

((Priorité 1; illustrations en couleur))

((Rubrik))
Leiterplattentechnik/

((Titel))
Microvia – Filling und Hauptverstärkung in einem Prozess

((Autoren))
Dr. Jean Rasmussen, Danis Isik, Han Verbunt und Agata Lachowicz

((Vortext))
Die fortschreitende Miniaturisierung der Leiterplatten lässt den Bedarf an hocheffizienten Kupferprozessen für Microvia-Filling und Hauptverstärkung ansteigen. Ein neues Produkt, Cuprostar® CVF1, ist nun für beide Anforderungen gleichzeitig einsetzbar.

((Text))
Die Miniaturisierung auf dem HDI-Sektor, zum Beispiel für tragbare Produkte wie Handys, erfordert innovative Lösungen in allen Bereichen der Leiterplattenproduktion. Konventionelle Kupferelektrolyte stoßen bei Microvias von 150 µm Durchmesser und weniger sowie bei Durchgangsbohrungen mit hohem Aspektverhältnis an ihre Grenzen.
Die exzellente Streuung des neuen Elektrolyten, Cuprostar® CVF1, erlaubt neben 100%iger Auffüllung von Sacklöchern die gleichzeitige Hauptverstärkung von Durchgangsbohrungen. Der Prozess kann ebenfalls für Flash – Verkupferung nach chemisch Kupfer oder nach Direktmetallisierung (wie Envision® HDI, leitfähiges Polymer) eingesetzt werden. Eine durchgängig gleichmäßige Kupferschicht wird auch in Sacklöchern mit hohem Aspektverhältnis abgeschieden, und ein gutes Flash ist die Voraussetzung für eine perfekte Auffüllung.
Selbst Microvias mit Überhängen oder rauen Wänden können zuverlässig aufgefüllt werden (Bild 1).

((Zwischentitel))
Microvia-Filling

Cuprostar® CVF1 ist ein Vertikalprozess, der sich sehr einfach in bestehende Anlagen integrieren lässt. Nach der üblichen Vorbehandlung mit saurem Reiniger und Mikroätzte folgt eine aktivierende Vortauchlösung, die typischerweise anstelle der Dekapierung verwendet wird. Im Kupferbad selbst kommen lediglich Inhibitoren zum Einsatz. Dies bietet einen Vorteil gegenüber üblichen Mischelektrolyten - die Bildung

von Abbauprodukten, welche die Effizienz des Bades mit der Zeit beeinträchtigen, ist minimal, die Prozesskontrolle einfach. Der Prozessablauf ist in Tabelle 1 dargestellt.

Der Prozess arbeitet mit Gleichstrom: zunächst eine kurze Phase mit geringer Stromdichte (etwa $0,75 \text{ A/dm}^2$; „Rampe“) und anschliessend mit Stromdichten von $1,25$ bis $2,5 \text{ A/dm}^2$, je nach Dimension der Microvias und der Innenlagenkonfiguration. Bei 100%iger Auffüllung ist der Cu-Aufbau auf der Oberfläche vorteilhafter Weise sehr gering (Bild 2).

Die physikalischen Eigenschaften der Kupferschicht sind hervorragend. Kein Cornercracking nach zehn 10 Zyklen Salzschocktest ($30 \text{ s } 255 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C} // 15 \text{ s Wasser RT} // 15 \text{ s Trocknen}$), die Elongation beträgt 28%, Zugfestigkeit liegt bei 350 N/mm^2 (nach IPC-TM-650 2.4.).

Die komplette Prozesszeit beträgt 60 bis 100 min, inklusive 15 Minuten Rampe. Bei extremen Unterschieden in den Dimensionen und Aspektverhältnis der Microvias ist es notwendig, die Parameter entsprechend anzupassen. Kleinere Vias ($<100 \mu\text{m}$ Durchmesser) benötigen kürzere Zeiten als große mit niedrigem Aspektverhältnis (z. B. $175 \mu\text{m}$ Durchmesser, $75 \mu\text{m}$ Tiefe). Bei moderaten Größenunterschieden werden alle Microvias ohne Parameteränderung gleichmäßig und vollständig aufgefüllt.

Im Vergleich zu anderen verfügbaren Produkten ist die Schichtdickenverteilung auch bei Durchgangsbohrungen sehr gut (Bild 3).

((Zwischentitel))

Microvia - Qualität

Die Filling – Effizienz hängt von der Qualität der vorangegangenen Fertigungsschritte, wie Bohren und Durchkontaktierung, ab.

Raue Bohrlochwände können zu Unterbrechungen der chemisch Kupferschicht führen und anschließend unvollständigem Flash-Kupfer. Durch ungeeignete Laserparameter beim Bohren wird zu viel Basismaterial unter der Kaschierung verdampft, was zu Kupferüberhängen führt. Microvias mit penetrierter Innenlage kommen ebenfalls vor (Bild 4).

