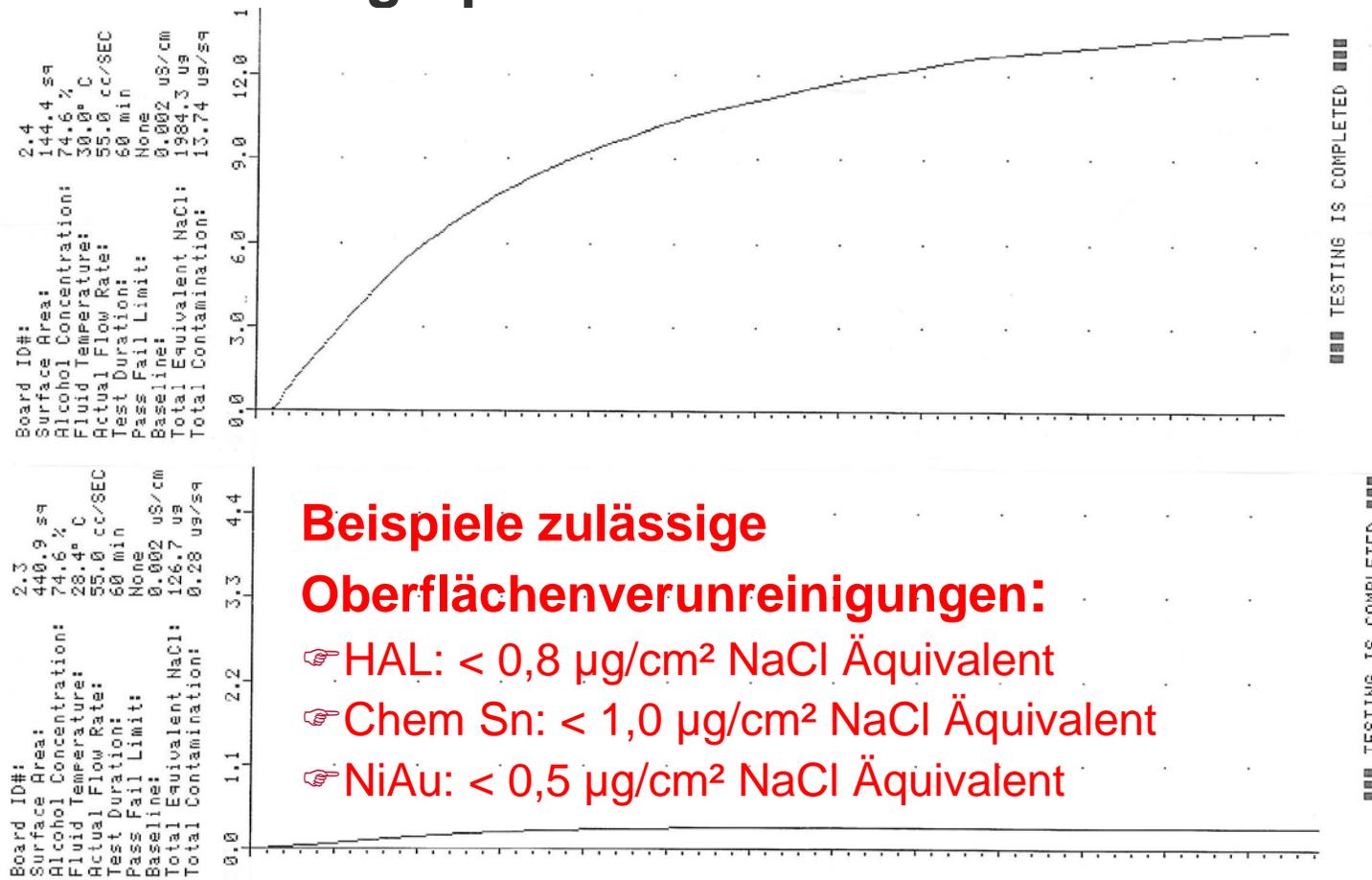
Ionograph 500 M





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Messkurven Ionograph



Beispiele zulässige

Oberflächenverunreinigungen:

- ☞ HAL: < 0,8 µg/cm² NaCl Äquivalent
- ☞ Chem Sn: < 1,0 µg/cm² NaCl Äquivalent
- ☞ NiAu: < 0,5 µg/cm² NaCl Äquivalent



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

• Äußere sichtbare Merkmale, IPC-A-600

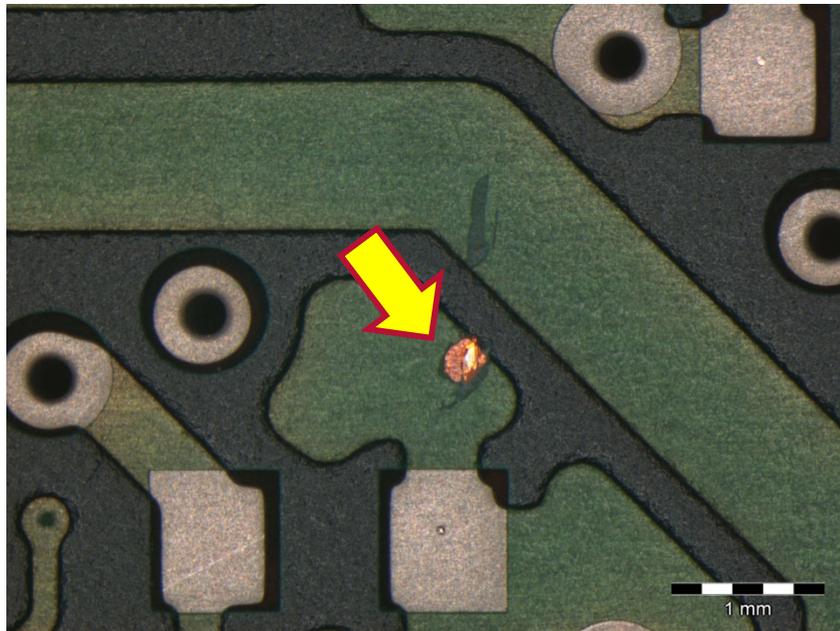
- Leiterplattenkanten
- Basismaterial-Oberflächen
- Lötbeschichtungen
- Durchkontaktierungen
- Kontakte
- Kennzeichnungen
- Lötstoppmaske
- Definition Leiterbilder – Abmessungen
- Ebenheit



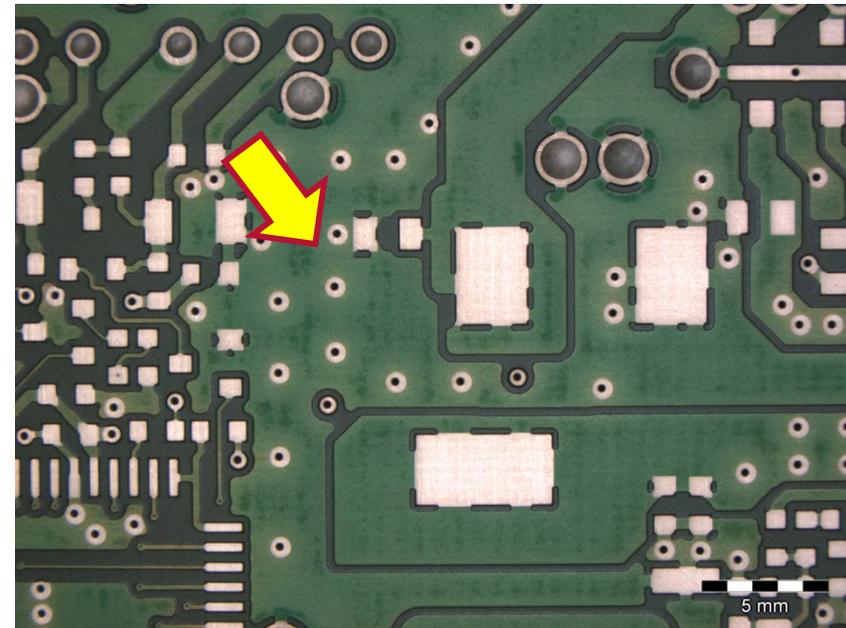
Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Beispielbilder Sichtprüfung Rohleiterplatte

- Äußerlich sichtbare Merkmale



Beschädigung auf LP-Oberfläche
Cu-frei



Flecken auf
Lötstopplackoberfläche



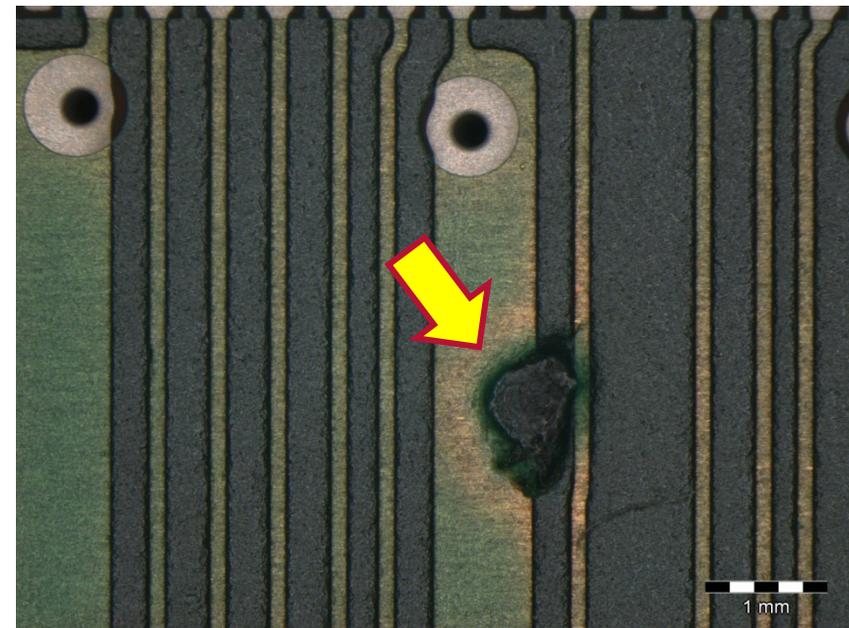
Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Beispielbilder Sichtprüfung Rohleiterplatte

