

小型多機能ウェットステーション MAGELLAN®

1. はじめに

90nmのテクノロジーノードと比較して65nmノードの洗浄プロセスでは微細構造パターンに対するダメージ制御がより重要なファクターとなる。特にロジックデバイスの高アスペクト孤立ゲートパターンはダメージに対して敏感であり、微粒子の除去性能を従来並みに維持しながらダメージを抑えることが難しくなっており、新たな洗浄方式の確立が求められている。

当社が新たに上市し、納入実績を積んでいるウェットステーションMAGELLAN®は、ダメージ低減に対して様々な最適化を実現した新たなイメージョンシステムである。十分な物理的作用を持たない浸漬式洗浄装置は欠陥異物を除去するためにメガソニックによる波動を利用しているが、65nmノードではメガソニックによるダメージが顕在化しつつある。

MAGELLAN®では、メガソニックによって発生するキャビテーションの特性や、そのサイズや数を最適化するような改良をメガソニック本体や洗浄槽に施し、またメガソニックエネルギーの槽内分布の均一化、液中の溶存ガスの制御など、様々なパラメータを制御することにより、ダメージがなく、且つ高いパーティクル除去性能を達成出来るメガソニックプロセスを構築している。

また300mm 65nmのデバイス製造における洗浄装置に対する市場ニーズは、高い生産性を維持しながら1チップあたりの製造コストを従来品よりも30%~40%程度削減し、少量(変量)多品種の生産形態にみあうよう、1台の装置で様々なプロセスに対応することである。MAGELLAN®の装置開発コンセプトはこれら市場のニーズを考慮し、従来タイプのウェットステーションにスプレー装置のメリットを融合したものとなっている。

スプレー装置のメリットはシングルパスで多様な薬液が使用できるため、柔軟性が高く、フットプリントが小さいことである。一方、ウェットステーションのメリットはスループットが高く、パーティクルの除去能力が高いメガソニックが使用できること、また今後の乾燥技術として期待されているマランゴニ力を利用したリンス/ドライテクノロジーが適用できることである。当社ではこれらの技術を融合し、複数の薬液処理、リンス、乾燥が可能なシングルパスモジュールを新規に開発し、MAGELLAN®に投入した。また同時にSPMやりん酸などの高温薬液処理に対応する循環モジュールも用意している。槽の小型化はもとよりFOUPバッファのコンパクト化などにより、装置全体の小型化を徹底した。各モジュールの構成は自由自在に行える。シングルパスモジュールと循環モジュールを自在に組み合わせることが可能であり、シングルパスモジュールでは、薬液の混合・希釈比をプログラム上で任意に変更出来る。処理するモジュールの順番はロットに応じた対応が可能であり、柔軟性に富んだプロセスを提供する。

2. システム構成

システム概要を図-1に示す。FOUPバッファとウエーハ移載機、STGリンス/ドライモジュール、プロセスモジュールで構成されている。プロセスモジュールは必要に応じて2つから5つまで連結が可能である。最低構成単位である2プロセスモジュールの場合、フットプリントは7.0m²と大変小さく、フットプリントの点においても優位性を有している。

