

Application Note AN-PAN-1067

Online-Analyse organischer Additive im Verkupferungsprozess

Die Nachfrage nach Leiterplatten (PCBs) steigt. Dies erfordert verbesserte Techniken für die Leiterplattenherstellung im Hinblick auf maximale Effizienz und höchste Produktqualität.

Die Abscheidung von Kupfer aus galvanischen Bädern ist ein wichtiger Schritt bei der Herstellung von Leiterplatten. Die Überwachung des Gehalts an organischen Zusatzstoffen ist von entscheidender Bedeutung, um ein qualitativ hochwertiges Produkt sicherzustellen. Dies wird häufig durch den Einsatz analytischer Techniken wie der zyklischen voltammetrischen Stripping-Methode (CVS) erreicht. CVS ermöglicht die präzise Messung und Kontrolle

des Additivgehalts (z. B. Glanzmittel, Suppressoren und Einebnungsmittel) und sorgt so für die Aufrechterhaltung optimaler Beschichtungsbedingungen und die Verbesserung der Gesamteffizienz und Zuverlässigkeit des Herstellungsprozesses.

In diesem Process Application Note wird eine neue Technik zur Online-Überwachung des galvanischen Kupferbeschichtungsprozesses für Leiterplatten mit einem 2060 CVS Process Analyzer vorgestellt. Dieser Prozessanalysator gewährleistet gleichbleibende Qualität und präzise Kontrolle der Kupferabscheidung.

EINFÜHRUNG

Da elektronische Geräte wie Mobiltelefone und Computer immer kleiner werden und immer mehr Funktionen erhalten, müssen Leiterplatten den verfügbaren Platz optimal nutzen.

Um mehr Verbindungen unterzubringen, verfügen neue PCB-Layouts über mehr und kleinere Durchkontaktierungen, die Komponenten mit kürzeren Pfaden verbinden. Um dieses Komplexitätsniveau zu erreichen, sind jedoch hochpräzise Fertigungstechniken erforderlich.

Galvanische Verkupferung von Bohrlöchern und Plattenoberflächen ist ein kritischer Produktionsschritt bei der Leiterplattenherstellung [1]. Die Beschichtungslösung erfordert eine ständige Überwachung mehrerer wichtiger Komponenten wie Kupfer, Schwefelsäure, Chlorid und organischer Zusatzstoffe. Zu diesen Zusatzstoffen zählen Suppressoren, Einebnungsmittel und Aufheller, die alle eine entscheidende Rolle bei der Erzielung der gewünschten physikalischen Eigenschaften und des gewünschten Ergebnisses spielen.

Es ist wichtig, die Konzentration dieser Zusatzstoffe in einem engen Bereich zu halten. Aus diesem Grund ist eine genaue Überwachung des Kupferbeschichtungsbad für den ordnungsgemäßen Ablauf des Beschichtungsprozesses von

entscheidender Bedeutung.

Während die Konzentrationen von Kupfer, Schwefelsäure und Chlorid durch Titration gemessen werden können, ist CVS das Standardverfahren zur Analyse der organischen Zusatzstoffe. Mit dieser Technik wird analysiert, wie sich die Zusatzstoffe auf den Verkupferungsprozess auswirken, denn die Menge der Zusatzstoffe in der Lösung haben Einfluss auf die Geschwindigkeit der Verkupferungsreaktion.

Jedes organische Additiv im Kupferbeschichtungsbad spielt eine spezifische Rolle bei der Formgebung der endgültigen Kupferschicht. Beispielsweise reduzieren Suppressoren direkt die Geschwindigkeit der Kupferabscheidung, um eine geordnetere Abscheidung mit dichterem Kornstruktur zu erreichen (**Abbildung 1**, links).

Im Gegensatz dazu wirken Glanzmittel, wenn sie einer mit Suppressor gesättigten Lösung zugegeben werden, diesem Effekt leicht entgegen und erhöhen die Kupferabscheidung (**Abbildung 1**, rechts). Der Zweck des Aufhellers besteht darin, das Wachstum ungerichteter Körner zu fördern.