- Äußerlich sichtbare Merkmale



Beschädigung LP-Oberfläche, Cu-frei



Lötstopplacktropfen, Verlaufsstörung
Lötstopplack



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

● **Innere sichtbare Merkmale, IPC-A-600**

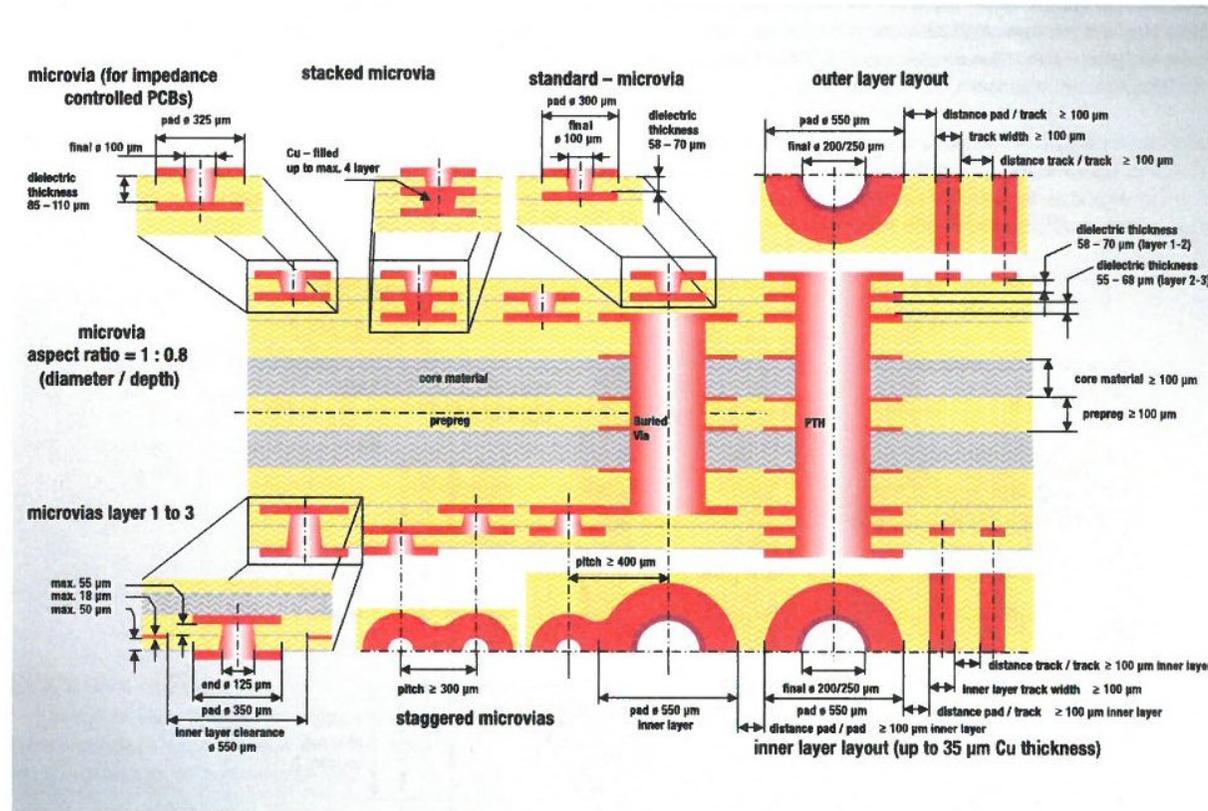
- Dielektrische Materialien
- Rückätzung
- Leiterbilder
- Durchkontaktierte Löcher
- Flexible und Starr-Flexible Leiterplatten
- Metallkernleiterplatten
- Leiterplatten mit eingeebneten Leitern
- Reinheitstest
- Lötbarkeitstest



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Leiterplatten Design, Schema

HDI Microvia Standard Design Rules

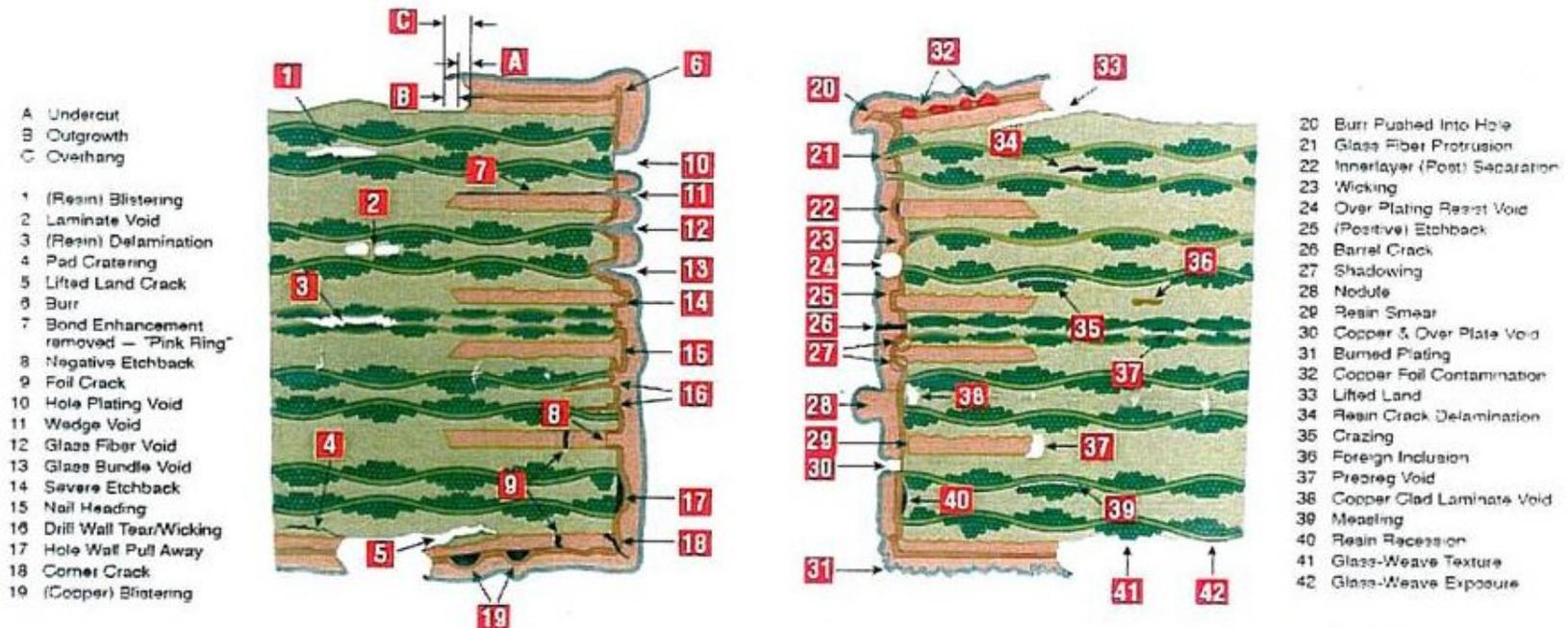


Quelle: HDI Design Guide, Fa. Würth Electronic



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Fehlermöglichkeiten an Durchkontaktierungen



Originally Designed by
Viasystems Motormers BV, Netherlands

Reviewed by BTT-PTH
Atotech Deutschland GmbH, Berlin

Updated to Industry Standard Terminology
IPC 2010



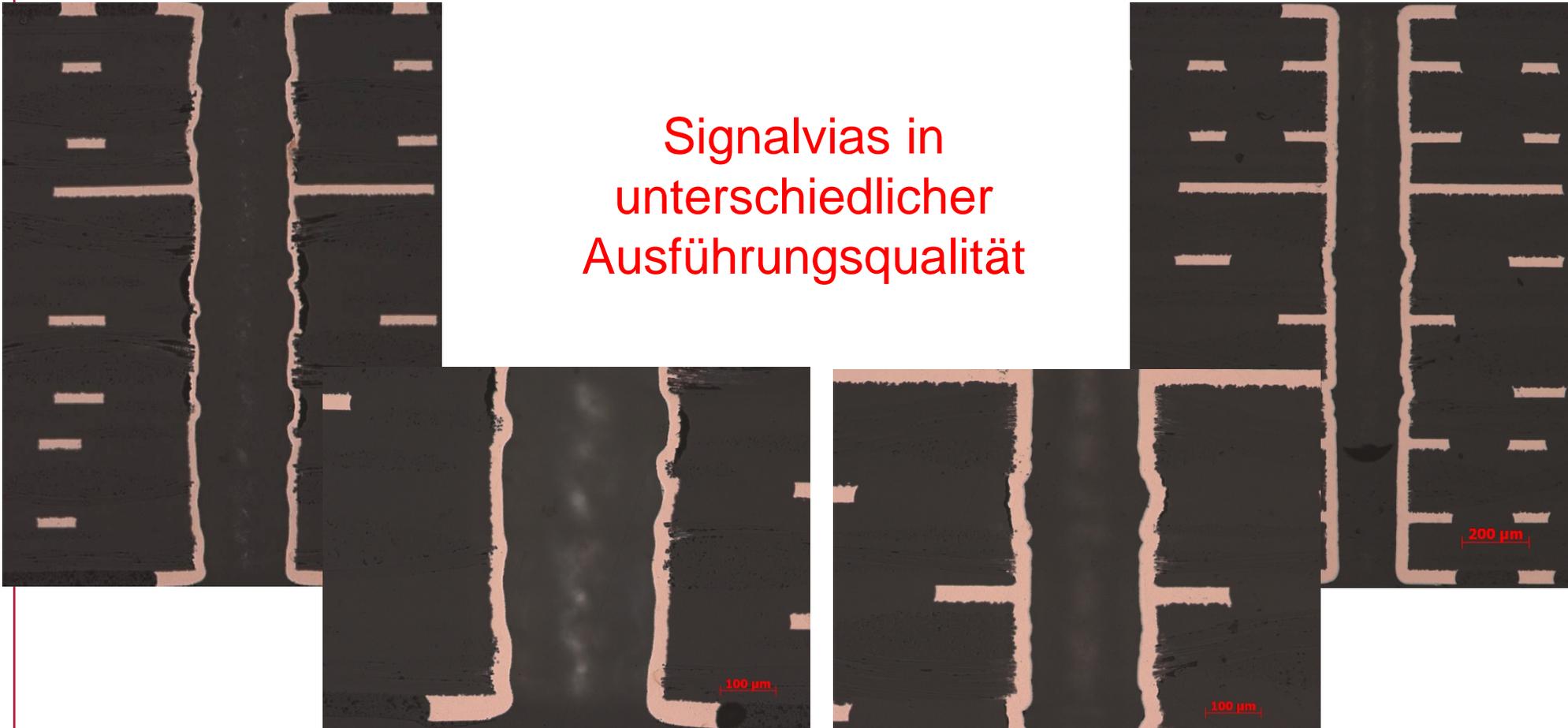
Association Connecting Electronics Industries



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Fehlermöglichkeiten an Durchkontaktierungen

