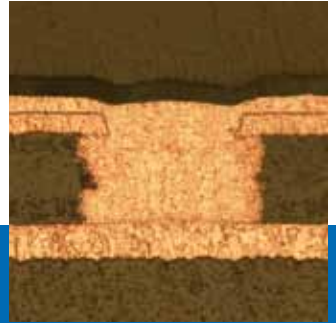


Beitrag über das Füllen von Blind Microvias
von Dr. Michael Dietterle, Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG



Wir füllen die Lücken!

Neuer Elektrolyt für reduzierte Kupferschichtdicke beim Füllen von Blind Microvias

Miniaturisierung ist nach wie vor der bestimmende Trend in der Mikroelektronik, was besonders deutlich im Bereich von Smartphones und Mobiltelefonen zutage tritt. Derartige Produkte lassen sich jedoch nur mit HDI-Leiterplatten, die Blind Microvias zur elektrischen Verbindung der Leiterplattenlagen aufweisen, realisieren. Durch das Füllen der Blind Microvias mit elektrolytisch ab-

geschiedenem Kupfer kann die Integrationsdichte der HDI-Leiterplatten weiter gesteigert werden, so dass die Miniaturisierung weiter vorangetrieben werden kann. Das Kupferbad SLOTOCOUP SF 20 ermöglicht hierbei einen effizienteren Produktionsprozess, da im Vergleich zu anderen Verfahren eine reduzierte Kupferschichtdicke auf der Leiterplattenoberfläche abgeschieden wird.



Wir füllen die Lücken!

Neuer Elektrolyt für reduzierte Kupferschichtdicke beim Füllen von Blind Microvias

Miniaturisierung ist nach wie vor der bestimmende Trend in der Mikroelektronik, was sich besonders deutlich im Bereich der so genannten Handheld Devices (z. B. Smartphones, Mobiltelefone, Digitalkameras, Camcorder) zeigt. Technologietreiber war bisher das Mobiltelefon, dessen Funktionalität bei gleich bleibender beziehungsweise schrumpfender Gehäusegröße ständig gesteigert wurde.

Neuer Technologietreiber ist das Smartphone, das in einem Gerät mannigfaltige Funktionen wie Telefon, Internetbrowser, E-Mail, SMS, GPS-Navigation, Organizer, Foto- und Videokamera, Musik- oder Videoplayer vereint und darüber hinaus die Installation zusätzlicher Programme (Apps) ermöglicht. Seine stark wachsende Popularität spiegelt sich auch in den erreichten und prognostizierten Wachstumsraten wider. Im Vergleich zum dritten Quartal 2009 ist die Produktion von Smartphones im dritten Quartal 2010 um 89,5 % auf 81,1 Millionen Geräte angestiegen [1]. Für das Jahr 2014 wird ein Produktionsvolumen von 506 Millionen Smartphones prognostiziert, was mehr als einer Verdoppelung der für 2010 geschätzten Stückzahl von 247 Millionen und einem jährlichen Wachstum von rund 20 % entsprechen würde [2].

Derart leistungsfähige und kompakte Geräte können jedoch nur durch eine ständig fortschreitende Miniaturisierung, sowohl auf Seite der elektronischen Bauelemente als auch auf Seite der Leiterplatten, realisiert werden. Die zunehmende Integrationsdichte im Halbleiterbereich führte zu immer kleineren und leistungsfähigeren elektronischen Bauelementen und somit zu einem starken Anstieg von Anzahl und Dichte der Bauelementanschlüsse [3].

Die konventionelle Multilayer-Leiterplatte stieß bei der Entflechtung dieser zahlreichen flächig angeordneten und eng benachbarten Anschlüsse immer mehr an ihre technischen und wirtschaftlichen Grenzen, so dass die Entwicklung einer neuen Leiterplatten-Generation, der so genannten HDI-Leiterplatten (High Density Interconnect), erforderlich wurde [4]. Diese weisen aufgrund ihrer geringeren Leiterbahnbreiten/-abstände und aufgrund des Einsatzes von Blind Microvias zur elektrischen Verbindung der Leiterplattenlagen eine wesentlich höhere Integrationsdichte als konventionelle Multilayer-Leiterplatten auf und ermöglichen deshalb die Signalentflechtung hochfunktioneller elektronischer Bauelemente. Eine weitere Steigerung der Integrationsdichte lässt sich durch das Füllen der Blind Microvias mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer erreichen.

Zur Senkung der Produktionskosten, zur Einsparung von Prozessschritten und zur Schonung von Ressourcen ist es notwendig, beim Prozessschritt Füllen von Blind Microvias möglichst wenig Kupfer auf der Leiterplattenoberfläche abzuscheiden. Dies lässt sich durch einen neuen Kupferelektrolyten, der mittlerweile seit rund einem Jahr in der Massenproduktion von HDI-Leiterplatten eingesetzt wird, erreichen.



Neueste Smartphone-Generation

Vergleich Blind Microvias und Durchgangsbohrungen

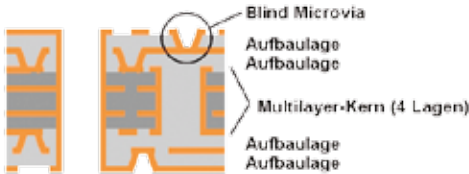


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer 2-4-2 HDI-Leiterplatte

Bei konventionellen Multilayer-Leiterplatten werden zur elektrischen Verbindung der einzelnen Lagen Durchgangsbohrungen verwendet. Diese beanspruchen in z-Richtung der Leiterplatte sehr viel Platz, da selbst bei Verbindung zweier direkt benachbarter Lagen eine durchgehende Bohrung durch die komplette Leiterplatte erforderlich ist.

Im Gegensatz dazu werden bei HDI-Leiterplatten überwiegend Blind Microvias zur elektrischen Verbindung der einzelnen Aufbaulagen eingesetzt. Es handelt sich hierbei um Sacklochbohrungen, die Durchmesser beziehungsweise Tiefen zwischen 50 μm und 150 μm aufweisen. Im Vergleich zu Durchgangsbohrungen beanspruchen Blind Microvias wesentlich weniger Platz, da sich mit ihnen zwei benachbarte Lagen leitend miteinander verbinden lassen, ohne dass die Bereiche oberhalb und unterhalb der eigentlichen Verbindung räumlich beansprucht werden (Abb. 1). Diese Bereiche können somit für die Platzierung von Leiterbahnen oder Blind Microvias zur Verbindung weiterer Lagen genutzt werden, so dass eine wesentlich höhere Integrationsdichte als bei konventionellen Multilayer-Leiterplatten resultiert.

Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau einer 2-4-2 HDI-Leiterplatte, das heißt die Leiterplatte besteht aus einem 4-lagigen Multilayer-Kern und zwei Aufbaulagen auf jeder Seite.

Während Blind Microvias typischerweise einen maximalen Durchmesser von 150 μm aufweisen, sind die Durchmesser von Durchgangsbohrungen üblicherweise mindestens 200 μm groß, so dass Blind Microvias auch in der x-/y-Ebene der Leiterplatten weniger Platz als Durchgangsbohrungen in Anspruch nehmen. Bei HDI-Leiterplatten wird deshalb möglichst weitgehend, in manchen Fällen auch vollständig, auf den Einsatz von Durchgangsbohrungen verzichtet, was zu einer weiteren Steigerung der Integrationsdichte führt.

In den Anfangszeiten der HDI-Technologie wurden Blind Microvias nicht mit Kupfer gefüllt, sondern nur mit Kupfer beschichtet [5]. Da bestehende Verfahren jedoch keine ausreichend guten Beschichtungsergebnisse liefern konnten, mussten speziell für diesen Zweck neue Kupferelektrolyte entwickelt werden, die in Kombination mit geeigneten Vorbehandlungsprozessen eine zuverlässige Beschichtung der Blind Microvias mit Kupfer ermöglichen (Abb. 2).

Aufgrund ihrer kompakten Bauweise weisen Blind Microvias zudem eine höhere Signalintegrität als Durchgangsbohrungen auf, so dass sich Signale mit geringeren Verlusten von Lage zu Lage übertragen lassen, was speziell für Hochfrequenzanwendungen von Bedeutung ist.

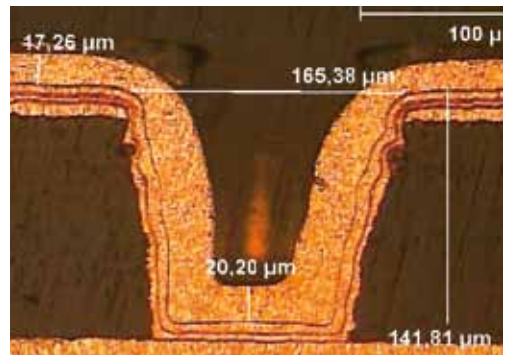


Abb. 2: Blind Microvia, kupferbeschichtet

Wir füllen die Lücken!

Neuer Elektrolyt für reduzierte Kupferschichtdicke beim Füllen von Blind Microvias

Füllen von Blind Microvias

Die fortschreitende Zunahme der Integrationsdichte auf Seite der Bauelemente führte zu einer weiteren Abnahme der Anschlussabstände, weshalb auch auf Seite der Leiterplatte die Integrationsdichte weiter gesteigert werden musste. Dies konnte durch das vollständige Füllen von Blind Microvias mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer erreicht werden [5].

Kupfergefüllte Blind Microvias weisen gegenüber nichtgefüllten Blind Microvias folgende Vorteile auf:

- Realisierung von Stacked Blind Microvia Designs
- Realisierung von Via in Pad Designs
- Erhöhte Zuverlässigkeit
- Besseres Wärmemanagement

Bei Stacked Blind Microvias handelt es sich um direkt übereinander gestapelte Blind Microvias (Abb. 3a). Mit dieser Anordnung können mittels Blind Microvias auch nicht direkt benachbarte Aufbautagen – bei minimalem Platzbedarf – leitend miteinander verbunden werden, was zu einer weiteren Erhöhung der Integrationsdichte führt. Durch All Stacked Blind Microvia Designs kann auf die Verwendung von Durchgangsbohrungen vollständig verzichtet werden (Abb. 3b).

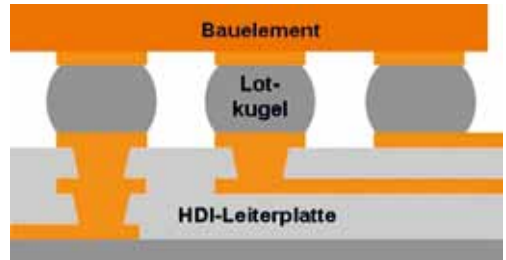


Abb. 4: Via in Pad Design

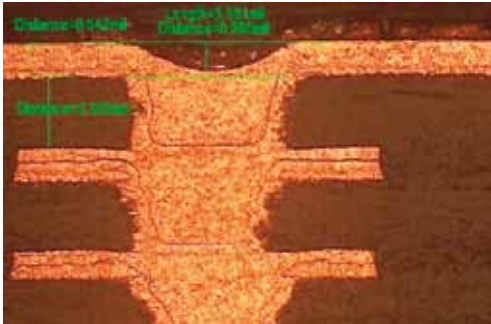


Abb. 3a: Drei Stacked Blind Microvias als Ersatz für Durchgangsbohrung

In den Außenlagen ermöglichen kupfergefüllte Blind Microvias zudem den Einsatz platzsparender Via in Pad Designs (Abb. 4), bei denen Blind Microvias zugleich als Via und Pad fungieren. Dies führt zu einer weiteren Steigerung der Integrationsdichte, da auf deutlich mehr Platz beanspruchende Hundeknochendesigns bestehend aus Pad, Leiterbahn und Via verzichtet werden kann.

