

# Product Introduction

新製品紹介

## 超薄型マスフローコントローラの開発

Development of Ultra Thin Mass Flow Controller

長澤 政幸

Masayuki NAGASAWA

近年の半導体製造プロセスにおいて、微細化技術やウェハの個体差軽減による品質向上の流れに伴い、ガス供給システムの高性能化が求められている。具体的には、マスフローコントローラ(MFC)の搭載台数を増やすことや、プロセスチャンバーの近傍にMFCを設置することが検討されており、それに伴いガス供給システムの小型化が必要になっている。当社では、これら要求に対応可能な10 mm幅MFCを開発しており、本稿ではその製品説明及び応用技術について紹介する。

In recent semiconductor manufacturing process, high performance gas delivery system is required for the purpose of process miniaturization and wafer quality improvement. Specifically, the idea of increasing Mass Flow Controller(MFC) installation and mounting MFC close to process chamber, are discussed. Therefore, it is necessary that gas delivery system will be downsized. HORIBA STEC has developed 10 mm width MFC which is possible to be applied to these requirements. This paper, introduce product descriptions and application technology.

### はじめに

MFCは半導体製造工程の成膜やエッチングプロセスにおいて、さまざまなガスの質量流量を高精度に制御する重要な機器である。近年の半導体プロセスでは、チップの配線を縮小させる微細化技術、ウェハの面内均一性及び製造装置間の機差低減によるウェハのばらつき軽減が必要とされている。それに伴い、1つのチャンバーに対して取り扱われるガス種・流量レンジも増えていく傾向にあることから、MFCの搭載台数が多くなってきている。また新しいプロセスでは、これまで以上の高速制御が要求されている。一方で、MFCが格納されているガスボックスでは、製造装置のスペース上の問題から更なるMFC台数の増加には対応困難であり、ガス供給システムの小型化が望まれている。そこで、当社ではMFCのサイズを従来の1.125 inch幅から約1/3の10 mm幅へと縮小し、更に高速応答・高精度という利点を持つ差圧式MFC『CRITERION』(クライテリオン)技術を用いたMFC(DZ-100)を開発しており、この製品について紹介する。

### DZ-100の概要

Figure 1にDZ-100の構造を示す。部品構成としては、パーティクルから本体を保護するためのガスフィルタ、コント

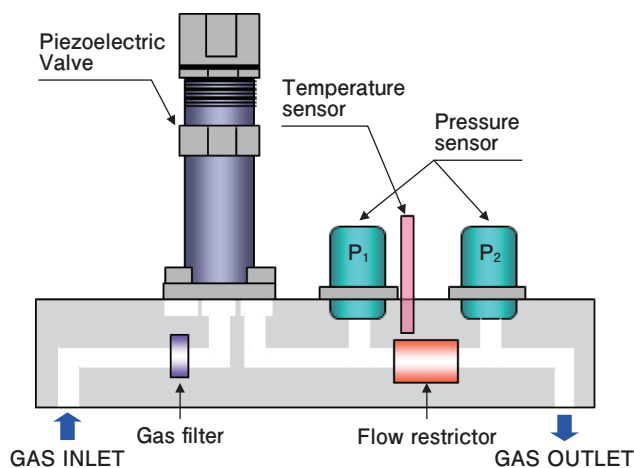


Figure 1 DZ-100の構造

ロールバルブ、2個の圧力センサと層流素子抵抗体(以下リストリクタ)、温度センサから構成されている。コントロールバルブの駆動には、高速応答と低消費電力に対応したピエゾアクチュエータを採用している。流量計測には、リストリクタの上流側と下流側それぞれの絶対圧、およびガス温度を用いて内部の演算回路にて正確な流量に演算している。演算された流量は、任意の設定流量との比較演算にてコントロールバルブの駆動量を算出しフィードバック制御を行っている。

