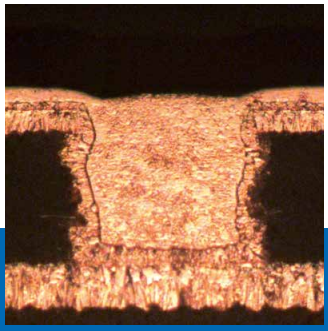
Schlötter
Galvanotechnik

Beitrag über das Füllen von Blind Microvias und Through Holes
von Dr. Michael Dietterle, Leiter Arbeitsgruppe Kupfer,
Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG, Geislingen/Steige
[Erschienen in der WOMag 05/2014]



Wir füllen die Lücken!

Steigerung der Integrationsdichte von Leiterplatten durch Füllen von Blind Microvias und Through Holes mittels elektrolytischer Kupferabscheidung

Die fortschreitende Miniaturisierung elektronischer Schaltungen macht zunehmend den Einsatz von HDI-Leiterplatten mit kupfergefüllten Blind Microvias erforderlich. Der neu entwickelte Kupferelektrolyt SLOTOCOUP SF 30 ermöglicht das defektfreie Füllen von Blind Microvias bei gleichzeitig geringer Kupferschichtdicke auf der Leiterplattenoberfläche. Dies führt zu einem effizienteren Einsatz von Rohstoffen und zu einer kostengünstigeren Herstellung von Leiterplatten. Ein neuer Kupferelektrolyt soll zukünftig auch das Füllen von Durchgangsbohrungen ermöglichen - erste Laborversuche zeigen bereits erfolgversprechende Resultate.

Wir füllen die Lücken! Steigerung der Integrationsdichte von Leiterplatten durch Füllen von Blind Microvias und Through Holes mittels elektrolytischer Kupferabscheidung

In der Mikroelektronik besteht weiterhin der Trend zur Miniaturisierung, d.h. zu kleineren und leistungsfähigeren Systemen, die möglichst auch kostengünstiger als bisherige Systeme sein sollen. Die bekanntesten Beispiele hierfür sind Smartphones und Tablet-PCs, deren Leistungsfähigkeit - trotz gleichbleibender oder sogar kleinerer Gerätegröße - in den letzten Jahren deutlich gesteigert werden konnte. Die große Attraktivität dieser Geräte spiegelt sich in den hohen und ständig wachsenden Verkaufszahlen wider.

Einen wesentlichen Beitrag zur Miniaturisierung leisten HDI-Leiterplatten (engl. HDI: High Density Interconnect), die aufgrund ihrer hohen Integrationsdichte die Signalentflechtung hochfunktioneller elektronischer Bauelemente auf kleinstem Raum ermöglichen. Zur elektrischen Verbindung einzelner Leiterplatten-Lagen werden hierbei anstatt Durchgangsbohrungen platzsparende Sacklochbohrungen (engl. Blind Microvias) eingesetzt. Durch Füllen der Blind Microvias mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer (engl. Blind Microvia Filling) lässt sich die Integrationsdichte weiter steigern. Mittlerweile ist der Einsatz von HDI-Leiterplatten nicht mehr allein auf die Mobilelektronik beschränkt, sondern erfolgt auch zunehmend in anderen Applikationen, z.B. im Automotive-Bereich.

Der neu entwickelte Elektrolyt SLOTOCOUP SF 30, der beim Blind Microvia Filling im Vergleich zur vorangegangenen Elektrolytgeneration nur noch eine sehr geringe Kupfer-Oberflächenschichtdicke abscheidet, ermöglicht eine ressourcen-, energie- und kosteneffizientere Herstellung von HDI-Leiterplatten. Anhand von Laborergebnissen und Ergebnissen produktionsnaher Tests in einer 7200 Liter großen vertikalen Durchlaufanlage wird die Leistungsfähigkeit dieses Elektrolyten vorgestellt. Mittlerweile wird SLOTOCOUP SF 30 in der Massenproduktion von HDI-Leiterplatten eingesetzt.

Da sich die Integrationsdichte von HDI-Leiterplatten durch den Einsatz sehr dünner Kernmaterialien noch weiter steigern lässt, wird aktuell verstärkt die Entwicklung von Elektrolyten zum Füllen von Durchgangsbohrungen (engl. Through Hole Filling) betrieben. Ergebnisse erster Laborversuche in diesem Bereich werden präsentiert.

Smartphone

Miniaturisierung im Bereich Mikroelektronik

Die fortschreitende Miniaturisierung in der Mikroelektronik ermöglicht die Produktion zunehmend leistungsfähigerer elektronischer Mobilgeräte, deren bekannteste Vertreter Smartphones und Tablet-PCs sind. Die hohen und ständig wachsenden Verkaufszahlen spiegeln die große Attraktivität dieser Geräte wider. Im Jahr 2013 wurden erstmalig mehr als 1 Milliarde Smartphones verkauft [1], für 2014 wird ein Absatz von ca. 1,2 Milliarden und für 2017 von rund 1,8 Milliarden Geräten prognostiziert [2]. Im Bereich Tablet-PCs wird für 2014 ein Absatz von 271 Millionen Geräten vorhergesagt, dies entspricht gegenüber dem Vorjahr einem Anstieg von nahezu 40 % [3]. Technisch wird die Miniaturisierung in der Mikroelektronik vor allem durch die Entwicklung zunehmend leistungsfähigerer hochfunktionaler Halbleiter-Chips vorangetrieben. Diese werden in Prozessoren mit sehr kleinen Gehäusegrößen und einer sehr großen Anzahl zunehmend rasterförmig angeordneter Anschlüsse verbaut.

Abb. 1 zeigt den Größenvergleich zwischen einem typischen Smartphone-Prozessor und einer 1 Cent Münze. Die Unterseite des Prozessors weist 976 Anschlüsse auf einer Fläche von knapp 2 cm² auf, dies entspricht rund 5 Anschlüssen/mm². Der Abstand (engl. Pitch) der Anschlüsse beträgt hierbei nur 400 µm.