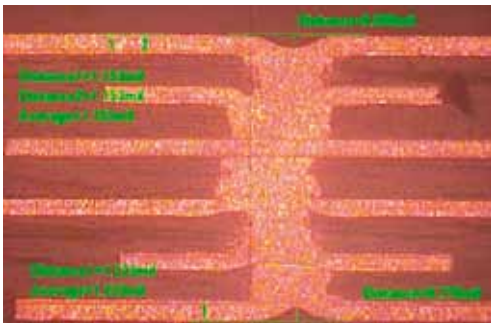


Abb. 3b: All Stacked Blind Microvias als Ersatz für Durchgangsbohrung

Das Füllen von Blind Microvias mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer verbessert auch die Zuverlässigkeit der Leiterplatten, da sich nur ein Materialtyp in den Blind Microvias befindet. Beim Füllen mit leitfähiger Paste liegt in den Blind Microvias neben einer galvanisch abgeschiedenen Kupferschicht auch noch leitfähige Paste vor. Dadurch stehen zwei Materialtypen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in direktem Kontakt miteinander, was zu einer negativen Beeinflussung der Zuverlässig-

keit führen kann. Darüber hinaus trägt eine Füllung mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer aufgrund der hohen thermischen Leitfähigkeit dieses Metalls positiv zum Wärme-
management der Leiterplatte bei.

Für die Produktion von HDI-Leiterplatten wird sehr häufig die SBU-Technologie (SBU: Sequential Build Up) zur sukzessiven Herstellung der Aufbaulagen eingesetzt [6]. Eine typische Prozessfolge für die Produktion von HDI-Leiterplatten mit kupfergefüllten Blind Microvias ist in Abbildung 5 dargestellt (nicht alle Prozessschritte sind gezeigt).

Auf einen Kern wird zunächst ein Dielektrikum mit Kupfer, zum Beispiel RCC-Folie (Resin Coated Copper) oder LDPP (Laser Drillable Prepreg), aufgebracht. Anschließend werden die Blind Microvias lasergebohrt und mittels geeigneter Prozessschritte sorgfältig gereinigt, um eine

vollständige Entfernung von Bohrrückständen zu gewährleisten. Als Leitschicht kann sowohl chemisch Kupfer als auch Direktmetallisierung eingesetzt werden, eventuell gefolgt von einem Kupferstrike, einer Vorverstärkung aus elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer. Nach Reinigen und Aktivieren erfolgt das Füllen der Blind Microvias mittels elektrolytischer Kupferabscheidung aus speziellen Kupferelektrolyten (Prozessschritt 5).

Je nach geforderten Leiterbahnbreiten/-abständen und vorhandener Kupferschichtdicke muss das auf der Leiterplattenoberfläche abgeschiedene Kupfer vor dem Ätzen des Leiterbilds chemisch oder mechanisch gedünnt werden. Nach Aufbringen und Strukturierung des Photoresists erfolgt das Ätzen des Leiterbilds. Den Abschluss bildet das Strippen des Photoresists. Soll eine weitere Aufbaulage aufgebracht werden, so ist die Prozessfolge beginnend mit Prozessschritt 2 erneut zu durchlaufen.

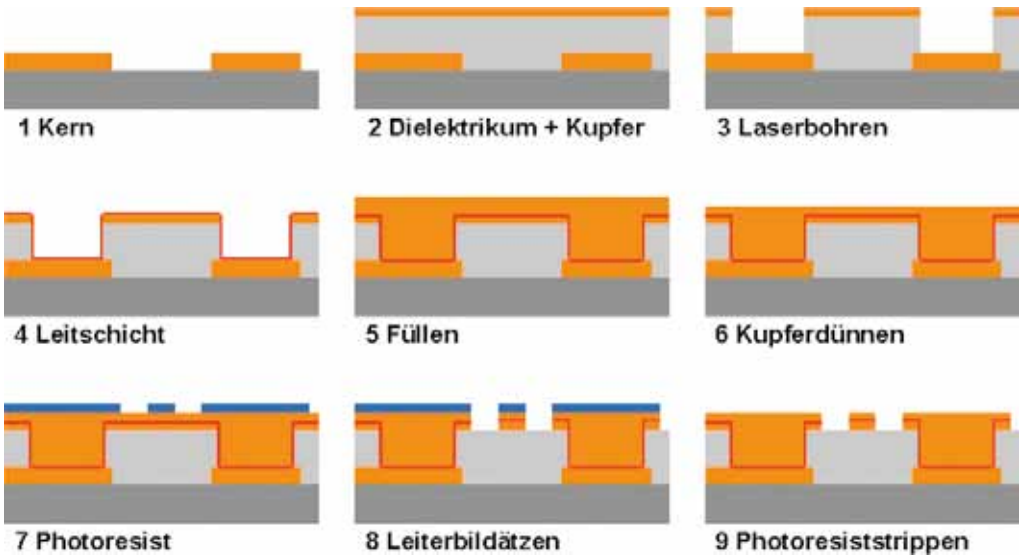


Abb. 5: Prozessfolge für die Produktion von HDI-Leiterplatten

Wir füllen die Lücken!

Neuer Elektrolyt für reduzierte Kupferschichtdicke beim Füllen von Blind Microvias

Anforderungen an das Füllen von Blind Microvias

Blind Microvias müssen defektfrei gefüllt werden, da Elektrolyteinschlüsse zu Problemen bei der Zuverlässigkeit der Leiterplatten führen können. Meist wird ein Mindestfüllgrad in Abhängigkeit von Durchmesser und Tiefe (Abb. 6a) der Blind Microvias spezifiziert. Definiert wird der Füllgrad häufig über die Vertiefung, welche die Abweichung des erzielten Füllgrads von einer ideal planaren Oberfläche (Vertiefung = 0 μm) angibt (Abb. 6b). Typische Spezifikationen sind beispielsweise Vertiefung < 25 μm oder Vertiefung < 10 μm .

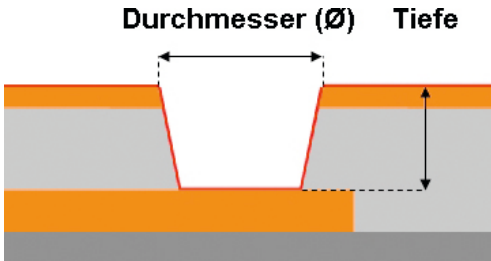


Abb. 6a: Blind Microvia: Durchmesser und Tiefe

Aufgrund der weiter fortschreitenden Miniaturisierung müssen mittlerweile Leiterbahnbreiten /-abstände von 75 μm / 75 μm und geringer realisiert werden. Um derart feine Leiterbilder ohne zu starke Unterätzung aus dem vollflächig abgeschiedenen Kupfer herausätzen zu können, muss die Kupferschichtdicke (Abb. 6c) vor dem Ätzen entsprechend niedrig sein.