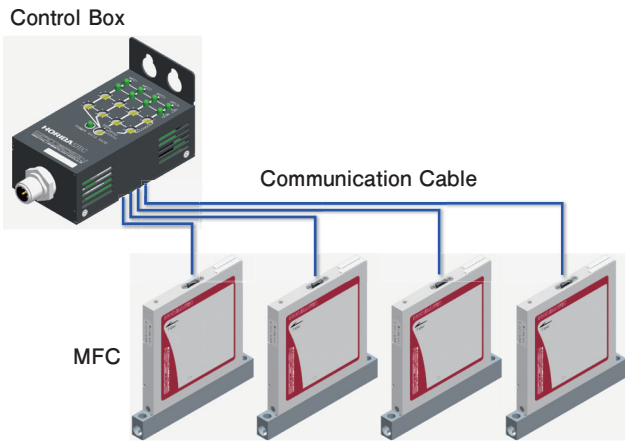


Figure 2 機器構成

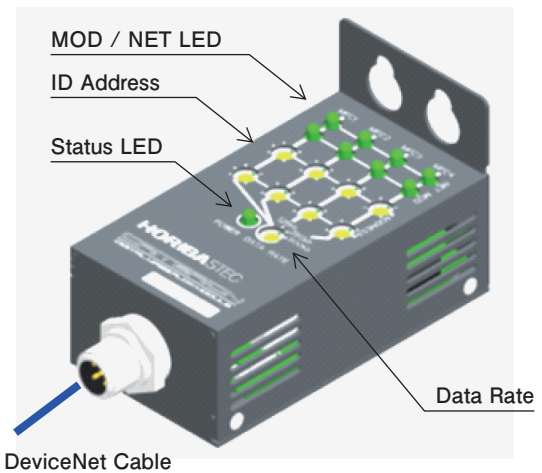


Figure 3 制御ボックスの外観図

Table 1 MFCの外径寸法の比較

項目	1.125inch幅MFC	DZ-100
横	105 mm	99 mm
幅	28.6 mm	10 mm
高さ	126 mm	102 mm
容積	260 cm <sup>3</sup>	85 cm <sup>3</sup>
重量	800 g	230 g

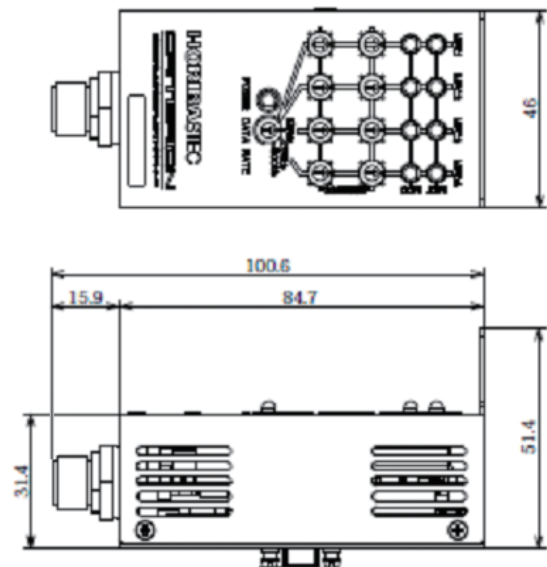
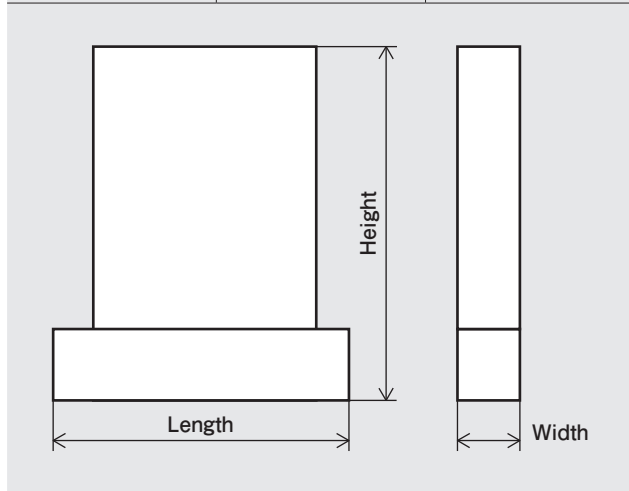


