

PLUS

Produktion von Leiterplatten und Systemen
Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik

2

FlowCAD



PCI express Protokoll Analyse

Mit diesem flexiblen ausbau- und nachrüstbaren Analyser können Sie PCIe Express G2/G3 Schnittstellen optimieren.

Nur fehlerfreie Übertragungen ermöglichen die maximale Leistung.

Die Aufzeichnung, Auswertung und Analyse übernimmt die Protokoll Software für Sie.

LeCroy@FlowCAD.de



TELEDYNE LECROY
Everywhere you look™

www.FlowCAD.de

Februar 2015 | Seiten 193-392 | Band 17
ISSN 1436 - 7505 | B 49475
www.leuze-verlag.de

**BAUELEMENTE
DESIGN
BESTÜCKUNG
PACKAGING
FORSCHUNG & TECHNOLOGIE**

ORGAN
DER FACH-
VERBÄNDE



**LEUZE
VERLAG**
seit 1902

Verklebungsfreie Trommelverzinnung von Kleinbauteilen

Dr. S. Heitmüller

Das Verkleben von Schüttgut, welches mit einer Trommelgalvanik verzinkt wird, ist einer der größten Faktoren für Ausschuss in diesem Prozess. Bei der Firma Schlötter wurde nun ein neuer Elektrolyt entwickelt, der dieses Problem minimiert und die Trommel-Beschichtung in einem Mattzinn-Elektrolyt effizienter macht.

Sticking of bulk materials, barrel-plated with tin, is one of the biggest factors leading to rejects. The company Schlötter therefor developed a new electrolyte, helping with the sticking problem and making the matt-tin barrel plating more efficient.

Die Zinn-Beschichtung von kleinteiligen Objekten stellt einen wichtigen Aspekt in der heutigen Produktion von Massenartikeln dar. Die zu beschichtenden Artikel sind dabei in Größe und Geometrie genauso vielfältig, wie der Bereich ihrer Anwendung. Es kann sich um Bauteile aus der Elektroindustrie handeln, wie zum Beispiel Chip-Resistoren oder andere SMD-Bauteile, Unterlegscheiben, Batteriekontakte und vieles mehr. Gemeinsamkeiten tragen diese unterschiedlichsten Bauteile in ihrer geringen Größe sowie der Tatsache, dass sie in der Regel mittels einer Trommel-Galvanik beschichtet werden, da hier besonders schnell viele kleinteilige Gegenstände beschichtet werden können. Häufig kommt es im Verlauf des Beschichtungsprozesses aber dazu, dass einzelne Bauteile miteinander ‚verkleben‘. Man kennt diesen Effekt zum Beispiel auch von Glasplatten, zwischen denen eine dünne Wasserschicht ausreicht, um sie fest aneinander haften zu lassen. Nach dem gleichen Prinzip können alle glatten Oberflächen aneinanderhaften, wenn zwischen ihnen eine wässrige Schicht eingeschlossen wird. Sind einzelne zu beschichtende Werkstücke während des Galvanisierens miteinander verbunden, kann dies dazu führen, dass die aufwachsende Metallschicht die Werkstücke auch permanent miteinander verbindet. Dies kann eine

Vielzahl von ungewollten Konsequenzen nach sich ziehen.

Im günstigsten Fall sind die Bauteile auch nach Beendigung des Abscheidvorgangs weiterhin verklebt und können mittels einer einfachen optischen Inspektion aussortiert werden. Dadurch wird die Produktivität des Beschichtungsvorganges um einen gewissen Prozentsatz reduziert. Wesentlich schlimmer sind allerdings Verklebungen, die nur temporär während des Beschichtungsvorganges auftreten. Hier kann man nach der Beendigung des Beschichtungsvorganges nicht mehr ohne weiteres sagen, ob zwei Bauteile verklebt waren oder nicht. Dies lässt sich meistens nur dann eindeutig bestimmen, wenn die resultierende Zinnschicht deutliche optische Unterschiede aufweist und/oder physikalisch messbare Größen wie Schichtdicke oder Durchgangswiderstand gemessen werden können. Trennen sich zwei einstmals verbundene Werkstücke wieder, so kann häufig ein optischer Unterschied der Oberflächen festgestellt werden,

und auch die erzielten Schichtdicken variieren stark.