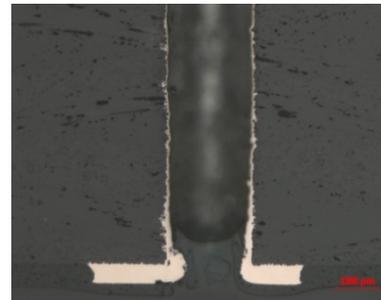
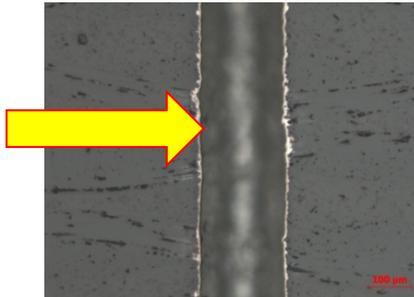
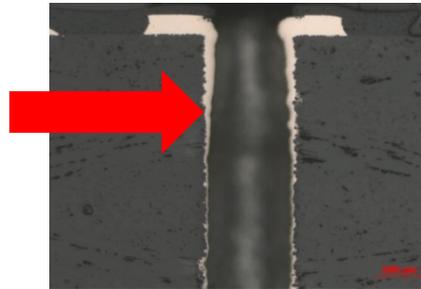
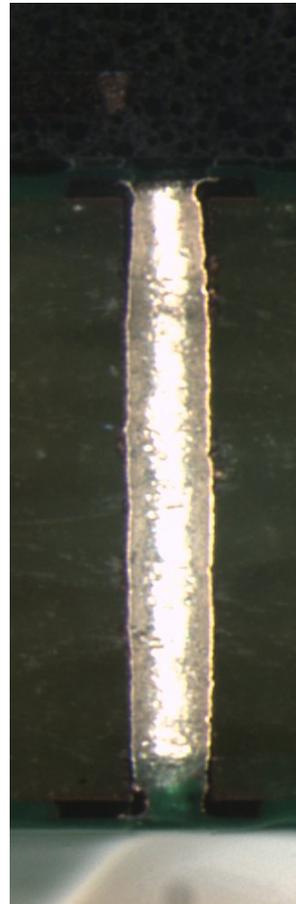
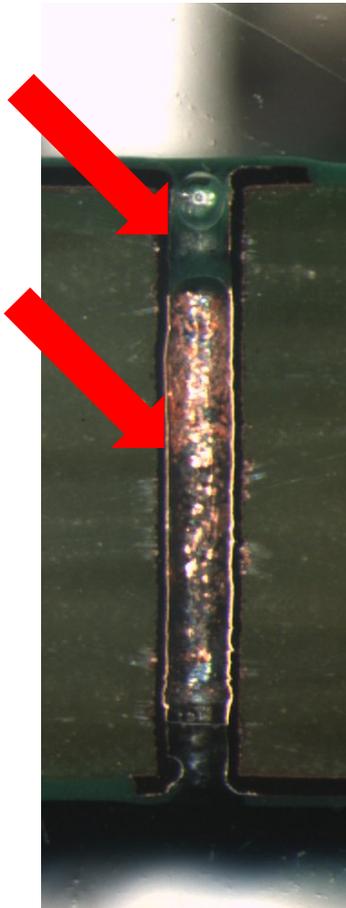
Signalvias in
unterschiedlicher
Ausführungsqualität



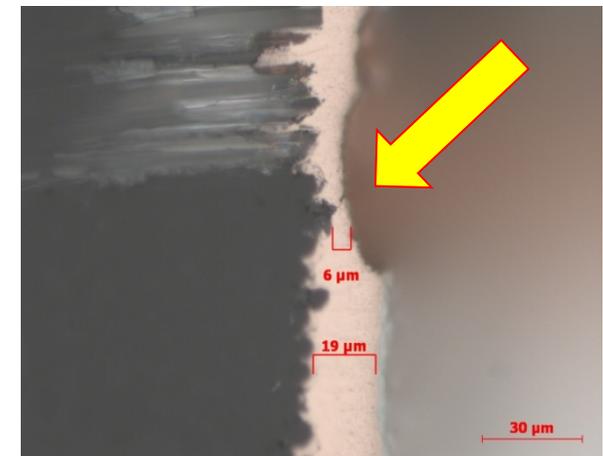


Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Fehlermöglichkeiten an Durchkontaktierungen



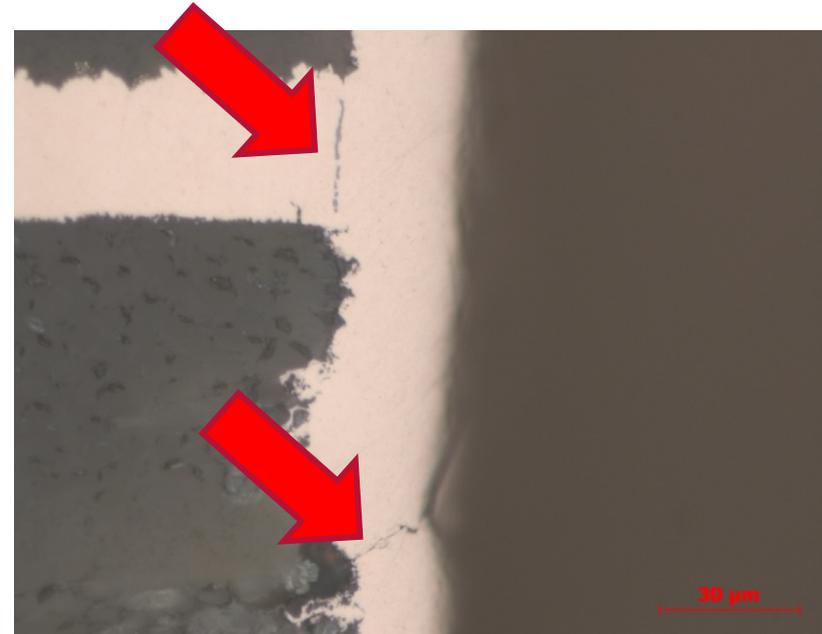
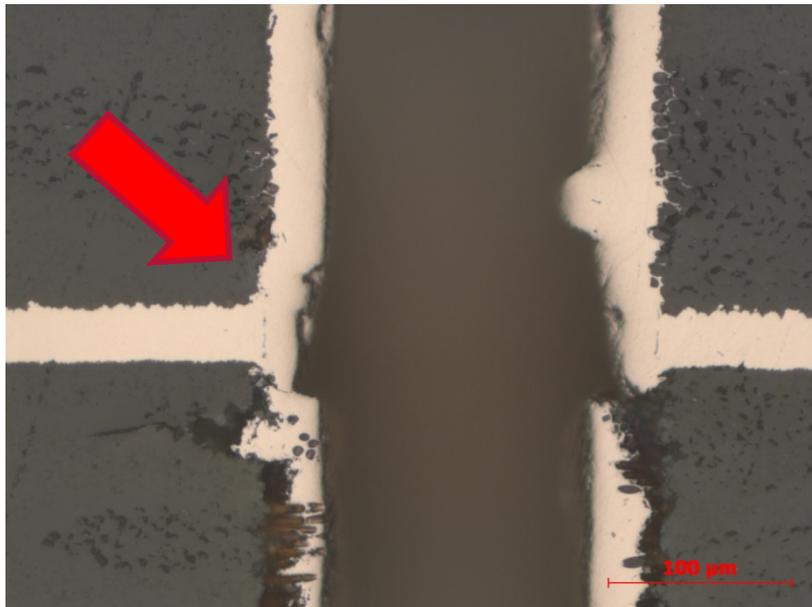
- 👉 Wanddickenunterschiede
- 👉 Cu-Dicke $< 25 \mu\text{m}$
- 👉 Prozessfehler, Lötstopplack
- 👉 Barrelcrack bei Cu-Dicke $6 \mu\text{m}$





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Fehlermöglichkeiten an Durchkontaktierungen

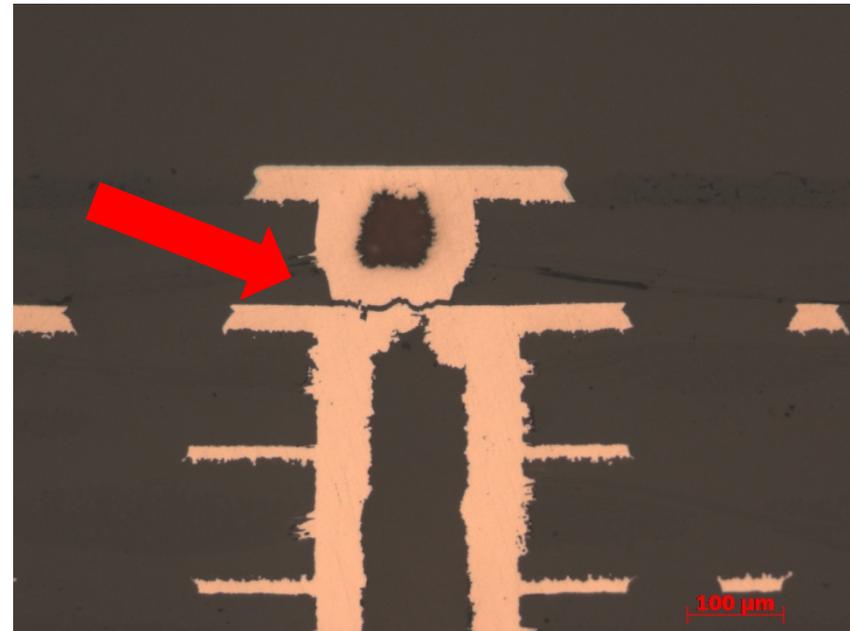
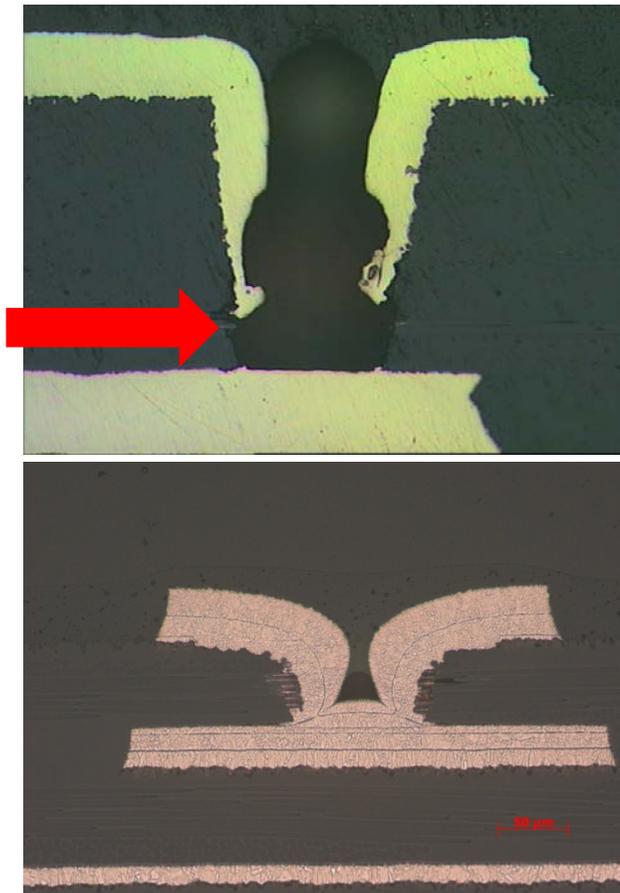


- ☞ Unzureichende Innenlagenanbindung und Hülsenmetallisierung
- ☞ Barrelcrack



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Blindvias und Buried Holes



- ☞ Falsche Dielektrikumdicke, Aspektverhältnis
- ☞ Unzureichende galvanische Cu-Verbindung



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Übersicht, IPC-A-610

- Vorwort, Definitionen Beispiele
- Dokumente
- Handhabung elektronischer Baugruppen
- Montage und Befestigungsteile
- Lötstellen
- Anschlüsse
- Durchsteckmontage-Technologie
- SMT-Lötverbindungen
- Bauteilbeschädigungen
- Leiterplatten und Baugruppen
-



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

IPC-A-610 Beispiele

- Nur Beispiele von Sichtprüfungen, keine Schliffbilder
 - Ausnahme, Füllgrad bei Durchkontaktierungen
- Blasen oder Poren sind nicht definiert
 - Ausnahme BGA-Lötstellen, Röntgenbilder
- Risse und Anrisse sind nicht dargestellt
- Auffälligkeiten an Lötstellen (Risse, Zerrüttung....) nach Beanspruchung (Temperaturzyklen, Schocktests, Vibration usw.) sind nicht in IPC-A-610 dargestellt. Hier kommen in der Regel Liefer- und Firmenspezifikationen zum Tragen.