Figure 4 制御ボックスの外形状寸法

## 機器構成

Figure 2に機器構成を示す。小型で処理能力の高いCPUを採用し、ピエゾ駆動回路と制御CPUをMFC本体側に設けている。電源部分は制御ボックス側に設けており、MFC本体部分と制御ボックスは専用の小型コネクタ配線で接続する。1つの制御ボックスにつき、最大4台のMFCを制御させることが可能である。Table 1に一般的な1.125 inch幅MFCとDZ-100の外形状寸法を示す。MFC本体の薄型化及び制御ボックスとMFC本体を別構成にすることで、容積比約67%削減、重量比約70%の軽量化が実現できた。

## 制御ボックス

Figure 3に制御ボックスの外観図を示す。製造装置側から1本のDeviceNetケーブルを本体に接続することで、最大4台のMFCを制御する。制御ボックス上部より通信速度の設定が可能であり、最大接続台数4台分の通信用ID設定及びMFCの通信状態を確認出来る。またFigure 4に制御ボックスの外形状寸法を示すが、MFC本体同様に制御ボックスも小型サイズである。

## MFCの小型化によるメリット

- ①ガスボックスの軽量化による装置立ち上げ工期短縮  
DZ-100を使用することで、ガスボックスは容積比約80%

削減、重量比で約70%軽量化の約50 kgで構成することができ、人力での作業が可能なサイズに縮小出来る。このため、装置の輸送や据え付け作業が容易となる。

②ウェハの面内均一性向上

MFCを10 mm幅に縮小したことで、チャンバーへのガス供給ライン数を増やすことが可能になる。チャンバー内のガス濃度分布をより緻密に制御することが出来るため、ウェハのばらつき低減が可能である。

③チャンパー近傍でのガス制御

従来のガスボックスでは、ガスボックスからチャンパーまでの距離が数m必要とされていた。DZ-100を使用することでガスボックスの小型化が可能となり、チャンパー近傍に設置出来る。ガス置換速度の向上やガス供給ラインの切替え時間の短縮によるスループット向上が期待出来る。

DZ-100は製品サイズの小型化だけでなく、性能面において従来製品から向上させている。特に市場で重要視されている3つの基本性能に対して次に紹介する。

応答速度

近年ウェハのスループット向上やプロセスの高速化に伴い、MFCに対して応答速度の高速化が求められている。従来機は応答速度0.8秒であった。制御アルゴリズムの改良に加え、今回ピエゾアクチュエータを小型サイズにすることで静電容量が小さくでき、応答速度の高速化が可能となった。(Figure 5)。

\*1 : SCCM : Standard Cubic Centimeter per Minutes, 基準状態(0℃, 101.3 kPa)におけるガスの流量(mL/min)を表す単位

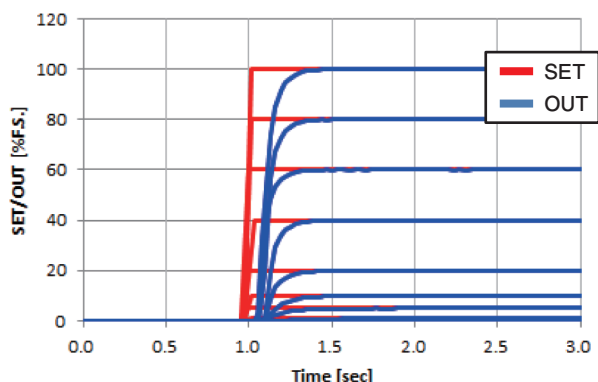


Figure 5 立ち上がり応答性能 (窒素ガス フルスケール160SCCM\*)

