

## Haftungsschwächen auf chemisch Nickel-Gold – „Black-Pad-Effekt“ – ein gelöstes Problem bei bleifreien Lötungen?

### Einführung

Damit die Lötverbindungen von SMD ihre Funktionen erfüllen können, ist die Bildung einer gleichmäßigen intermetallischen Zone zwischen dem Lot und der Metallisierung von Bauelement einerseits und zwischen dem Lot und der Leiterplatte andererseits erforderlich. Auf der Leiterplattenseite erfolgt die Phasenbildung mit der obersten Schicht der benetzungsfähigen Flächen. Das Leiterplattenfinish ENIG (Electroless Nickel - Immersion Gold) ist auf Grund vieler vorteilhafter Eigenschaften eine der am weitesten verbreiteten Endoberflächen bei Leiterplatten. Auf das vorbereitete Kupfer des Leiterzugmusters wird hierbei über katalytische Verfahren erst eine Schicht aus Nickel-Phosphor und darauf eine Schicht Gold abgeschieden. Für die Dicke dieser Schichten liegen die Empfehlungen bis 3 bis 6 Mikrometern für Nickel-Phosphor und 0,075 bis 0,12 Mikrometern für die Goldschicht (nach IPC 6012). Im Idealfall erfolgt beim Lötprozess eine schnelle und gleichmäßige Benetzung dieser Schicht mit dem Lotwerkstoff. Zwischen dem Zinn der Lotfüllung und dem Nickelanteil der Nickel-Phosphor-Schicht bildet sich eine Abfolge von intermetallischen Phasen Nickel-Zinn mit unterschiedlicher Zusammensetzung. Das Gold geht hierbei vollständig in Lösung. Im Idealfall liegt nach dem Erstarren des Lotes eine gleichmäßige intermetallische Zone von wenigen Mikrometern Dicke und einer festen Haftung auf dem Untergrund vor. Dieser Mechanismus kann durch eine Reihe von Umständen gestört sein.

Auffälligstes Anzeichen von Störungen ist eine Lotfüllung, die eine geringe Untergrundhaftung hat und wo die Anschlussflächen unter abgehobenen Lotfüllungen eine dunkle Verfärbung zeigen. Diese dunkle Verfärbung hat dem Phänomen seinen Namen gegeben – „Black Pad“.

Black Pad hat sich eingebürgert als Oberbegriff für Effekte, die letztlich eine mechanisch instabile Lötverbindungen auf Leiterplatten mit chemisch Nickel-Gold-Oberflächen bewirken. Da aber auch andere Effekte Haftungsschwächen bewirken können, ohne dass die namensgebende farbliche Auffälligkeit der Nickel-Phosphor-Schicht vorliegt, ist es günstiger, allgemein von Haftungsschwächen oder Haftungsmängeln auf ENIG zu reden.

Über mögliche Ursachen und Abhilfemaßnahmen sind in den letzten Jahren eine Anzahl von Untersuchungen angestellt worden.

Die folgenden Betrachtungen erfolgen aus der Sicht eines unabhängigen Dienstleiters. Zielstellung der Mehrzahl der zu diesem Thema anfallenden Untersuchungen ist es hier, an vorgelegtem Probenmaterial den Nachweis zu führen, ob Schwächen in einzelnen Verbindungsstellen ursächlich auf herstellerbedingte Mängel der verwendeten Leiterplatte zurückzuführen sind oder ob sonstige Einflüsse oder Regelverstöße bei der Baugruppenherstellung die Ursache sind.

Speziell bei Untersuchungen, die die Erstellung eines Gutachtens zur Verwendung vor Gericht als Ziel haben, ist daher eine neutrale Begriffsfindung notwendig. Eine im Ansatz zunächst unspezifische Haftungsschwäche der Lotfüllung auf einer Nickel-Phosphor-Oberfläche bereits als Black-Pad zu bezeichnen, stellt eine zumindest verbale Vorverurteilung dar. Das ist zu vermeiden. Daher erfolgt hier die Bezeichnung als Haftungsschwäche auf chemisch Nickel-Gold.

### Untersuchungsansatz

Grundproblem dieser Untersuchungen ist der Umstand, dass die gängigen technischen Regelwerke – VDE 3711, IPC 6012, IPC 4552 keine kanonische Regel vorgeben, wie die ENIG-Schicht beschaffen sein muss,

**TechnoLab** Gesellschaft für Elektronikindustrie-Service mbH  
Geschäftsführer: Olaf Nusche, Lutz Bruderreck, Marco Kämpfert  
Sitz der Gesellschaft: Berlin  
Gerichtsstand: Amtsgericht Charlottenburg  
HRB: 59104  
Adresse: Am Borsigturm 46  
D-13507 Berlin

Bank: Landesbank Berlin  
EURO-Konto-Nr.: 2030040404  
Bankleitzahl: 100 500 00  
US\$-Konto-Nr.: 3180002995  
IBAN: DE 16 1005 0000 2030 0404 04  
BIC: BELADEV3333  
USt.-ID-Nr.: DE 1792 21630  
Steuer-Nr.: 27/493/1130



um sichere Lötresultate und belastbare Lötverbindungen zu erbringen. Das betrifft insbesondere die Grenzwerte für den Phosphorgehalt und die Phosphorverteilung. Innerhalb der Grenzwerte der Schichtdicken und Rauigkeit und der Richtwerte für den Phosphorgehalt kann ein gutes aber auch ein schlechtes Resultat erzielt werden.