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

IPC-A-610 Sichtprüfung Lötstellen

- Lotanfluss und -anflusswinkel
- Lotmenge
- Plazierung der Bauelemente
- Spezifische Anforderungen an BE-Lötstellen
 - Nach Art der Lötanschlüsse (Flach-, Rund-, Gullwing-, usw.)

Achtung: Hier ist Erfahrung erforderlich!!!!

- Baugruppe können bis mehrere Tausend Lötstellen haben!
 - BGAs, QFPs, QFNs, Hühnerfutter (0402, 0201, 01005)

 **Zeitaufwand !!!!**



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Beispiele Schliffbilder an Ausfallbaugruppen

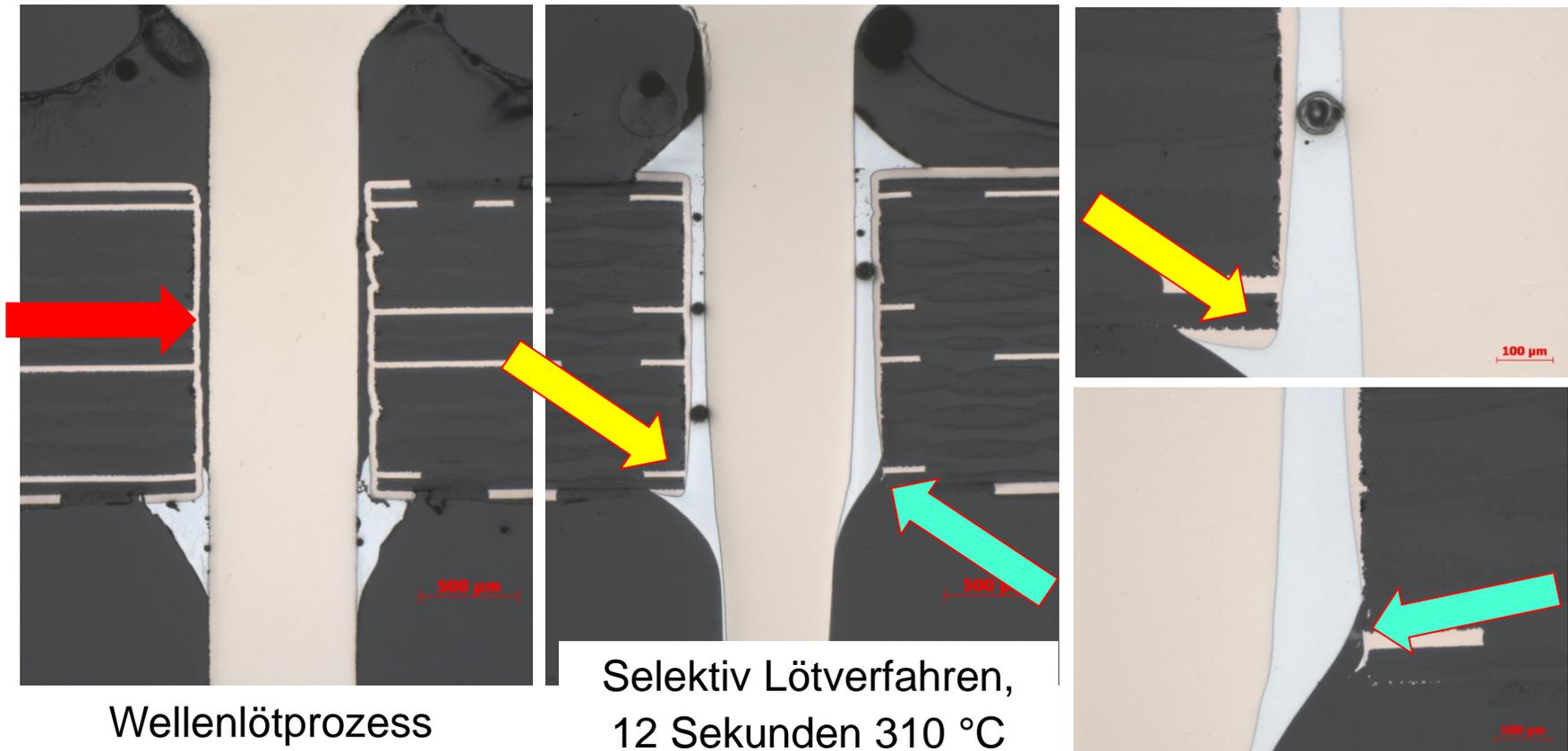
- Lötstellen, Füllgrad
- Innenlagenabriss
- Thermische Beanspruchung von Lötstellen
- CAF (Conductive Anodic Filament)
- Dendriten, Migration
- QFN Lötstellen
- QFP Lötstellen
- BGA Lötstellen
- Montageproblem, Hardware



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Lötstellen, Füllgrad

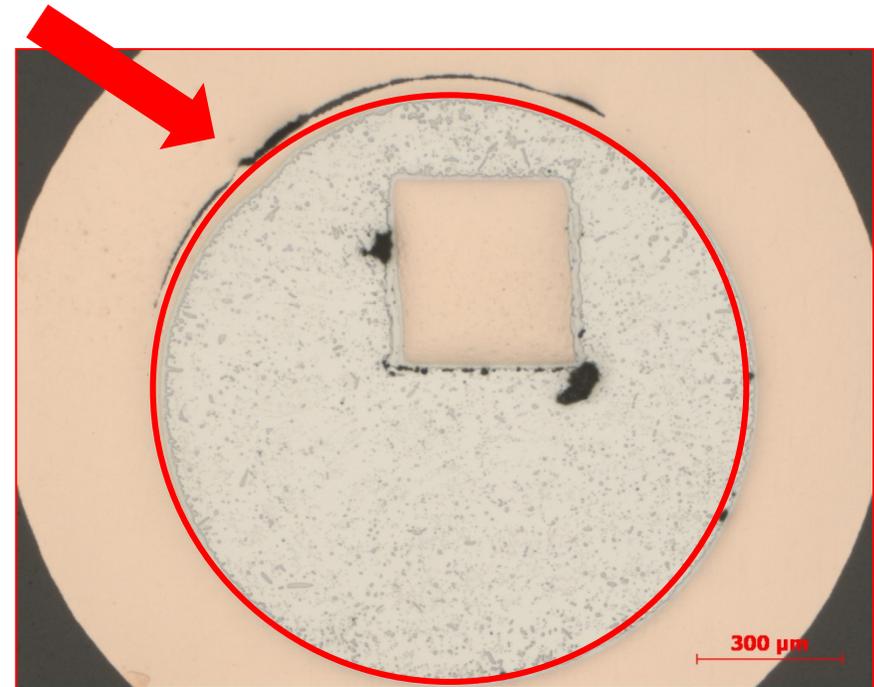
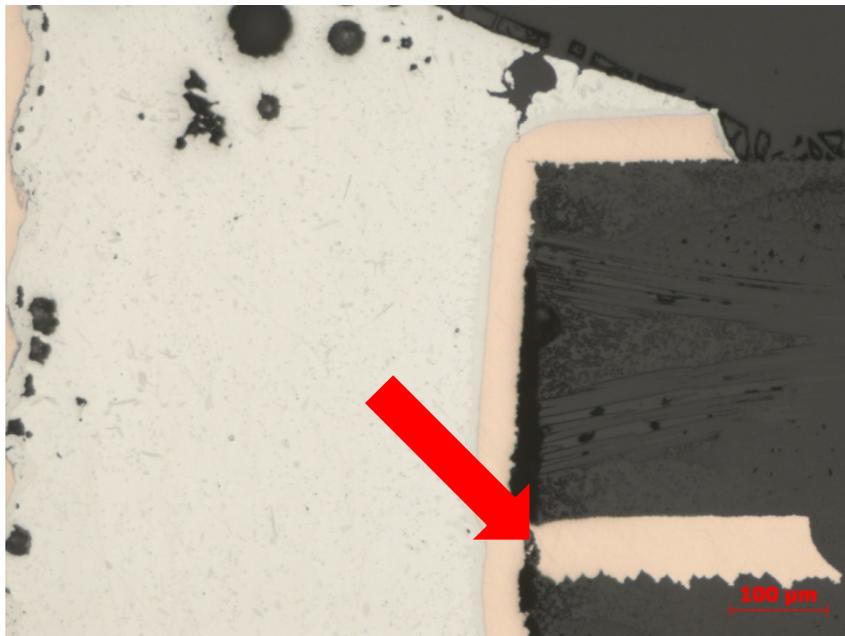
- Forderung > 50 bzw. 75 %, in Abhängigkeit des LP-Aufbaus





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Innenlagenabrisse

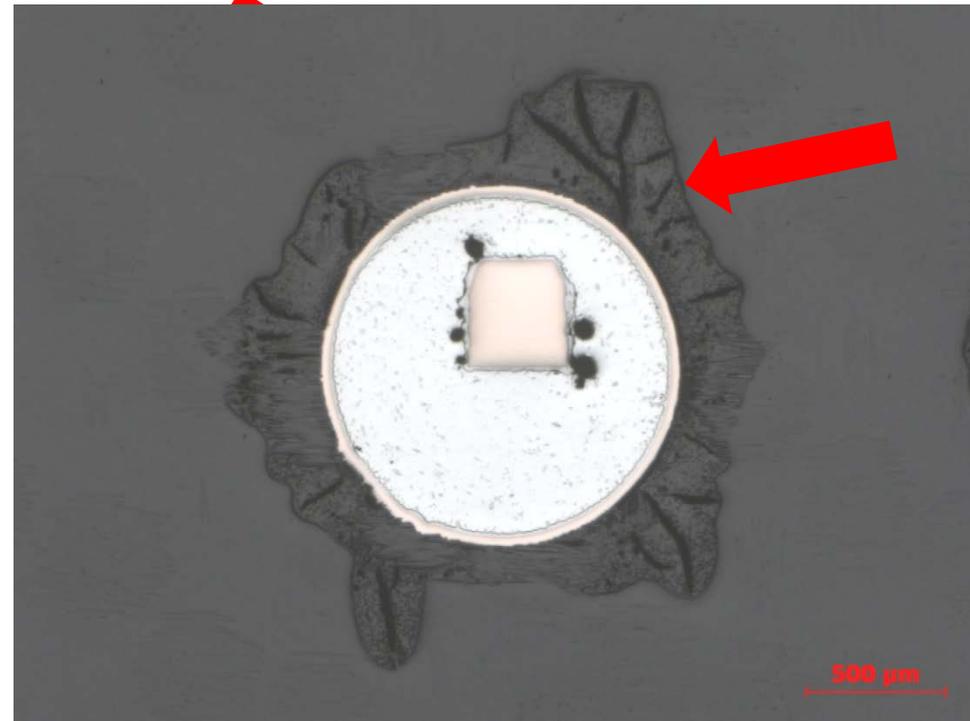
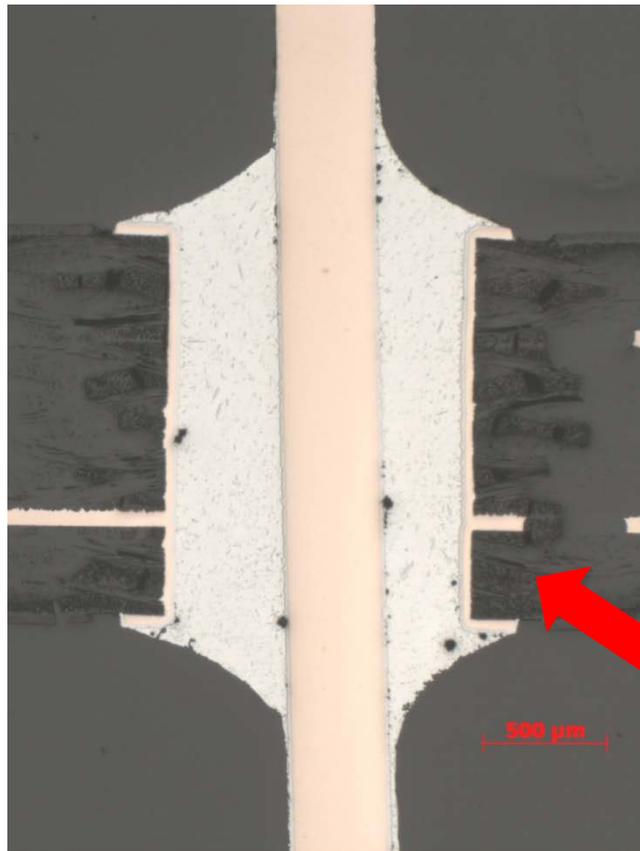