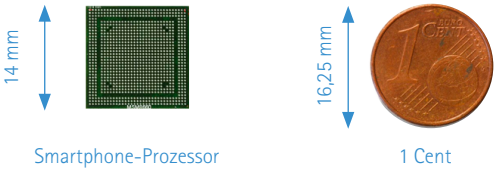


Abb. 1: Größenvergleich zwischen einem Smartphone-Prozessor und einer 1 Cent Münze

Miniaturisierung im Bereich Leiterplatte

Zur platzsparenden und zuverlässigen elektrischen Anbindung von Prozessoren mit derart hohen Anschlussdichten werden Leiterplatten mit entsprechend hoher Integrationsdichte benötigt. Die klassische Multilayer-Leiterplatte ist hierfür jedoch ungeeignet, da sie zur elektrischen Verbindung einzelner Leiterplatten-Lagen Durchgangsbohrungen verwendet. Diese weisen relativ große Durchmesser auf und sie erstrecken sich, da sie erst nach dem Verpressen der einzelnen Lagen gebohrt werden, über die gesamte Leiterplattendicke. Dies hat zur Folge, dass auch bei Verbindung direkt benachbarter Lagen der Raum oberhalb und unterhalb der eigentlichen Verbindung verloren geht und somit nicht für andere Strukturen, z.B. Leiterbahnen, genutzt werden kann. Die daraus resultierende geringe Integrationsdichte von Multilayer-Leiterplatten ist für die oben beschriebenen Anforderungen nicht ausreichend. Bereits vor einigen Jahren wurde deshalb eine neue hochintegrierte Leiterplattengeneration, die sogenannte HDI-Leiterplatte, entwickelt, die zunächst überwiegend für die Produktion von Mobiltelefonen eingesetzt wurde. Bei der Herstellung von HDI-Leiterplatten werden die einzelnen Leiterplatten-Lagen sukzessive aufgebaut (engl.

SBU, Sequential Build Up). Bisher wurden diese Aufbaulagen (engl. Build Up Layers) überwiegend auf Multilayer-Kernen aufgebaut - mit steigender Tendenz erfolgt der Aufbau aber auch auf deutlich dünneren Kernen, die in einem späteren Abschnitt dieses Aufsatzes noch näher beschrieben werden. Die elektrische Verbindung jeweils benachbarter Aufbaulagen wird mittels lasergebohrter Blind Microvias realisiert. Abb. 2 zeigt schematisch den Aufbau einer 2-4-2 HDI-Leiterplatte, d.h. die Leiterplatte besteht aus einem 4-lagigen Multilayer-Kern und zwei Aufbaulagen auf jeder Seite.

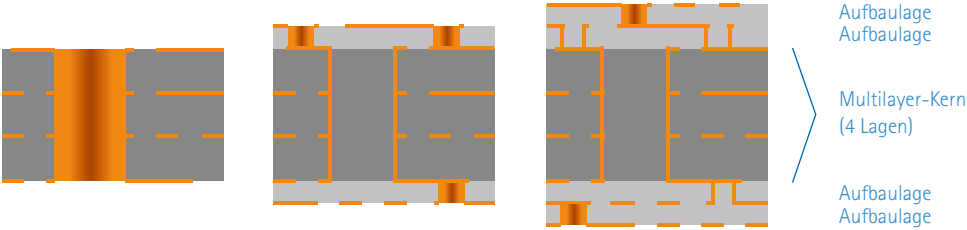


Abb. 2: Aufbau einer 2-4-2 HDI-Leiterplatte (schematisch)

Blind Microvias

Im Vergleich zu Durchgangsbohrungen weisen Blind Microvias kleinere Durchmesser im Bereich von 50 - 150 µm auf und sie erstrecken sich in z-Richtung nur über die Dicke einer Aufbaulage (typischerweise 50 - 150 µm). Sie beanspruchen somit nur so viel Platz, wie tatsächlich für die eigentliche Verbindung erforderlich ist. HDI Leiterplatten besitzen somit eine wesentlich höhere Integrationsdichte als Multilayer-Leiterplatten und sind deshalb für die Signalentflechtung hochfunktioneller elektronischer Bauelemente auf kleinstem Raum geeignet. Darüber hinaus weisen Blind Microvias aufgrund ihrer deutlich geringeren Größe eine höhere Signalintegrität als Durchgangsbohrungen auf, was sie auch für den Einsatz in Hochfrequenzanwendungen prädestiniert.

Damit Blind Microvias die elektrischen Signale leiten können, werden sie mittels elektrolytischer Kupferabscheidung beschichtet (engl. Blind Microvia Plating). Da bestehende Elektrolyte jedoch keine ausreichende Kupferschichtdicke im unteren Bereich der Blind Microvias abscheiden konnten (Abb. 3a), wurde die Entwicklung spezieller Kupferelektrolyte, die eine ausreichende Kupferschichtdicke abscheiden können (Abb. 3b), erforderlich.

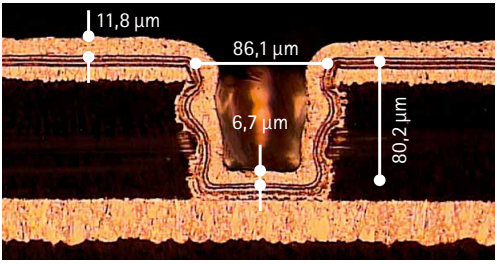


Abb. 3a: Verkupferte Blind Microvias: nicht ausreichende Kupferschichtdicke im Blind Microvia

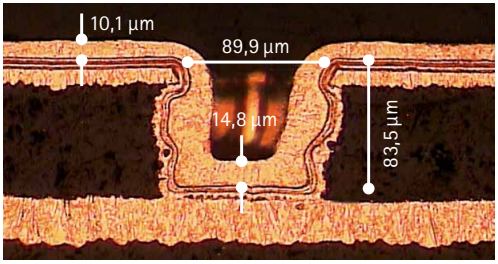


Abb. 3b: Verkupferte Blind Microvias: ausreichende Kupferschichtdicke im Blind Microvia

