

Cu配線めっき装置

蓬 臺 昌 夫* 中 田 勉** 神 田 裕 之*

Cu Interconnect Plating System

by Masao HODAI, Tsutomu NAKADA, & Hiroyuki KANDA

A Cu interconnecting plating system has been developed which constitutes EBR cleaning and plating cells. The process flow of this system includes wafer loading, pre-treatment, Cu deposition, solution recovery, DIW rinse/dry and wafer unloading. This system enables advanced plating performance and superior wafer uniformity. This system features many other advanced features and can be considered as a precursor of post-90nm wafer plating systems.

Keywords: Interconnect plating tool, Yield, Porous resistive element, Cathode, Anode, Plating solution, Overplate, Low acid, Bottom-up, Inert

1. ま え が き

半導体におけるテクノロジーノード90 nm世代以降の銅配線めっき装置に要求されるプロセス性能として、更に微細化されたダマシン構造の埋め込み性、面内均一性、めっき膜段差の一層の低減があげられる。しかもバリアメタル/Cuシード層が格段に薄膜化することが予想され、シード層を介さずバリア層に直接めっきを行うダイレクトめっきも視野に入ってきた。これら次世代以降のめっきプロセスへの要求に対して現世代プロセスを念頭にした装置構成で対応することは一層の困難を伴うと考えられる。90 nm世代以降のプロセス要求に対応するよう新概念の装置を開発した。

2. プロセス技術

90 nm世代に続く65及び45 nm世代の銅配線めっきプロセスに要求される性能は次のようなものである。

(1) シード層が10～20 nmまで薄膜化した領域でのめっき膜厚及び埋め込み性の優れた面内均一性確保、更にはダイレクトめっきへの適用が可能であること

(2) 微細配線部の埋め込み性、配線密度差依存性の改善

(3) オーバプレート極小化と幅広配線部のボトムアップ向上

これらの諸課題に対し、独自の多孔質高抵抗体(Porous Resistive Element)の採用を中心としたプロセス技術開発を通してこれら諸課題を解決できると考えている。

3. 装置構成

装置外観を写真1、装置構成を図1に示す。基本構成はデュアルロードポート、二つの搬送ロボット、そして四つのめっきセルと二つのベベルエッチング兼洗浄・乾燥用セルからなる。



写真1 装置外観
Photo 1 Tool appearance

* 精密・電子事業本部 装置事業部 めっき装置事業室 技術第一部

** 同 技術統括 開発センター 第二プロセス開発室 開発第一部

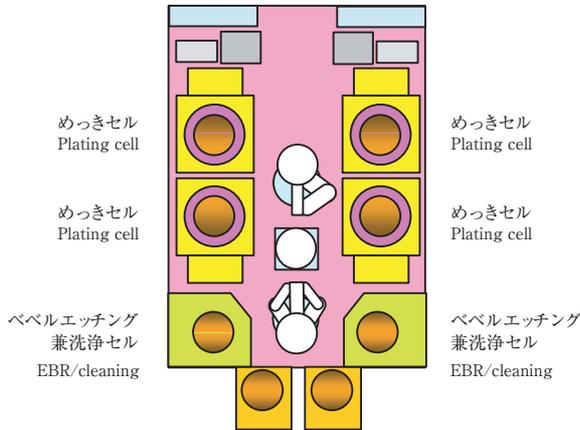


図1 装置構成
Fig. 1 Component layout

4. 装置コンセプト

4-1 多孔質高抵抗体

微細化要求によりシード層の薄膜化，すなわち高抵抗化が進むとめっきはウェーハ面内に均一に行われず，カソード電極近傍のウェーハエッジ部に厚く，中心部に薄くめっきされる，いわゆるターミナルエフェクトが無視できない領域となる（図2）。これを解消するためにめっき液の抵抗値を上げシード層の抵抗増を打ち消す手法が一般的であるが，めっき液の高抵抗化（低酸性濃度化と同義）は配線溝部へのめっき埋め込み性を損ねる要因となり得る。独自の多孔質高抵抗体（写真2）はアノード，カソード電極間のめっき液中に存在し，シード層の抵抗増を打ち消し，ウェーハ全面に対して均一な電界を供給できることから，めっき液の高抵抗化に頼ることなく薄シードにおいても優れた面内均一性が得られる（図3）。