Diese Kontrolle der beschichteten Bauteile ist besonders dann notwendig, wenn es sich um Bauteile handelt, die gelötet werden sollen. Diese Lötprozesse laufen in der Regel automatisiert ab und können daher nicht auf



Abb. 1: Unterschiedliche Optik der Oberfläche und unterschiedliche Schichtdicke

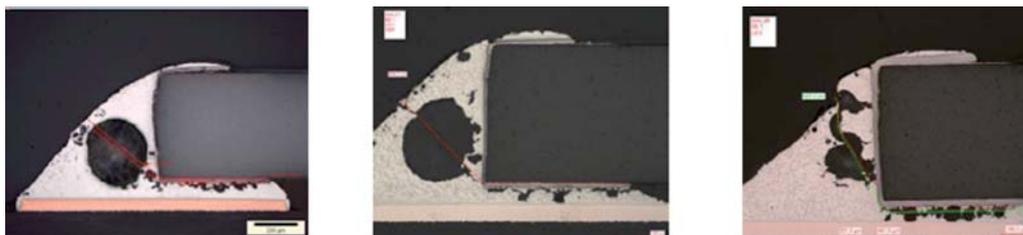


Abb. 2: Destabilisierung der Lötverbindung durch Voids im Temperaturwechsellast: 500 (links), 1000 (mitte), 1500 (rechts) – Zyklen von -40 auf $+125$ °C

unterschiedliche Schichtparameter reagieren. Ist die abgeschiedene Schicht aber unterschiedlich dick, resultieren unterschiedliche Wärmekapazitäten der Schichten, wodurch auch unterschiedliche Lötzeiten oder Löttemperaturen notwendig sind, um ein gleichmäßiges Lötresultat zu erzielen. Eine präzise und allgemeingültige Aussage, wann die einzelnen Bauteile miteinander verkleben, ist nicht bekannt. Es gibt aber zahlreiche Theorien über verschiedene Parameter, die Einfluss auf das Verkleben der Bauteile haben:

- Bauteile: Gewicht, Form, Geometrie und Oberflächeneigenschaften
- Elektrolyt: pH-Wert, Viskosität, Mattzinn-Elektrolyt, Glanzzinn-Elektrolyt
- Prozessparameter: Stromausbeute, Temperatur, Stromdichte, Umdrehungszahl der Trommel

Diese Theorien sollen hier nicht im Einzelnen besprochen werden. In der Praxis zeigen Bauteil-Geometrie und der verwendete Elektrolyt den größten Einfluss. Große und glatte Oberflächen verkleben leichter als raue verwinkelte Oberflächen und in Glanzzinn-Elektrolyten treten in der Regel deutlich weniger Verklebungen auf als bei der Verwendung von Mattzinn-Elektrolyten.

Dafür birgt die Verwendung von Glanzzinn-Elektrolyten eine weitere Gefahr. Da diese Systeme viele organische Zusätze beinhalten, kommt es zu einem verstärkten Einbau von kohlenstoffhaltigen Verbindungen in die Zinnschicht. Dies stellt nicht grundsätzlich ein Problem dar. Wird die Zinnschicht im weiteren Prozessablauf aber erhitzt, wie dies zum Beispiel beim Löten der Fall ist, können sich diese organischen Verbindungen zersetzen und in großen Blasen innerhalb der Zinnschicht sammeln und sogenannte Voids bilden. Diese Voids setzen die mechanische Stabilität der Zinnschichten herab und können zum Ausfall der Bauteile führen.

Der Nachteil ist offensichtlich. Verkleben die zu beschichtenden Bauteile während des Beschichtungsprozesses, so können diese durch eine gute Kontrolle herausortiert werden und gelangen nicht zum Endkunden. Die Bildung von Voids hingegen kann unentdeckt bleiben, da die abgeschiedene Zinnschicht alle Qualitätskriterien erfüllt und das Problem der Void-Bildung erst in einem späteren, unter Umständen in einem anderen Betrieb durchgeführten Prozessschritt, auftreten. Erschwerend kommt hinzu, dass die Bildung von Voids in der Regel keinen Einfluss auf die Optik der Zinnschicht hat, da es sich nicht um einen Oberflächenfehler handelt. Voids werden oft nur durch die Anfertigung oder Röntgeninspektionen sichtbar.

Den Idealfall stellt also ein Prozess dar, in dem es weder zu Verklebungen kommt, noch die Bildung von Voids durch den Einbau von organischen Verbindungen eine Rolle spielt, wie dies für Glanzzinn-Elektrolyte häufig der Fall ist.

Daher wurde bei der Firma Schlötter ein neuer Elektrolyt entwickelt, mit dem Ziel die Verklebungen während der Abscheidung zu minimieren, wenn nicht gar auszuschließen. Weiterhin soll es bei Verwendung dieses Elektrolyten auch nicht zu einem verstärkten Kohlenstoffeinbau in die Zinnschichten kommen. Hierbei handelt es sich um einen stark sauren Elektrolyten, der matte bis seidenmatte, feinkristalline Überzüge erzeugt. Der Elektrolyt ist einfach in der Anwendung, da er lediglich mit zwei Zusätzen betrieben wird. Die gute Lötbarkeit der Zinnschichten bleibt auch nach Alterung (16 Stunden bei 155 °C) erhalten. Mit diesem Elektrolyten gelingt eine Reduzierung der Verklebungen, auch von besonders anfälligen Bauteilen, auf den unteren Prozentbereich bis zu kleiner 1%. Der im Elektrolyt zur Reduzierung der Verklebungen verwendete Zusatz ist Bismuthaltig und wurde wäh-

rend seiner Entwicklung an drei unterschiedlichen Elektrolyten auf seine Wirksamkeit getestet. Die Wirkung ist dabei deutlich elektrolytspezifisch:

Tab. 1 zeigt deutlich, dass Elektrolyte die sich in Bezug auf die in ihnen verwendeten Säuren und Additive unterscheiden, unterschiedlich stark auf den Zusatz reagieren. Auch beim Einbau des Bismuts in die Schicht reagieren die Elektrolyte bei gleicher Bi-Dosierung und gleichen Abscheidungsparametern unterschiedlich:

Besonders hervorzuheben ist weiterhin der Einfluss des Zusatzes auf die Schichtdickenverteilung der in einer Trommelgalvanik beschichteten Bauteile. Trommelgalvaniken beinhalten wie bereits oben beschrieben das Risiko, dass einzelne Bauteile durchaus stark unterschiedliche Schichtüberzüge erhalten. Auch hier zeigt der Zusatz gute Eigenschaften.

Die Angleichung der Schichtdicke der einzelnen Bauteile untereinander stellt eine effektive Möglichkeit dar, um Kosten zu sparen. Denn mit ihr geht eine Reduktion des Materialverbrauchs einher, da die geforderte Mindestschichtdicke gleichmäßiger erreicht wird und dadurch weniger Ausreißer hin zu höheren oder niedrigeren Schichtdicken eintreten.

Da die mittels dem neuen Elektrolyten erzeugten Schichten Bismut im unteren Prozentbereich (< 5 %, siehe Tab. 2) enthalten, steht der Vorbehalt ternärer Legierungen und deren Stabilität im Raum. Diese ternären Legierungen können entstehen, wenn mit bleihaltigem Lot gelötet wird. Dies ist zum Beispiel in der Automobilindustrie (siehe Richtlinie 2000/53/EG) und auch in anderen Industrien erlaubt, speziell dann wenn Bauteile mit sicherheitsrelevanter Funktion hergestellt werden. Eigentlich wurde dieser Vorbehalt bereits durch Hwang und Guo [1] entkräftet. Diese veröffentlichten im September 2000 in der Zeitschrift SMT einen Artikel, der sich mit den Effekten einer Bi-Kontamination auf Sn/Pb-Lote befasste. Sie gaben hierfür eutektischen Zinn-Blei-Loten zwei bis fünf Prozent Bismut hinzu

Tab. 1: Vergleich der Wirkung des bismuthaltigen Zusatzes in verschiedenen Elektrolyten

Bi-Zugabe	Verklebungen in %		
	Elektrolyt 1	Elektrolyt 2	Elektrolyt 3
0 g/l	95	75	83
0,075 g/l		0,2	
0,1 g/l	3,5	0	9,3
0,2 g/l	0		
0,3 g/l			2,9
0,5 g/l			0

Tab. 2: Bi-Einbau in Zinnschichten

	Schichtdicke [µm]	Bi in Schicht [%]
Elektrolyt 1	7 - 10	1,5 - 3
Elektrolyt 2	5 - 10	2 - 3
Elektrolyt 3	~ 7	0,7

und untersuchten dessen Auswirkung. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass ternäre Lotverbindungen aus Sn/Pb/Bi mit einem Bi-Gehalt von zwei Prozent eine höhere Stärke der Lotverbindung aufweisen, ermüdungssicherer sind und eine höhere Verformbarkeit besitzen. Der Schmelzpunkt einer solchen Legierung liegt hierbei nur rund 2-3 °C unter dem eines eutektischen Zinn-Blei-Lotes. Mit fünf Prozent Bi im Lot nimmt die Schmelztemperatur um weitere 2-3 °C ab,

