

Readout

HORIBA Technical Reports

特集 半導体計測システム

September 1998 ■ No.17

マスフローコントローラーの技術動向と
エステックの対応

Tends in Mass Flow Controller Technology
And the Approaches Taken by ESTEC Inc.

清水哲夫・霜村光造・山口正男・西川正巳

Tetsuo shimizu, Mitsuzo Shimomura, Masao Yamaguchi, Masami Nishikawa

(Pages21-24)

株式会社 堀場製作所

Feature Article
特集論文

マスフロー - コントロ - ラの技術動向とエステックの対応

Trends in Mass Flow Controller Technology and the Approaches Taken by ESTEC Inc.

清水 哲夫 霜村 光造 山口 正男 西川 正巳

(株式会社 エステック , ホリバグループ)

要旨

半導体デバイスの高密度化はますます進んでおり、現在製品化されている64M-DRAMのデザインルールはハーフミクロン以下となっている。これらの超高集積デバイスの製造装置には、高信頼性、高スループット、低コストが要求されている。とくに、ガス供給系のキーデバイスであるマスフローコントローラへの要求は厳しい。本稿ではの技術動向と株式会社エステックの対応について述べる。

Abstract

The density of semiconductor devices has been continuously increased to a point where a half-micron or smaller size has become the design norm of the current 64M-DRAM production models. This trend for very large integration dictates the need for more reliable and less costly production equipment which can also achieve a higher throughput. Particularly, rigorous demands are made of the mass flow controller, a key device of the gas supply system associated with the production equipment. This paper describes trends of mass flow controller technology and the measures taken by STEC Inc. to follow these trends.

1. はじめに

マスフロー - コントロ - ラ (Mass flow controller : MFC) は流体の質量流量を電気的に制御する装置として、広範囲な産業分野で使用されており、とくに、半導体製造工場のほとんどのウェハプロセスにおける気体や液体の計測・制御に広範囲に使われている。プロセスの高度化・多様化にともないMFCへの要望も多様化しているが、基本的には、基本性能・信頼性の向上、ウルトラクリーン、製作及びメンテナンスリードタイムの短縮、自己診断機能、ハード、ソフトの標準化によるトータルコストダウン、ガス供給系としてのトータルギャランティー、安全性・環境面への対応などがMFC開発のポイントとなる。以下にMFCの技術動向と当社での対応について述べる。

2. MFCの技術動向

ウェハの処理方式がバッチ式から枚葉式へ移行するに伴い、高速処理の要求からMFCの応答速度は現在1秒以下にまで性能が向上している。これはMFCのコントロールバルブの熱膨張を利用したサーマル方式からピエゾまたはソレノイド方式に変更することにより達成された。また流量センサも構造、駆動回路等の改

善により1秒以下の応答性が得られている。

一方、クリーン化の4原則である、外部リークフリー、アウトガスフリー、パーティクルフリー、デッドボリュームフリーの要求に対しは、それぞれ次のような手法で対応をしている。

- ・メタルオリングによる外部シールにより外部リーク 5×10^{-12} Pam³/h 以下を達成
- ・接ガス部のオールメタル化及び内面研磨による脱ガスの極小化の達成。
- ・バルブシートの平坦化による、パーティクルの排除。
- ・メタルダイヤフラムバルブの採用による、デッドボリュームの極小化の達成。

一方、さらなる半導体デバイスの高集積化と多様なニーズへの対応のため、次に述べる小型化・集積化、特殊用途への対応、デジタル化などによる高性能化を行っている。

3. 小型 MFC

小型MFCは製造装置のクリーンルーム内の専有床面積の低減、ガス系のデッドボリュームの低減などダウンサイジング対応機種である。図1に当社の小型マスフローコントローラ SEC 7300 シリーズを示す。