Die weitere Nachweisführung setzt daher auf einer Abfolge von Bewertungsschritten auf, die nachstehend beschrieben werden. Die Methodik der Untersuchung zielt darauf ab, auf der Basis anerkannter Regelwerke eine Zuordnung zu treffen zu den möglichen Einflüssen von Leiterplattenherstellung und Handling.

## Typische Untersuchungsschritte

### 1. Festlegung der Untersuchungsobjekte

Beim Verdacht auf Serienfehler ist es günstig, neben der eigentlich auffälligen Baugruppe weitere Referenzexemplare aus der gleichen Fertigungscharge der Leiterplatte zu sichern (2 bis 5 Exemplare). Für weitere Untersuchungen (optische Inspektion, Schichtdickenbestimmungen, Lötbarkeit mit verschiedenen Parametern) genügen ebenfalls 2 bis 5 Leiterplatten der verdächtigen Charge.

### 2. Optische Inspektion im Anlieferzustand

Die Proben – Baugruppen und Leiterplatten – werden einer optischen Inspektion unterzogen. Die Inspektion erfolgt mit unbewaffnetem Auge und am Stereomikroskop unter verschiedenen Beleuchtungseinstellungen. Wichtig ist es hierbei, mit Lichtquellen mit konstanter Farbtemperatur zu arbeiten.

Zielsetzung ist es, auffällige Pads zu erkennen, die dann für die weiteren Untersuchungen besonders interessant sind.

Inspektionskriterien der Leiterplatte sind:

- Unterschiede innerhalb der Goldschicht (Glanz, Verfärbung, Flecken) sowie
- Auffälligkeiten am Lötresist (Abhebungen, Verfärbungen, Aufhellungen).

Inspektionskriterien der gelöteten Baugruppen sind:

- Padbenetzung (Füllung der Ecken, Abstand zu Resistkanten bei Solder Mask Defined Pads), Lotrückzug und Entnetzung,
- Auffälligkeiten am Lötresist (Abhebungen, Unterwandern mit Lot speziell bei Dogbone-Pads, Verfärbungen)

Ein wichtiger Indikator für mangelbehaftete Leiterplatten ist dabei, wenn räumlich unmittelbar nebeneinander Pads mit regelkonformer und regelwidriger Lötung vorliegen.

Bei der im Bild dargestellten Baugruppe liegt dieser Sachverhalt vor. Da prinzipiell auch Mängel bei den Lötparametern einen ähnlichen Effekt bewirken können, sind solche Positionen als Nachweis einer nicht regelkonformen Leiterplatte nicht ausreichend. Es liegen aber hier grundsätzlich für weitere Untersuchungsschritte interessante Konfigurationen vor.

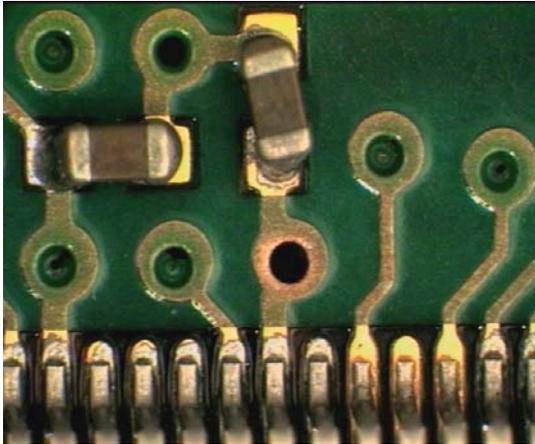
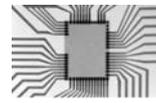


Abbildung 1: Optische Inspektion einer Baugruppe mit auffälligen Benetzungsinhomogenitäten

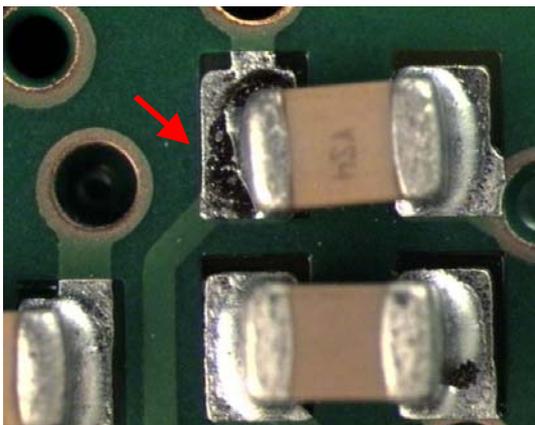


Abbildung 2: Mangelhafte Padbenetzung, dunkle Padfläche

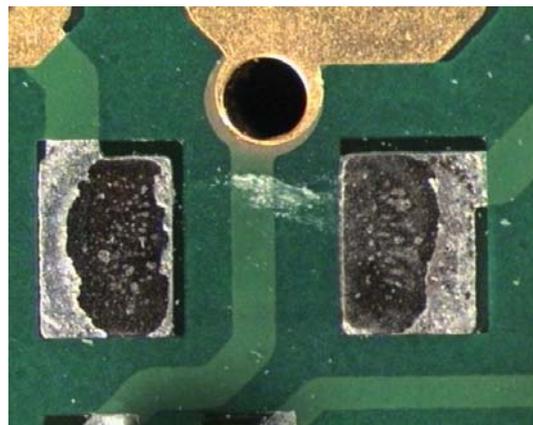


Abbildung 3: Abgetrenntes Bauelement hinterlässt dunkle Padoberflächen

### 3. Messung der Schichtdicken

Die zerstörungsfreie Messung mittels Röntgenfluoreszenz (XRF) dient der Überprüfung der Regelkonformität der Schichtdicken der angelieferten Leiterplatte. Die gängigen technischen Regelwerke (IPC 6010 / IPC-A-600, PERFAG) setzen hier folgende Richtwerte:

Dicke der Goldschicht: 0,08 - 0,12  $\mu\text{m}$

Dicke der Nickel-Phosphor-Schicht: 3 - 6  $\mu\text{m}$

Die Messung ist eine Standardmessung bei den meisten Leiterplattenherstellern. Hinsichtlich eines sicheren Nachweises einer späteren regelkonformen Lötbarkeit sind diese Messwerte nicht geeignet. Die Messwerte lassen sich jedoch schnell und zerstörungsfrei gewinnen und liefern eine Aussage über Schichtdickenschwankungen innerhalb der Leiterplatte und extreme Schichtdickenauffälligkeiten.

**TechnoLab** Gesellschaft für Elektronikindustrie-Service mbH  
Geschäftsführer: Olaf Nusche, Lutz Bruderreck, Marco Kämpfert  
Sitz der Gesellschaft: Berlin  
Gerichtsstand: Amtsgericht Charlottenburg  
HRB: 59104  
Adresse: Am Borsigturm 46  
D-13507 Berlin

Bank: Landesbank Berlin  
EURO-Konto-Nr.: 2030040404  
Bankleitzahl: 100 500 00  
US\$-Konto-Nr.: 3180002995  
IBAN: DE 16 1005 0000 2030 0404 04  
BIC: BELADEBEXX  
USt.-ID-Nr.: DE 1792 21630  
Steuer-Nr.: 27/493/1130

Das betrifft insbesondere sehr starke NiP-Schichten, da hier der Verdacht besteht, dass eine bereits fehlerbehaftet abgeschiedene NiP-Schicht reworkt worden ist.

Zu beachten ist bei der Anwendung dieses Verfahrens auch, dass reproduzierbare Ergebnisse nur möglich sind, wenn ein ausreichender Randabstand vom Messfleck des Geräts zum Padrand vorliegt. Wichtig ist auch zu beachten, dass die Dichte der NiP-Schicht in das Messergebnis eingeht. Die Dichte dieser Schicht wird von der Phosphorkonzentration bestimmt. Viele Geräte gestatten hier die Vorgabe eines fiktiven mittleren Gehalts an Phosphor in der NiP-Schicht. Ein gebräuchlicher Wert sind hier 8 - 8,5 Prozent Phosphorgehalt.

#### 4. Bewertung der mechanischen Belastbarkeit

Eine mangelhafte mechanische Belastbarkeit war in der Mehrzahl der Fälle der Untersuchungsanlass. Um eine im Sinne der Beweissicherheit quantifizierbare Aussage zu treffen, lassen sich zwei Lösungsansätze anwenden:

- Bewertung der Beständigkeit im Temperaturwechsel- bzw. im Temperaturschocktest. Beide Verfahren setzten jedoch lange Prüfdauern voraus, was in vielen Fällen nicht praktikabel ist. Vorteilhaft ist hierbei, dass alle Bauteile annähernd gleich stark belastet werden.
- Bewertung der mechanischen Belastbarkeit als Einzeltest an ausgewählten Anschlüssen oder Bauelementen. Die beiden wichtigsten Verfahren sind nachstehend beschrieben. Die Prüfungen erfolgen nach den in der DIN IEC/EN 62137 beschriebenen Parametern. Daneben sei auf das Regelwerk der JIS verwiesen.

##### Test 1: Ermittlung der Scherfestigkeit von SMD (Shear-Test)

Untersuchungsgegenstände sind hier quaderförmige Zweipoler (R, L, CMC, Resonatoren) oder zylindrische Zweipoler (MELF-Widerstände, Dioden).

Die Kraft wirkt seitlich auf den Bauelementkörper oder alternativ auf Bauelementkörper und Lötverbindung und wird solange erhöht, bis eine Trennung zwischen Bauelement und Leiterplatte erfolgt.

Bewertungsgrößen sind hier die absolute Höhe der Scherkraft und deren Schwankung innerhalb einer Messreihe sowie der Zustand der Bruchflächen in der optischen Inspektion.

##### Test 2: Ermittlung der Zug-Schäl-Festigkeit von SMD (Pull-Test)

Untersuchungsgegenstände sind hier die Anschlüsse von mehrpoligen Bauelementen (Gullwing-IC, Steckverbinder, nach Vorbehandlung der Bauelemente auch J-Leads)

Bewertungsgrößen sind hier die absolute Größe der Pullkraft und deren Schwankung innerhalb einer Messreihe sowie der Zustand der Bruchflächen.