Leveler sind zwar weniger wirksam als Suppressoren, beeinflussen aber auch die endgültige Kupferschicht, indem sie deren Oberfläche glätten [2].

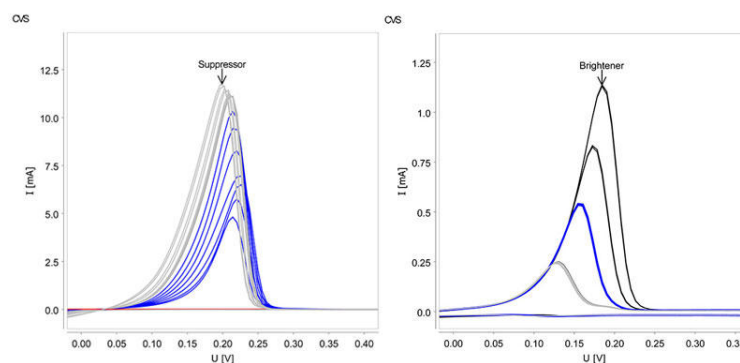


Abbildung 1. Einfluss organischer Additive auf die Verkupferung von Leiterplatten. Links: Suppressor-Effekt. Rechts: Aufhellereffekt. Alle Beispiele wurden mit der Metrohm viva-Software bestimmt.

Traditionell wird CVS in einem Labor durchgeführt, wo Proben zur Analyse manuell aus dem Beschichtungsbad entnommen werden. Dieser Ansatz bietet zwar eine hohe Genauigkeit und Empfindlichkeit, stellt jedoch nur eine Momentaufnahme der Prozessbedingungen dar.

Daher können Änderungen, die zwischen den Probenahmen auftreten, leicht übersehen werden. Darüber hinaus kann die manuelle Probenahme auch durch Probenkontamination oder Handlingfehlern zu abweichenden Ergebnissen führen.

Online-Prozessanalytoren nehmen die Proben vollautomatisch direkt aus dem Prozess wodurch Probenahmefehler ausgeschlossen werden. Der 2060 CVS Process Analyzer beispielsweise erlaubt eine Echtzeitüberwachung, die eine kontinuierliche Kontrolle der Bäder und die Erkennung schneller Änderungen der gemessenen Parameter ermöglicht. Durch die Automatisierung von sowohl der Probenvorbereitung als auch der Analyse werden menschliche Fehler minimiert und die Messgenauigkeit verbessert. Durch die Anwendung von Online-Prozessanalytensystemen wird der Einsatz von Chemikalien deutlich minimiert und verbessert somit die Bediener-sicherheit. Eine proaktive Prozesssteuerung wird durch die Definition von Warn- und Eingreifgrenzen, sowie Alarme zur Regelung des Analysators erlaubt. Durch die Integration des 2060 CVS Process Analyzer kann ein umfassenderes Verständnis des PCB-Herstellungsprozesses erreicht und eine gleichbleibende Produktqualität sichergestellt werden.



Abbildung 2. 2060 CVS Process Analyzer von Metrohm Process Analytics.

ANWENDUNG

Der 2060 CVS Process Analyzer ist der Analyzer der Wahl für die Online-Analyse organischer Additive (z. B. Glanzmittel, Suppressor und Einebnungsmittel) in galvanischen Bädern zum Zweck der Überwachung von Kupferbeschichtungsbädern.

Die CVS-Analyse beinhaltet die Verwendung einer elektrochemischen Zelle (**Abbildung 3**), die mit einem Dreielektrodensystem ausgestattet ist und sich innerhalb des Nassteilschranks befindet. Eine der Elektroden ist eine **rotierende Platin (Pt)-Scheiben** Elektrode (RDE), welche durch den Prozessanalysator präzise gesteuert wird. Die RDE erzeugt durch die Rotation während der Messung einen kontinuierlichen Fluss des Analyten zur Elektrode. Dadurch wird die Grenzschicht fortwährend mit Probelösung erneuert. Für viele technische Schichten, speziell in der Leiterplatten- und Halbleiterproduktion, ist diese Methode ein wichtiger Teil der Prozesskontrolle. Während des gesamten Vorgangs wird der durch die Elektrode fließende Strom kontinuierlich überwacht. Durch die Beobachtung der Änderungen der Kupferabscheidung und der anschließenden Ablösung des abgeschiedenen Kupfers können Informationen über die vorhandenen organischen Additive, einschließlich ihrer effektiven Konzentration im Bad, extrapoliert werden.