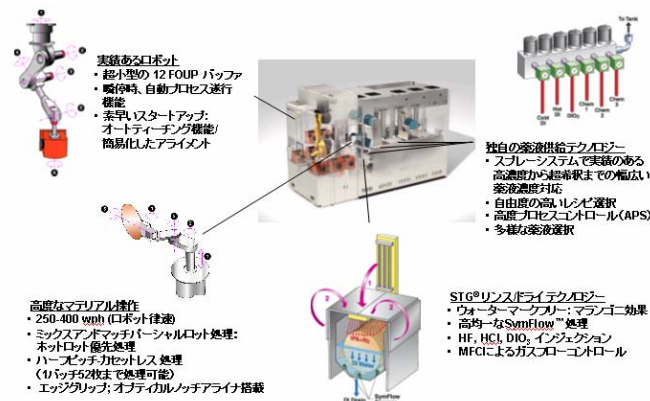


図1 : MAGELLAN®システム概要図

2-1 FOUPバッファとウエーハ移載機

FOUPバッファに搭載されているロボットは高い信頼性と実績を誇る多関節ロボットを採用した。AGV(Automated Guided Vehicle), PGV(Personal Guided Vehicle)などの自動搬送システムからFOUPカセットを受け取るポートは2つ設置した。フープ内のカセットからウエーハを取り出し処理ロットを編成する移載ロボットは枚葉ロボットである。ウエーハ面をface to face, face to backいずれの方向にもセット出来、ハーブピッチ(5mm)で52枚ロットとなる。スループットは200wphを確保しており、プロセス時間に対して十分な処理能力を有する。多機能なWIP(Wafer in Process)マネージメントが可能なのが最大の特色であり、ミックスアンドマッチ処理、ホットロット処理などフレキシブルに対応する。

2-2 プロセスモジュール

プロセスモジュールは二つのタイプを用意した。シングルパスタイプと循環タイプである。

シングルパスタイプの薬液供給系にはスプレーバッチシステムで実績のある薬液混合マニホールドを搭載している。SC-1, SC-2などの薬液混合レンジは5:1:1から300:1:1まで、希釈HFでは、10:1から1000:1まで広い範囲をカバーする。スプレーバッチシステム同様、ワンパスで数種類の薬液で連続処理が可能である。メガソニックの振動子を槽の底部に取り付けることも可能であり、SC-1処理時のパーティクル除去能力向上を図れる。マランゴニ効果を利用したSTGリンス/ドライを行う乾燥モジュールに薬液混合マニホールドを装着してシングルパスの機能を持たせることも可能である。

循環タイプでは、薬液を循環させながら使用する。循環ループと処理槽にヒーターを組み込んでいる。主として、SPMやりん酸プロセスなどの高温プロセスに対応する。

これらのモジュールを組み合わせ、GUI(Graphic User Interface)を通じて自由にレシピを作成できる。モジュールの構成例とアプリケーションの例を図2に示す。多様なアプリケーションに対応可能なことが理解されるであろう。

PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
<ul style="list-style-type: none"> • H₃PO₄ • H₂SO₄+O₃ • H₂SO₄+H₂O₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • SC1 Meg. • SC2 • DIO₃ • QDR/OFR 	<ul style="list-style-type: none"> • HF • BOE • H₃NO₄+HF +Acetone 	<ul style="list-style-type: none"> • Rinse 	<ul style="list-style-type: none"> • STG® R/D • QDR/OFR • DIO₃ • HF, HCl
Recirculated	Recirculated or S.P.	Recirculated	Single Pass	Single Pass

GUIコントロールにより、簡易にアプリケーション変更

Application	Chemical Sequence	Process Module Sequence
Pre Diffusion	SC1-R-HF-R-SC2-R-R-D	2-2-3-2-2-4-5
	SC1-R-HF-R-HCl-R-R-D	2-2-3-5-5-5-4-5
Pre Gate	SC1-R-HF-R-DIO ₃ -R-D	2-2-3-5-5-4-5
	EHF-R-PIR/O3-R-R-D	3-4-1-4-5-5
Post Ash	SC1-R-SC2-R-R-D	2-2-2-4-5
	PIR/O3-R-R-D	1-2-4-5
Nitride Strip	PIR/O3-R-SC1-R-R-D	1-2-2-2-4-5
	PIR-R-SC1-R-R-D	1-2-2-2-4-5
Oxide Etch	HF-R-H ₃ PO ₄ -R-SC1-R-R-D	3-4-1-2-2-2-4-5
Poly S Etch	HF-R-R-D	3-4-5
	H ₃ NO ₄ /HF/Ace-R-R-D	3-4-5