Füllen von Blind Microvias

Eine weitere Steigerung der Integrationsdichte ermöglicht das Übereinanderstapeln von Blind Microvias (engl. Stacked Blind Microvias). Hierfür müssen die Blind Microvias jedoch mit einem elektrisch leitfähigen Material gefüllt werden. Verwendet man zum Füllen anstatt leitfähiger Paste elektrolytisch abgeschiedenes Kupfer, so führt dies zu folgenden weiteren Vorteilen:

- erhöhte Zuverlässigkeit (in den Blind Microvias ist nur Kupfer enthalten, es ist keine zusätzliche Grenzfläche vorhanden)
- besseres Wärmemanagement (Verlustwärme kann über die sehr gut wärmeleitfähigen, kupfergefüllten Blind Microvias abgeführt werden)
- weitere Steigerung der Integrationsdichte (auf der Leiterplattenoberfläche werden keine zusätzlichen Anschlussflächen (engl. Pads) für die Kontaktierung von Bauelementen benötigt)

Die wesentlichen Prozessschritte bei der Herstellung von HDI-Leiterplatten mit kupfergefüllten Blind Microvias sind in Abb. 4 schematisch dargestellt. Soll noch eine weitere Lage aufgebaut werden, so ist die Prozessfolge beginnend mit Prozessschritt 2 erneut zu durchlaufen.

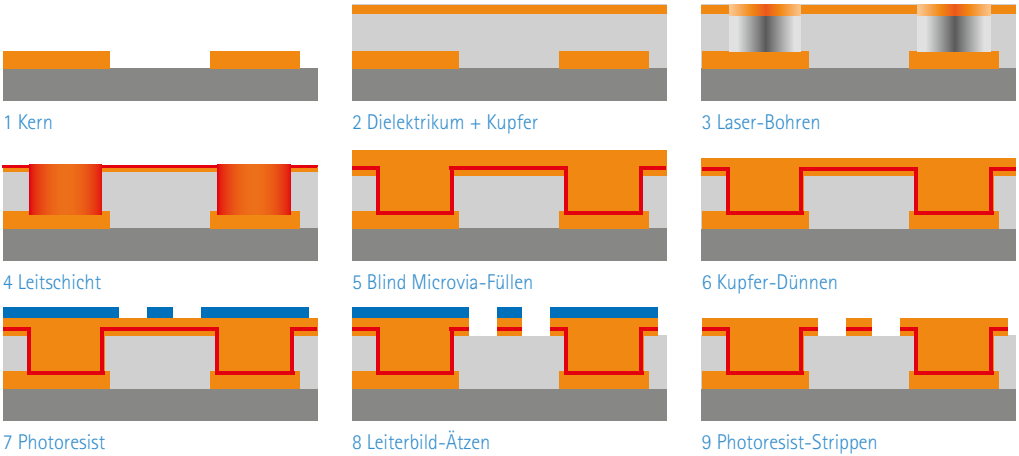


Abb. 4: Wesentliche Prozessschritte bei der Herstellung von HDI-Leiterplatten mit kupfergefüllten Blind Microvias

Durch Übereinanderstapeln kupfergefüllter Blind Microvias lassen sich auch nicht benachbarte Aufbaulagen bei minimalem Platzbedarf elektrisch leitend miteinander verbinden (Abb. 5). All Stacked Blind Microvia Designs ermöglichen den vollständigen Verzicht auf Durchgangsbohrungen.

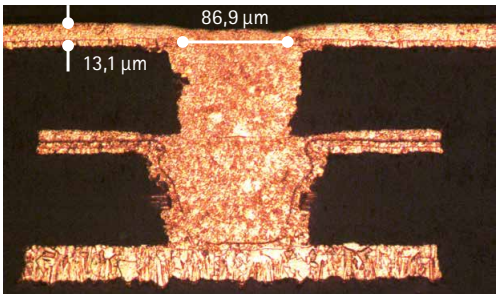


Abb. 5: Stacked Blind Microvias

Der Einsatz von Pad-in-Via- bzw. Via-in-Pad Designs führt zu einer weiteren Steigerung der Integrationsdichte, da Bauelement-Anschlüsse direkt auf die kupfergefüllten Blind Microvias gelötet werden können, so dass hierfür keine zusätzlichen Anschlussflächen benötigt werden (Abb. 6).

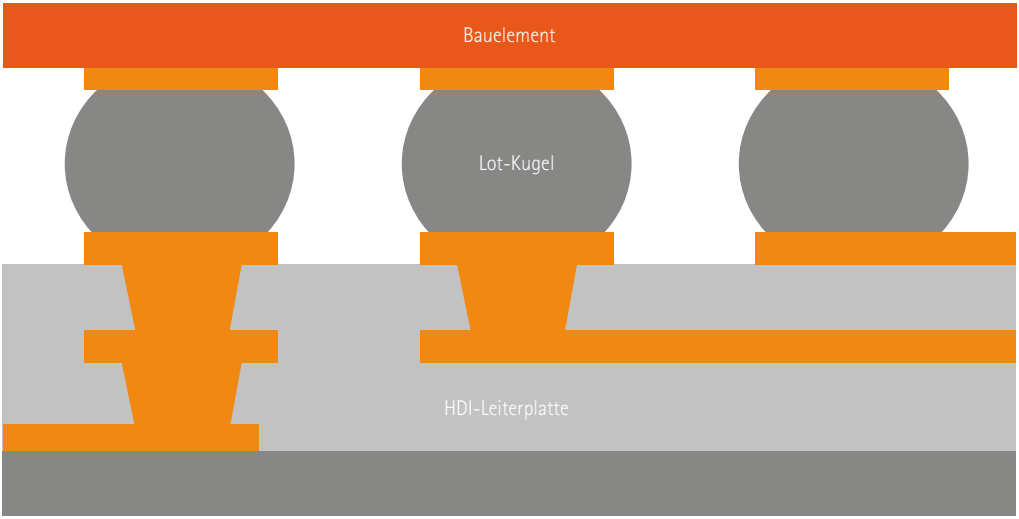


Abb. 6: Via-in-Pad Design (schematisch)