Eine Verringerung der Kupferschichtdicke lässt sich zwar, wie in Abbildung 5 gezeigt, durch ein- oder mehrmaliges Kupferdünnen erreichen, dies führt jedoch zu zusätzlichen Kosten und einer geringeren Produktivität.

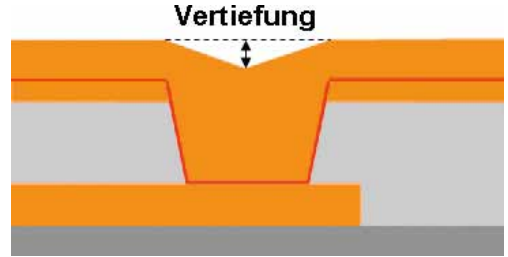


Abb. 6b: Blind Microvia: Vertiefung,

Eine Produktivitätssteigerung und eine Kostensenkung können durch einen vollständigen Verzicht auf das Kupferdünnen oder zumindest eine Reduzierung der zum Kupferdünnen benötigten Durchläufe erreicht werden. Um dies zu ermöglichen, muss die Gesamtkupferschichtdicke (Laminat-Kupfer + eventuelles Strike-Kupfer + Blind Microvia Filling Kupfer) auf der Leiterplattenoberfläche möglichst niedrig gehalten werden. Einige Leiterplattenhersteller haben deshalb eine maximale Gesamtkupferschichtdicke von 25 μm nach dem Füllen der Blind Microvias festgelegt. Dies hat zur Folge, dass im Prozessschritt Füllen von Blind Microvias nur rund 18 μm Kupfer auf der Oberfläche abgeschieden werden dürfen.

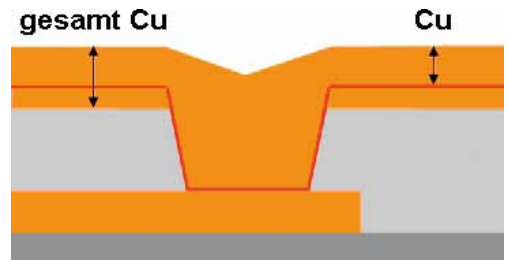


Abb. 6c: Blind Microvia: Kupferschichtdicke

Bestehende Verfahren für das Füllen von Blind Microvias

Verfahren zum Füllen von Blind Microvias mit elektrolytisch abgeschiedenem Kupfer werden seit einigen Jahren vor allem von asiatischen Leiterplattenherstellern in großem Maßstab eingesetzt. Es handelt sich hierbei um hochebnende schwefelsaure Kupferelektrolyte, die zusätzlich zu Kupfersulfat, Schwefelsäure und Chlorid noch organische Additive zur Erzielung der gewünschten Überzugseigenschaften enthalten. Mittlerweile sind für das Füllen von Blind Microvias zahlreiche Elektrolytvarianten verschiedener Fachfirmen kommerziell verfügbar.

Diese Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen in folgenden Punkten:

- Additivsystem
- Anoden
(Kupferanoden oder unlösliche Anoden)
- Stromform
(Gleichstrom, Pulse Plating, Reverse Pulse Plating)
- Anlagentechnik
(Standardvertikalanlage, vertikale Durchlaufanlage, horizontale Durchlaufanlage)
- Anwendbare Stromdichte

Die im Folgenden vorgestellten Kupferelektrolyte sind allesamt Entwicklungen der Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG. Bei den nachfolgend gezeigten Bildern handelt es sich um Querschliffe von Leiterplatten, die im Rahmen der Elektrolytoptimierung in einem 1400 Liter großen Abscheidemodul einer bereits seit einigen Jahren erfolgreich im Markt eingeführten vertikalen Durchlaufanlage beschichtet wurden. Alle Tests wurden – soweit nicht anders angegeben – mit chemisch verkupferten Leiterplatten durchgeführt.

Ein typisches Füllergebnis des seit rund sechs Jahren im Markt befindlichen Glanzkupferbades SLOTOCOUP BV 110 ist in Abbildung 7 zu sehen. Das Schliffbild zeigt ein vollständig mit Kupfer gefülltes Blind Microvia (\varnothing : 100 μm , Tiefe: 65 μm) nach einer Abscheidung bei 1,5 A/dm² über 68 Minuten. Die Kupferschichtdicke beträgt 22,7 μm bei einer Vertiefung von 10,1 μm .

Obwohl das in Abbildung 7 gezeigte Füllergebnis sehr gut ist, liegt die Kupferschichtdicke von 22,7 μm jenseits des für Leiterbahnbreiten/-abstände von 75 μm /75 μm geforderten Grenzwerts von maximal 18 μm . Um diesen Grenzwert einhalten zu können, musste ein neuer Elektrolyt entwickelt werden, der bei mindestens gleich gutem Füllgrad weniger Kupfer als bisher auf der Leiterplattenoberfläche abscheidet, was häufig als Superfilling bezeichnet wird. Darüber hinaus sollten sich die Abscheidezeiten im Vergleich zu denen der bisherigen Verfahren nicht verlängern und die bisher verwendete Anlagentechnik sollte weiterhin nutzbar sein.

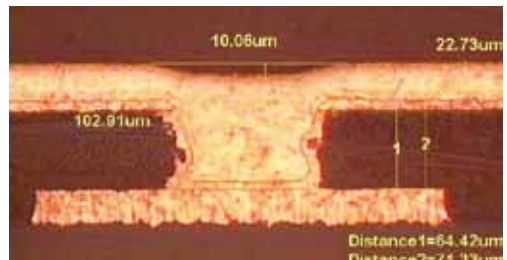


Abb. 7: Füllen von Blind Microvias (\varnothing : 100 μm , Tiefe: 65 μm): Kupferschichtdicke: 22,7 μm , Vertiefung: 10,1 μm , 1,5 A/dm², 68 min

Wir füllen die Lücken!

