

Application Note AN-PAN-1054

Online-Überwachung von Wasserstoffperoxid während des CMP-Prozesses

Halbleiter sind die grundlegenden Komponenten moderner elektronischer Systeme. Mit dem Aufkommen des digitalen Zeitalters und der Thematik von Industrie 4.0 sind kleinere, schnellere und leistungsfähigere Prozessoren für viele Systeme und Dienstleistungen ständig gefragt. Zur Herstellung von Silizium-Halbleiterbauelementen muss das gewachsene Silizium-Blockmaterial für die weitere Verarbeitung geschnitten, geformt, poliert und gereinigt werden. Das Polieren ist ein wichtiger Schritt, um qualitativ hochwertige Silizium-Wafer zu erhalten, da eine planare Oberfläche für folgende lithographische Schritte notwendig ist. Das chemisch-mechanische Polieren "CMP" ist eine der wichtigsten Technologien zum Polieren der Silizium-Wafer-

Oberfläche. Typischerweise wird bei der Behandlung eine Mischung aus deionisiertem Wasser, CMP-Slurry (eine flüssige Dispersion von kolloidalem Silizium oder Aluminiumoxid) und Wasserstoffperoxid (ein starkes Oxidationsmittel) mit definierter Konzentration verwendet. Die gemischte Slurry-Mischung wird zur Lagerung in den Tagestank oder zu mehreren Polierern als Teil einer chemischen Liefereinheit "CDU" gepumpt. Da sich Wasserstoffperoxid mit der Zeit zersetzt, ist es notwendig, seine Konzentration ständig online zu überwachen, um sicherzustellen, dass der CMP-Prozess effizient und reproduzierbar ist. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die CMP-Suspension immer innerhalb der Spezifikation liegt und Produktverlust vermieden wird.

Im Jahr 2019 schätzte die Semiconductor Industry Association (SIA), dass der weltweite Halbleiterumsatz in den letzten Jahren mit einer jährlichen Wachstumsrate von 6,81% pro Jahr gestiegen ist. Reine Siliziumblöcke, aus denen die Wafer geschnitten werden, sind sehr teuer in der Herstellung. Deshalb muss bei den nachfolgenden Bearbeitungsschritten jeder unnötige Abfall auf ein Minimum reduziert werden. Im CMP-Polierer kommt die Slurry-Mischung in direkten Kontakt mit einem einzelnen Silizium-Wafer, wodurch die harte Siliziumoberfläche zu einer weichen Siliziumoxidschicht oxidiert wird und die

Poliereffizienz steigt. Dies wird in einem präzisen Gleichgewicht mit dem mechanischen Polierpad gehalten, um optimale Polierraten für eine erhöhte Wafer-Ausbeute zu erreichen. Wasserstoffperoxid ist das am häufigsten verwendete chemische Oxidationsmittel für den CMP-Prozess und wird den meisten Halbleiter-CMP-Slurries zugesetzt. Aufgrund seiner Zersetzungseigenschaften im Laufe der Zeit muss die Wasserstoffperoxidkonzentration jedoch kontinuierlich und im gesamten Verteilungskreislauf der *Slurry* gemessen werden. Dies erfordert eine schnelle Online-Analyse mit kurzen Reaktionszeiten als Teil der Prozesskontrolle und Optimierung.

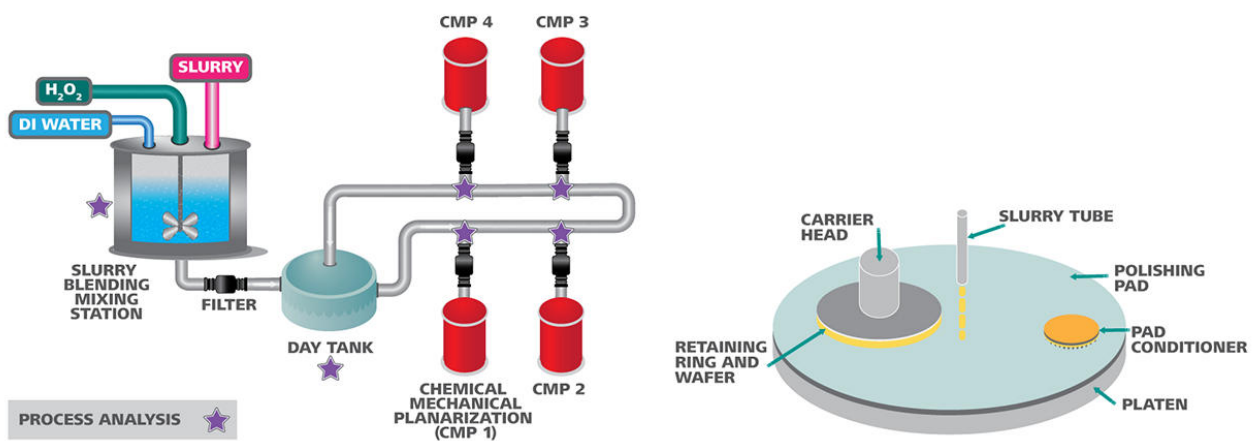


Abbildung 1. (Links) Ein typischer chemisch-mechanischer Planarisierungsprozess (CMP). (Rechts) Draufsicht auf einen CMP-Polierer.