Bisherige Elektrolyte für Blind Microvia Filling

Typischerweise enthalten Elektrolyte für Blind Microvia Filling eine verhältnismäßig hohe Kupferionen-Konzentration im Bereich von 40 - 60 g/l in Kombination mit einer niedrigen Schwefelsäure-Konzentration im Bereich von 10 - 50 ml/l sowie Chloridionen. Die zur Steuerung der Überzugseigenschaften notwendigen organischen Elektrolytzusätze unterscheiden sich von Fachfirma zu Fachfirma, meist sind jedoch folgende drei Komponenten in den Elektrolyten enthalten:

- Grundzusatz (Inhibitor)
- Kornverfeinerer (Aktivator)
- Einebner (Inhibitor)

Darüber hinaus können sich die Verfahren der unterschiedlichen Fachfirmen unter anderem auch noch in folgenden Merkmalen unterscheiden:

- Anlagentechnik
  (Standard-Vertikalanlage, vertikale Durchlaufanlage, horizontale Durchlaufanlage)
- Anodentyp (Kupferanode, unlösliche Anode)
- Stromform (Gleichstrom, Pulsstrom, Reverspulsstrom)
- anwendbare Stromdichte

Die bisher von Schlötter angebotenen Verfahren für Blind Microvia Filling arbeiten ausschließlich mit Gleichstrom in Standard-Vertikalanlagen oder vertikalen Durchlaufanlagen. Als Anodenmaterialien sind entweder Kupfer oder Mischmetalloxid (MMO) möglich.

In den Anfangsjahren des Blind Microvia Filling gab es neben den Standardanforderungen an elektrolytisch abgeschiedene Kupferüberzüge für Leiterplatten (z.B. Duktilität, Zuverlässigkeit) im Wesentlichen noch folgende zusätzliche Anforderungen:

- defektfreies Füllen der Blind Microvias ohne Elektrolyt-Einschlüsse
- Mindestfüllgrad bzw. maximal erlaubte Vertiefung (engl. Dent)

Diese Anforderungen konnten mittels speziell entwickelter Kupferelektrolyte erfüllt werden (Abb. 7a und 7b).

Das Schliffbild in Abb. 7b zeigt ein vorverstärktes Blind Microvia, das vor dem Füllen einen Durchmesser von 138 µm und eine Tiefe von 102 µm aufwies. Während des Füll-Prozesses wurden im Blind Microvia 93 µm Kupfer (B) abgeschieden, während auf der Oberfläche nur 22 µm (C) abgeschieden wurden, so dass folgende Kennzahlen resultieren:

Vertiefung (A-B):	30,4 µm
Füllgrad (B/A):	75 %
Metallverteilung (B/C):	426 %

Es ist vor allem auf die Wirkungsweise des Einebners zurückzuführen, dass das Kupfer nicht auf der Oberfläche, sondern bevorzugt in den Blind Microvias, d.h. in den Bereichen niedriger Stromdichte und geringen Elektrolytaustausches abgeschieden wird. Die Einebner-Moleküle adsorbieren während des Füll-Prozesses vor allem in den Bereichen hoher Stromdichte und starken Elektrolytaustausches. Dadurch wird die Kupferabscheidung in diesen Bereichen erschwert - dies führt zur bevorzugten Abscheidung von Kupfer in den Blind Microvias.

Zur Erzielung eines guten Füll-Ergebnisses müssen die Elektrolytzusätze sehr gut aufeinander abgestimmt sein. Abb. 8a zeigt ein Blind Microvia vor dem Füll-Prozess sowie unterschiedliche Ergebnisse, die allein durch Variation der Elektrolytzusätze - bei ansonsten gleichen Abscheideparametern - auftreten können (Abb. 8b-e).

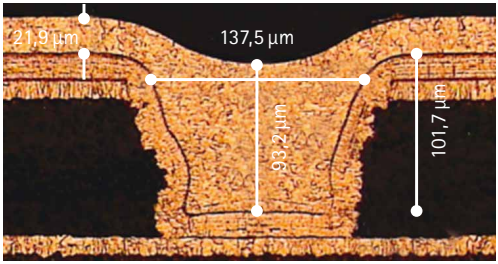


Abb. 7b: Blind Microvia Filling Schliffbild

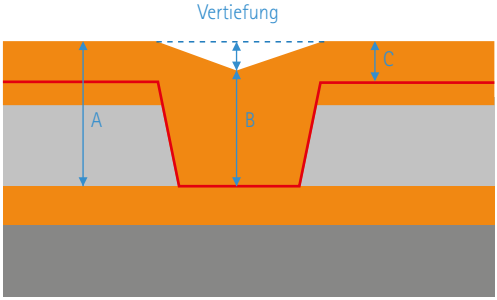


Abb. 7a: Blind Microvia Filling schematisch

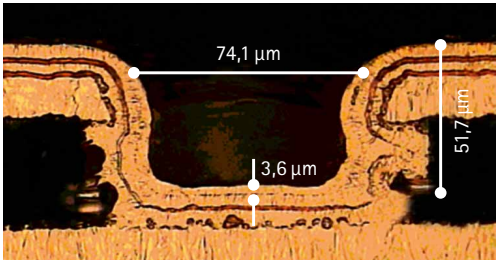


Abb. 8a: Blind Microvia vor dem Füll-Prozess bei Variation der Elektrolytzusätze

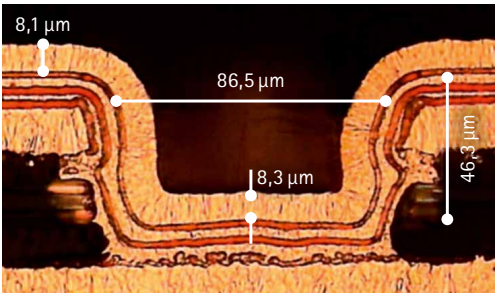


Abb. 8b-e: Blind Microvia nach dem Füll-Prozess bei Variation der Elektrolytzusätze

