

マルチガス, マルチレンジ対応マスフローコントローラ SEC-Z500シリーズ

西川 正巳

要旨

300 mmウエハ半導体デバイス時代に入り, 半導体製造装置の導入には高性能, 高信頼性, 低コストが要求されている。ガス供給のキーパーツであるマスフローコントローラにも同様の厳しい要求がある。本稿では, 半導体プロセスの生産性向上のために開発しているSEC-Z500シリーズの特長について, (1) SEMIスタンダード(2787.1)すべてに対応できる外形寸法, (2) マルチガス, マルチレンジ対応, (3) 高精度流量保証, (4) 全領域での応答速度高速化, (5) トラブル予知モニタリング機能内蔵を取り上げて解説する。

1 はじめに

半導体製造プロセスでは, 数多くの質量流量制御用マスフローコントローラ(MFC)が使用されている。近年では1台の半導体製造装置に複数のプロセスチャンバを搭載し, 複数のプロセスを行うことが多くなった。このため使用するガスの種類が大幅に増加し, それに伴い必要となるMFCの数量も増加している。また, 生産性向上のためMFCへの高性能化の要求は加速した。1990年に世界に先駆けて開発した高性能デジタルMFCを基にマルチガス, マルチレンジ機能を追加したSEC-Z500シリーズの開発により, お客様自身がMFCのガス種, フルスケール流量(最大制御流量)を変更して使用することが可能となり, 従来はMFCのガス種, フルスケール流量仕様ごとに持っていたお客様の予備在庫を大幅に削減できトータルコストダウンを可能にした。本稿では, マルチガス, マルチレンジ機能を搭載したアナログ, デジタル兼用MFC SEC-Z500シリーズについて述べる。

2 SEC-Z500シリーズの概要・特長

MFCの仕様に対する要求内容は多種多様であり, すべてのユーザに対応することは極めて困難である。また使用するガス種, 流量も数多くありマルチガス, マルチレンジに対する要求も増えている。これらのMFCへの要求仕様に対する当社の対応について順次紹介する。

(1) SEMIスタンダード(2787.1)すべてに対応できる 外形寸法

MFCのガス接続方法は大きく分けて, 面シールねじ込み継手(VCR*1)と集積型接続(IGS*2)に分けられる。

面シール継手では, 入口側継手先端から出口側継手先端までの寸法が106 mmのコンパクトサイズと, 124 mmのスタンダードサイズの2種類がある。また, 集積型接続においても接続穴間寸法79.8 mmで本体幅37.6 mmのコンパクトサイズと, 接続穴間寸法92 mmで本体幅28.5 mmのスタンダードサイズの2種類があり, これら4種類の接続方法はすべて半導体製造装置に関する国際規格SEMIスタンダード2787.1により規格化されている。

日本国内の装置メーカーではどちらの接続方法においてもコンパクトサイズが標準的に採用されている。表1に各種の接続方法と接続部寸法を示す。

*1 VCRはSwagelok社の登録商標

*2 IGSはIntegrated Gas Systemの略

表1 接続寸法表

接続方法	サイズ	スタンダードサイズ	コンパクトサイズ
VCR	本体幅	28.6 mm (1.125")	28.6 mm (1.125")
	面間寸法	124 mm	106 mm
IGS	本体幅	28.6 mm (1.125")	38.1 mm (1.5")
	穴ピッチ寸法	92 mm	79.8 mm
採用状況	装置メーカー	日本以外	日本

SEC-Z500ではこれらの4種類の接続継手仕様に対し本体ブロック、ケース等を最小寸法で製作しており、接続継手部だけを交換することにより、すべての仕様に対応できるようにしている。