Ansichten im Vertikal- und Horizontalschliff
Ursache: Ungünstiges Layout



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Thermische Beanspruchung von Lötstellen



Risse in der Leiterplattenmatrix
Ansichten im Vertikal- und Horizontalschliff



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Definition CAF (Conductive Anodic Filament)

☞ Eine Form der elektrochemischen Filigrankorrosion bei der elektrisch leitende (Kupfer)-Filamente (Fäden) von der Anode abgehend, unter der Leiterplattenoberfläche, in Richtung Kathode wachsen. Typische Umgebungsbedingungen sind Hochspannung (400V) und hohe Luftfeuchtigkeit (>80%). Die Ausbildung der Filamente erfolgt häufig entlang des Fiberglasgeflechts (Kette?). Resultierend besteht Kurzschlussgefahr zwischen Anode und Kathode. Dieser Effekt wurde 1976 erstmalig dokumentiert durch die Bell Labs. Ursächlich werden 2 Faktoren benannt:

1. Verminderter Verbund der Basismaterialkomponenten (Glasgeflecht/Epoxy)
2. Elektrochemische Korrosion

wobei der Einfluss von '1.' deutlich höher bewertet wird als der von '2.'. Begünstigend für '1.' werden benannt:
Mechanischer Stress

☞ Hier wirken begünstigend sehr nahe beieinander liegende Bohrungen. Liegen die Bohrungen auf demselben Schuss- oder Kettfaden, kann es zum Lockerrütteln des Glasgeflechts beim Bohren kommen, wodurch Feuchtigkeit eindringen kann. Thermischer Stress

☞ Materialermüdung durch Lötvorgänge

☞ Schlechter Verbund der Einzelkomponenten durch Einsatz minderwertiger Agenzien

☞ Feuchtigkeit

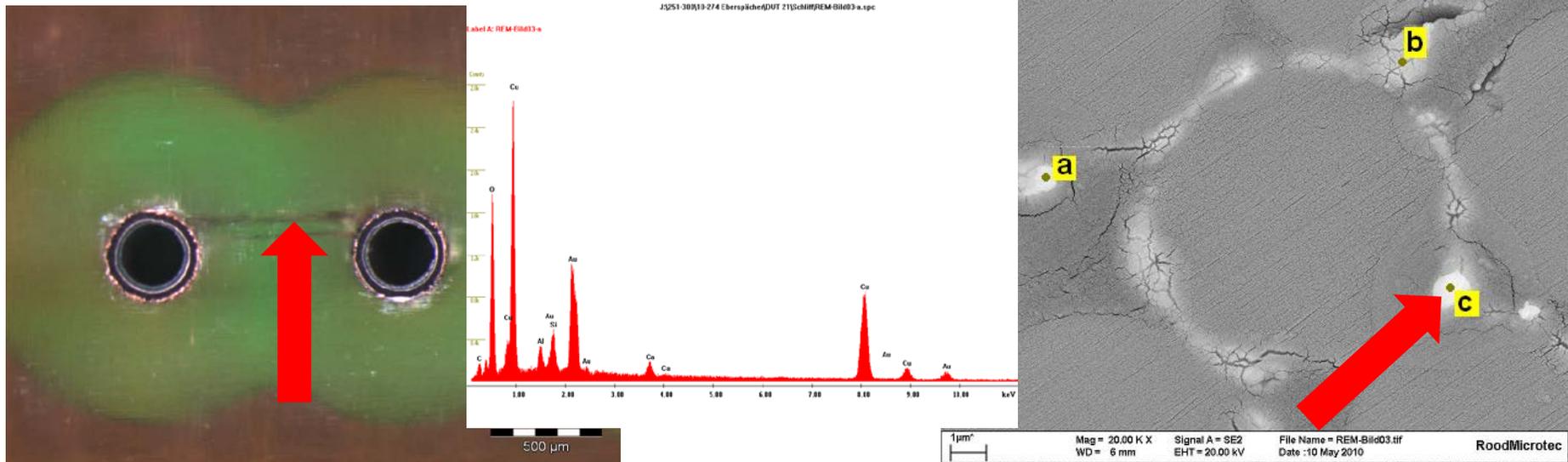
☞ '2.' erklärt sich durch: Anode: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{n+} + n\text{e}^-$ $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ Kathode: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ $\text{Cu}^{n+} + n\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ wobei hier der Faktor Feuchtigkeit zum Tragen kommt.

Quelle: http://wiki.fed.de/index.php/Conductive_Anodic_Filament



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

CAF (Conductive Anodic Filament)



☞ PC-TM-650, Method 2.6.25 Conductive Anodic Filament

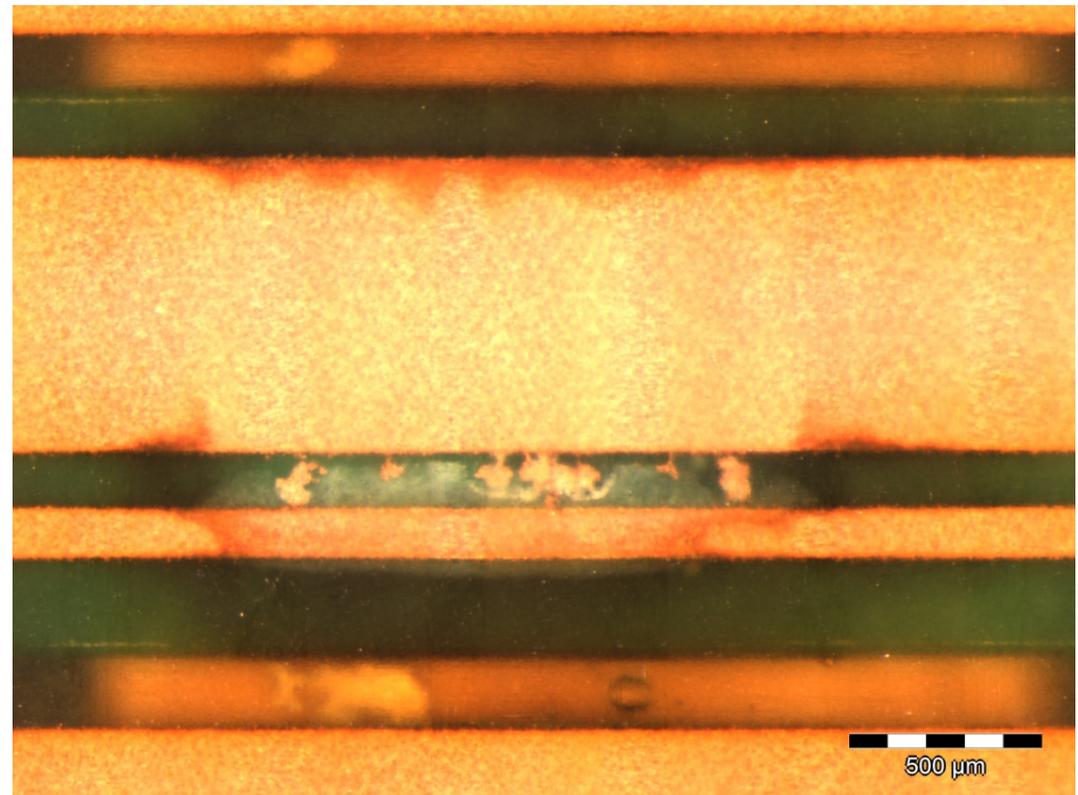
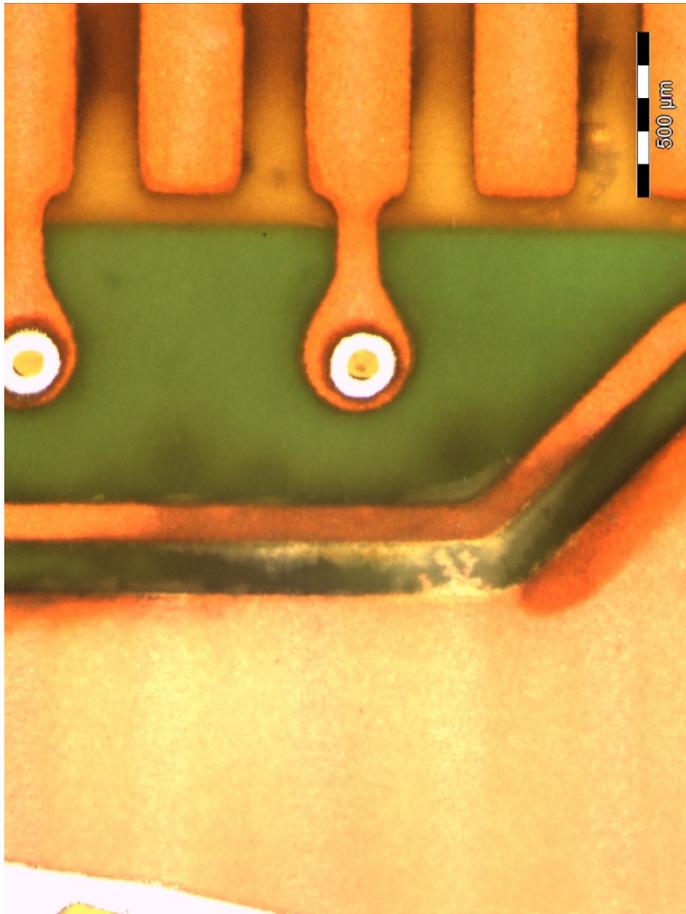
(CAF) Resistance Test: X-Y Axis

☞ Siehe Firmenbroschüre Fa. ISOLA, Electrochemical Corrosion Failure Modes in PWBs; Autor: Antonio Caputo