Dieser Test eignet sich auch sehr gut als Schnelltest an aufgelöteten Drähten zur gezielten Suche auf ansonsten nicht weiter prozessierten Leiterplatten.

Beide Verfahren sind Standardverfahren zur Bewertung der mechanischen Belastbarkeit von Lötverbindungen. Im Sinne der Kernaussage zum hier vorliegenden Untersuchungsmaterial ist jedoch dem Pull-Test der Vorzug zu geben.

Der Pull-Test hat gegenüber dem Shear-Test die bessere Aussage, da die Kraft als Schälkraft in Z-Richtung auf die Oberfläche der Pads wirkt. Beim Shear-Test werden auch bei stark betroffenen Baugruppen häufig gute Kraft-Werte erreicht, da es bei Copper Defined Pads zu einer seitlichen Umschließung von Pad und Lotfüllung kommt und das Lot fest in den Ätzspalten sitzt. Dieser Einfluss kommt beim Pull-Test nicht zum Tragen.

Nachteilig bei beiden Verfahren ist, dass es keine normativen Vorgaben für die mechanische Belastbarkeit

eines bestimmten Bauelements oder Anschlusstyps gibt. Daher ist den Schwankungen innerhalb einer Messreihe und der Korrelation zum optischen Befund eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Eine Sonderstellung der mechanischen Belastungstests nimmt bei den Area-Packages (BGA) der Dye and Pry-Test ein. Die Bewertung der Fügesituation des abgesprengten Bauteils erfolgt über die optische Inspektion. Ermittelt wird das Verhältnis der Trennstellen auf dem Pad der Leiterplatte zu herausgerissenen Pads an Leiterplatte und Interposer oder sonstigen Bruchstellen. Im Sinne des Kernanliegens dieser Untersuchung empfiehlt sich eine weiterführende lichtoptische Inspektion von verdächtigen Pads bei höherer Vergrößerung bzw. im REM.

## 5. Metallographische Präparation

Die metallographische Präparation ist als Verfahren zu aufwendig, um sie routinemäßig an den Proben flächendeckend anzuwenden. Ihr Einsatz wird daher auf wenige ausgewählte Positionen beschränkt bleiben. Das betrifft Positionen, die unter Punkt 2 besonders auffällig gezeitigt haben, oder besonders ausfallrelevante Bauelemente. Die Präparation erfolgt unter Anwendung der üblichen Präparationsmethodik nach IPC-TM-650 für Leiterplatten und Baugruppen. Ziel ist eine randscharfe Präparation des Schichtenaufbaus. Zusätzlicher Schritt kann die Gefügebetonung durch Anätzen sein. Das solchermaßen erzeugte metallographische Präparat ist dann Ausgangspunkt für weitere Untersuchungsverfahren.

## 6. Inspektion am metallographischen Schliff

Die Bewertung durch die lichtoptische Inspektion am metallographischen Präparat erfolgt nach einer Anzahl von Kriterien:

- Topographie der intermetallischen Zone Nickel-Zinn bei Baugruppen (Bewertung Schichtdickenunterschiede, Unterschiede in der Korngröße, Unterschiede in der Form der Körner)
- Geschlossenheit der intermetallischen Zone (ist die NiP-Schicht gleichmäßig mit einer intermetallischen Phase bedeckt)
- Größe der einzelnen Nickel-Phosphor-Körner (liegen hier ausgeprägte Unterschiede vor als Indikator für Mängel im Abscheidvorgang des NiP)
- Bewertung des korrosiven Angriffs an den Korngrenzen (Vorliegen von V-förmigen Ätzgräben entlang von Korngrenzen als Merkmal der außergewöhnlichen Goldbadkorrosion. Eine außergewöhnliche Goldbadkorrosion tritt häufig im Zusammenhang mit Haftungsschwäche auf)
- Topographie der NiP-Schicht (Dicke über Kanten, Verhalten im Randbereich zum Basismaterial bzw. Lötresist hin bei Leiterplatten und Baugruppen)
- Scharfe Grenzen innerhalb der NiP-Schicht als Anzeichen für Rework der Leiterplatten

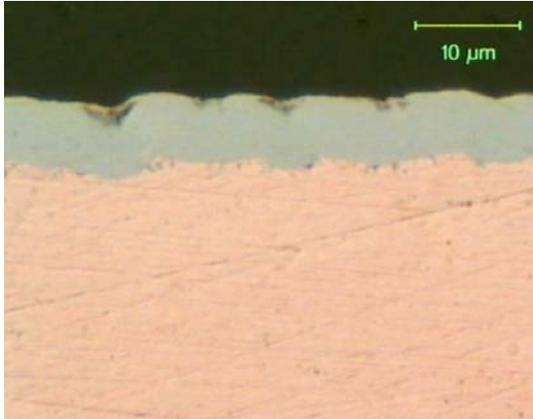
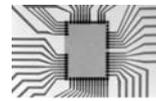


Abbildung 4: Außergewöhnliche Goldbadkorrosion an ungelöteter Leiterplatte, V-förmige Ätzgräben

