

フォトリソグラフィは半導体ウェーハプロセスにおける最も重要なプロセスの一つで、デバイスノードの微細化やユーザーニーズの多様化により、さらに複雑なフローになってきています。最新のコータ・デベロッパ装置はこれらの要求に応えるために、微細化プロセスへの対応とハイスループットを重要なファクターとして位置付けています。

インテグリスは、独自のツーステージ・テクノロジーを応用したディスペンスシステムを通じて、微細化プロセスへの対応、COO（コスト・オブ・オーナーシップ）およびOEE（全体的装置稼働効率）の改善を提案しています。

ここでは、ディスペンスシステムの進化と新たなソリューションについて紹介します。

ツーステージ・テクノロジー

これまでの標準的なディスペンスシステムでは、ろ過とディスペンスが1台のポンプで制御（シングルステージ）されており、ポンプの2次側にフィルターが配置されています。そのため、フィルターの経時的状態変化（粒子、ゲル、気泡の負荷）によってディスペンス性能が左右されます。また、フィルターの微細化によってろ過差圧が高くなる傾向にありますので、次世代

ノードへの適用には不利なファクターが増えることとなります。インテグリスのディスペンスシステムは、ツーステージ・テクノロジーを採用したモデルを1992年に発売（当時の社名はミリポア）してから、ユーザーニーズの変化とともに進化を続けてきました。ツーステージ・テクノロジーの基本的な概念は、ろ過とディスペンスを独立して制御するために2つのポンプをフィルターの1次側と2次側に搭載しています（図1）。このテクノロジーによって、長期間に渡って安定した高精度ディスペンス、低圧損ろ過、省レジスト、マイクロバブルの低減などを実現してきました。そして、テクノロジーの進化とともに、小型化と高機能化を進めてきました。ツーステージ・テクノロジーについては、ZERODEFFECTS No.8（1999年11月発行）でより詳しく紹介しています。

システムの小型化

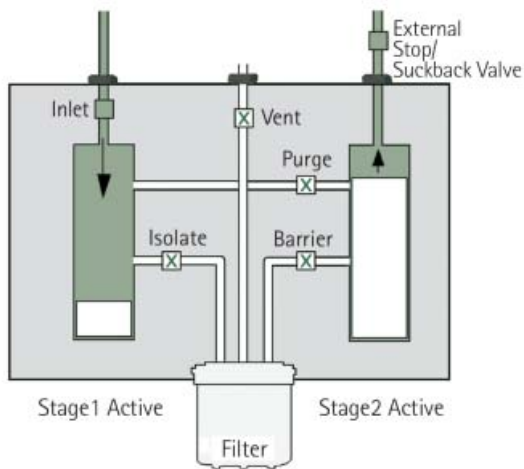
最新のインテリジェンミニ・ディスペンスシステムは、これまでのインテリジェンに比べて最小の設置スペースを実現しています。図2の写真において、右側のインテリジェンミニは左側のインテリジェン3と比べて、高さ方向が約1/2のサイズであることが分かります。インテリジェンミニの設置スペースは、代表的なシングルステージの最新モデルとほぼ同じで、最新のコータ・デベロッパ装置への搭載サイズを満たしています。

微細化プロセスへの対応

最先端レジストのろ過には、既に10nmの粒子除去性能を有するフィルターが採用されています。ツーステージ・テクノロジーは、その低圧損ろ過により、10nmフィルターのプロセスへの適用を可能としました。また、インテグリスのメンブレンテクノロジーとの融合により、ARC、シュリンク剤など、微細化プロセスに必要なフォトケミカルに対応するフィルターを選択できます。

図1. ツーステージ・テクノロジー

ディスペンスサイクル



ろ過サイクル

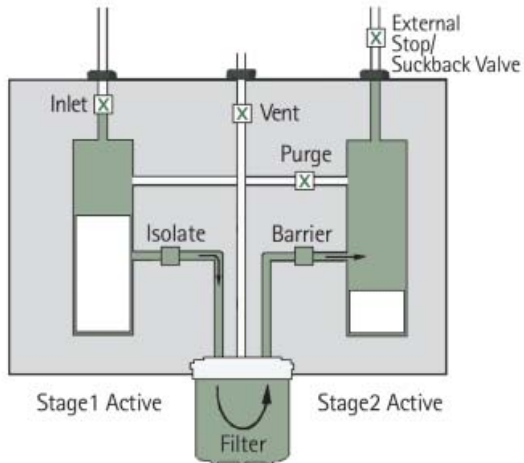
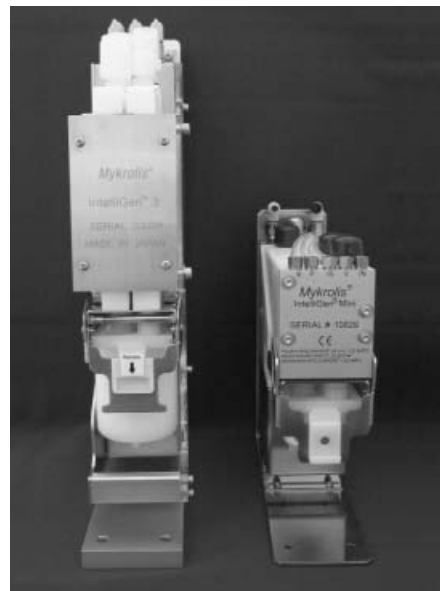