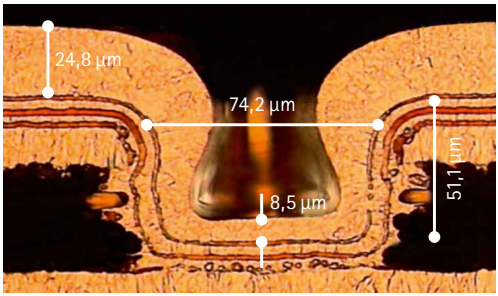


Abb. 8c

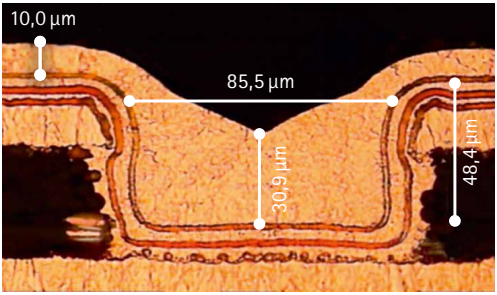


Abb. 8d

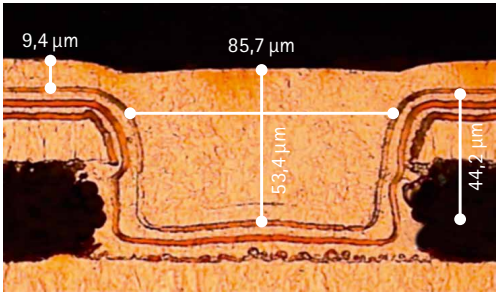


Abb. 8e

Neuer Elektrolyt für Blind Microvia Filling

Die Integrationsdichte der Leiterplatten lässt sich durch Verringerung der Leiterbahnbreiten und -abstände noch weiter steigern. Für das Ätzen solcher Feinleiter muss die Kupferschichtdicke auf der Oberfläche jedoch niedrig sein, da es ansonsten zu starker Unterätzung und somit zu Problemen hinsichtlich des Leiterbahnquerschnitts kommen kann.

Wie in Abb. 4 gezeigt, lässt sich die Oberflächen-Kupferschichtdicke nach dem Blind Microvia Filling zwar mittels - evtl. mehrmaligem - Kupfer-Dünnen reduzieren, jedoch sind hierfür zusätzliche Prozessschritte und Anlagen notwendig. Darüber hinaus wird beim Kupfer-Dünnen unmittelbar zuvor abgeschiedenes Kupfer teilweise wieder entfernt, was sich negativ auf die Ressourcen-, Energie- und Kosteneffizienz bei der Leiterplattenherstellung auswirkt. Zur vollständigen Vermeidung - oder zumindest zur Reduzierung - des Kupfer-Dünnens kam deshalb in den letzten Jahren zusätzlich zu den bereits erwähnten Anforderungen noch die Anforderung der Abscheidung einer möglichst geringen Oberflächen-Kupferschichtdicke während des Füll-Prozesses hinzu.

Im Laufe intensiver Entwicklungsarbeit konnte das organische Zusatzsystem so modifiziert werden, dass defektfreies Blind Microvia Filling in Kombination mit sehr geringer Oberflächen-Kupferschichtdicke möglich wurde. Der neu entwickelte Elektrolyt SLOTOCOUP SF 30 wurde speziell für den Betrieb mit unlöslichen Anoden

entwickelt und ist folgendermaßen zusammengesetzt:

160 - 240	g/l	Kupfersalz BV
15 - 45	ml/l	Schwefelsäure, konz.
50 - 70	mg/l	Chlorid
3 - 10	ml/l	Zusatz SLOTOCOUP SF 31
0,2 - 1,0	ml/l	Zusatz SLOTOCOUP SF 32
0,2 - 2,0	ml/l	Zusatz SLOTOCOUP SF 33

Betrieben wird der Elektrolyt bei Stromdichten von maximal 2 A/dm² im Temperaturbereich zwischen 18 und 22 °C.

In Abb. 9a und 9b ist ein Blind Microvia vor und nach einem im Labormaßstab durchgeführten 60-minütigen Füll-Prozess mit SLOTOCOUP SF 30 dargestellt.

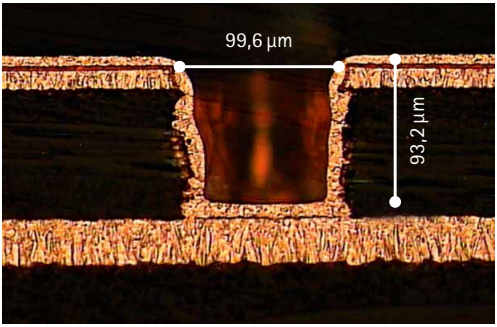


Abb. 9a: Blind Microvia Filling mit SLOTOCOUP SF 30 im Labormaßstab vor

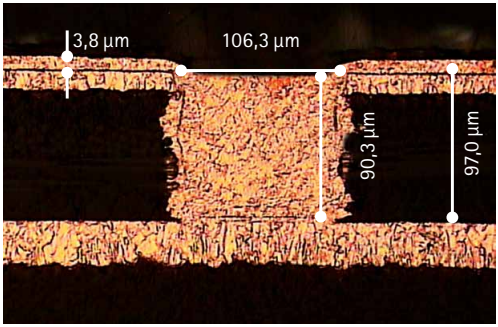


Abb. 9b: und nach dem Füllen

Abb. 9b zeigt ein vorverstärktes Blind Microvia, das vor dem Füllen einen Durchmesser von ca. 100 µm und eine Tiefe von ca. 93 µm aufwies. Während des 60-minütigen Füll-Prozesses wurden im Blind Microvia 90 µm Kupfer abgeschieden, während auf der Oberfläche nur 4 µm abgeschieden wurden, sodass folgende Kennzahlen resultieren:

Vertiefung:	2,1	µm
Füllgrad:	90	%
Metallverteilung:	2376	%

Im Vergleich zur vorhergehenden Elektrolytgeneration konnte die auf der Oberfläche abgeschiedene Kupferschichtdicke extrem reduziert werden. Dies zeigt sich an der Metallverteilung, die im dargestellten Laborversuch einen extrem hohen Wert von über 2000 % aufweist (Abb. 9b).