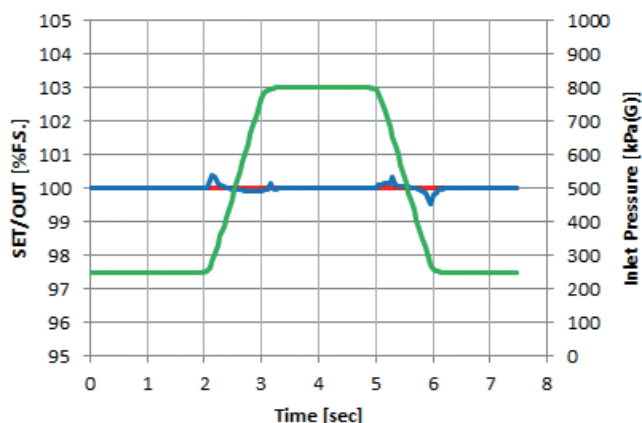


Figure 6 一次側圧力変動に対する流量出力挙動 (窒素ガス フルスケール160SCCM)

圧力変動特性

従来の一般的なサーマル式のMFCは上流側の圧力変動に対する影響を受けやすい。そのため、従来のガス供給システムでは圧力調整器を用いることで他のガスラインからの圧力変動の影響を低減しているが、ガスボックスの複雑化・サイズ及び重量アップに繋がる。DZ-100は流量計測部をコントロールバルブの下流側に設置されているため、供給圧力変動による影響は受けにくい上に、変動を緩和できる新開発の制御アルゴリズムを導入したことにより、安定した流量制御を実現している。Figure 6にDZ-100への圧力変動に対する流量出力の挙動を示す。大きな圧力変動下でも、流量設定値に対して±1%以下の影響に収まる。そのため圧力調整器の無いガス供給系においても使用可能である。

