

半導体製造用集積化ガス供給システム

株式会社 フジキン

代表取締役社長 小川 洋史

(株) フジキン	大阪ハイテック研究所	特任執行役員	池田 信一
(株) フジキン	大阪柏原事業所	革新技術部 特任執行役員	山路 道雄
(株) フジキン	大阪柏原事業所	革新技術部 主査格	篠原 努
(株) フジキン	大阪柏原事業所	革新技術部 主査代理	谷川 毅
(株) フジキン	大阪ハイテック研究所	主査代理	土肥 亮介
(株) フジキン	大阪ハイテック研究所	主査代理	西野 功二
(株) フジキン	大阪ハイテック研究所	主席代理	永瀬 正明

はじめに

半導体製造においてはウェハの大口径化とデバイスの微細化によりコストダウンが行われてきた。これからの半導体製造では、これまで以上に高い歩留まりと安定に生産を継続できる信頼性の高い製造技術が要求されている。

当社では、ウルトラクリーンテクノロジーを基礎として、ゆらぎのない集積化ガス供給システムを開発した。

開発のねらい

半導体製造には、 SiH_4 、 B_2H_6 、 PH_3 、 HCl 、 HBr などに代表される毒性・爆発性・腐食性に富んだ極めて危険で、活性な特殊材料ガスが多用されている。これらのガスに対する外部リークフリーに対する要求は非常に厳しいものとなっており、信頼性の高い継手が求められている。

また、半導体製造プロセスは、一つの処理チャンバで複数のウェハを一度に処理するバッチ方式からウェハを一枚ずつ処理する枚葉方式へと移行しており、高速でかつ再現性の高いプロセス技術が必要とされている。そのため、一台の装置に複数の処理チャンバを設けることで

複数のウェハが並行して処理可能なマルチチャンバ方式や一つの処理チャンバで複数のプロセスが可能な1チャンバマルチプロセス方式が導入され始めている。反応活性なガスによる成膜やエッチングを自由自在に操作し、所望のデバイス構造を自在に作り上げるため、半導体製造用ガス供給系には高い信頼性が求められている。プロセスチャンバへ瞬時に各種特殊材料ガスを所望の流量でかつ完全にクリーンな状態で供給することが、高信頼性・均一性・高生産性・低コストを実現するガス供給系の役割であり、高スループット化と高信頼性が要求される次世代半導体プロセスに対応したガス供給系の開発が急務である。

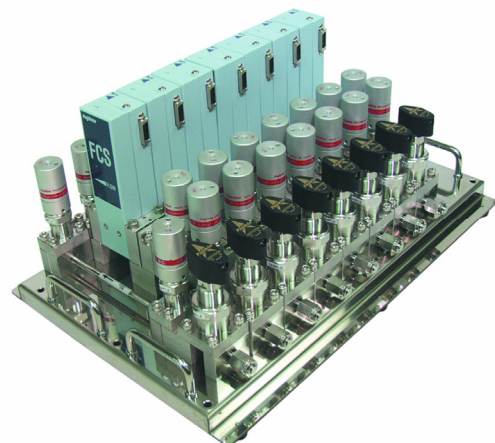


図1 集積化ガス供給システム (IGS)

装置の概要

従来にない高性能な集積化ガス供給システム（IGS）を開発した（図1）。このIGSには、従来のメタルガスケット継手に比べ約30%小型で、シールに対する信頼性を大幅に向上した小型メタルガスケット継手（UPG）を開発し採用している。このシール部の設計をそのまま上部機器と下部ブロックの接続部に応用し、ボルトによる締め付け方式のIGS用メタルガスケット継手（Wシール）を考案し、ガス供給系の各種単体機器をベースブロックの上にWシールで接続することによりIGSを創り上げた。

また、半導体製造プロセスの重要なパラメータであるチャンバガス組成及び圧力を決定する流量コントローラは非常に重要なコンポーネントである。そこで、従来の熱式質量流量検知の流量コントローラ（MFC）とは全く違う原理を採用した圧力制御式流量コントローラ（FCS）を開発した（図2）。FCSは「オリフィス上流側の絶対圧力がオリフィス下流側の絶対圧力の約2倍以上になるとオリフィスを通過するガスが音速となり、それ以上にならないことから、その流量はオリフィス上流側の圧力のみ依存し、流量は圧力に比例する」という原理を利用している（臨界膨張条件）。例えば、オリフィスの下流側の圧力が1kPa abs.だったとするとオリフィス上流側圧力が2kPa abs.以上で臨界膨張条件が成り立つ。オリフィス上流の圧力