図1 小型マスフローコントローラ SEC 7300 シリ - ズ
Compact Mass Flow Controller SEC-7300 Serie

SEC 7300シリ - ズは次のような特長を有している。

- ・イン / アウトの継手間距離が従来機種に比べ 18mm 短く 106mm である。
- ・フルスケ - ル 5CCM から 30LM まで同一継手間距離であり、流量変更に伴う配管の変更が不要。
- ・5%以上の全流量域においてほぼ 1 秒以内の応答速度が得られている。
- ・アウト側継手の下側取り出しが可能であり多様なガス系の形状に対応可能。
- ・酸化クロム不動態化(CRP)処理(オプション)により、超高純度ガス供給系、腐食ガス供給系にも対応可能。
- ・本体の幅が 28mm のため配管ピッチ 30mm に対応可能。

このように取り付け自由度が高い構造の小型 MFC は、今後、製造装置のダウンサイジングが進められる上でますます重要性が増してくるものと考えられる。

4. 集積化ガスシステム

従来のガス供給系は、個別コンポ - ネットを配管で接続してきた。さらなる、ガス供給系の小型化の目的で、個別コンポ - ネットを直接接続してガス供給系を組み立てる集積化ガスシステムが多く開発され製品化されている。しかし、過度の小型化・集積化はシステムの施工やメンテナンス時の取り扱いに支障をきたす場合もある。ガス供給系全体としては、小型化だけではなく、生産性、メンテナンス性といった面からのト - タルコストダウンも重要なファクタになる。

以下に集積化ガスシステムへの要求事項と当社の対応をまとめた。

(1) 耐食性の向上

ガス供給システムを構成するコンポ - ネットの接続方法は、従来、コンポ - ネット自体に構成された継手と溶接により構成された流路配管継手とを接続する方法が採られている。この方法は、小型化や仕様変更な

どには対応しにくく、溶接箇所が多いため耐食性に劣る。集積化ガスシステムでは、各種の平面シ - ル方法により、配管、継手及びコンポ - ネット間の溶接箇所を激減させ耐食性向上を図っている。

(2) 高メンテナンス性

全てのコンポ - ネットが共通の接続形状となっており、上方向から垂直荷重で組み込まれている。このため施工・メンテナンス時のコンポ - ネット脱着を容易に行うことができる。

(3) ト - タルコストダウン

ガス供給系のトータルのコストダウンをはかるため次の諸点が配慮されている。

- ・溶接箇所を大幅に減らし、溶接施工時間の短縮、溶接費用を削減。
- ・ガス供給系全体の小型化により省スペース化。
- ・据え付け時間、メンテナンス時間の短縮。
- ・構成パ - ツの標準化による設計・製作時間の短縮。

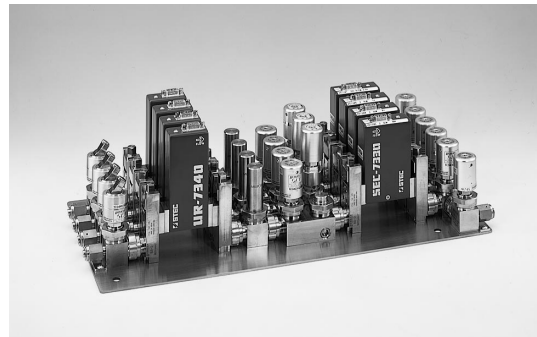


図2 集積ガスシステム
Integrated Gas System

集積ガスシステムの 1 例を図 2 に示す。

集積ガスシステム化をはかることにより、ガス供給系の高性能化、ダウンサイジング、ト - タルコストダウンといった様々な要求に柔軟な対応が可能となる。しかし、一方では、各コンポーネントの接続部がメーカー間で異なるなどの不都合も少なくない。この点に関しては、メーカ、業界を越えた標準化が必要で当社も積極的に関与している。

5. 特殊用途への展開

5.1 傾斜影響対策 MFC

半導体製造装置の小型化にともない、ガス系も垂直方向にレイアウトされる事が多くなっている。また、プ

プロセスの多様化にともい、使用されるガスの種類も非常に多くなっている。しかし、分子量の大きなガスを垂直にマウントされたMFCで使用すると、センサー部分で加熱されたガスがMFC内部で循環を起す傾斜影響（サーマルサイフォン現象：図3）を生じ計測精度が低下する。