図1にSEC-Z500のVCR仕様の外観を示す。

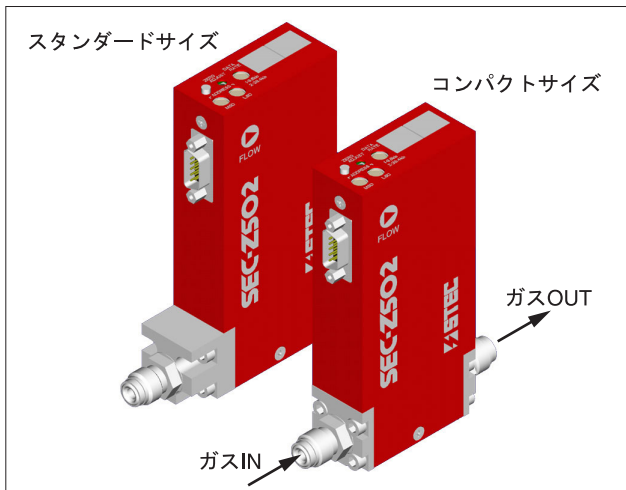


図1 VCR仕様のSEC-Z500外観

図2にSEC-Z500のIGS仕様の外観を示す。

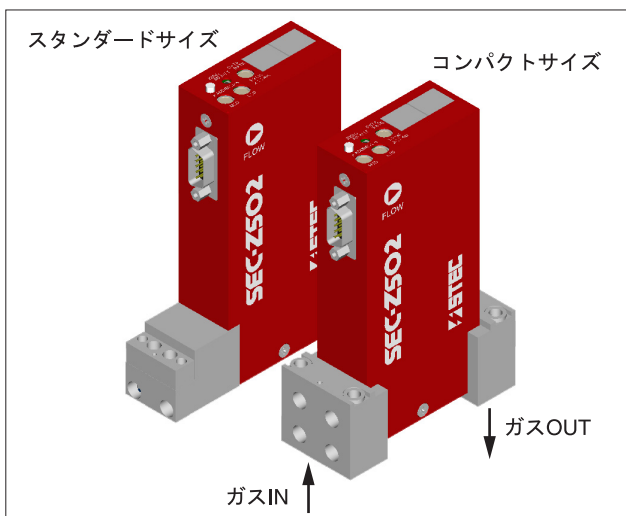


図2 IGS仕様のSEC-Z500外観

(2) マルチガス, マルチレンジへの対応

- ・マルチガス : ガス種を任意に変更できる。
- ・マルチレンジ : フルスケール流量を任意に変更できる。

従来のMFCは限定したフルスケール流量とガス種に調整されており、5 SCCM*3~10 SLM*4の流量範囲とガス種の組み合わせで約150種類もの仕様を製作している。従来は仕様を変更する場合にはMFCを一旦お客様から引き取り、バイパス及びバルブを交換するか流量調整による変更を行う必要があった。SEC-Z500では、専用ソフトで検量線データを書き換えることにより、お客様自身がMFCのガス種、フルスケール流量を自由に変更できる。

半導体プロセスで使用するガス種を、実際に使用するMFCと同型式のMFCに流し、実ガスによる検量線データと応答定数を専用ソフトに蓄積し、実際に使用するMFC本体にインストールすることにより、実ガスでの流量精度の向上と広範囲における流量制御を可能にしている。この方式により11種類のMFCで5 SCCM~10 SLMの流量範囲に対応できる。お客様自身がMFCのガス種、フルスケール流量を自由に変更できるマルチガス、マルチレンジ対応のMFCを使用することは、プロセス条件の変更にも容易に対応できるだけでなく、お客様が管理している予備品の大幅な削減にも繋がる。

- *3 SCCMはガス流量の単位記号で、mL/min(0°C, 101.3 kPaにて)を表す。
- *4 SLMはガス流量の単位記号で、L/min(0°C, 101.3 kPaにて)を表す。

(3) 高精度流量保証

MFCの流量制御範囲も成膜プロセスの多様化に伴い、低流量域からフルスケール流量域まで広範囲での精密流量制御が要求されている。

従来のMFCの流量精度保証は、 $\pm 1\% \text{F.S.}$ (フルスケール)であった。このため、低流量域で使用する場合の流量精度は悪くなり、高精度に流量制御を行うためにはフルスケールの異なった2台のMFCを並列に配置し、制御する流量によって使用するMFCを選択する必要があった。

SEC-Z500では、高精度流量計Molbloc (DHI製)による流量調整と多項式による多点流量補正により、 $100\% \sim 25\%$ の流量範囲で $\pm 1\% \text{S.P.}$ (セットポイント), $25\% \sim 2\%$ で $0.25\% \text{F.S.}$ (フルスケール)の流量精度を保証しており、低流量域においても高精度な流量制御が可能になっている。この高精度流量保証により、1台のMFCを広範囲で使用できるようになった。また、ライン数の削減にも繋がり、ガス系全体のコストダウンにも貢献している。図3に $1\% \text{F.S.}$ と $1\% \text{S.P.}$ ($0.25\% \text{F.S.}$)の流量誤差(%S.P.)を比較する。