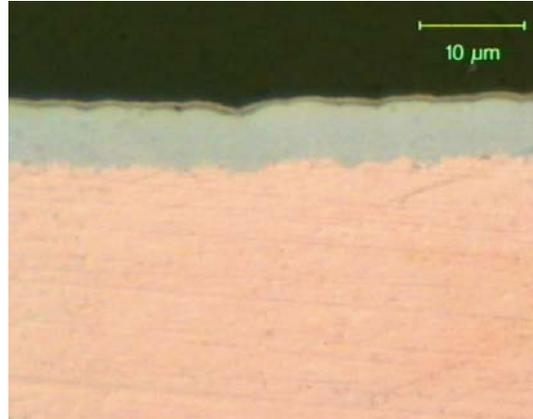


Abbildung 5: Außergewöhnliche Goldbadkorrosion an ungelöteter Leiterplatte, "Black Band"

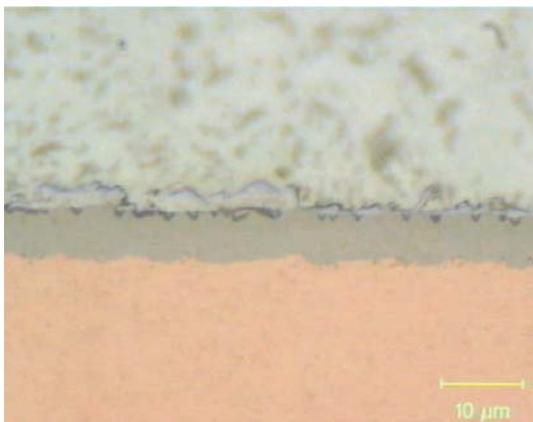


Abbildung 6: Außergewöhnliche Goldbadkorrosion, V-förmige Ätzgräben

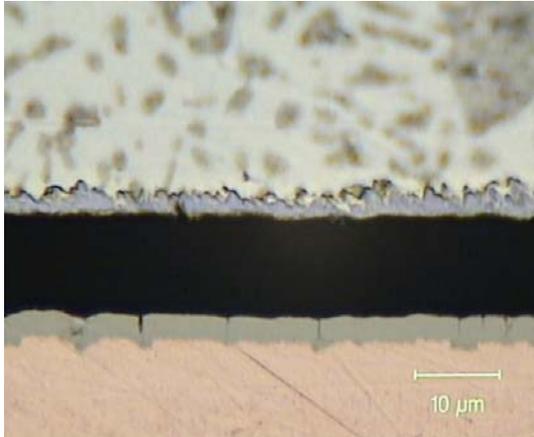
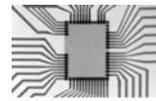


Abbildung 7: Komplette Trennung der Lötstelle vom Pad, Trennung zwischen intermetallischer Zone und NiP-Oberfläche, bleihaltiges Lot

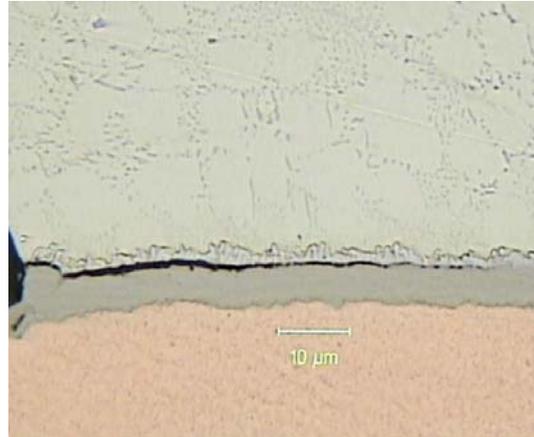


Abbildung 8: Partielle Trennung der Lötstelle vom Pad, Trennung zwischen intermetallischer Zone und NiP-Oberfläche, bleifreies Lot

Zur Goldschicht ist anzumerken, dass diese in der Regel auf die Haftungsmängel zwischen Lot und Nickel-Phosphor nur einen untergeordneten Einfluss hat.

Eine Bewertung der Dicke der Goldschicht ist bei der lichtoptischen Inspektion nicht sinnvoll auf Grund der geringen Schichtdicke und möglichen Präparationseffekten.

Der Nachweis der Geschlossenheit und Dichtigkeit der Goldschicht erfolgt dann über eine Qualifizierung der Leiterplatte.

## 7. Inspektion im REM

Gegenstand der Bewertung sind hier die bei der metallographischen Präparation dargestellten Profile, Bruchflächen aus den mechanischen Belastungstests und Oberflächendetails im Anlieferzustand. Die elektronenoptische Inspektion bietet gegenüber der lichtoptischen Inspektion hier den Vorteil der höheren Vergrößerung, der deutlich höheren Tiefenschärfe und der Unempfindlichkeit gegen Lichtreflexe auf glänzenden Oberflächen. Vorteilhaft ist weiter, dass ein Elementekонтast eine verbesserte Unterscheidung zwischen dicht benachbarten Bestandteilen ermöglicht.

Wichtige Inspektionskriterien sind:

- Struktur der Oberfläche (Im Idealfall liegt eine gleichmäßig abgerundete Struktur vor, vergleichbar Kartoffeln. Eine starke Goldbadkorrosion hinterlässt eine zerfurchte Oberfläche mit Einschnitten an den Grenzen der NiP-Körner.)
- sonstige auch bei der lichtoptischen Inspektion angewendete Bewertungskriterien, sofern sie die Topographie der Oberfläche betreffen.