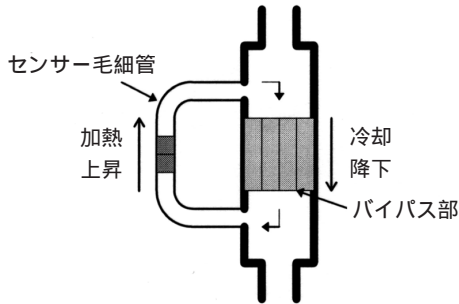


図3 サーマルサイフォン現象
Thermal siphoning effect

当社では、流量センサー部分に対流を防止するためのヒーターを追加することにより、あらゆるマウント方向に対して、サーマルサイフォン現象の発生を原理的に排除したSEC-4400MFの製品化を行った。センサーの構造を図4に、対策前後の傾斜影響を図5に示す。傾斜影響は13% FSから0.3% FSへと大きく改善されているのがわかる。

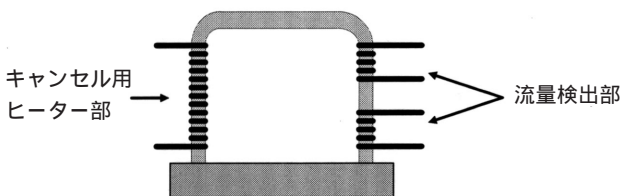


図4 サーマルサイフォン現象対策センサの構造
Structure of the redesigned sensor for thermal siphoning effect

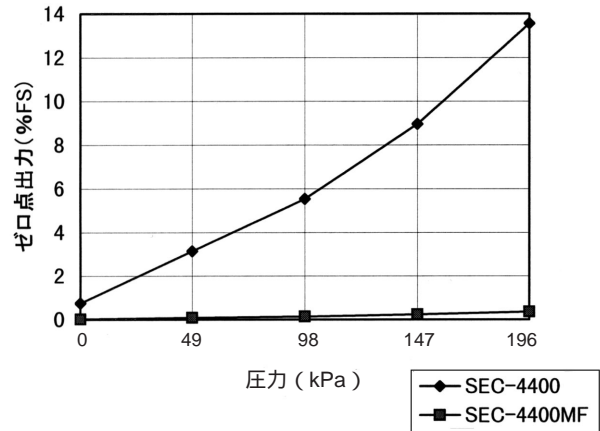


図5 サーマルサイフォン現象対策の効果
Zero point shift before and after the design change

5.2 低差圧対応 MFC

イオンインプラプロセスに使用されるガスには、アルシン・ホスフィンなど、ハンドリングに危険を伴うガスが使用される。これらのガスを安全にハンドリング可能としたのがSDS(Safe Delivery System)と呼ばれる供給方式である。このシステムに使用されるシリンダにはゼオライトと呼ばれる多孔質結晶状の物質が封入されており、充填ガスはこれに減圧状態で吸着されている。従って、仮にリークが生じても大気中に吹き出すことはなく危険性は低い。また安全面だけではなく、通常的气体ポンベに比べ5～10倍の供給量があるため、ランニングタイムが長く、プロセスのダウンタイムの低減や、シリンダー交換時のコンタミを低減できるなどのメリットがあり、近年非常に注目されている。

SDSで使われるガスシリンダの内圧と残量の関係は図6のように非線形となっている。このため、この供給系に使用されるMFCには、低圧(1.3kPa程度)まで安定にガスを制御可能なことが要求される。従来のMFCでは、6.7kPa付近までしか制御することができず、約50%の材料を残したままシリンダーを交換することとなる。

当社では、SDSに対応するため、流量センサーの内径を太くした低差圧対応のMFCとしてSEC-7300LDを製品化した。これによりMFCの1次側圧力が1.3kPa付近になるまで、安定に供給することができる。SEC-7300LDは、SDSだけではなく、低蒸気圧の材料に対しても対応可能である。

<サーマルサイフォン現象>

MFCの流量検出部は通常100程度に加熱されている。この部分で温められたガスは、センサー毛細管内で対流を起して上昇し、バイパス部分で冷却されながら降下し、再びセンサーに戻るガス循環を起す。この循環はMFC部だけで完結する結果、制御系全体にはガスが流れていないにもかかわらずセンサー・バイパス部分を循環しているガスが検出され、ゼロ点がシフトする。また、ガスを流した場合には、流量誤差が生じる。この現象は次の条件が重なった場合に起こる。