Fehlerbilder an Leiterplatten und Baugruppen

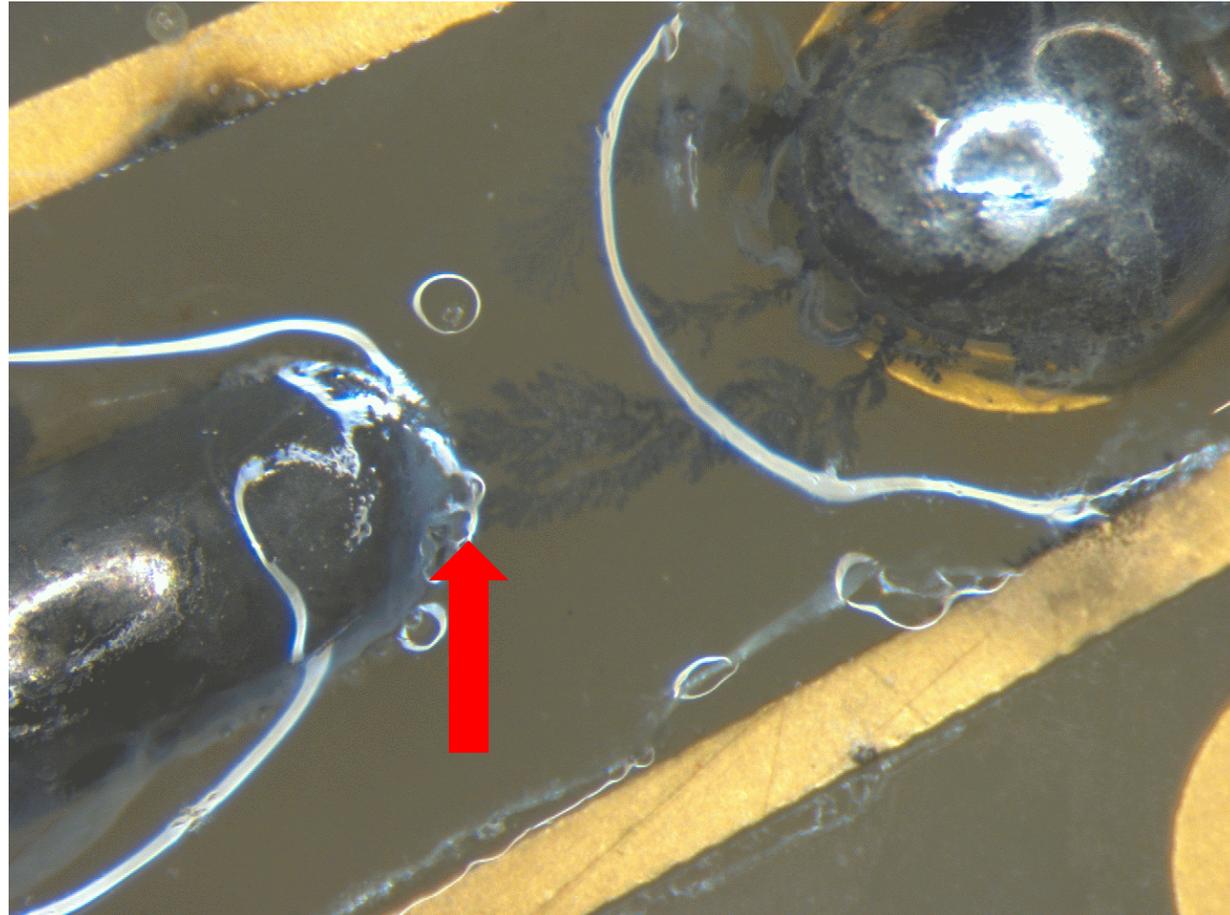
Migration und Dendritenbildung



Dendriten

☞ Ursache:

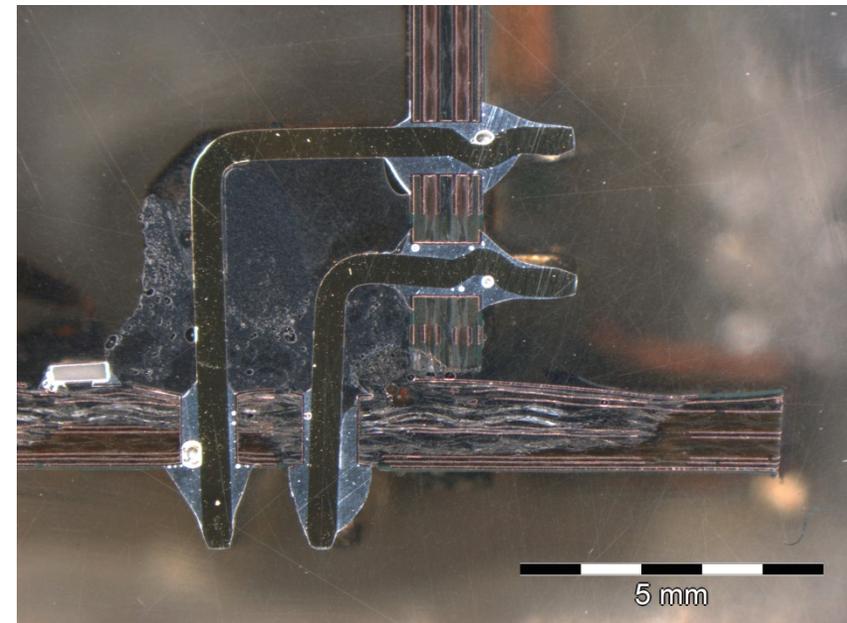
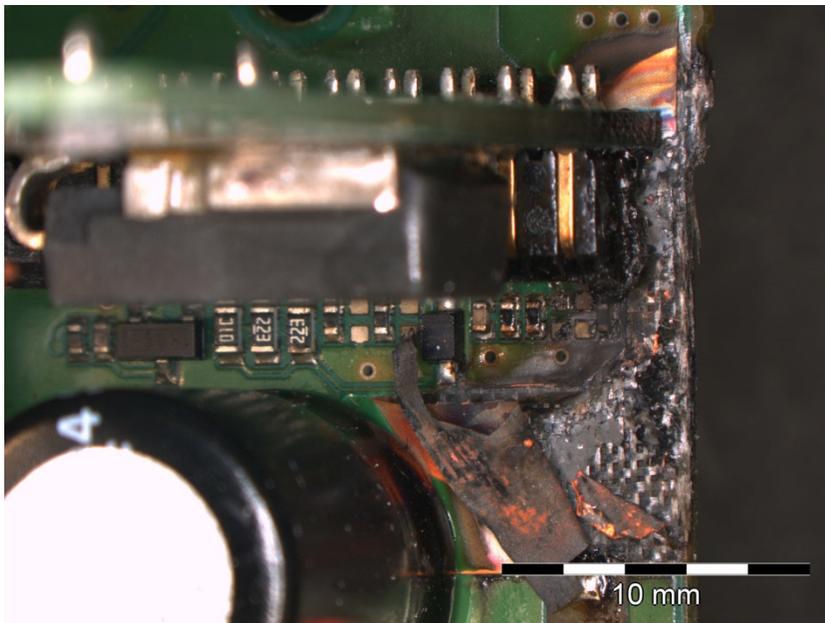
Flussmitteltreste
eines Flussmittels
nach Handlötung der
Klasse **F-SW 24**
nach **DIN 8511**





Fehlerbilder an Leiterplatten und Baugruppen

Ausfall Baugruppe aufgrund von Oberflächenverunreinigungen



☞ BG mit chem. Sn Finish

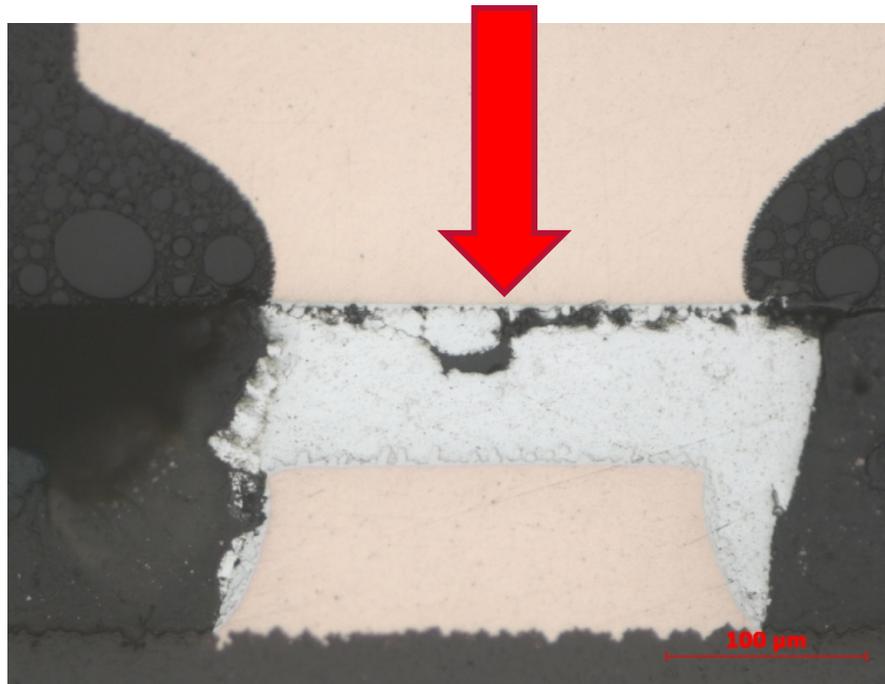
☞ 2x Reflow, chem. Sn in Lösung

☞ Tochterboard wurde mit einem Flussmittel der Klasse **F-SW 24 nach DIN 8511** gelötet.