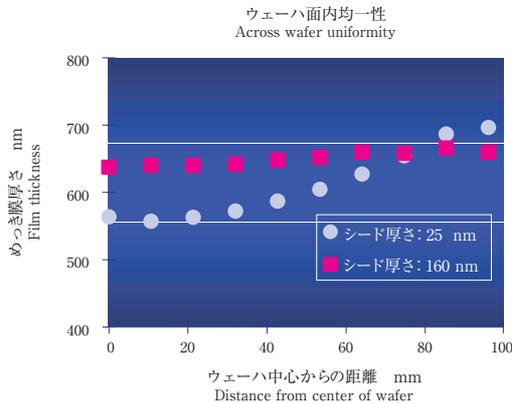


図2 ターミナルエフェクト
Fig. 2 Terminal effect

4-2 最適なめっき液の選択と開発

前述の理由から優れたウェーハ面内均一性を得るために低酸性濃度めっき液採用にこだわる必要はなくなり，その他の課題である微細配線溝部の埋め込み性，オーバープレートの極小化等のプロセス要求を満たす最適のめっき液を酸性濃度にかかわらず選択，開発することが可能となる。中，高酸性濃度めっき液を使用できる利点について次に二例を挙げる。



写真2 多孔質高抵抗体
Photo 2 Porous resistive element

05-87 02/207

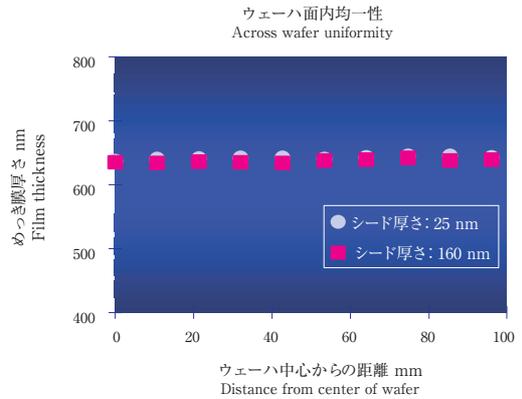


図3 ターミナルエフェクトの解消
Fig. 3 Cancellation of terminal effect

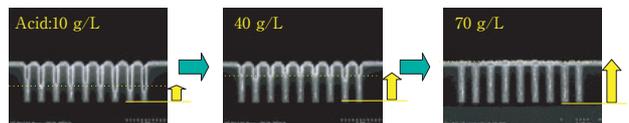


図4 めっき液酸性度とボトムアップスピード
Fig. 4 Bottom-up speed dependence by acid concentration

(1) ボトムアップスピード向上

図4にめっき液の酸性度とボトムアップスピードの関係を調べた結果を示す。高酸性濃度になるほどボトムアップスピードは向上し微細配線溝の埋め込み性能は良くなる。

(2) パターン密度差依存性改善

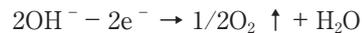
パターンウェーハ上には様々な配線幅の溝が存在し、その配線密度も様々である(図5)。配線が集中して存在する密度の高いエリアはめっき時に電界集中が起こるため密度の低いエリアに比べめっき成長が早く、密度の低いエリアの埋め込みが完了した時点では既にめっき膜の積み過ぎ(オーバプレート)が発生する。めっき液酸性度とパターン密度差依存性との関係を図6に示す。酸性濃度が高くなるほどパターン密度差依存性は改善される。すなわちオーバプレート量をより少なくすることが可能で、めっき後の膜厚差特性は改善される。