Neuer Elektrolyt für reduzierte Kupferschichtdicke beim Füllen von Blind Microvias

Neuer Elektrolyt für das Füllen von Blind Microvias

In intensiver Entwicklungsarbeit konnte der Kupferelektrolyt SLOTOCOUP SF 20 für das Füllen von Blind Microvias mit besserem Füllgrad und reduzierter Oberflächenschichtdicke entwickelt werden. Abbildung 8 zeigt das Füllergebnis dieses neuen Elektrolyten bei einem Blind Microvia, das die gleichen Dimensionen wie das Blind Microvia in Abbildung 7 aufweist. Die Kupferschichtdicke konnte bei einer Abscheidedauer von 60 Minuten und einer Stromdichte von 1,5 A/dm² von 22,7 µm auf 10,7 µm reduziert werden. Die Vertiefung beträgt 7,6 µm.

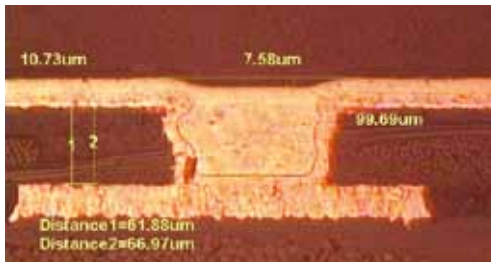


Abb. 8: Füllen von Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 65 µm): Kupferschichtdicke: 10,7 µm, Vertiefung: 7,6 µm, 1,5 A/dm², 60 min

Wie der Vergleich der Abbildungen 7 und 8 zeigt, ist es mit dem neuen Elektrolyten möglich, die Kupferschichtdicke – bei sogar leicht verbessertem Füllergebnis, das heißt geringerer Vertiefung – deutlich zu reduzieren und die Abscheidedauer um 8 Minuten zu verkürzen. Zudem lässt sich der neue Elektrolyt ohne jegliche Umbauten in der gleichen Anlage wie seine Vorgängerversion betreiben.

Die Leistungsfähigkeit des neuen Elektrolyten soll zunächst für die Anforderung Kupferschichtdicke < 18 µm und Vertiefung < 10 µm beim Füllen von Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 80 µm) gezeigt werden.

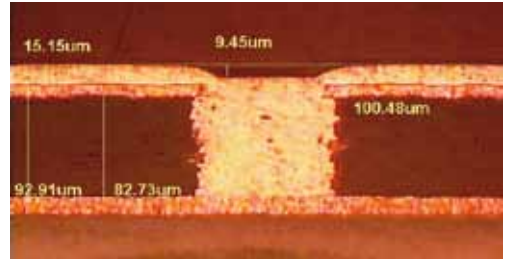


Abb. 9a: Füllen von Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 80 µm): ohne Einsatz von Kupferstrike, Kupferschichtdicke: 15,2 µm, Vertiefung: 9,5 µm, 1,5 A/dm², 60 min.

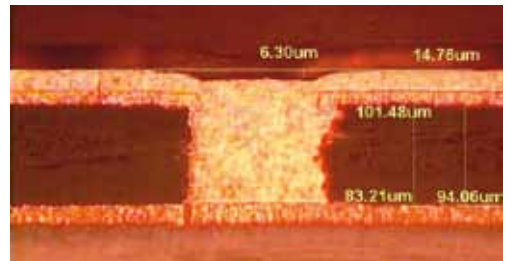


Abb. 9b: Füllen von Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 80 µm): mit Einsatz von Kupferstrike, Kupferschichtdicke: 14,8 µm, Vertiefung: 6,3 µm, 1,5 A/dm², 60 min

In Abbildung 9a ist das Füllergebnis nach einer Abscheidung bei 1,5 A/dm² über 60 Minuten dargestellt. Das Blind Microvia ist vollständig mit Kupfer gefüllt, die Kupferschichtdicke beträgt 15,2 µm bei einer Vertiefung von 9,5 µm. Das Ergebnis zeigt, dass das neue Verfahren die oben beschriebenen Anforderungen hinsichtlich Kupferschichtdicke und Vertiefung erfüllen kann. Das Füllen von Blind Microvias kann durch die elektrolytische Abscheidung eines Kupferstrikes nach der Beschichtung mit chemisch Kupfer noch weiter verbessert werden. Abbildung 9b zeigt, dass sich die Vertiefung durch Einsatz des Kupferstrikes von 9,5 µm auf 6,3 µm reduzieren lässt. Ein elektrolytisch abgeschiedener Kupferstrike stellt eine ideale Startschicht für das nachfolgende Füllen der Blind Microvias dar. Es ist hierbei ausreichend, eine dünne Kupferschicht mit einer Schichtdicke von lediglich 2 µm bis 5 µm abzu-

scheiden. Nach Vorbehandlung mit einem sauren Reiniger liegt eine aktive Kupferoberfläche vor, auf der der Füllprozess sehr schnell anspringt. Dies führt bei ansonsten gleichen Parametern zu einem besseren Füllergebnis. Häufig lässt sich durch den Einsatz eines Kupferstrikes das Füllen der Blind Microvias mit höheren Stromdichten und somit kürzeren Abscheidezeiten durchführen. Bei den vorliegenden Tests wurde der Kupferstrike aus dem Elektrolyt SLOTOCOUP CU 140, der in der Leiterplattenproduktion in großem Maßstab für das Beschichten von Blind Microvias mit Kupfer eingesetzt wird, abgeschieden. Werden geringere Anforderungen an das Füllen der Blind Microvias, zum Beispiel Kupferschichtdicke < 25 µm und Vertiefung < 25 µm, gestellt, dann können mit dem neuen Elektrolyten auch bei kurzen Abscheidezeiten und hohen Stromdichten sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Bei Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 80 µm) wird mit einer Stromdichte von 2,0 A/dm² bei einer 55-minütigen Abscheidung eine Kupferschichtdicke von 22,3 µm und eine Vertiefung von 13,3 µm erreicht (Abb. 10a).

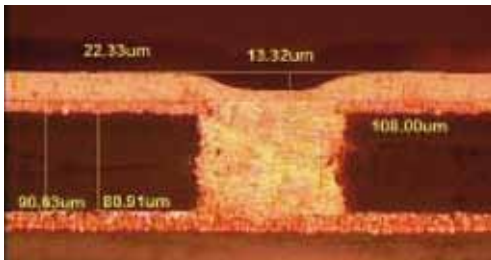


Abb. 10a: Füllen von Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 80 µm): Kupferschichtdicke: 22,3 µm, Vertiefung: 13,3 µm, 2,0 A/dm², 55 min.