ANMERKUNGEN

Darüber hinaus können die Kupfer-, Schwefelsäure- und Chloridkonzentration mittels Titration und Photometrie mit einem 2060 TI Process Analyzer von



Abbildung 3. Nahaufnahme der elektrochemischen Zelle im 2060 CVS Process Analyzer.

Metrohm Process Analytics gemessen werden, um einen vollständigen Überblick über den Zustand des Beschichtungsbades zu erhalten.

FAZIT

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass für die Herstellung hochwertiger Leiterplatten eine präzise Kupferbeschichtung mit sorgfältiger Überwachung der Beschichtungslösung erforderlich ist. Herkömmliche CVS-Analysen im Labor sind zwar genau, bieten aber nur begrenzte Momentaufnahmen des Prozesses.

Der 2060 CVS Process Analyzer gewährleistet eine

optimale Kontrolle des elektrolytischen Beschichtungsprozess durch die präzise Überwachung und Steuerung organischer Additive (z. B. Glanzmittel, Suppressoren und Einebnungsmittel), die für eine qualitativ hochwertige Kupferabscheidung bei der Leiterplattenherstellung entscheidend sind.

REFERENZEN

1. The influence of Copper Distribution on PCB Quality. *Eurocircuits*, 2022.
2. Yen, M.-Y.; Chiang, M.-H.; Tai, H.-H.; et al. Next Generation Electroplating Technology for High Planarity, Minimum Surface Deposition Microvia Filling. In *2012 7th International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (IMPACT)*; 2012; S. 259–262.
<https://doi.org/10.1109/IMPACT.2012.6420290>.

VERWANDTE DOKUMENTE

WP-051 Automatisierte CVS-Methodenentwicklung und Optimierung von Mehrkomponenten-Beschichtungsbadern

VORTEILE DER PROZESSANALYTIK

- **Einsparmaßnahmen** – Abfall minimieren und die Effizienz der Additivnutzung maximieren.
- **Reduzieren Sie das Risiko von Mängeln** – konsequente Überwachung der organischen Additiven.
- **Optimale Beschichtungsleistung** – präzise Online-Analyse und -Quantifizierung der Konzentrationen organischer Zusatzstoffe, um diese innerhalb der erforderlichen Spezifikation zu halten.
- **Entlastet das Laborpersonal** – reduziert den Bedarf an qualifiziertem Laborpersonal zur Durchführung der CVS-Analyse.



CONTACT

Metrohm Deutschland
In den Birken 3
70794 Filderstadt

info@metrohm.de

KONFIGURATION



2060 VA/ CVS Process Analyzer

Der 2060 VA Process Analyzer ist ein Online-Prozessanalysator, der voltammetrische Analysen für eine genaue Prozessüberwachung nutzt. Dank seiner anpassbaren Nassteilmodule können Dosiereinheiten, Pumpen und Levelsensoren für die Bewältigung jeder Herausforderung integriert werden.

Der 2060 CVS Process Analyzer ist ein Online-Prozessanalysator, der für die Online-Analyse organischer Additive in Galvanikbädern in der Leiterplatten- und Halbleiterindustrie entwickelt wurde. Durch eine den Produktionsprozess nachahmende Elektrodenreaktion ermöglicht er die Quantifizierung von Additiven unter authentischen Bedingungen. Darüber hinaus unterstützt das Analysengerät dank seiner Modularität die Titration, Photometrie und Probenvorkonditionierung sowie die Anbindung an mehrere Probenströme.