4-3 不溶解アノード

一般的な銅めっきでは銅製のプレートのアノード電極として使用し、ここから溶出した銅イオンがカソード電極であるウェーハ表面に到達・析出することによりめ

っきが進行する。この銅製プレートは溶解アノードと呼ばれる。銅製プレートであるアノード自体がめっき時の銅イオンの供給源として使用されるため、溶解アノードはプロセス消耗品であり定期的に交換しなければならない。交換時装置は保守管理状態となり生産は休止される。また、本交換作業に付随してめっきセル内にあるめっき液の排出、交換後の新規作成が必要で費用が掛かること、新品アノードでのめっき性能の再確認が必要であること、必要に応じた各種設定の微調整があることなど、量産工場環境下ではアノード交換頻度を極力減らすことが要望されている。また、溶解アノードとめっき液の化学反応の一環としてアノード表面にブラックフィルムと呼ばれる薄膜が析出する。この薄膜は時として装置運転中にははがれることがあり、めっき液中を浮遊しているはがれた薄膜がウェーハ表面に到達した場合には当該箇所のめっきはそれ以上行われず、めっき不良となり最終製品の歩留まり、信頼性を下げる要因となる。

これに対して新規開発した装置「E☆REX」では不溶解アノードを採用している(写真3)。材料はタングステンを使用しその名のおり溶解しないため定期的な交換は必要ない。消耗品コストを下げるだけでなく、前述した定期的な保守管理も必要なく、装置生産性を向上できる。またブラックフィルムを生成しないため、これも前述した最終製品の歩留まり、信頼性に影響しない。このように利点のある不溶解アノードであるが、懸念点として考えられることはめっき時のアノード部主反応で発生する酸素気泡によるめっき成長妨害が挙げられる。反応式を以下に示す。



