

Application Note AN-PAN-1055

半導体洗浄プロセスにおける品質ハ ラメータのモニタリング

アンモニア水、過酸化水素、および塩酸をインライン近赤外分光法(NIRS)分析により同時に測定できます。

シリコン半導体デバイス、高度に研磨されたウェハ上に製造されます。ウェハ上の傷やその他の欠陥は、最終製品の性能に影響を与える可能性があります。そのため、表面処理は、清浄で鏡面研磨された、損傷のないシリコン表面を得るための重要なステップです。

化学的洗浄は、ウェハ表面から汚染物質を除去するために実証された洗浄方法です。最も一般的なプロセスである「RCA洗浄法」は、2種類の洗浄液を連続して使用してウェハを洗浄します。洗浄液1「

SC1」(またはアンモニア過酸化水素混合液「APM」)は、 NH_4OH (アンモニア水)と H_2O_2 (過酸化水素)で構成されています。洗浄液2「SC2」は、 HCl (塩酸)と H_2O_2 (過酸化水素)で構成されています。効率的なウェハ洗浄の鍵となる要素は、浴中滞留時間と洗浄液中の最適な化学物質濃度です。主要なSC1/SC2洗浄液成分を近赤外分光法によりインラインでモニタリングすることにより、ウェハの歩留まりを向上させ、欠陥密度を低減することが保証されます。

はしめに

効率的なシリコンウェハの洗浄には、製品歩留まりの向上を図りながら、欠陥の発生を増やすことなく、さらに生産速度と収益性を同時に高めるための最適なプロセス制御が必要です。

SC1洗浄は、ウェハから粒子や膜、有機残留物を除去し、表面に薄い酸化膜を形成します。しかし、遷移金属の水酸化物がウェハ表面に残る場合があります。そのため、化学的機械的研磨(CMP)プロセス後の洗浄工程において、SC2洗浄が不可欠となります。

SC2洗浄液は酸性であり、ウェハ表面のアルカリ金属や遷移金属を除去するのに効果的です。この洗浄プロセスにより、将来的な汚染を防ぐためにウェハ表面に薄い不動態薄膜が形成されます。

半導体デバイスの集積化が進むほど、シリコンウェハ表面から微細なパーティクル(粒子、ゴミ)を除去することが困難になります。そのため、半導体メーカーはクリーンルーム内のウェットベンチで標準的な洗浄プロセスを実施し、環境を管理してさらなる汚染を防いでいます。しかし、この方法では分析システムを設置するスペースは非常に限られています。さらに、作業員および製造現場の安全性を高め、ウェハの汚染を防ぐために、クリーンルーム内での化学物質の取り扱いを避けるべきです。

図1に示すように、洗浄槽の複数のパラメータを同時にモニタリングするより安全で効率的かつ迅速な分析手法は、試薬を使用しない近赤外分光法(NIRS)によるインライン分析です。

メトローム プロセス アナリティクス社の2060 The NIR-Rアナライザー(図2)は、プロセスから得られる「リアルタイム」のスペクトルデータを参照法(例えば滴定、HPLC、イオンクロマトグラフィー)と比較し、洗浄槽に対するシンプルでありながら不可欠なキャリブレーションモデルを作成することを可能にします。