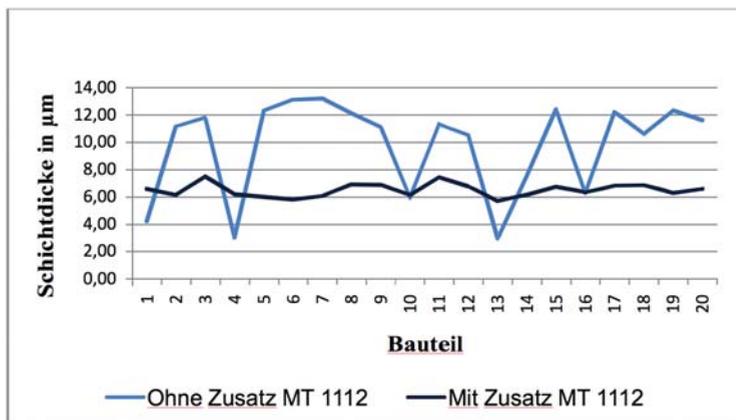


Abb. 3: Schichtdickenverteilung unter Einfluss von Slototin MT 1112

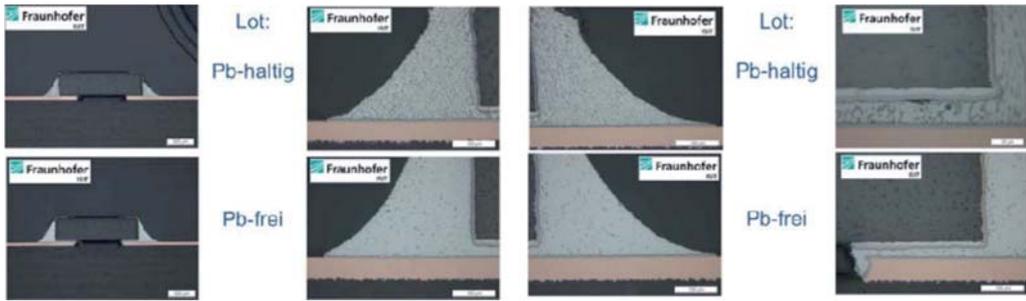


Abb. 4: Lotverbindung aus Slotin MT 1110 nach 1000 Temperaturwechseln (-40 auf +125 °C)

aber auch hier wiesen Hwang und Guo eine höhere Stärke der Lotverbindung und geringere Ermüdungserscheinungen als bei eutektischem Zinn-Blei nach. Die Verformbarkeit nahm hier allerdings deutlich ab. Trotz dieser Erkenntnisse bestehen nach wie vor Vorbehalte gegen Bismut in Zinn-Schichten. Um diesen auch bezüglich des eigenen Verfahrens entgegen treten zu können, wurde die Stabilität der Lotverbindungen von Zinnschichten aus dem entwickelten Elektrolyten nach AEC Q 200-006A und DIN EN 60 115-1 geprüft. Verwendet wurden hierbei Chipwiderstände der Typen R0402 und R0603, die vergleichend mit bleifreiem und bleihaltigem Lot gelötet wurden. Der Temperaturschocktest wurde von -40 °C auf +125 °C durchgeführt und an je 20 Bauteilen Scherprüfungen nach 0, 500 und 1000 Zyklen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 3 und 4 dargestellt. Allgemein werden in Fachkreisen die im Test erzielten Werte von 40 N/mm² als gute Scherfestigkeit anerkannt. Der Vergleich zwischen bleifreiem und bleihaltigem Lot fällt ebenfalls gut aus, da die Scherfestigkeiten mit bleihaltigem Lot im Verlauf des Temperaturwechseltestes nur wenig unterhalb des

bleifreien Lotes liegen. Auch die im Folgenden abgebildeten Querschliffe der Lötverbindungen von Bauteilen, die mit dem neuen Elektrolyten beschichtet wurden, zeigen nach 1000 Temperaturwechseln keine Auffälligkeiten in Form von Defekten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Abfall der Scherwerte in einem unauffälligen Bereich liegt, keine alterungsbedingten Risse auftreten und damit keine Anzeichen für eine Lotstellschwächung vorhanden sind. Da es nicht zu einer Reaktion von Bismut mit dem Lot kommt, können die Lotverbindungen von dem neuen Elektrolyten als stabil bezeichnet werden. Der Elektrolyt vereint damit eine verklebungsfreie Abscheidung von Zinnschichten in Trommelanlagen mit stabilen, weil voidfreien, Lotverbindungen und zeigt auch keine Nachteile bei Verwendung von bleihaltigem Lot, wie es zum Beispiel in der Automobil und Flugzeugindustrie weiterhin verwendet wird.

Der neu entwickelte Elektrolyt ist unter der Bezeichnung Slotin MT1110 marktverfügbar.

Referenzen:

[1] Jennie S. Hwang, Zhenfeng Guo; SMT (2000), S 91-93.

Tab. 3: Vergleich der Scherfestigkeit von Chipwiderständen des Typs R0402 mit bleihaltigem und bleifreiem Lot

R 0402	Scherfestigkeit [N/mm ²]	
Zyklen	SnPb-Lot	SnAgCu-Lot
0	67,9	67,7
500	53,4	64,7
1000	55,5	59,5

Tab. 4: Vergleich der Scherfestigkeit von Chipwiderständen des Typs R0603 mit bleihaltigem und bleifreiem Lot

R 0603	Scherfestigkeit [N/mm ²]	
Zyklen	SnPb-Lot	SnAgCu-Lot
0	47,3	46,7
500	39,9	45,7
1000	40,1	42,9