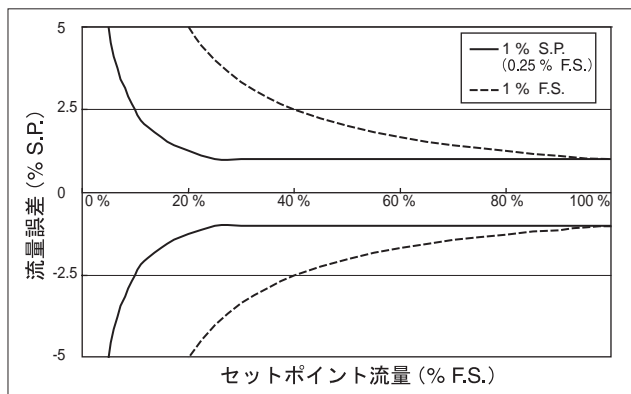


図3 1% S.P. (0.25% F.S.)と1% F.S.の精度比較

(4) 全領域での応答速度高速化

半導体プロセスにおけるガス制御では立ち上がり応答速度のばらつきは、直接プロセスのばらつきに繋がる。従来のMFCでは、フルスケール付近への立ち上げで1秒以下の応答速度を実現できているが、低流量域への立ち上げの場合、応答速度が遅くなり応答のばらつきを生じる場合がある。SEC-Z500は、すべての設定流量において高速応答であり、ラインごとの応答のばらつきを抑えている。一般的なMFCは、PID係数が1つもしくは、設定流量にゾーンを設けそのゾーンごとにPID係数を持たせている。この方法では、特定の流量設定値での応答速度を速くすることはできるが、すべての設定流量に対して1秒以下の実現は難しい。SEC-Z500に採用したPID制御は、制御したい流量値とガス物性値に合わせてPID定数を連続変化させるアルゴリズムを採用し、高速応答性能の大幅な向上を実現している。ガス種、フルスケールを変更した場合でも安定した応答性能を維持している。この性能は、マルチガス、マルチレンジ対応にはなくてはならない機能であり、プロセスの安定性向上に貢献している。図4にSEC-Z512の N_2 流量10 SLMの立ち上がり応答を示す。

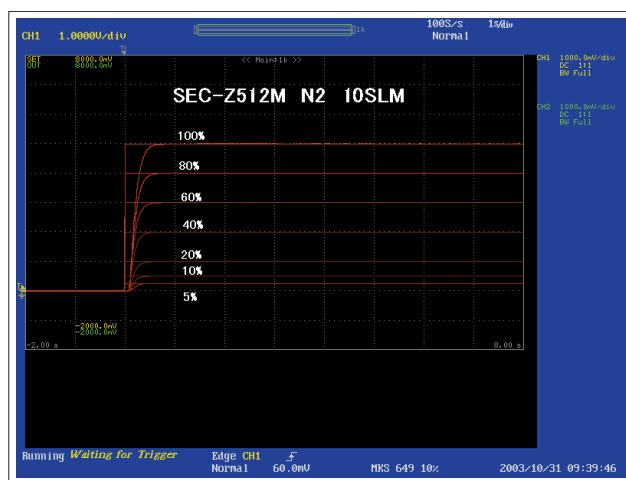


図4 応答データ

(5) トラブル予知モニタリング機能内蔵

ガス系のトラブルシューティングを効果的、効率的に実施するのは、従来のアナログMFCからの情報では困難と言える。SEC-Z500は、デジタルでの通信機能を備えており、このデジタル通信によるMFCのコンディション情報をモニタリングすることが容易に行える。コンディション管理することにより、MFCが制御不能になってからMFCの交換などのメンテナンスを実施するような今までの方法ではなく、制御不能に至る前にMFCの変化を捉え、計画的にメンテナンスを実施することが可能である。これにより、ガス制御システムの突発的なダウンを未然に防ぎ、システム稼働率の向上に繋がられる。SEC-Z500が有する代表的なアラーム機能として、ピエゾアクチュエータバルブへの印加電圧が制御に必要な閾値を超えた場合に、アラームを出力するバルブ電圧モニタ機能がある。

3 おわりに

SEC-Z500の特長に挙げた高精度で高速な流量制御技術、及びマルチガス、マルチレンジによるコスト削減は、今後ますます進化する半導体プロセスの発展に大きく寄与することを確信している。



西川 正巳

Masami Nishikawa

株式会社エステック
開発設計1部 機械設計チ-ム
チ-ムリーダー