図2. 新旧のインテリジェン



ウェーハ欠陥の低減、生産性向上のための新機能

インテリジェンミニには、マイクロバブルやゲルの低減、塗布状態の確認、省レジストのためなどの新機能が盛り込まれています。ここでは代表的な機能をいくつか紹介します。

● 吸液レートの制御

従来の吸液ポンプは、ニューマチック駆動で吸液レートは使用条件に依存していました。インテリジェンミニではステッピングモーターを採用することにより、吸液レートを任意で制御(0.1~3.0ml/sec)できるようになりました。これにより、吸液時の発泡を抑えることができます。

● 一定圧力ろ過

ろ過圧力はマイクロバブルの低減、ディフェクト低減の重要なファクターです。インテリジェンミニは、フィルター2次側の圧力を検出し、一定の圧力(6.9~41.4kPaの範囲で設定可能)でろ過されるように、ディスペンスポンプでろ過レートを一定制御しつつ、フィードポンプを可変制御することによって、一定の圧力を保持します。一定圧力を保持出来ない場合はエラーを出力します。

フォトケミカルの変性を最小限に抑えけるとともに、マイクロバブルやゲルの変形通過を除去もしくは低減できます。また、フィルターの目詰まりなどで制御できない場合は、エラーになります。図3は、ろ過圧力を27.6kPa(4psi)に設定した場合の圧力波形です。

● ディスペンス解析ツール(Dispense Confirmation)

この機能は、ディスペンス時の圧力波形を正常時の波形と比較し、許容範囲から外れた場合は、エラーを出力させることができます。図4は、実際に生産ラインに導入されたインテリジェンミニをお客様が評価した事例です。この評価では、ポンプとストップ・サックバックバルブ間に、約0.14mLの気泡をシリンジで意図的に混入させてディスペンスし、ディスペンス解析ツールを使って検証しました。この様に、僅かな気泡混入やストップ・サックバックバルブの動作異常により生じた圧力変化を検出することにより、塗布ムラなどの異常をリアルタイムで発見できますので、ウェーハスクラップの大幅な削減につながります。

図3. 圧力波形

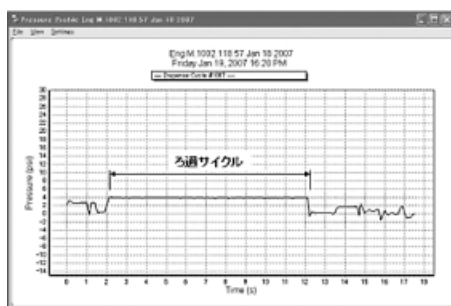
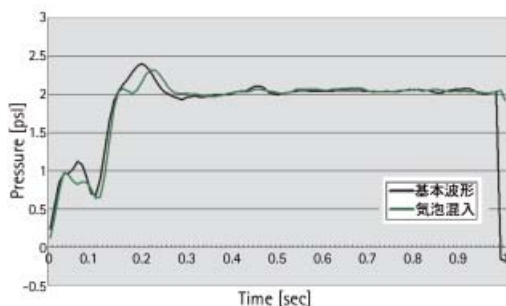


図4. ディスペンス解析データ



省レジスト、省薬液

インテリジェンミニには、ツーステージ・テクノロジーによる安定した高精度ディスペンス以外にも、いくつかの省レジストを実現する要素が追加されています。

● インパクトミニフィルター

既存のインパクト2フィルターは、ホールドアップポリウムを55mlまで抑え、その優れた液置換特性により省レジストに貢献してきましたが、新たに追加されたインパクトミニフィルターは、さらにその約1/4である15mlまで抑えました。

● 効率的なプライミング(通液)

システムの立ち上げおよびフィルター交換に伴うプライミングにおいて、ベント、循環、排出の各動作をシーケンスとして任意のパラメータで制御できるようになりました。これにより、簡単な操作で最適な条件を実行できますので、操作性の向上だけでなく省レジスト、省薬液にも結び付きます。

● ベント量の制御

吸液ポンプがステッピングモーター駆動になり、ベント量を定量的に制御できるようになりました。正確なベント量を知ることにより、省レジスト、省薬液に結び付けることができます。

終わりに

インテリジェンミニは、これらの新機能およびプロセスでの実績が高く評価され、「Semiconductor International」誌の「2007 Editor's Choice Best Product Award」を受賞しました。今後もインテグリスのテクノロジーを通じて、最先端プロセスの実現や生産性の向上に貢献できれば幸いです。



今年のセミコン・ウエスト会場にて