図2: 処理槽レイアウト例と対応可能なアプリケーション

3. ダメージ低減のための装置及びプロセス開発

冒頭に述べたダメージ低減に対する施策の幾つかを紹介する。図3は、一つの例として、槽内のメガソニックのエネルギー分布の最適化WORKの結果を示している⁽¹⁾。

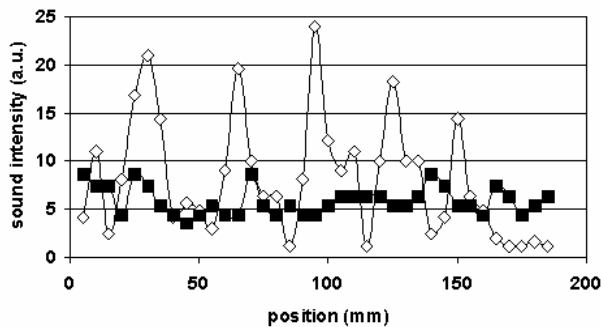


図3: メガソニック強度分布均一化
◇従来条件 ■新規条件

メガソニックの強度は、槽内で局所的に高い領域が存在し、この領域においてセンシティブな構造体に対しダメージが発生する。上記は、槽構造などを改良することにより、槽内のメガソニック強度を低位安定化させており、ダメージをコントロールし易くしている。

またメガソニックを印加する浸漬式プロセスでは溶液中に含まれる溶存ガスがパーティクルの除去能力に大きく影響する。図4はSC-1溶液中に含まれる溶存ガスの値によるパーティクル除去率の依存性を示したものである⁽²⁾。

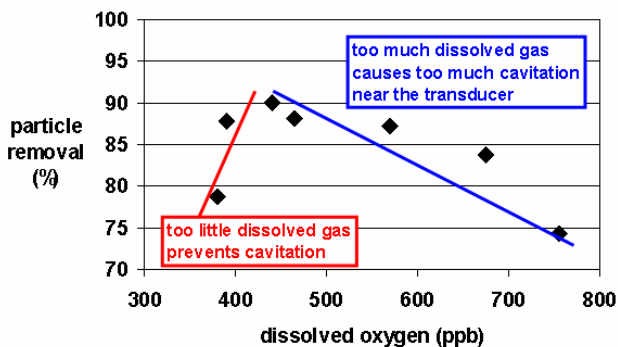


図4: SC-1溶液中の溶存ガスに対するパーティクル除去率依存性

パーティクル除去に関し、最適なポイントがあることが示されている。これは溶存ガスレベルが高いと殆どのメガソニックエネルギーがバブル形成のために使われ、タンクの底部近くで消費されてしまうため、除去率が低く、一方、溶存ガスレベルが低いとパーティクル除去に寄与するキャビテーションバブルの発生が不十分になり、やはりパーティクル除去率が低下してしまうためと考察されている。

これら様々なプロセス条件を最適化することにより、当社はMAGELLAN®で、ダメージのない高いパーティクル除去能力を達成出来るプロセスを構築した。図5はその結果を示している⁽¹⁾。60nm幅、高さ220nmのポリシリコンのアレイ構造に対し、従来のプロセスではダメージの発生が観測されているが(上図)、最適化された条件ではダメージが観測されていない(下図)。