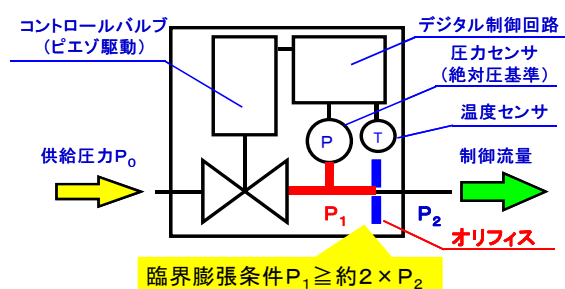


図2 圧力制御式流量コントローラ（FCS）

を3kPa abs.にしたときに10 sccm（標準状態0℃、1気圧、cm³/分）の流量が得られるオリフィスを用いたとすると圧力を10倍の30kPa abs.にすると流量は100 sccmに、100倍の300kPa abs.にすると1000 sccmの流量が得られる。この原理を単体機器としてまとめたものがFCSである。半導体プロセスの多くは真空を利用した減圧プロセスであるため、臨界膨張条件を利用することが可能である。FCSの主要部品は、上流側からピエゾ駆動コントロールバルブ、圧力センサ、オリフィスの順に並んでおり、デジタル制御回路と本体部に取り付けられた温度センサで構成されている。

技術上の特徴

IGSの特徴

集積化ガス供給システム（IGS）の特徴は以下に示す①～⑤であり、これらによりガスパネルの小型化、メンテナンス性及び外部リークの信頼性の向上を実現した。

①シール部と応力を受ける部分を分離した継手構造とし、信頼性の高いシール方式（Wシール）を確立した。

②ブロック間のシール性を安定させるためにベースブロックの固定方法を工夫したレベリングシステムを有している。

③インターフェースは2本のボルトで1箇所シールを行う方式を取り、シール性の安定化、フロー設計のしやすさを実現した。

④IGSに使用するダイヤフラムバルブは流路の特殊な形状により、数種類のバルブで要求される全てのフローが設計でき標準化に貢献した。

⑤純度低下の原因となるガス溜まり（デットスペース）の極小化を達成した。

FCSの特徴

圧力制御式流量コントローラ（FCS）の特徴は、以下に詳細を示す 1. 圧力変動による流

量変動がない、2. 流量自己診断機能、3. 小型化、4. ワイドレンジ化、がある。

1. 圧力変動による流量変動がない

流量コントローラの供給圧を変動させたときの流量変動の結果を図3に示す。従来式MFC（図3下側）は供給圧力の変動に伴い流量が大きく変動しているのに対して、FCS（図3上側）は供給圧力の変動の影響を一切うけず、一定流量で制御していることがわかる。これは熱式センサの応答が遅く、供給圧の変動に対して追従できないのに対し、FCSは圧力センサ及びピエゾコントロールバルブの応答速度が早く、供給圧変動に十分に追従している結果である。FCSをガス供給系に搭載することで、マルチチャンバ方式であっても他のチャンバの稼働状況に関係なく、一切流量変動を起さず安定したガス供給が可能となった。

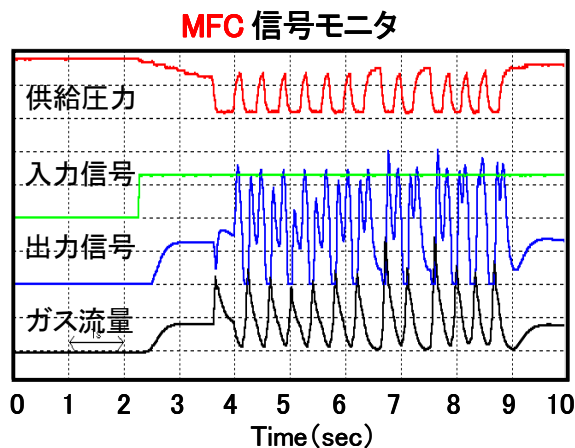
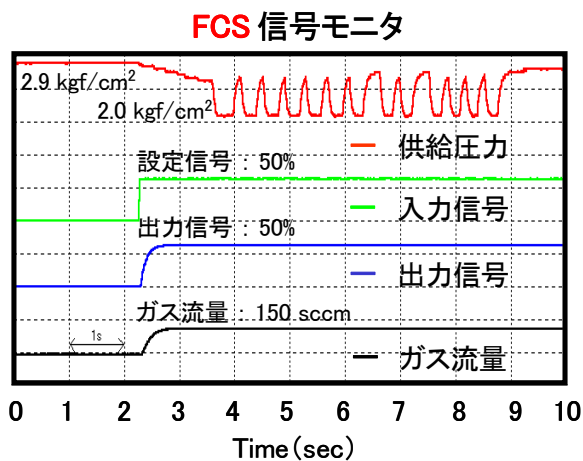