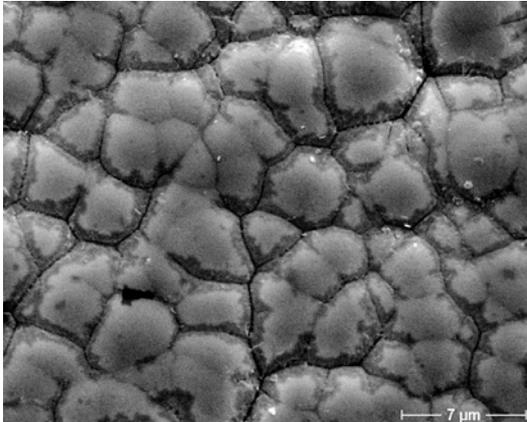
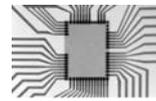


Abbildung 9: NiP-Oberfläche mit starker Goldbadkorrosion

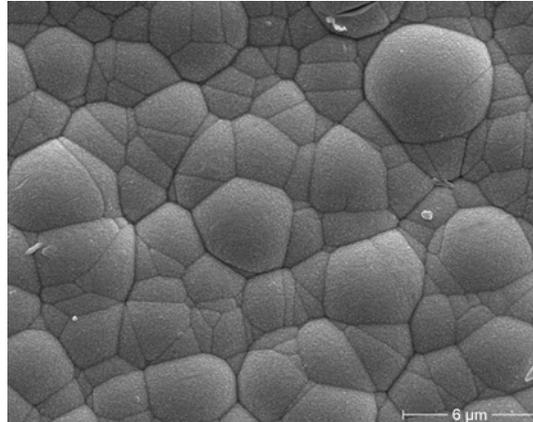


Abbildung 10: Aussehen einer üblichen ENIG-Oberfläche

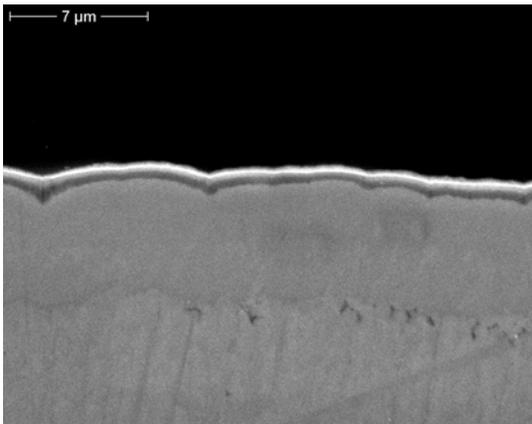


Abbildung 11: Außergewöhnliche Goldbadkorrosion an ungelöteter Leiterplatte, "Black Band"

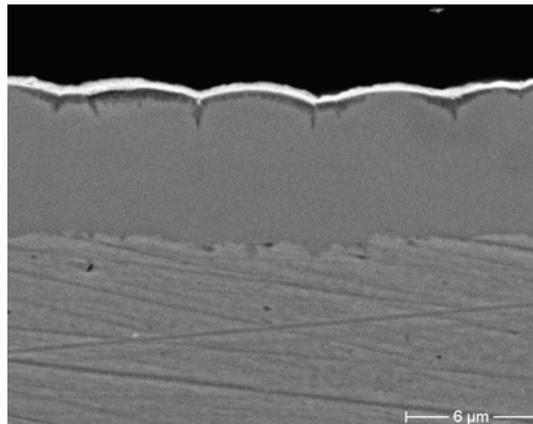


Abbildung 12: Außergewöhnliche Goldbadkorrosion an ungelöteter Leiterplatte, "Black Band" und V-förmige Ätzgräben

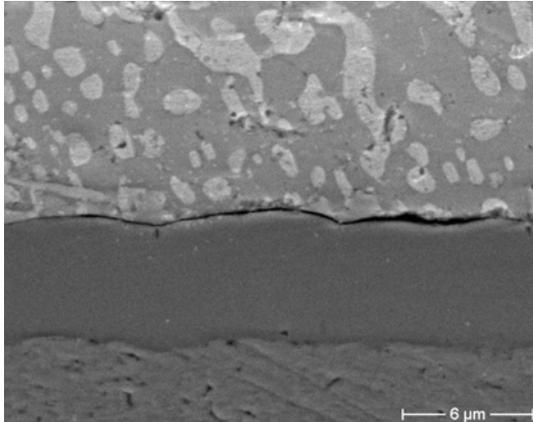
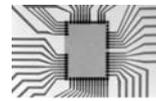


Abbildung 13: Trennung zwischen intermetallischer Zone und NiP-Oberfläche, bleihaltiges Lot

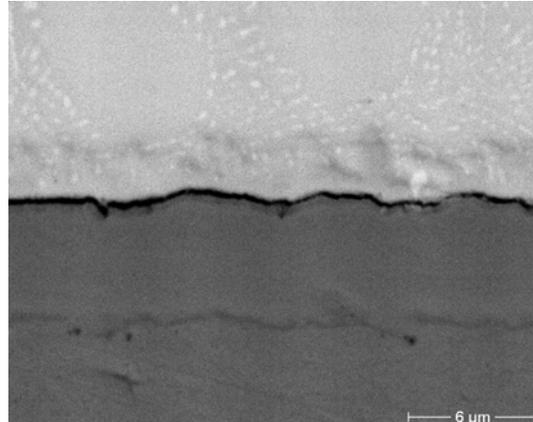


Abbildung 14: Trennung zwischen intermetallischer Zone und NiP-Oberfläche, bleifreies Lot