SLOTOCOUP SF 30 wurde in Kooperation mit unserem taiwanesischen Partner AGES im 2012 eröffneten "Schlötter-AGES PCB Development Center" in Taipeh unter produktionsnahen Bedingungen in einer 7200 Liter großen vertikalen Durchlaufanlage getestet (Abb. 10).

Abb. 10: Vertikale Durchlaufanlage mit 7200 Liter Badvolumen im Schlötter-AGES PCB Development Center in Taiwan

Typische Ergebnisse dieser Tests sind in den Abb. 11-13 dargestellt.

Abb. 11a zeigt ein vorverstärktes Blind Microvia, das vor dem Füllen einen Durchmesser von ca. 108 µm und eine Tiefe von ca. 71 µm aufwies. Während des Füll-Prozesses wurden im Blind Microvia 74 µm Kupfer abgeschieden, während auf der Oberfläche nur 10 µm abgeschieden wurden. Dies führt zu folgende Kennzahlen:

Vertiefung:	7,0	µm
Füllgrad:	91	%
Metallverteilung:	740	%

In Abb. 11b ist ein weiteres kupfergefülltes Blind Microvia, das aus der gleichen Leiterplatte wie das Blind Microvia in Abb. 11a stammt, abgebildet. Bemerkenswert ist, dass trotz nicht-optimaler BMV-Geometrie ein sehr gutes Füll-Ergebnis resultiert.

Abb. 11c zeigt ein nicht-vorverstärktes Blind Microvia, das vor dem Füllen einen Durchmesser von ca. 98 µm und eine Tiefe von ca. 68 µm aufwies. Während des Füll-Prozesses wurden im Blind Microvia 76 µm Kupfer abgeschieden,

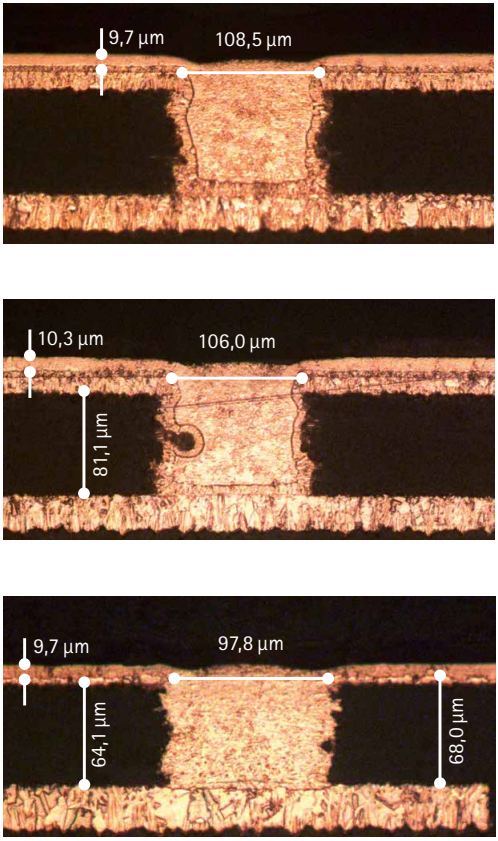


Abb. 11a-c: SLOTOCOUP SF 30 Testergebnisse: Blind Microvia Filling

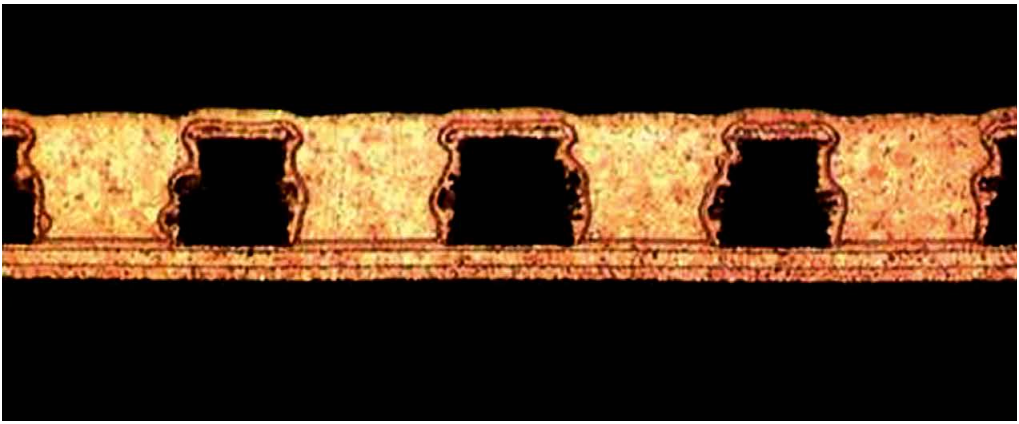


Abb. 12a: SLOTOCOUP SF 30 Testergebnisse: Füllen eng beieinanderliegender Blind Microvias

während auf der Oberfläche nur 10 µm abgeschieden wurden, so dass folgende Kennzahlen resultieren:

Vertiefung:	5,0	µm
Füllgrad:	96	%
Metallverteilung:	760	%

SLOTOCOUP SF 30 ermöglicht auch das defektfreie Füllen eng beieinanderliegender Blind Microvias bei gleichzeitig geringer Oberflächen-Kupferschichtdicke. Abb. 12 zeigt das Füll-Ergebnis bei einem Blind Microvia Pitch von lediglich 200 µm.

Sehr flache Blind Microvias, die beim Einsatz extrem dünner Dielektrika resultieren, lassen sich mit SLOTOCOUP SF 30 ebenfalls defektfrei füllen, jedoch resultieren hierbei etwas höhere Oberflächen-Kupferschichtdicken (Abb. 13).