ANWENDUNG

Die Online-Überwachung von Wasserstoffperoxid, pH-Wert, Leitfähigkeit und Temperatur ist mit dem **2060 Process Analyzer** von Metrohm Process Analytics möglich. Die Wasserstoffperoxidkonzentration wird titrimetrisch mit Cer(IV) unter Verwendung einer Pt-Ringelektrode gemessen, um den Endpunkt mit dynamischer Endpunkttitration (DET) zu bestimmen. Die Analysenhäufigkeit beträgt typischerweise weniger als 5 Minuten und gewährleistet eine zeitnahe Kontrolle der Slurry. Die Kombination von verschiedenen Analysenmethoden und die Bestimmung der Parameter aus verschiedenen Prozessströmen kann über das gesamte Produktportfolio der Metrohm-Prozessanalytik realisiert werden. Alle Plattformen garantieren schnelle, genaue und kontinuierlich verfügbare Ergebnisse für eine echte Prozesskontrolle.



Abbildung 2. 2060 Process Analyzer von Metrohm zur Online-Überwachung des Wasserstoffperoxids während des CMP-Prozesses.

Tabelle 1. Typische Parameter bei der Bestimmung von Slurry.

Parameter	Messbereich
Wasserstoffperoxid	0–5%
pH-Wert	2–12
Leitfähigkeit	10–10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperatur	20–65 °C

VORTEILE DER ONLINE-TITRATION FÜR DAS CMP-VERFAHREN

- Verbesserte Wafer-Ausbeute mit definierten CMP-Slurry-Zusammensetzungen
- Erhöhter Produktdurchsatz mit weniger Waferdefekten
- Höherer Mischungsgrad und -reinheit in der Mischstation
- Verbesserte Kontrolle der chemischen Reaktionsraten und Polieraten des CMP-Polierprozesses

VORTEILE DER ONLINE-TITRATION FÜR DAS CMP-VERFAHREN



FAZIT

Der **2060 Process Analyzer** von Metrohm Process Analytics kann nicht nur die Wasserstoffperoxidkonzentration in der CMP-Slurry messen, sondern neben pH-, Leitfähigkeits- und

Temperaturmessungen auch weitere Parameter bestimmen. Somit wird mit einem einzigen Analysator kontinuierlich der Zustand der produzierten CMP-Slurry-Mischung überwacht.

ANMERKUNGEN

Andere Anwendungen sind für die Halbleiterindustrie verfügbar, wie z.B.: Kupfer, Schwefelsäure und Chlorid in sauren Kupferbädern, Säure in gemischten sauren

Ätzmitteln, Flusssäure-Ätzung, Ammoniumhydroxid und Salzsäure in Standard-Reinigungsbädern.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Zugehörige Application Notes

AN-PAN-1012 Chemische Vernickelung; Halbleiter- und Leiterplattenindustrie. Analyse des Nickelionen- und Hypophosphitgehalts.

AN-PAN-1028 Überwachung von Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH) im Entwickler.

CONTACT

Metrohm Schweiz AG
Industriestrasse 13
4800 Zofingen

info@metrohm.ch

GERÄTEKONFIGURATION



2060 Process Analyzer

Der 2060 Process Analyzer ist ein Online-Analysengerät für die Nass-Chemie, das sich für zahlreiche Anwendungen eignet. Dieser Prozessanalysator bietet ein neues Baukastensystem, das eine zentrale Plattform hat, den sogenannten „Basisschrank“.

Der Basisschrank besteht aus zwei Teilen. Der obere Teil enthält einen Touchscreen sowie einen Industrie-PC. Im unteren Teil befindet sich der flexible Nassteil, in dem die Hardware für die eigentliche Analyse untergebracht ist. Wenn die Kapazität des Nassteils aus der Grundausstattung nicht ausreicht, um eine analytische Herausforderung zu bewältigen, kann der Basisschrank auf bis zu vier weitere Nassteilschränke erweitert werden. So lässt sich sicherstellen, dass selbst für die anspruchsvollsten Anwendungen genügend Platz vorhanden ist. Die zusätzlichen Schränke lassen sich so konfigurieren, dass jeder Nassteilschrank zwecks Erhöhung der Betriebszeit des Analysengeräts mit einem Reagenzienschrank, der über eine integrierte (kontaktlose) Füllstandserfassung verfügt, kombiniert werden kann.

Der 2060 Process Analyzer bietet verschiedene nasschemische Methoden: Titration, Karl-Fischer-Titration, Photometrie, Direktmessung und Standardadditionsverfahren.

Zur Erfüllung aller Projektanforderungen (oder all Ihrer Bedürfnisse) sind auch Probenaufbereitungssysteme erhältlich, die eine stabile Analyselösung garantieren. Wir können jedes Probenaufbereitungssystem liefern, unter anderem zum Kühlen oder Heizen, Druckmindern oder Entgasen, Filtrieren und für vieles mehr.