Aufgrund ihres entsprechend größeren Volumens wird für das Füllen jedoch deutlich mehr Kupfer benötigt, so dass die Abscheidezeit bei einer Stromdichte von 1,5 A/dm² auf 90 Minuten erhöht werden musste.

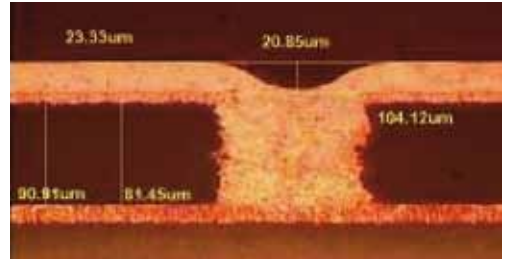


Abb. 10b: Füllen von Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 80 µm): Kupferschichtdicke: 23,3 µm, Vertiefung: 20,9 µm, 2,5 A/dm², 45 min

Für Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 100 µm) resultiert eine Kupferschichtdicke von 24,6 µm bei einer Vertiefung von 4,4 µm (Abb. 11a).

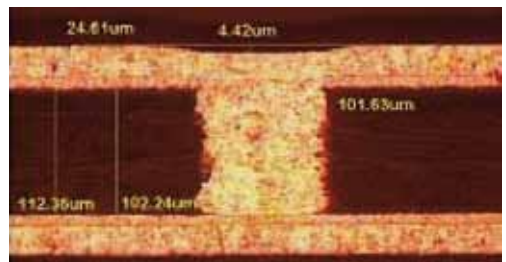


Abb. 11a: Füllen von Blind Microvias (Ø: 100 µm, Tiefe: 100 µm): Kupferschichtdicke: 24,6 µm, Vertiefung: 4,4 µm, 1,5 A/dm², 90 min.

Eine weitere Erhöhung der Stromdichte auf 2,5 A/dm² führt bei einer 45-minütigen Abscheidung zu einer Kupferschichtdicke von 23,3 µm und einer Vertiefung von 20,9 µm (Abb. 10b). Auch größere Blind Microvias lassen sich mit dem neuen Elektrolyten in sehr guter Qualität füllen.

Direktmetallisierung

Mit dem neuen Elektrolyten kann nicht nur auf chemisch abgeschiedenem Kupfer, sondern auch auf Leiterplatten, die mit einem Direktmetallisierungsverfahren behandelt wurden, abgeschieden werden. Abbildung 14 zeigt das Füllergebnis bei einer mit einem Direktmetallisierungsverfahren auf Basis Graphit behandelten Leiterplatte. Hierbei wurde jedoch bei gleichen Abscheideparametern eine etwas schlechtere Füllung als im Falle einer mit chemisch Kupfer behandelten Oberfläche (Abb. 9a) erzielt.

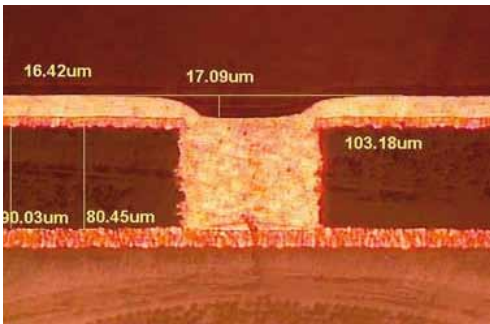


Abb. 14: Füllen von Blind Microvias (\varnothing : 100 μm , Tiefe: 80 μm): Kupferschichtdicke: 16,4 μm , Vertiefung: 17,1 μm , 1,5 A/dm^2 , 60 min, Abscheidung auf direktmetallisierter Oberfläche

Durch Abscheidung eines Kupferstrikes lässt sich das Füllergebnis auch bei Leiterplatten, die mit einem Direktmetallisierungsverfahren behandelt wurden, deutlich verbessern.

Abb. 15a zeigt ein Blind Microvia (\varnothing : 110 μm , Tiefe: 60 μm) einer mit einem Direktmetallisierungsverfahren auf Basis Graphit behandelten Leiterplatte nach Abscheidung eines Kupferstrikes aus SLOTOCOUP CU 140. Deutlich ist zu erkennen, dass der Kupferstrike im Bereich des Übergangs von Capture Pad zu Dielektrikum eine höhere Schichtdicke aufweist. Diese Geometrie stellt in Kombination mit der aktiven Oberfläche

des Kupferstrikes eine ideale Voraussetzung für das anschließend durchzuführende Füllen der Blind Microvias dar, so dass mit hoher Stromdichte und kurzer Abscheidedauer gearbeitet werden kann. Abbildung 15b zeigt ein sehr gutes Füllergebnis nach einer Abscheidung bei 1,9 A/dm^2 über 50 Minuten.

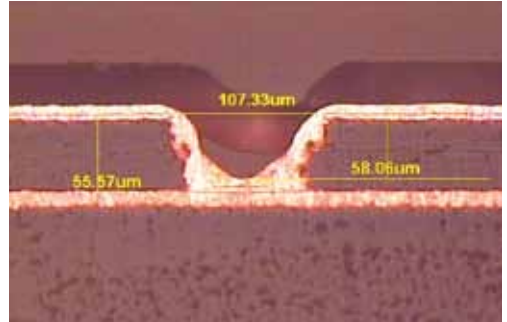


Abb. 15a: Füllen von Blind Microvias (\varnothing : 110 μm , Tiefe: 60 μm): nach Kupferstrike

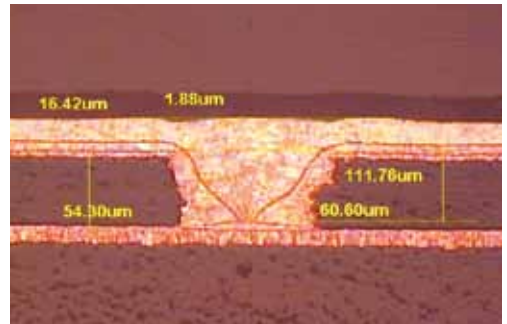


Abb. 15b: Füllen von Blind Microvias (\varnothing : 110 μm , Tiefe: 60 μm): nach Füllen von Blind Microvias bei 1,9 A/dm^2 , 50 min, Kupferschichtdicke: 16,4 μm , Vertiefung: 1,9 μm

Wir füllen die Lücken!