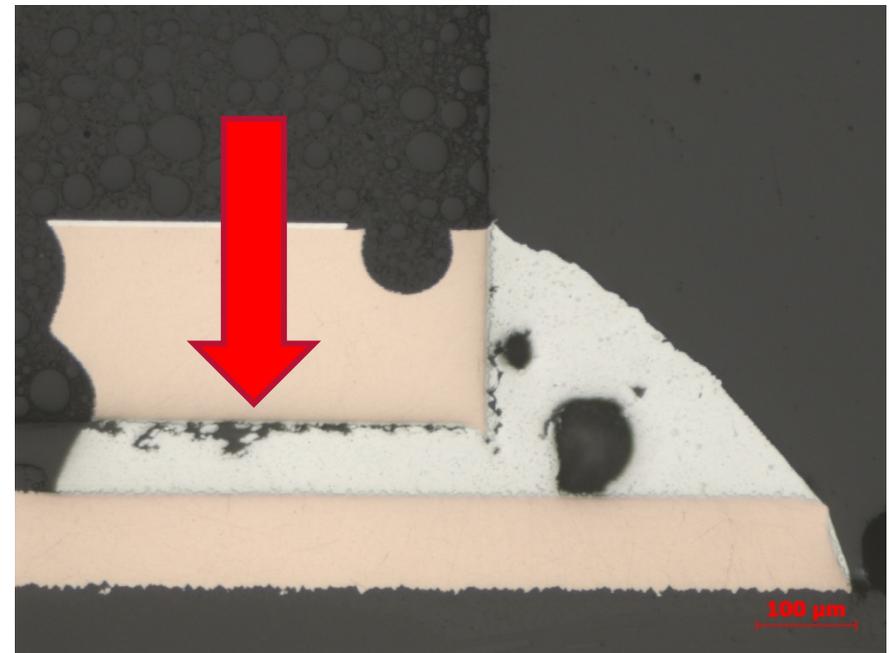


Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

QFN Lötstellen nach Qualifikationsdurchlauf



Durchriss Lötstelle

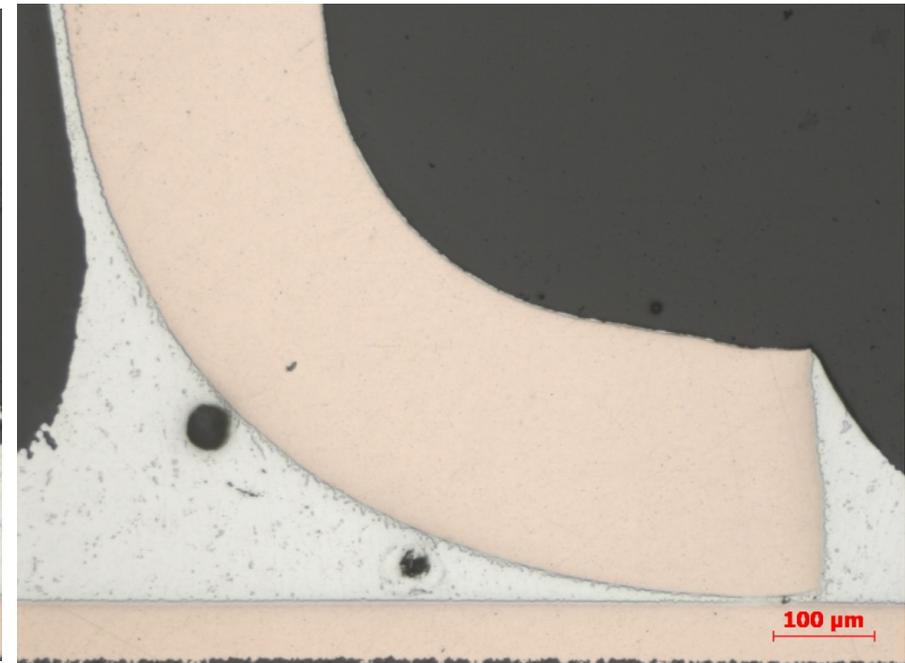
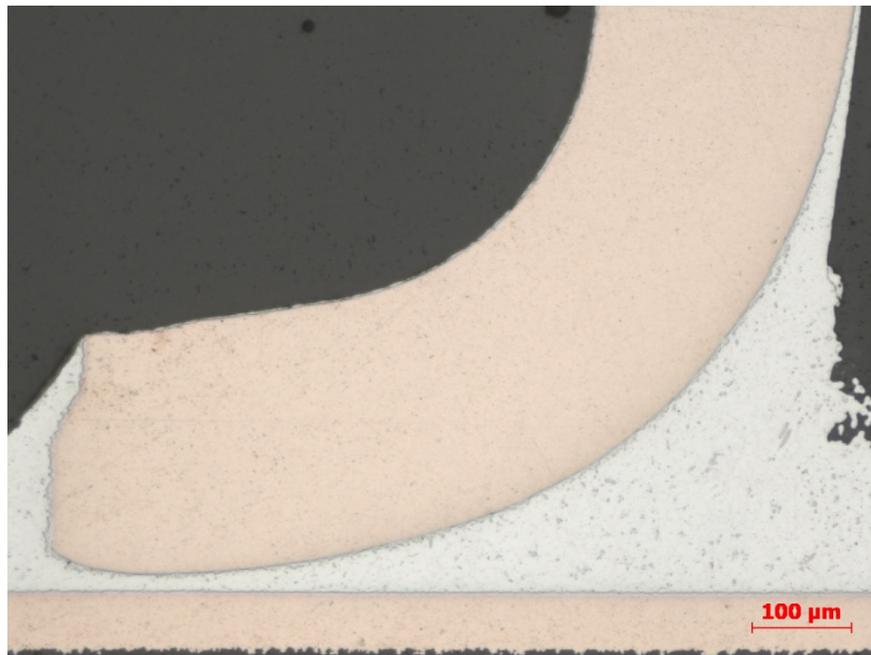


Gefüge zerrüttet



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

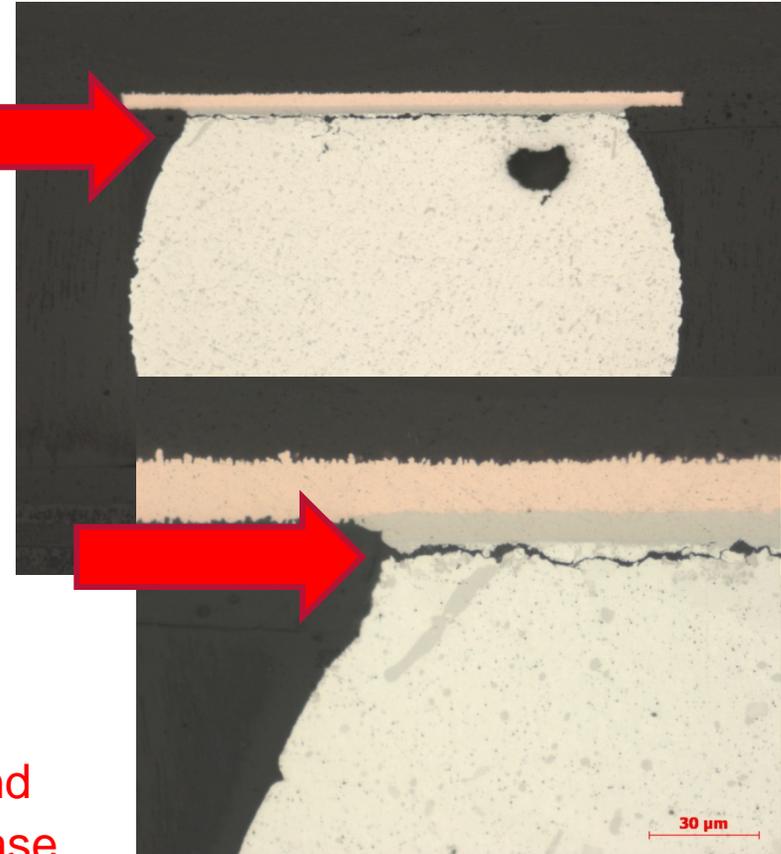
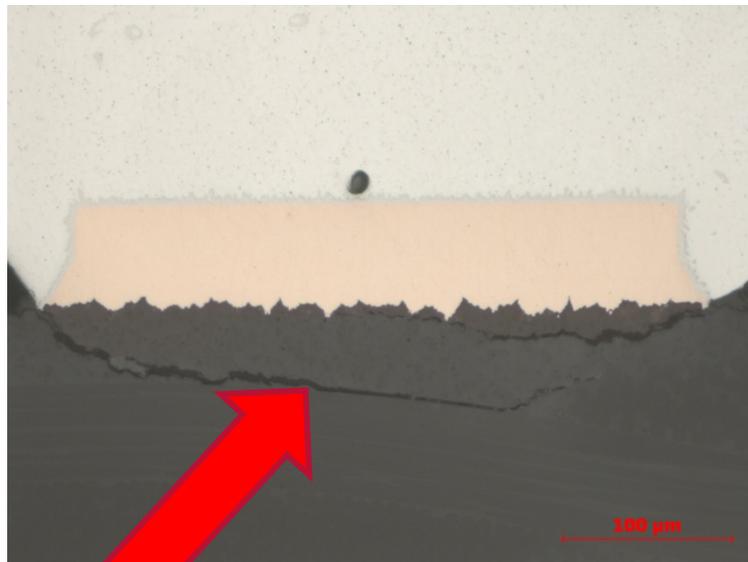
QFP Lötstellen nach Qualifikationsdurchlauf





Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

BGA Lötstellen nach Qualifikationstest

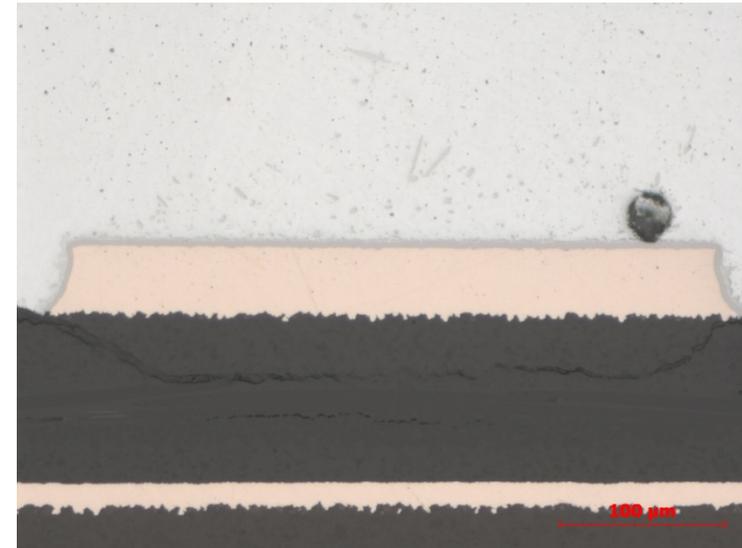


- ☞ Risse in LP-Matrix unter BGA-Land
- ☞ Risse entlang intermetallischer Phase



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

BGA Lötstellen nach Qualifikationstest

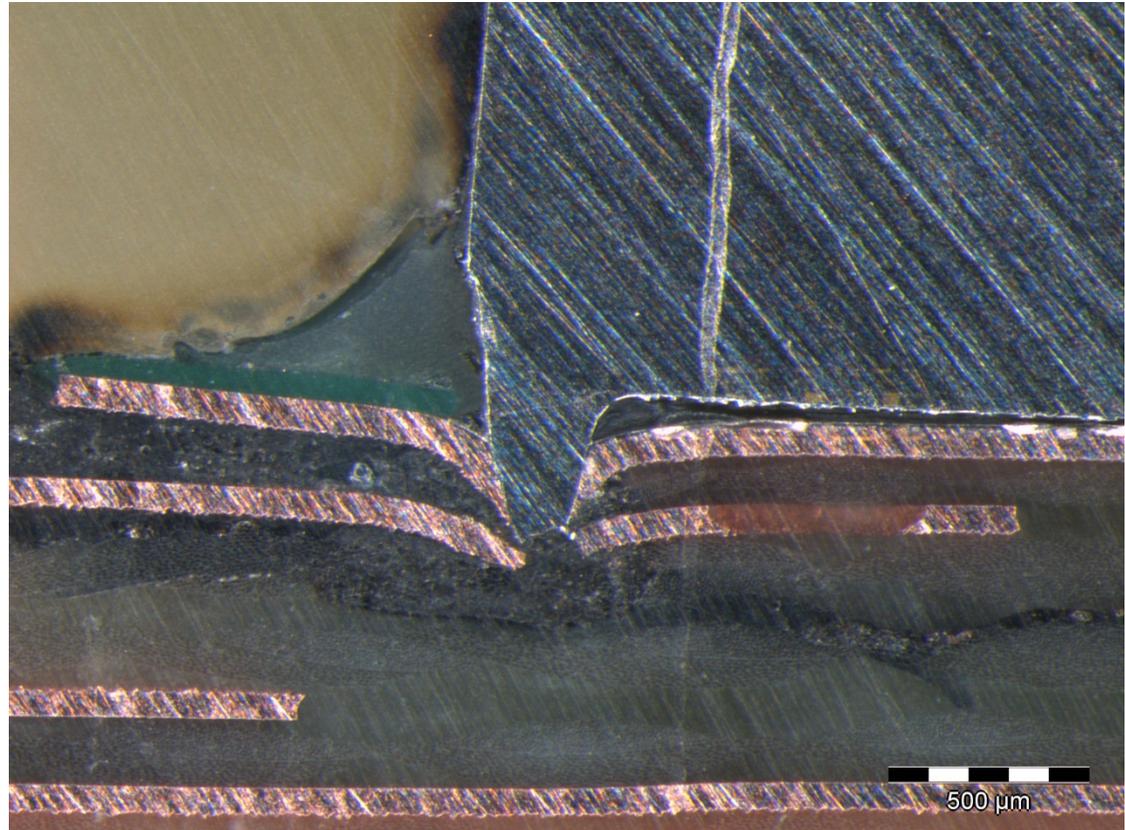
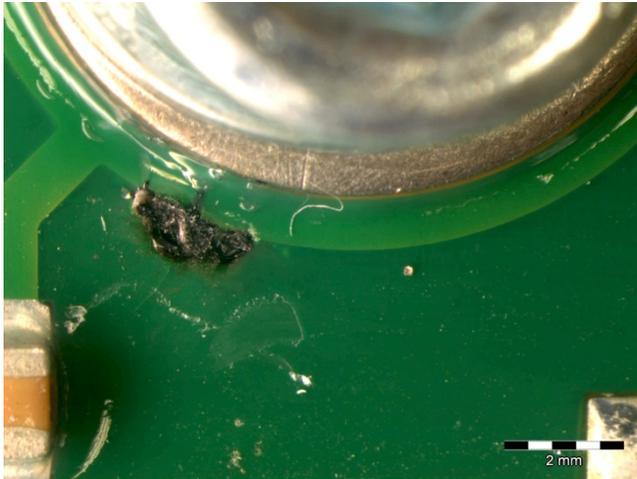


- ☞ Risse unter BGA-Land: Festigkeit LP/Material!!!
- ☞ Schwachstelle BGA-Lötstelle: Anbindung Ball zu Bauelement



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

Montageproblem, Hardware



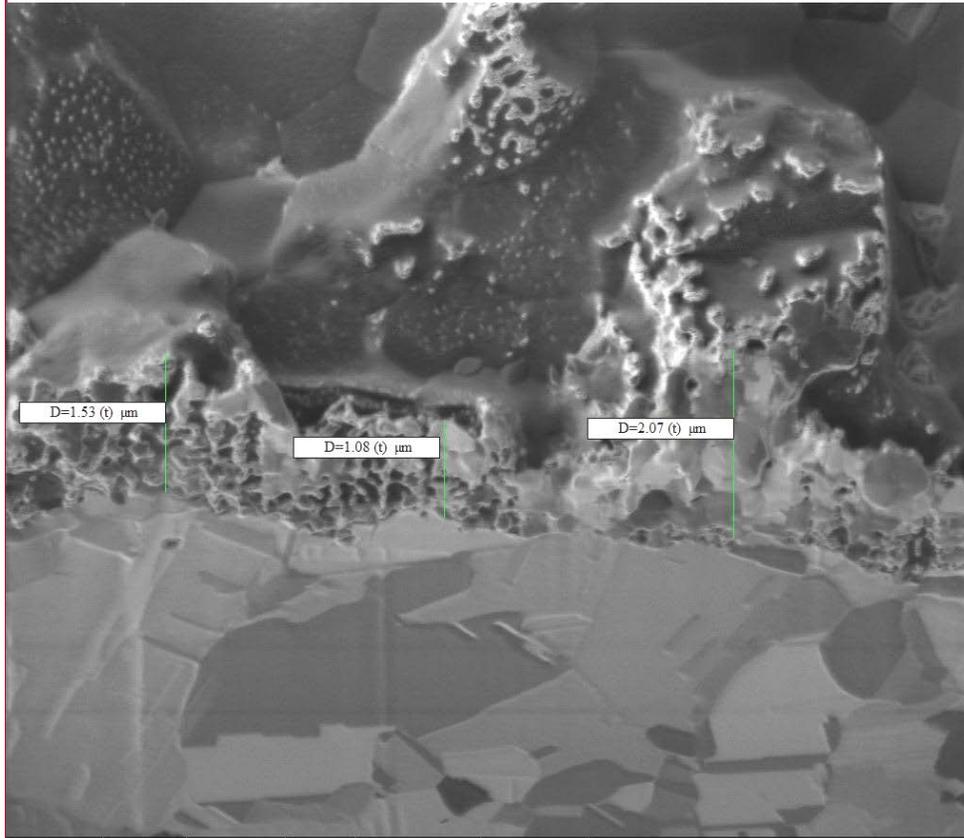
☞ Grat an Unterlegscheibe führt zu Kurzschluss



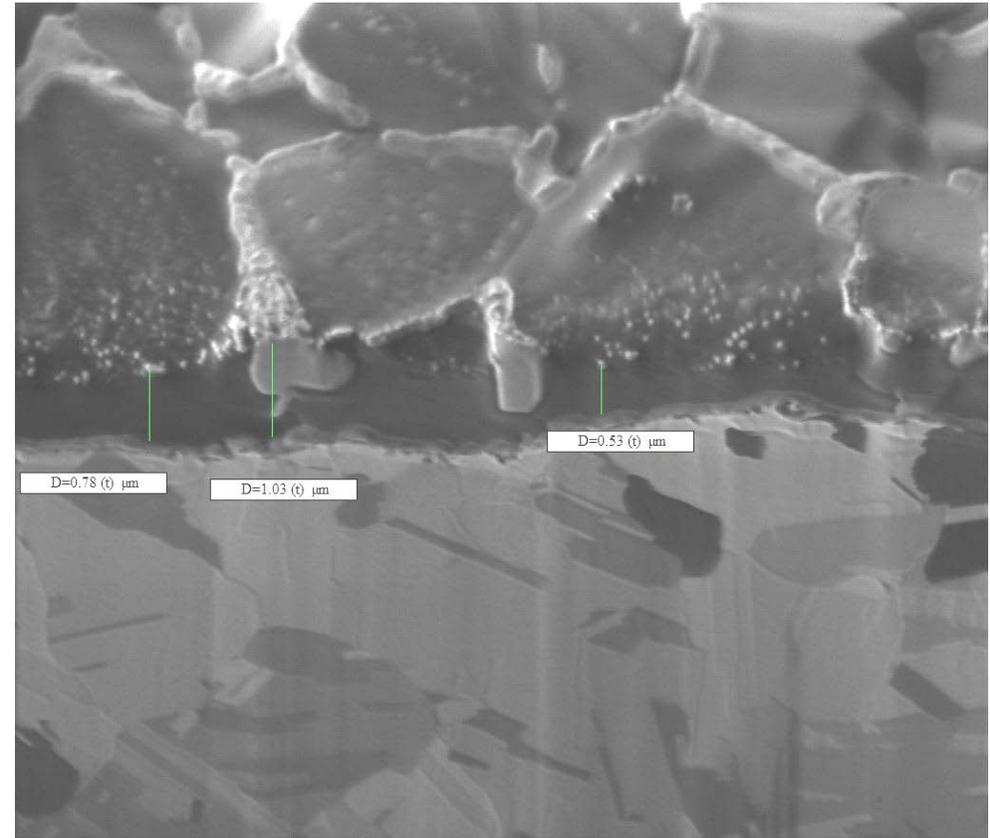
Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen



FIB-Schnitte an chem. Sn Löt pads



| | | | | | | |
|---------|-------|---------|------|----------|---------|--------------|
| Beam | Tilt | Mag | pA | 08/28/14 | HFW | 2 μm |
| 30.0 kV | 35.0° | 35.0 kX | 47.0 | 14:29:24 | 8.69 μm | RoodMicrotec |

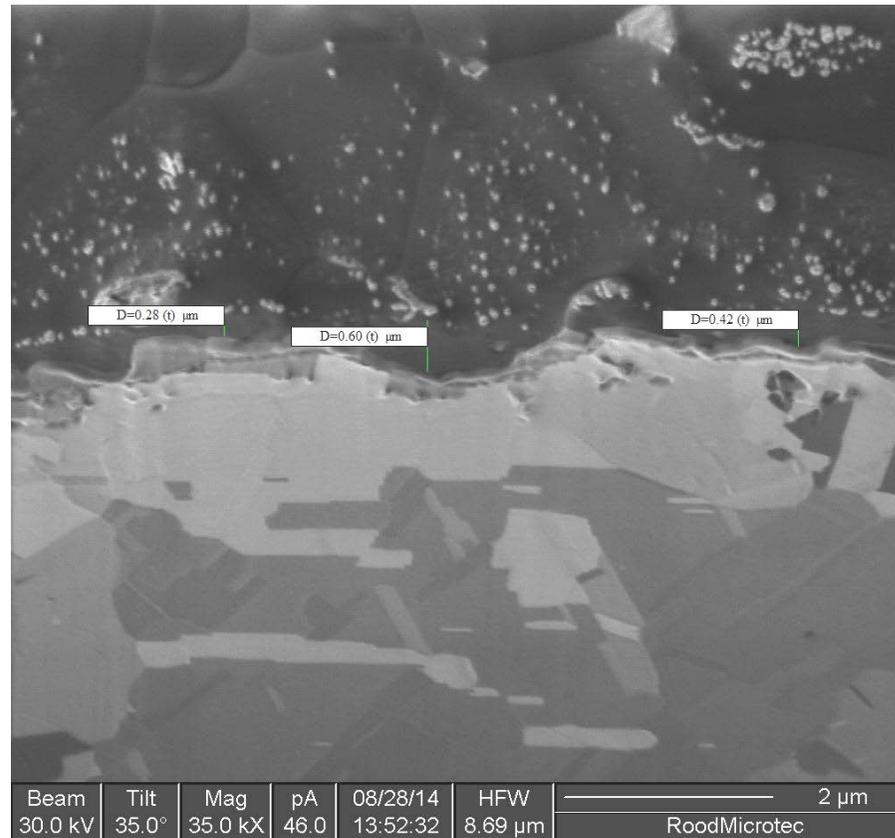


| | | | | | | |
|---------|-------|---------|------|----------|---------|--------------|
| Beam | Tilt | Mag | pA | 08/28/14 | HFW | 2 μm |
| 30.0 kV | 35.0° | 35.0 kX | 46.0 | 14:02:42 | 8.69 μm | RoodMicrotec |



Fehlerbilder von Leiterplatten und Baugruppen

FIB-Schnitte an chem. Sn Löt pads





**Auch in 2015 ist noch
gültig:**

**Jeder im Vorfeld
erkannte Fehler ist
billiger als ein
Feldausfall!**