MFCが垂直に取り付けられている。分子量の大きなガスを使用している。(一般的に分子量が100以上) 高い圧力で使用している。(ゼロのシフト量はガス圧力に比例する。)

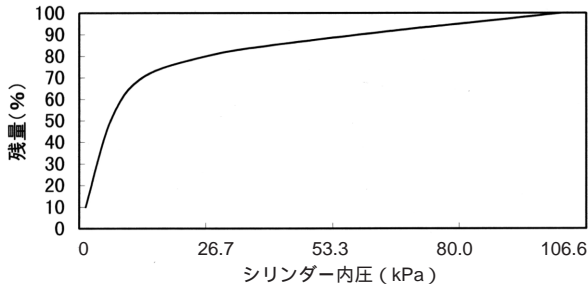


図6 SDSシリンダの内部圧力と残量の関係
Relations between internal pressure and residual gas amount of a cylinder of SDS

6. デジタル化

6.1 デジタルMFC

半導体プロセスの多様化, 高精度化に伴い, MFC に対しても高精度・高機能が求められている。これらの要求にこたえるため, 当社では, CPUを内蔵し, 信号処理・通信系をデジタル化したデジタルMFCを製品化している。図7にデジタルMFCの構成を示す。信号処

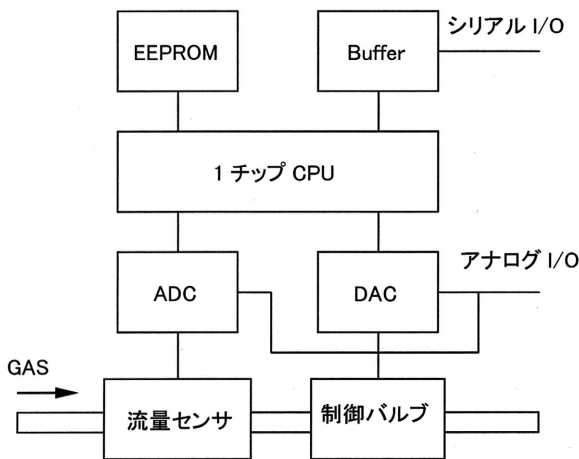


図7 デジタルMFCの構成
Structure of the digital mass flow controller

理のデジタル化により, 自己診断機能, 仕様変更, 高精度, 高速応答等の高機能化が可能になった。また通信のデジタル化により, 伝送誤差の排除による高精度化及び配線の簡略化が可能になった。今後デジタルタイプは, アナログに代わりMFCの主流になるものと考えられる。

6.2 プロトコル標準化

デジタルMFCでの大きな課題として通信方式の標準化がある。SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)では, Device NetとLon Work及びSDS(Smart

Distributed System)を標準通信方式として採用している。

Device Net に対しては, 当社では ODVA (Open DeviceNet Vendor Association Semiconductor Special Interest Group)の動きに従って開発を進めているが, Lon Work についてもサンプルを出荷しており, お客様の事情に合わせて積極的に対応している。

7. おわりに

以上述べてきたように, MFCへの市場の要求はますます厳しくなっている。当社は, 性能, 品質, 納期, そしてコストなど様々な課題を一つ一つ克服し, MFCのリーディングカンパニーとして, 市場の要求に積極的にお応えしていきたいと考えている。本稿がきっかけとなり, お客様から, さらなる問いかけをいただけることを願っている。



清水 哲夫
Tetsuo SHIMIZU

株式会社 エステック, ホリバグループ
開発設計部 副部長



霜村 光造
Mitsuzo SHIMOMURA

株式会社 エステック, ホリバグループ
開発設計部 ソフトチーム リーダ



山口 正男
Masao YAMAGUCHI

株式会社 エステック, ホリバグループ
開発設計部 チーム リーダ



西川 正巳
Masami NISHIKAWA

株式会社 エステック, ホリバグループ
開発設計部