Neuer Elektrolyt für reduzierte Kupferschichtdicke beim Füllen von Blind Microvias

Einfluss der Blind Microvia Geometrie auf das Füllergebnis

Das Füllergebnis hängt nicht nur vom Kupfer-elektrolyten und den gewählten Abscheideparame-tern, sondern auch sehr stark von Größe und Form der zu füllenden Blind Microvias ab. Die besten Füllergebnisse lassen sich bei konischen Blind Microvias erzielen, jedoch weichen die in der Praxis auftretenden Geometrien häufig stark von dieser idealen Form ab. In Abhängigkeit von Dielektrikum und Laserbohrparametern können in den Blind Microvias starke Hinterschneidungen (Kreise in Abb. 16) entstehen, die den Elektrolyt-austausch behindern und das elektrische Feld negativ beeinflussen, so dass das Füllen der Blind Microvias stark erschwert wird. Zum Erzie-len eines guten Füllergebnisses ist es deshalb in vielen Fällen erforderlich, vor dem Füllen der Blind Microvias einen Kupferstrike abzuschneiden (Abb. 16b).

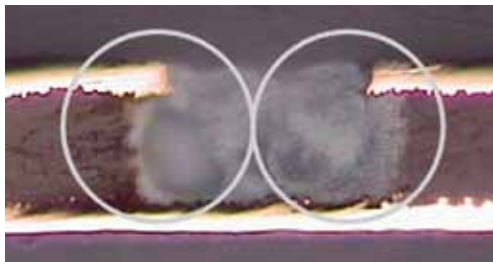


Abb. 16a: Blind Microvias mit starken Hinterschneidungen nach Laserbohren

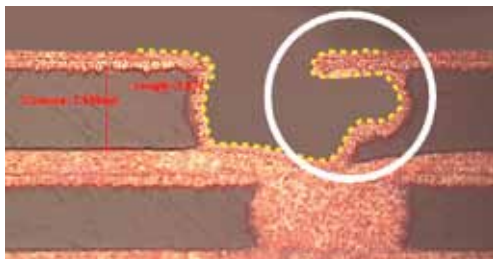


Abb. 16b: Blind Microvias mit starken Hinterschneidungen nach Kupferstrike

Mit dem neuen Elektrolyten können auch Hinter-schneidungen defektfrei mit Kupfer gefüllt werden (Kreise in Abb. 17). Im vorliegenden Fall wurde mit Kupferstrike gearbeitet.

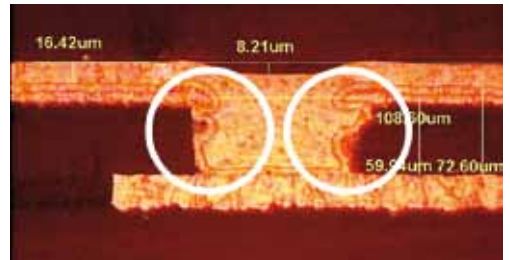


Abb. 17: Füllen von Blind Microvias (\varnothing : 120 μ m, Tiefe: 60 μ m) mit Hinterschneidungen: Kupferschichtdicke: 16,4 μ m, Vertiefung: 8,2 μ m, 1,5 A/dm², 68 min

Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit ist ein wichtiges Qualitäts-kriterium bei der Produktion von Leiterplatten und muss durch entsprechende Zuverlässigkeits-prüfungen ständig kontrolliert werden. Die aus dem neuen Elektrolyten abgeschiedenen Kupfer-überzüge weisen eine Duktilität von etwa 20 % auf und erfüllen die in Tabelle 1 aufgeführten Zuverlässigkeitsprüfungen.

Tabelle 1: Zuverlässigkeitsprüfungen

Thermal Stress	288 °C (10 s) 5 Zyklen	keine Risse keine Delamination
Thermal Shock	LLTS (-65 °C, 5 min / +125 °C, 5 min) 300 Zyklen	keine Risse keine Delamination
IR Reflow	(200 °C - 240 °C - 260 °C - 280 °C, 0,5 m/min) 8 Zyklen	Widerstands- änderung < 5 %

SLOTOCOUP SF 20 wird mit Kupfersulfat, Schwefelsäure und Salzsäure angesetzt und enthält neben den anorganischen Bestandteilen drei organische Additive. Die Konzentrationsbereiche der einzelnen Bestandteile sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Konzentrationsbereiche	
	Bereich
Cu ²⁺ [g/l]	40 - 60
Schwefelsäure, konz. [g/l]	20 - 90
Chlorid [mg/l]	50 - 70
Zusatz SLOTOCOUP SF 21 [ml/l] (Grundzusatz)	5 - 10
Zusatz SLOTOCOUP SF 22 [ml/l] (Kornverfeinerer)	0,1 - 0,5
Zusatz SLOTOCOUP SF 23 [ml/l] (Einebner)	0,2 - 2,0

In Tabelle 3 sind die Analysenmethoden für die Bestimmung der einzelnen Elektrolytbestandteile aufgeführt. Die Konzentration des Einebners lässt sich mittels Hullzellenabscheidung abschätzen. Gegenwärtig wird auch eine CPVS-Methode zur elektroanalytischen Bestimmung der Einebnerkonzentration untersucht.

Tabelle 3: Analyse der Elektrolytbestandteile	
Cu ²⁺	Iodometrische Titration
Schwefelsäure, konz.	Alkalimetrische Titration
Chlorid	Potentiometrische Titration
Zusatz SLOTOCOUP SF 21	Dünnschichtchromatographie
Zusatz SLOTOCOUP SF 22	CVS (Cyclic Voltammetric Stripping)
Zusatz SLOTOCOUP SF 23	Hullzelle CPVS (Cyclic Pulse Voltammetric Stripping)

Tabelle 4 fasst die wesentlichen Arbeitsparameter für den Betrieb des neuen Elektrolyten zusammen. Der Elektrolyt wird mit Gleichstrom und unlöslichen Anoden bei einer Temperatur von maximal 22 °C betrieben. Die Ergänzung der Kupferionen erfolgt durch Auflösung von Kupferoxid in einer separaten Lösestation. Betrieben wird der Elektrolyt vorzugsweise in vertikalen Durchlaufanlagen. Dieser Anlagentyp kombiniert die Vorteile horizontaler Durchlaufanlagen mit denen von Standardvertikalanlagen und hat in den letzten Jahren starke Verbreitung bei asiatischen Leiterplattenherstellern gefunden. Ein Betrieb des Elektrolyten in Standardvertikalanlagen ist ebenfalls möglich, jedoch resultieren beim Betrieb in vertikalen Durchlaufanlagen meist etwas bessere Ergebnisse.