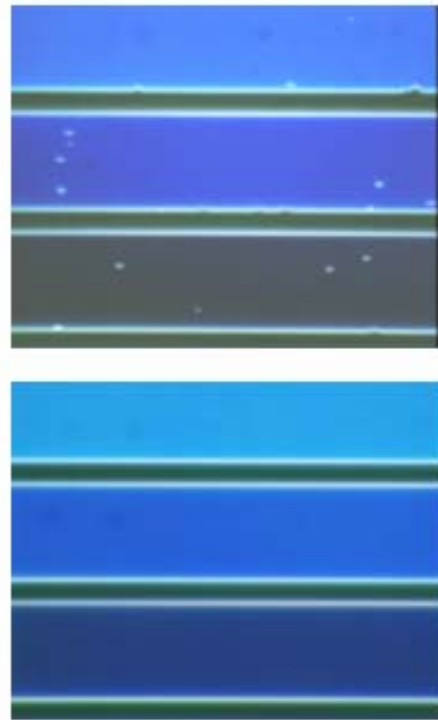


図5: 60nm幅、220nm高さのポリシリコンアレイ構造でのダメージ制御 上: 従来条件 下: 最適化条件

ダメージのない条件(下図)において、酸化膜のエッチングロスが1Å以下、24時間以上エージングされたシリコンナイトライドパーティクルの除去率は90nm以上の粒子径に対し、80%以上を達成している。

4. 高温リン酸の連続再生システムによる窒化膜剥離

循環バスによる高温プロセスの例として、高温リン酸を用いた窒化膜剥離プロセスについて紹介する⁽³⁾。当社は昨年、高温リン酸の循環システム「NISON1800」で300台を超える納入実績を誇る日曹エンジニアリング株式会社の半導体製造装置部門と事業統合を行なった。事業統合後、高温リン酸液の循環のみならず、連続的に再生が可能となる「NISON VESPER」を発表した。

窒化膜剥離プロセスでは、リン酸液中に珪素が溶け込み、珪素化合物であるポリシロキサン (-(Si-O)n-) が形成されていく。窒化膜のエッチングが進むにつれ、この珪素化合物が増加し、過飽和状態になると結晶化して析出する。(図6参照)

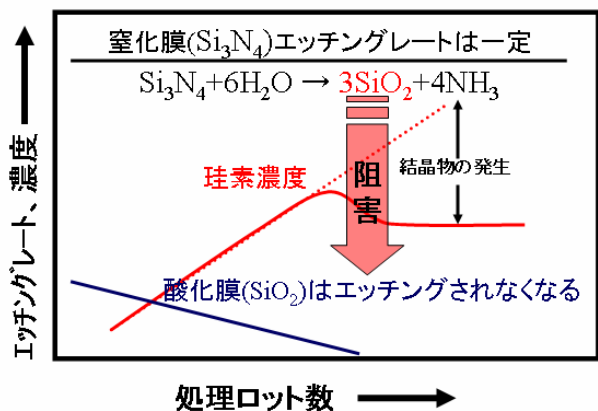


図6：窒化膜剥離における処理ロット増加の影響

これが循環システムのフィルタに捕集され、圧力損失が損失する原因となる。このため、高温リン酸液はある程度のロット処理を行なった後に交換する必要があった。当社が新たに開発した「NISON VESPER」ではリン酸液中の珪素化合物を処理中に適切に除去することにより、連続運転を維持したまま再生を行なうことが出来る。既に200mmラインで充分な稼働実績を積んでおり、MAGELLAN®の循環バスと組み合わせることにより、300mmラインへの導入も進めている。

処理液の原料であるリンは需要がタイトになっており、バス交換を必要としない本プロセスは今後大きな注目を集めていくものと思っている。

5. おわりに

当社では、本MAGELLAN®システムでのダメージ低減WORKや高温リン酸での連続再生プロセスの導入に注力している一方、元々メガソニックを用いない遠心スプレー式洗浄装置や、ダメージレスの極低温エアロゾル洗浄装置を商品群としてラインナップしている。これらの商品群の単独或いは組合せにより、来る65nmノードで課題となる各種洗浄プロセスに対応していく。

参考文献

- (1) K.Christenson et al. : Damage Free Batch Megasonic Cleaning, ECS 2003
- (2) Jeff Butterbaugh et al. : Minimizing Oxide Loss in Immersion SC1 Process, ECS 2003
- (3) 伊豆田 : エム・エフエスアイのウェットエッチング装置 : 特集SEMICON JAPAN 2003, Electronic Journal 2003年11月号