## 8. Materialanalyse

Die Materialanalyse hat folgende Aussagen zum Ziel:

- Ermittlung des Phosphorgehalt (Dieser sollte im Durchschnitt unter 9 Prozent liegen, im Grenzgebiet zum Lot lassen sich ab einem Gehalt von 12 Prozent kritische Zustände beobachten.)
- Ermittlung der Phosphorverteilung innerhalb der Schicht (werden Black Bands im Schlibbild erkennbar?)
- Ermittlung sonstiger Beläge (erhöhte Gehalte von Kohlenstoff und Sauerstoff sowie Schwefel und Halogenen in der Grenzzone zum Gold bei unprozessierten Leiterplatten)

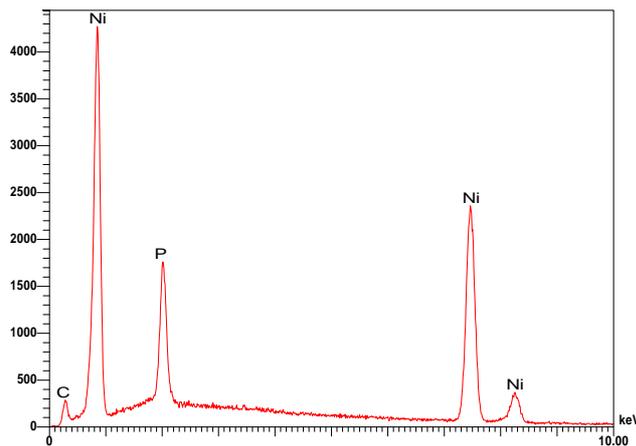


Abbildung 15: EDX-Spektrum von der Mitte einer unbeeinflussten NiP-Schicht mit einen Phosphorgehalt von 8,5 % P

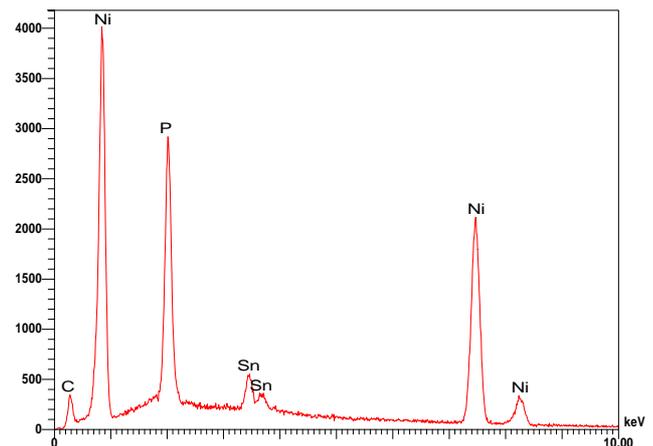
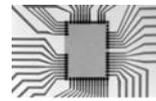


Abbildung 16: EDX-Spektrum von der NiP-Oberfläche, Phosphor-Anreicherung an NiP-Oberfläche, 14,3 % P-Gehalt



Die Bewertung erfolgt meist durch Inspektion im REM mit EDX-Option. Üblich ist eine Kalibrierung des Systems gegen InP-Standards. Die dabei erzielbare Genauigkeit liegt bei 0,1 Prozent. Nachteilig ist die integrierende Arbeitsweise des Verfahrens durch die Größe des Messflecks und dessen Tiefenwirkung. Bessere Ergebnisse hinsichtlich Messfleckgröße und Nachweisgenauigkeit liefern ESCA (Elektronenspektroskopie zur Chemischen Analyse) und SIMS (Sekundärionen Massenspektroskopie). Zum Messverfahren ist anzumerken, dass die höhere Genauigkeit der beiden letztgenannten Verfahren die Beweiskraft der Aussage nur unwesentlich erhöht, da das technische Regelwerk keine exakten Grenzwerte für die Phosphorkonzentration setzt.

Zum Messort ist anzumerken, dass die Messung an den Oberseiten der Pads erfolgen sollte. Messungen an den Seitenflächen von Pads ergeben in der Regel höhere Werte für Phosphor. Die Relevanz dieser Werte für die Bewertung der Schicht wird von vielen Leiterplattenherstellern bezweifelt.

Es ist an dieser Stelle außerdem noch anzumerken, dass ein Nachweis von Fremdelementen (Schwefel, Halogene) eine tiefere Ursachenforschung erfordert. Das hat seine Ursache darin, dass die über der NiP-Schicht aufgebraute Goldschicht nicht diffusionsdicht ist! Werden Leiterplatten Chemisch Nickel-Gold längere Zeit unter schadgashaltiger oder sehr feuchter Atmosphäre gelagert, korrodiert die NiP-Schicht unter der Goldschicht. Die Folge sind dann aber häufig auffällige Benetzungsstörungen. Ein Vorliegen von Mängeln in der Abscheidung der NiP-Schicht würde hier nur vorgetäuscht. In diesem Falle ist es zu empfehlen, die Lötbarkeit zu überprüfen. Sofern die Probensituation das zulässt, sollten Proben vor und nach Lagerung verglichen werden.