マルチガス制御

従来のガスボックスにおいては、窒素ガス等のパージガスを除き、ガス種とMFCは1対1の関係であった(Figure 7)。

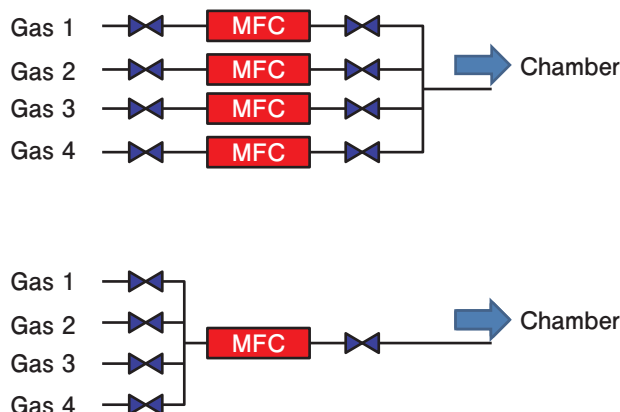


Figure 7 (上)従来のガス供給ライン (下)マルチガス制御のガス供給ライン

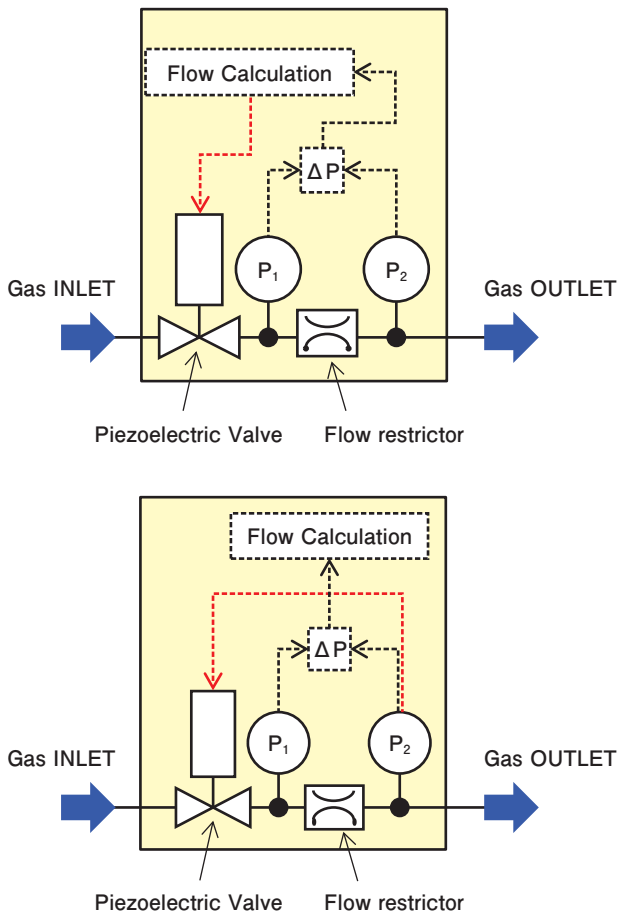


Figure 8 (上)DZ-100 (下)10mm幅PCVの概略図

DZ-100においては、各ガス種に対応した数十種類のガスデータを出荷時に予めインストールし、装置側で任意のガスデータに切り替えることを可能にしている。Figure 7のように、複数種類(最大30種類)のガスを1台のMFCで制御することで、よりいっそうのMFCの集約化及びガスボックスの小型化が可能となる。

### DZ-100の技術を用いた応用製品

DZ-100で培った技術の応用例に関して紹介する。プラズマCVD装置やエッチング装置などのプラズマプロセス中のウェハ裏面部の温度制御用に、当社ではGR-300シリーズをラインナップしている。ウェハを積載するチャンバーにヘリウムガスなどのクリーニングガスの流路を設け、ウェハ裏面部の圧力制御システムに用いられている。Figure 8にDZ-100と10 mm幅圧力制御機器(以下PCV)の概略図を示す。PCVはリストリクタ後段の圧力を制御し、またMFC同様にリストリクタ前段・後段の差圧を流量変換することで、流量モニタリングも可能としている。Figure 9に10 mm幅PCVの応答波形を示す。応答速度は約1秒であり、薄型サイズではあるが、GR-300と同等の機能を有している。ガス供給システム同様に、プロセスチャンバー近傍のPCV搭載スペースは限られており、10 mm幅PCVを用いることでスペースの有効活用が可能となる。

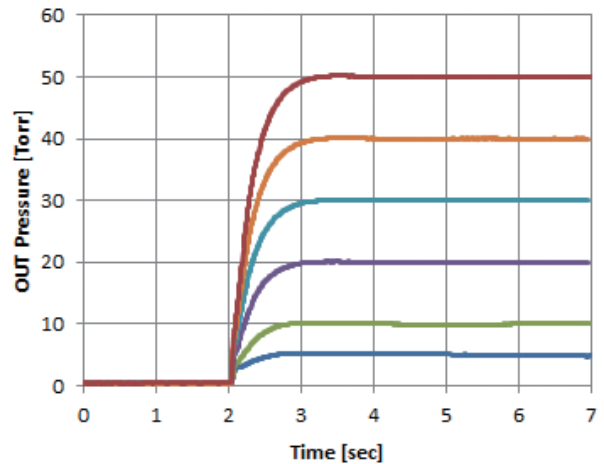


Figure 9 10 mm幅PCVの立ち上がり応答速度(ヘリウムガス)

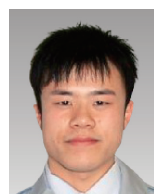
### おわりに

従来製品とは異なる機器構成を採用し、ハード構成や電気設計を突き詰めることで、サイズ縮小に伴う製品性能の劣化を伴うことなく、10mm幅サイズのMFCを開発することが出来た。また10 mm幅という利点を生かした新たなMFCの使用方法が提案出来るようになり、顧客での装置設計の可能性を広げることとなった。

今後はDZ-100を用いた新たなガス供給システムの提案や、DZ-100で培った技術を他製品にも展開し、ガス供給システム全体のトータルソリューションを提案していきたいと考えている。

### 参考文献

- [1] 安田忠弘, “超薄型MFCの開発” *Readout*, 41, 39(2013)
- [2] 赤土和也, “最先端プロセスを支える技術CRITERION D500シリーズ”, *Readout*, 43, 53(2014)



長澤 政幸

Masayuki NAGASAWA

株式会社 堀場エステック  
開発本部 開発設計1部  
Development Design Dept.1  
HORIBA STEC, Co., Ltd.