((Zwischentitel))

Chemisch Kupfer

Die Metallisierung des freigelegten Dielektrikum nach dem Bohren kann mittels Pd-Aktivierung, gefolgt von einem chemisch Kupfer-Prozess, erfolgen. Aufgrund der unzureichenden Leitfähigkeit und Dicke dieser Schicht muss jedoch eine anschliessende Flash-Verkupferung stattfinden.

Sollte die Qualität dieses Prozesses schlecht und die Flash-Verkupferung an einigen Stellen unterbrochen sein, so ruft dies ein ungenügendes Auffüllen oder Voids hervor (Bild 5). Ein schlechter chemisch Kupfer-Prozess alleine oder in Kombination mit Flash-Kupfer in einem Elektrolyten mit ungenügender Streuung führt ebenfalls zu Voids (Bild 6 und 7).

((Zwischentitel))

Direktmetallisierung

Alternativ zum chemisch Kupfer ist die Durchkontaktierung mit leitfähigen Polymeren, wie zum Beispiel «Envision® HDI». Das Polymer (Schichtdicke ca. 150 nm) wird dabei selektiv auf das Dielektrikum und nicht auf das freiliegende Kupfer aufgebracht. Die Innenlagenanbindung ist folglich sehr gut. Direktmetallisierung erfordert nur wenige Prozessschritte, die Prozesszeiten sind kurz.

Die Selektivität von Envision® HDI wurde durch eine Auger – Oberflächenanalyse bestätigt. Das Polymer enthält Schwefel, dessen Signal auf Harz und Glasfasern detektiert wurde, nicht aber auf Kupfer (Bild 8).

Als Beispiel ist in Bild 9 ein Polyimid – Multilayer dargestellt, durchkontaktiert mit leitfähigem Polymer, Envision® HDI-Flex, und verkupfert mit Cuprostar® C VF1.

((Zwischentitel))

Zuverlässigkeit und Vielseitigkeit

Die konstante Effizienz des Cuprostar® C VF1 Prozesses für Microvia – Filling hat sich in der Produktion bewährt. Microvias unterschiedlichster Dimensionen werden 100%ig bei geringem Oberflächenaufbau aufgefüllt, schlechtere Bohrqualität kann durch den Prozess zum Teil kompensiert werden. Einwandfreie Durchkontaktierung und gleichmäßiger Flash sind aber Voraussetzung für eine perfekte Auffüllung.

Wesentlicher Vorteil ist, dass Cuprostar® C VF1 ebenfalls für Flash – Verkupferung und Hauptverstärkung eingesetzt werden kann.

Cuprostar® C VF1 zusammen mit Envision® HDI ermöglichen zuverlässige Fertigung von anspruchsvollen HDI – Leiterplatten heute und bieten das Potenzial weitere Miniaturisierung in der Zukunft zu meistern.

((Adresse))

Enthone GmbH und Enthone Benelux
Cookson Electronics
www.enthone.de

Enthone ist der Technologiepartner von:

ERNE surface AG
Industriestrasse 24
8108 Dällikon
Tel. 043 411 74 74
Fax 043 411 74 75
info@erneag.ch
www.erneag.ch

((Bildlegenden))

Bild 1: Filling-Effizienz: 130 µm Durchmesser sowie 145 µm Tiefe (oben) und 70 µm Tiefe (unten)

Tabelle 1: Panel und Pattern-Prozess für Via-Filling und Durchmetallisierung

Bild 2: Via-Filling mit sehr geringem Oberflächenaufbau

Bild 3: Schichtdickenverteilung um 100% bei einem Aspektverhältnis von 4:1

Bild 4: Filling-Effizienz unterschiedlicher Microvia-Dimensionen: geringe Kupferabscheidung auf der Oberfläche, raue Lochwände, starke Überhänge und Innenlagenpenetration

Bild 5: Gutes (links) und unterbrochenes (rechts) chemisch Kupfer

Bild 6: Voids aufgrund einer schlechten Durchkontaktierung (links), gutes Via-Filling und gute Durchkontaktierung (rechts). Dimensionen: 145 µm Durchmesser und 85 µm Tiefe

Bild 7: Schlechte Streuung bei Flash - Verkupferung

Bild 8: Auger-Oberflächenanalyse nach «Envision HDI» - Prozess

Bild 9: Polyimid - Multilayer mit lasergebohrten Microvias und Durchgangsbohrungen:
a) vor und b) nach «Envision HDI-Flex» und «Cuprostar CFV1»; c) und d) 100% Schichtdickenverteilung und 100% Auffüllung nach «Cuprostar CFV1»