他社のめっき装置が主として採用しているウェーハを下向きに設置してめっき液中に挿入し、アノードがめ

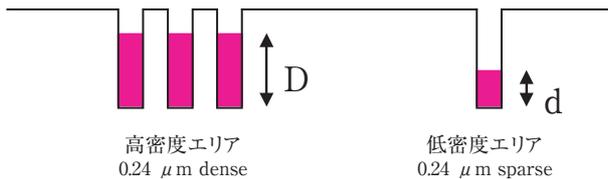


図5 配線溝例(断面図)
Fig. 5 Pattern density variation

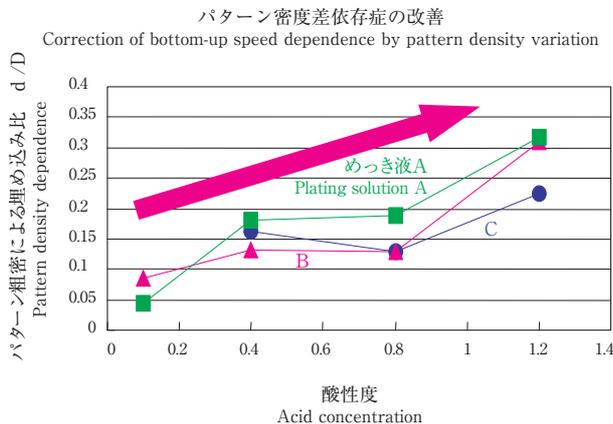


図6 めっき液酸性度とパターン粗密による埋め込み性能比
Fig. 6 Acid concentration dependence



写真3 不溶解アノード
Photo 3 Inert anode

05-87 03/207

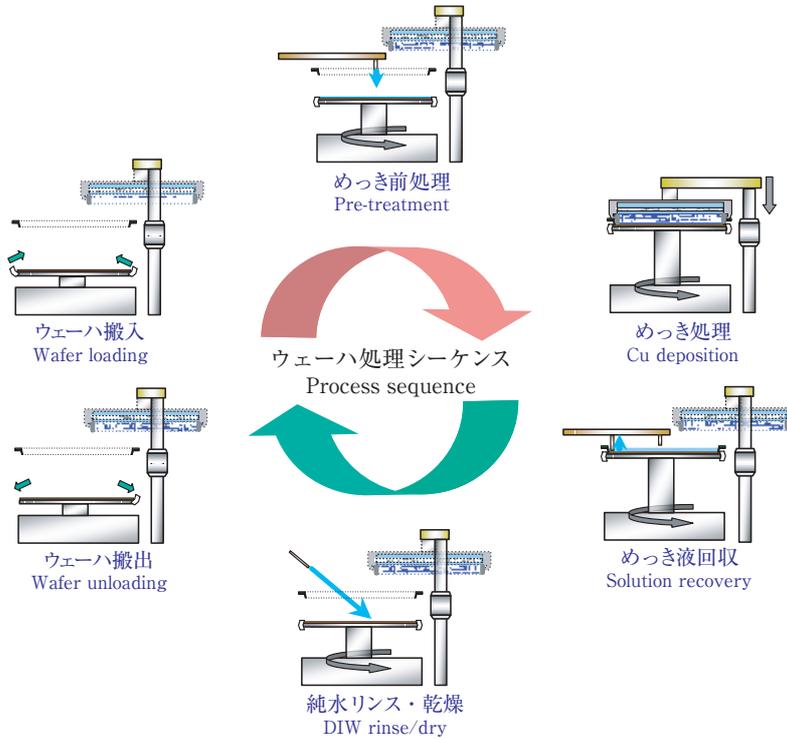


図8 ウェーハ処理シーケンス
Fig. 8 Process sequence

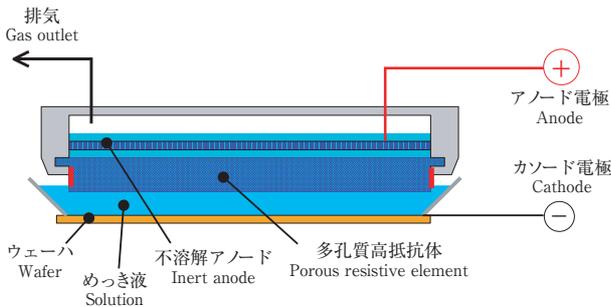


図7 アノードヘッド構造
Fig. 7 Anode head

き液中、すなわちウェーハ下部に存在する方式の場合、アノード上で発生した前述の気泡がめっき液中を通りウェーハ上に到達すると、はがれたブラックフィルムの場合と同様めっき成長を妨げる要因となることから、気泡がめっき中のウェーハに到達するのを防ぐ仕組みが必要となる。しかしながらE☆REXのめっきセルではそれとは逆にウェーハを上向きに設置し、アノードはウェーハ上部に存在するように配置した。そこで生成された気泡はウェーハ表面に到達することはなく、歩留まり、信頼性に影響しない(図7)。

5. めっきセルデザイン

E☆REXで採用したセルデザインはめっき前処理、後処理を同一セル内でそれぞれめっきプロセスの直前、直後に実施することができる。図8に一連のウェーハ処理シーケンスを示す。これにより前後処理を別セルで行う場合と異なり、連続搬送時にレシピ条件等により装置内の一部ウェーハに対して搬送が停滞した場合でも、個々のウェーハに対する各処理時間差のばらつきがなく、すべてのウェーハに対してプロセス性能を同一に保つことができる。

6. まとめ

テクノロジーノード90 nm世代以降のめっきプロセス要求に対する取り組み、及びそれを具現化した新装置の概要について述べた。独自の高抵抗体の優位性を生かし、めっき液の開発と合わせウェーハ面内均一性、埋め込み性、オーバプレート抑制、膜質信頼性の確保等のプロセス性能諸要求及び量産環境下でのプロセス性能安定性、再現性、保守管理頻度の低減、消耗品コストの低減等、装置性能諸要求をより高い次元で達成すべく開発を継続中である。