図3 供給圧力変動による流量変動

2. 流量自己診断機能

FCSに内蔵している圧力センサを利用し、オリフィスの腐食やつまりによる流量変化の自己診断を可能とした。ピエゾコントロールバルブを制御状態から閉としたときのピエゾコントロールバルブとオリフィス間の圧力降下特性をCPUに記憶し、工場出荷時とフィールドでの結果を比較演算することで、オリフィスのつまり検知を可能にした。

この診断機能を利用し、ウェハ一枚ごとの処理が終了すると枚葉流量自己診断を実施することで、プロセス時の流量に問題がなかったことを確認することが容易に可能となった。現在、半導体製造に使われているウェハは、直径が300mmと大型のため、何らかのトラブルがあると損害額が甚大となる。一枚一枚のウェハの製造履歴が把握できる枚葉流量自己診断機能は、高く評価されている。

3. 小型化

半導体メーカーは、集積度が向上しても微細化とウェハの大型化による生産性の向上で大幅なコストダウンに対応してきたが、同時に半導体製造装置、部品に対するコストダウン要求も非常に厳しい。FCSの採用により、供給圧変動の影響を受けないことから、圧力調整器とその監視用の圧力計が不要となる。これらの機器を省くことでガス供給系のコストダウンと小型化を同時に達成した（図4）。

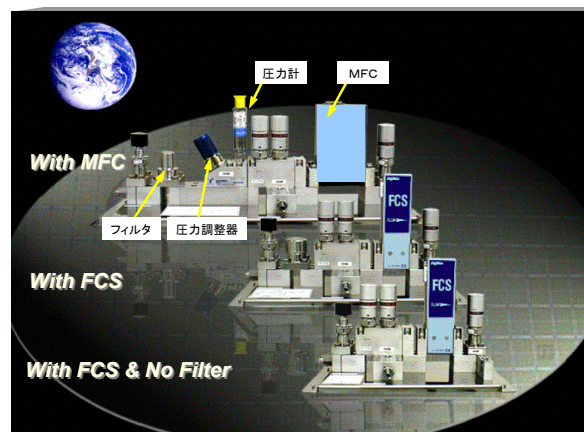


図4 FCS搭載IGSによる小型化

4. ワイドレンジ化

半導体製造には様々なガスが利用されるが、なかには蒸気圧が低いガスがある。通常のFCSにおいては、臨界膨張条件が成り立つ範囲で使用可能となるが、低蒸気圧ガスは制御範囲が狭くなる。このため、オリフィス下流にも圧力センサを設置し、オリフィスの上流と下流の圧力をモニタし、臨界膨張条件が成立しない範囲内での制御も可能とした。実際の運用としては、臨界膨張条件が成り立つところではオリフィス上流側圧力のみを制御するが、成立しない範囲では上流と下流の圧力をモニタし、この差圧で制御している。低蒸気圧ガスに対して、大幅に制御範囲を拡大することが可能となった。

し、供給圧力の変動による流量変動を抑え、制御流量の精度向上と流量安定性に寄与した。FCSを搭載した集積化ガス供給システムにより小型化とコストダウン、揺らぎのない半導体製造用ガス供給システムが実現した。

実用上の効果

I G Sの採用により、部品交換に要する作業時間を従来の約1 / 5に削減した。従来のガス供給系に比べて設置面積を約1 / 3に小型化することができ、維持管理費用の高いクリーンルームの専有面積の縮小にもつながった。

さらに、FCSの採用により、圧力調整器、圧力計等をなくすことができ、ガス供給系のさらなる小型化とコストダウンを同時に実現した。

工業所有権の状況

本開発品の装置に関する特許としては、26件（I G S関係14件、F C S関係12件）が登録済みである。

むすび

半導体製造用集積化ガス供給システムの開発により、ガスパネルの課題であった小型化、メンテナンス性、外部リークの信頼性が解決した。また、圧力制御式流量コントローラを開発