Die Tests unter produktionsnahen Bedingungen bestätigen, dass SLOTOCOUP SF 30 sehr gutes Blind Microvia Filling in Kombination mit extrem geringer Oberflächen-Kupferschichtdicke ermöglicht. Nach erfolgreichen Bemusterungen für mehrere asiatische Leiterplattenhersteller wird der Elektrolyt mittlerweile in der Massenproduktion von HDI-Leiterplatten eingesetzt.

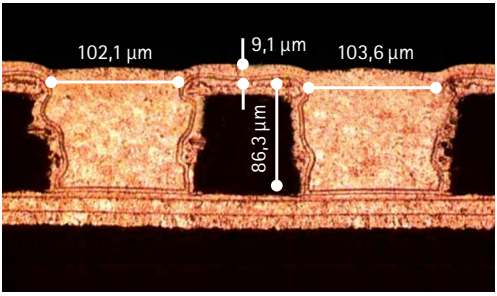


Abb. 12b: SLOTOCOUP SF 30 Testergebnisse: Detailansicht

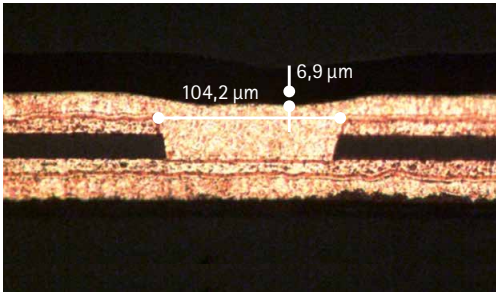


Abb. 13: SLOTOCOUP SF 30 Testergebnisse: Füllen sehr flacher Blind Microvias

Through Hole Filling

Eine weitere Steigerung der Integrationsdichte von HDI-Leiterplatten lässt sich durch den Ersatz der bisher üblicherweise verwendeten, relativ dicken Multilayer-Kerne durch deutlich dünnere Kerne mit Dicken zwischen 100 µm und 200 µm erzielen. Da die Dicke eines derartigen Innenlagenkerns der Dicke der Aufbaulagen sehr ähnlich ist, wird in diesem Zusammenhang auch von kernlosem Aufbau gesprochen (Abb. 14).

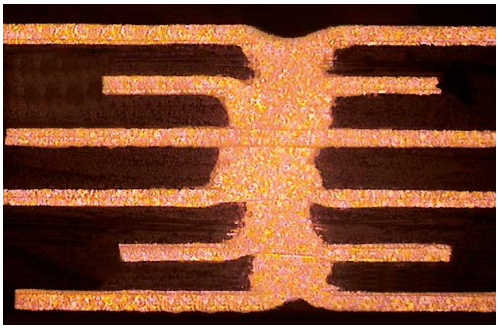


Abb. 14: Kernloser Aufbau

Der in Abb. 14 gezeigte All Stacked Blind Microvia Aufbau enthält einen 100 µm dicken Kern, der kupfergefüllte Blind Microvias aufweist.

Sehr dünne Kerne können anstatt Blind Microvias auch Durchgangsbohrungen aufweisen. Bisher wurden diese Durchgangsbohrungen nach dem ersten Verkupfern zunächst mit Paste verfüllt und anschließend, zur Erzeugung der Pads, erneut verkupfert. Die Herstellung derartiger Kerne ist somit sehr aufwändig und teuer. Außerdem kann der Einsatz der Paste zu Zuverlässigkeitsproblemen führen.

In Analogie zum Blind Microvia Filling lässt sich durch das Füllen der Durchgangsbohrungen mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer die Zuverlässigkeit steigern und das Wärmemanagement verbessern. Der Aufbau von jeweils zwei Aufbaulagen auf jeder Seite eines dünnen Kerns mit kupfergefüllten Durchgangsbohrungen ist in Abb. 15 schematisch dargestellt.

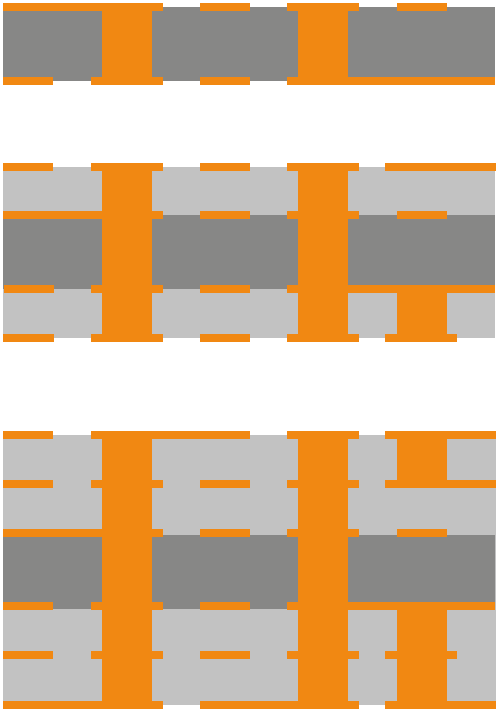


Abb. 15: Kernloser Aufbau (schematisch)

Neuer Elektrolyt für Through Hole Filling

Ähnlich wie beim Blind Microvia Filling wird auch beim Through Hole Filling der Stofftransport und somit auch die Nachlieferung von Kupferionen mit steigendem Aspektverhältnis, d.h. abnehmendem Bohrlochdurchmesser und/oder zunehmender z-Ausdehnung des Bohrlochs erschwert. Dies hat zur Folge, dass eine defektfreie Füllung der Durchgangsbohrungen ohne Elektrolyteinschlüsse zunehmend schwieriger wird.

Zunächst wurde versucht, die bereits beim Blind Microvia Filling bewährten Kupferelektrolyte auch im Bereich Through Hole Filling einzusetzen. Es zeigte sich jedoch, dass diese Elektrolyte für diese Applikation nicht geeignet sind.

Durch Modifizierung der Elektrolytzusammensetzung gelang es schließlich, Durchgangsbohrungen mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer zu füllen. Die in Abb. 16a und b gezeigten Füll-Ergebnisse nicht-vorverstärkter Durchgangsbohrungen (ca. 50 µm Bohrlochdurchmesser/ca. 160 µm Bohrlochtiefe) stammen aus einem Leiterplattenabschnitt, der mit Gleichstrom beschichtet wurde. Darüber hinaus wurde während der gesamten Abscheidedauer jeweils nur in einem Elektrolyten abgeschieden, d.h. es erfolgte kein Elektrolytwechsel im Laufe der Abscheidung.