Die Ermittlung der Zusammensetzung der intermetallischen Phasen hinsichtlich Kupfer und Gold-Gehalt ist in begründeten Einzelfällen sinnvoll. Eine Bewertung des Goldeintrags ist insbesondere bei Lötverbindungen mit einem kleinen Volumen (Richtwert kleiner  $0,4 \text{ mm}^3$ ) sinnvoll. Eine solche Untersuchung erfordert dann auch die Betrachtung des Lotgefüges.

## Zusammenfassung

Haftungsschwächen auf ENIG sind als Phänomen sowohl bei konventionellen Zinn-Blei-Loten wie auch den bleifreien Mainstream - Legierungen anzutreffen.

Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten des Phänomens und den Lotlegierungen mit angehobenem Zinngehalt ist nicht festzustellen. Das betrifft insbesondere auch die kupferhaltigen Legierungen.

Das Phänomen wird von beiden Seiten beeinflusst, also sowohl von der Herstellerseite des Leiterplattenherstellers als auch der Seite des Baugruppenherstellers. Für eine beweissichere Zuordnung eines ursächlichen Zusammenhangs ist die Kombination mehrerer Bewertungsverfahren erforderlich. Der Phosphorgehalt der NiP-Schicht alleine ist nicht beweiskräftig genug.

Leiterplattenverursachte Schwachstellen liegen meist dann vor, wenn eine ansonsten regelkonform gearbeitete Baugruppe nur selektiv Schwachstellen aufweist.

Ein Einfluss vom Lötprozess ist immer dann gezielt zu untersuchen, wenn allgemeine Regelabweichungen bei der optischen Inspektion der Baugruppe auffällig werden.

Ein Einfluss der Lagerbedingungen ist dann zu hinterfragen, wenn in der Materialanalyse grössere Mengen von Schwefel oder Halogenen auffällig werden und Kombination mit unspezifischen Lötfehlern.

Hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit des Phänomens haben Untersuchungen ergeben, dass eine Erhöhung der Prozesstemperatur beim Löten durchaus in der Lage ist, organische Beläge auf der NiP-Schicht aufzubrechen. Hieraus lässt sich jedoch keine allgemeingültige Empfehlung ableiten. Eine generelle Anhebung der Prozesstemperatur ist als Mittel nicht geeignet, dem Phänomen sicher entgegenzuwirken.

Eine Optimierung der Prozessparameter des Lötprozess ist generell zu empfehlen, da bei gut benetzten Pads kleine Inhomogenitäten der intermetallischen Zone weniger gravierende Auswirkungen haben, als bei löttechnisch kritischen Aufbauten.

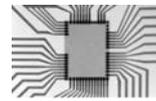
Eine sichere, zerstörungsfreie Überprüfung der Leiterplatte im Anlieferzustand ist nach dem gegenwärtigen Stand der Technik nicht möglich.

**TechnoLab** Gesellschaft für Elektronikindustrie-Service mbH  
Geschäftsführer: Olaf Nusche, Lutz Bruderreck, Marco Kämpfert  
Sitz der Gesellschaft: Berlin  
Gerichtsstand: Amtsgericht Charlottenburg  
HRB: 59104

Adresse: Am Borsigturm 46  
D-13507 Berlin

Bank: Landesbank Berlin  
EURO-Konto-Nr.: 2030040404  
Bankleitzahl: 100 500 00  
US\$-Konto-Nr.: 3180002995  
IBAN: DE 16 1005 0000 2030 0404 04  
BIC: BELA3333

USt.-ID-Nr.: DE 1792 21630  
Steuer-Nr.: 27/493/1130



**TechnoLab**  
qualifying and testing solutions



Telefon: +49 30 4303 3160  
Telefax: +49 30 4303 3169  
E-Mail: [info@technolab.de](mailto:info@technolab.de)  
Internet: [www.technolab.de](http://www.technolab.de)

**Quellen:**

IPC-6012 - Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards

IPC-4552 - Specification for Electroless Nickel/Immersion Gold (ENIG) Plating for Printed Circuit Boards

VDE 3711-Blatt 4-6-Löt- und bondfähige Nickel-Gold-Schichten ENIG

**Autor**

Herr Bruderreck (Jahrgang 1967) arbeitet seit 11 Jahren bei der TechnoLab GmbH in Berlin und betreut dort den Geschäftsbereich Laboranalytik und technische Schadensanalysen an Elektronikaufbauten.

**TechnoLab** Gesellschaft für Elektronikindustrie-Service mbH  
Geschäftsführer: Olaf Nusche, Lutz Bruderreck, Marco Kämpfert  
Sitz der Gesellschaft: Berlin  
Gerichtsstand: Amtsgericht Charlottenburg  
HRB: 59104

Adresse: Am Borsigturm 46  
D-13507 Berlin

Bank: Landesbank Berlin  
EURO-Konto-Nr.: 2030040404  
Bankleitzahl: 100 500 00  
US\$-Konto-Nr.: 3180002995  
IBAN: DE 16 1005 0000 2030 0404 04  
BIC: BELADEBXXX

USt.-ID-Nr.: DE 1792 21630  
Steuer-Nr.: 27/493/1130