Tabelle 4: Arbeitsparameter	
	Bereich
Anode	Unlöslich (Mischmetalloxid)
Stromform	Gleichstrom
Stromdichte [A/dm ²]	1 - 2,5
Temperatur [°C]	18 - 22
Kupfer (Ansatz)	CuSO ₄ ·5H ₂ O
Kupfer (Ergänzung)	CuO (<0,05 % Cl)
Anlagentechnik	Vertikale Durchlaufanlage (empfohlen) Standardvertikalanlage (möglich)
Vorbehandlung	Einsatz eines sauren Reinigers wird empfohlen

Wir füllen die Lücken!

Neuer Elektrolyt für reduzierte Kupferschichtdicke beim Füllen von Blind Microvias

Erfahrungen mit SLOTOCOUP SF 20
in der Massenproduktion

Zusammenfassung

SLOTOCOUP SF 20 wird seit rund einem Jahr in einer vertikalen Durchlaufanlage für die Massenproduktion von HDI-Leiterplatten (Leiterbahnbreiten/-abstände: 75 μm / 75 μm bzw. 60 μm / 60 μm) eingesetzt. Das Füllen der Blind Microvias (\emptyset : 110 μm , Tiefe: 60 μm) erfolgt bei einer Stromdichte von 1,5 A/dm² und einer Abscheidezeit von 52 Minuten. Die Vertiefung beträgt weniger als 10 μm und es resultiert eine Kupferschichtdicke von etwa 15 μm , die durch einmaliges Kupferdünnen auf die für die nachfolgenden Prozessschritte notwendige Schichtdicke reduziert werden kann.

Bevor der neue Elektrolyt zur Verfügung stand, wurde seine Vorgängerversion in der gleichen Anlage betrieben. Mit dieser konnte bei einer Stromdichte von 1,5 A/dm² und einer Abscheidedauer von 68 Minuten ein vollständiges Füllen der Blind Microvias erzielt werden. Hierbei resultierte jedoch eine Kupferschichtdicke von rund 20 μm , so dass der Prozessschritt Kupferdünnen mehrfach durchlaufen werden musste.

Mit dem neuen Elektrolyten ist es somit möglich, sowohl das Füllen der Blind Microvias als auch das Kupferdünnen schneller durchzuführen. Dadurch können Kosten gespart und die Produktivität erhöht werden.

Das Kupferbad SLOTOCOUP SF 20 ermöglicht aufgrund seiner höheren Füllleistung das vollständige Füllen von Blind Microvias (\emptyset : 100 μm , Tiefe: 80 μm) mit Vertiefungen < 10 μm bei Kupferschichtdicken < 18 μm auf der Leiterplattenoberfläche.

Dadurch wird es möglich, Füllen von Blind Microvias und Leiterbahnbreiten/-abstände von 75 μm / 75 μm bzw. 60 μm / 60 μm zu realisieren, ohne dass der Prozessschritt Kupferdünnen mehrfach durchlaufen werden muss. Dies führt zu Produktivitätssteigerung, Kostensenkung und Schonung von Ressourcen.

Bei geringeren Anforderungen an Kupferschichtdicke und Vertiefung können Blind Microvias in sehr kurzen Abscheidezeiten vollständig mit Kupfer gefüllt werden. Auch sehr große Blind Microvias (\emptyset : 150 μm , Tiefe: 100 μm) lassen sich mit dem neuen Elektrolyten in akzeptablen Abscheidezeiten vollständig mit Kupfer füllen.

Das Verfahren kann auch zur Herstellung von Leiterplatten, die mit einem Direktmetallisierungsverfahren auf Basis Graphit behandelt wurden, verwendet werden. Durch den Einsatz eines Kupferstrikes kann das Füllergebnis, sowohl im Falle von Direktmetallisierungen als auch im Falle von chemisch Kupfer, weiter gesteigert werden.

Beim Einsatz in der Massenproduktion von HDI-Leiterplatten überzeugt SLOTOCOUP SF 20 durch defektfreies und stabiles Füllen von Blind Microvias bei gleichzeitig geringer Kupferschichtdicke.



Danksagung

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

Der vorliegende Beitrag basiert auf einem Vortrag, den der Autor auf der SMTA International 2010 Conference (24. - 28.10.2010, Orlando, Florida) gehalten hat.

Literatur

- [1] International Data Corporation (IDC) – Press Release, November 4, 2010, <http://www.idc.com/about/viewpressrelease.jsp?containerId=prUS22560610§ionId=null&elementId=null&pageType=SYNOPSIS>
- [2] T. Teng, iSupply Issues Fast Facts on Latest iPhones, iSupply, Press Release June 7, 2010 <http://www.isuppli.com/Mobile-and-Wireless-Communications/News/Pages/iSuppli-Issues-Fast-Facts-on-Latest-iPhone.aspx>
- [3] J. W. Stafford, Semiconductor Packaging Technology, Printed Circuits Handbook, 5th edition, ed. by C.F. Coombs, McGraw-Hill, 2001, pp. 2.1 - 2.22
- [4] C. F. Coombs and H.T. Holden, Electronic Packaging and High-Density Interconnectivity, Printed Circuits Handbook, 5th edition, ed. by C.F. Coombs, McGraw-Hill, 2001, pp. 1.3 - 1.22
- [5] M. Carano, Electrodeposition and Solderable Finishes for HDI, The HDI Handbook, 1st edition, ed. by H. Holden, BR Publishing Inc., 2009, pp. 355 - 397
- [6] H. Holden, The HDI Manufacturing Processes, The HDI Handbook, 1st edition, ed. by H. Holden, BR Publishing Inc., 2009, pp. 231 - 257

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