Wie zu erkennen ist, lassen sich die Durchgangsbohrungen bisher noch nicht zuverlässig defektfrei füllen. Der im Defekt (Abb. 16a) eingeschlossene Elektrolyt dehnt sich beim Erwärmen der HDI-Leiterplatte aus und kann somit bereits während des Auflötens von Bauelementen oder bei einer späteren Temperaturbelastung zu einem Riss in dieser Verbindung führen, was einen Systemausfall zur Folge haben kann. Im Fokus der weiteren Entwicklungsarbeit steht deshalb das zuverlässig defektfreie Füllen von Durchgangsbohrungen (Abb. 16b).

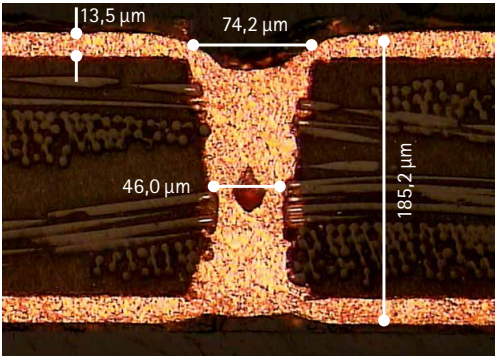


Abb. 16a: Through Hole Filling mit Elektrolyteinschluss

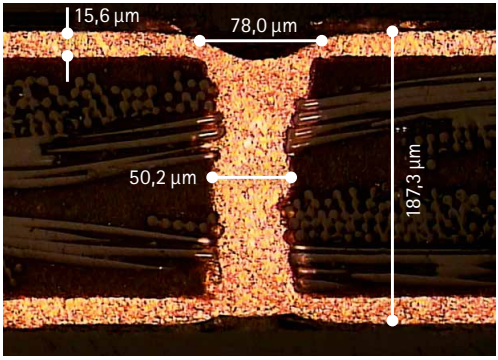


Abb. 16b: Through Hole Filling ohne Elektrolyteinschluss

Zusammenfassung

Moderne Mikroprozessoren tragen wegen ihrer hohen Funktionalität und ihrer geringen Größe einen wesentlichen Anteil zur fortschreitenden Miniaturisierung im Bereich der Mikroelektronik bei. Aufgrund ihrer hohen Integrationsdichte ermöglichen HDI-Leiterplatten die zuverlässige Entflechtung der hohen Anschlussdichten dieser Mikroprozessoren auf kleinstem Raum.

Durch das Füllen von Blind Microvias mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer lässt sich die Integrationsdichte von HDI-Leiterplatten weiter steigern. Der neu entwickelte Elektrolyt SLOTOCOUP SF 30, der bereits in der Produktion von HDI-Leiterplatten eingesetzt wird, ermöglicht defektfreies Füllen bei gleichzeitig niedriger Kupfer-Oberflächenschichtdicke. Dies führt zu einer weiteren Steigerung der Integrationsdichte und zu einer ressourcen-, energie- und kosteneffizienteren Herstellung von HDI-Leiterplatten.

Mittels sogenannter kernloser Aufbauten, die aus sehr dünnen Kernmaterialien bestehen, kann die Integrationsdichte noch weiter gesteigert werden. Ergebnisse erster orientierender Laborversuche zeigen, dass mittels Gleichstromabscheidung von Kupfer das Füllen von Durchgangsbohrungen zwar prinzipiell möglich ist, aber bisher noch kein zuverlässig defektfreies Füllen erzielt werden kann. Bei der weiteren Entwicklungsarbeit wird deshalb die Realisierung eines zuverlässig defektfreien Füllens im Vordergrund stehen.

Danksagung
Der Autor bedankt sich bei der AGES Group (Taiwan) und speziell bei Mr. Albert Yeh für die Unterstützung in diesem Projekt.

Literatur
[1] International Data Corporation (IDC), "Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker", January 2014.
[2] NPD DisplaySearch, "Smartphone Quarterly report", November 2013.
[3] Gartner "Forecast: PCs, Ultramobiles, and Mobile Phones, Worldwide, 2011-2018, 1Q14 Update", March 2014.

Kupferelektrolyte für die Leiterplattenfertigung

Übersicht der aktuellen Verfahren

Bad-Nr.	Name	panel plating	pattern plating	RPP	DC	Horiz.-anlage	vert. Durch-laufanl.	Standard Vertikalanl.	Blind Microvia Filling	Anoden-technik
03019	Kupferbad SLOTOCOUP CU 50	○	●	–	●	–	–	●	–	Cu
03026	Kupferbad SLOTOCOUP HL 10	●	○	●	○	●	–	–	–	MMO
03033	Kupferbad SLOTOCOUP SF 30	●	○	–	●	–	●	○	●	MMO
03105	Kupferbad SLOTOCOUP BV 50	●	○	–	●	–	○	●	●	Cu
03311	Glanzkupferbad SLOTOCOUP BV 110	●	●	–	●	–	●	●	●	MMO
03810	Kupferbad SLOTOCOUP PRT 120 D	●	●	○	●	–	●	●	–	Cu
03812	Kupferbad SLOTOCOUP PRT 120	●	●	●	○	–	●	●	–	Cu
03814	Kupferbad SLOTOCOUP CU 140	○	●	–	●	–	●	●	–	Cu
03821	Kupferbad SLOTOCOUP CU 210	●	●	●	○	–	○	●	–	Cu

● = Standard ○ = möglich Cu = Kupferanoden MMO = unlösliche Mischmetalloxid-Anoden

Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG

Talgraben 30
73312 Geislingen/Steige
Deutschland

T +49 (0) 7331 205-0
F +49 (0) 7331 205-123

info@schloetter.de
www.schloetter.de

DIN EN ISO 9001:2008
DIN EN ISO 14001:2004

08/2014