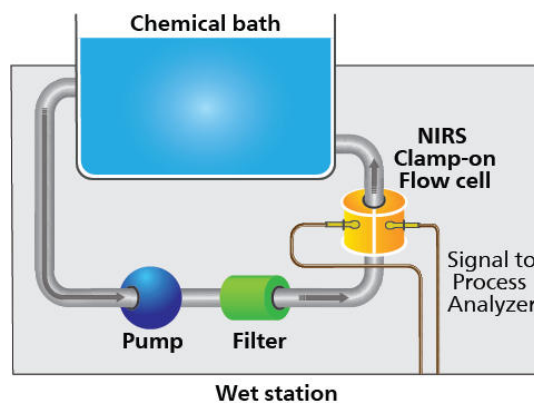


図 1. 洗浄槽分析のためのインライン近赤外分光法（NIRS）システム構成

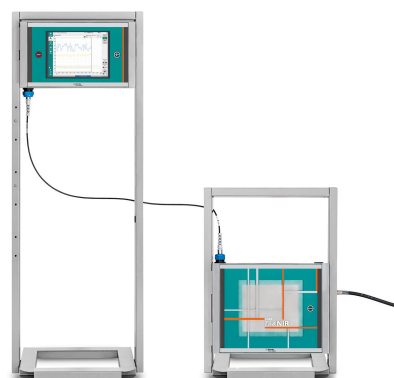


図 2. 光ファイバケーブルとプローブを備えた2060 The NIR-Rアナライザー

アプリケーション

使用波長範囲:800~1300 nm。参照法:イオンクロマトグラフィー(IC)。

クリーンルームのスペースが限られている場合、2060 The NIR-RアナライザーのNIRキャビネットは、サファーフのコア施設外や、ウェットベンチの下部にある処理ユニット/ツール内部に設置することが可能です。装置とサンプルポイント(NIRキャビネット1台で最大5か所まで対応可能)との距離は数百メートルに及ぶこともあり、低分散の光ファイバー

を用いて装置と簡単に接続できます。

すべての洗浄槽は、PFAチューブで構成された循環ループを備えています。メトロームフロセスアナリティクスが設計・カスタマイズされたフローセルは、これらのチューブにクランプで取り付けることができるため、既存の設備を変更する必要はありません(図1参照)。フローセルをクランプで固定するだけで、すぐに測定を開始できます。

測定結果

図3は、アンモニア(NH_3)および過酸化水素(H_2O_2)を含むSC1洗浄液に対してNIRSで得られたトレントチャートを示しています。槽洗浄液の交換は、あらかじめ設定された濃度または時間の限界に基づいて行われ、両方のパラメータをモニタリングする重要性を強調しています。アンモニアと過酸化水素の濃度を継続的にモニタリングすることは、洗浄プロセスの品質を規定された範囲内で維持するために非常に重要です。

本アプリケーションの目的は、SC1洗浄液槽の

NH_3 投与量をモニタリングし、再循環を改善するとともに迅速かつ均一な混合を確保することでした。各 NH_3 投入は明確なピークを示し、その後0.10 wt%未満のわずかな減少が観察されます(図3参照)。これは、NIRSが微小な濃度差であっても検出できる能力を示しています。

従来の分析方法と比較して、2060 The NIR-Rアナライザーは測定の精度および頻度において大きなメリットを提供し、SC1洗浄槽の継続的なモニタリングと正確な制御を可能にします。

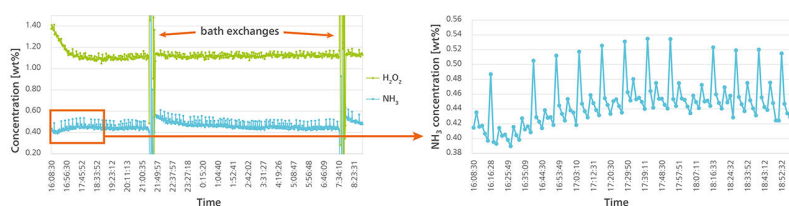


図3. SC1洗浄槽中のアンモニアおよび過酸化水素濃度のトレンドチャート。槽洗浄液の交換間で濃度を維持するための制御された添加(スパイク)にご注目ください

表1.スラリーの測定パラメータ

パラメーター		温度 [° C]	濃度範囲 [wt %]
SC1	NH ₄ OH	65 ± 3° C	0–1
	H ₂ O ₂	65 ± 3° C	0–2
SC2	HCl	35 ± 3° C	0–1.5
	H ₂ O ₂	35 ± 3° C	0–5
SC2	HCl	RT–70° C	1–5
	H ₂ O ₂	RT–70° C	1–10

注目点

プロセス変動をカバーする適切な範囲のサンプルか、キャリブレーションモデルを構築するために必要です。これらのサンプルはNIRSおよび参照法によって分析されます。NIRSデータの精度は、参照法の精度と直接関連しています。

半導体製造プロセス向けには、その他にも以下のようなプロセス応用があります。酸性銅めっき液の銅、硫酸および塩素イオンの測定、混酸エッチング液の酸度測定、洗浄液のフッ化水素酸、アンモニア水および塩酸の測定などです。

結論

NIRS分析により、製造プロセスから得られる「リアルタイム」のスペクトルデータを一次法(例えば滴定、カールフィッシャー滴定、HPLC、イオンクロマトグラフィー)と比較し、プロセス要件に応じたシンプルでありながら不可欠なモデルを作成できます。メトローム プロセス アナリティクス の2060 The

NIR-Rアナライザーを用いて、半導体生産管理の向上を図りましょう。本プロセスアナライザーは、マルチフレクサオプションを利用することで、NIRキャビネット1台あたり最大5つのプロセスポイントをモニタリング可能です。

関連プロセスアプリケーション

[AN-PAN-1012 Online analysis of nickel ion and hypophosphite content in electroless nickel plating baths](#)

[AN-PAN-1028 Monitoring](#)

[tetramethylammonium hydroxide \(TMAH\) in developer online](#)

[AN-PAN-1054 Online monitoring of hydrogen peroxide during the CMP process](#)

プロセスにおける近赤外分光法(NIR)のメリット

- 製品スループットの向上、再現性の確保、生産速度および収益性の向上(ウェハの廃棄削減)につながります。
- 洗浄プロセスを継続的にモニタリングすることで、効率的なウェハ洗浄を実現します。
- 測定ポイントあたりのコスト削減により、よりコスト効率の高い結果が得られます。
- 「リアルタイム」監視により、作業者が化学薬品に曝露されることなく、安全な生産環境が確保されます。

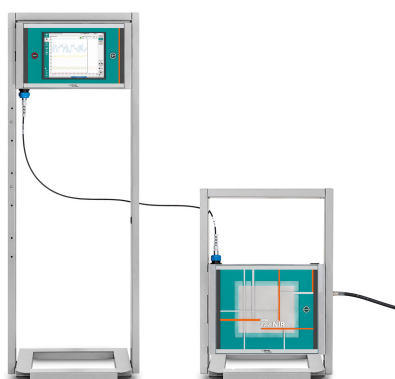


CONTACT

メトロームジャパン株式会社
143-0006 東京都大田区平和島6-1-1
null 東京流通センター アネックス9階

metrohm.jp@metrohm.jp

装置構成



2060 The NIR-R Analyzer

2060 *The NIR-R Analyzer* は、Metrohm Process Analytics 製の次世代プロセス分光分析計です。その独自で定評のある完全な設計により、10 秒ごとに正確な結果を出します。この装置は、光ファイバーまたは接触式フローを用いた、プロセスラインまたは反応容器における直接液体または固形物の非破壊分析を提供します。五 (5) つまでのフローおよび/またはフローセルを接続できるように設計されています。弊社独自開発の多機能な組込ソフトウェアを使用して、5 つのチャンネルをすべて互いに独立して設定することかてきます。

2060 フラットフォームの一部として 2060 *The NIR-R Analyzer* は、光ファイバーを用いてヒューマンインターフェース (HI) と NIR キャビネットの独自の分離を可能にします。このリモートコンフィグレーションにより、顧客嗜好とエリア区分によって異なる、工場周辺の異なる場所に二つのキャビネットを配置することかてきます。その上、他の三つのバージョンで使用可能です: 2060 *The NIR Analyzer*、2060 *The NIR-Ex Analyzer* および 2060 *The NIR-REx Analyzer* です。