

半導体装置向け配管部材の開発



企業レポート

大西勝弘*

Development of the valve of the plumbing for semiconductor devices

Key Words : CMP, valve, ultrasonic, flowmeter

1. はじめに

終戦間近の昭和20年3月に宮崎県の延岡市の小さな企業が設立された。この企業はゼロ戦の本体をベニア板で製造するという国家プロジェクト(?)の元でベニア板の製造販売を行う会社として誕生したが、設立間もなく終戦を迎えこの事業が日の目を浴びることは無かった。その企業が、次に目つけたのがプラスチックでバルブを作ることだ。当時はバルブといえば金属製で(現在も殆んど金属製だが)、プラスチックでバルブを作ることなど誰も考えもしなかったが、旭化成の後押しもあり、昭和27年にプラスチック製のバルブが世の中に初めて商品として誕生した。

当初は、塩ビ製だけであったが、戦後様々なプラスチックが世の中に拡散していくにつれてバルブの材質も多岐にわたり、現在では、PP、PE、HT-PVC、PVDFなどで成形されたバルブが製造販売されている。また、1990年代より半導体産業が急速に立ち上がり、半導体を製造するには多種の装置が必要だが、この装置の中に多数のプラスチックバルブが使用されている。半導体を製造するためには、純水や酸・アルカリの高腐食性の流体が必須であり、これをコントロールするバルブが求められている。

当社も、2000年頃から半導体製造装置をターゲットとしたバルブの開発に着手し、事業を展開し今日に到っている。ここでは、当社の開発した半導体製造装置向けのバルブのうち主な製品を紹介する。

2. バルブの開発

CMP (Chemical Mechanical Polisher) は、日本語では化学的機械的研磨と訳されるが、半導体デバイス製造プロセスの一つでウェファーを平坦化する技術である。半導体デバイスの高集積化に伴い配線幅がどんどん狭くなると同時に従来は2~3層程度であったのが高層化(7~8)が進み、平坦化技術が重要になってきた。

CMPはスラリー(流体+砥粒)と研磨パットでウェファーを研磨するという原始的なプロセスである。CMPスラリーは非常に微細な粒子で凝集しやすく、配管内で急激に狭くなったり、デッドスペースがあるとそのストレスから凝集を起こす。この凝集したスラリーがウェファーの上に落ちると、スクラッチ(傷)が発生し不良の原因となる。

(1) ピンチバルブ

そこで、当社が開発したのが、このCMPスラリーに最適なピンチバルブである。図-1に構造を示す。内蔵されたチューブを挟圧子で押し付けて閉止する。構造は至ってシンプルであるが、全開(図-1左)の状態では流路を通過するCMPスラリーには全くストレスを与えないので、バルブが起因でスラリーが凝集を起こすことは全く無い。

(2) 定圧バルブ

バルブの上流側の圧力が変化しても、バルブの下流側の圧力を一定に保持するバルブ。化学に携わった方なら多くの方は経験されていると思うが、夜帰宅



* Katsuhiro OHNISHI

1959年6月生

大阪大学工学研究科(前期課程)石油化学専攻修了(1984年)

現在、旭有機材工業株式会社 管材システム事業部ダイマトリックス事業推進部 部長 修士 石油化学

TEL : 03-3578-6016

FAX : 03-3578-6025

E-mail : katsuhiro.ohnishi@

asahi-yukizai.co.jp

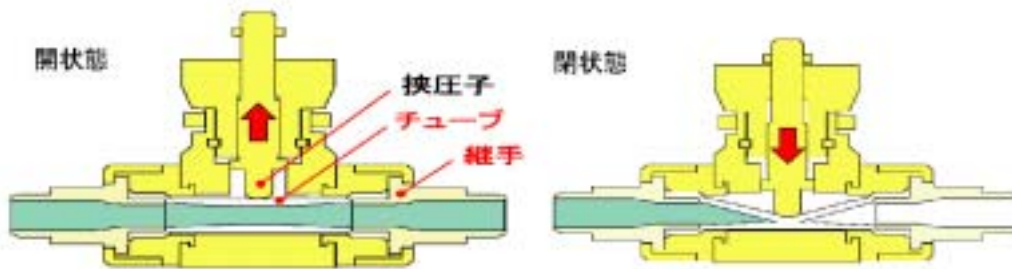


図 - 1 ピンチバルブ

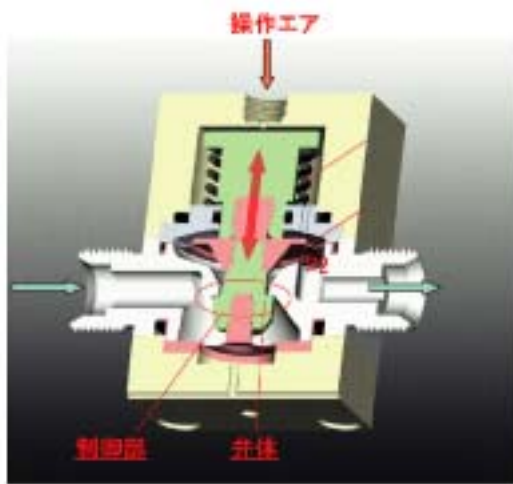


図 - 2

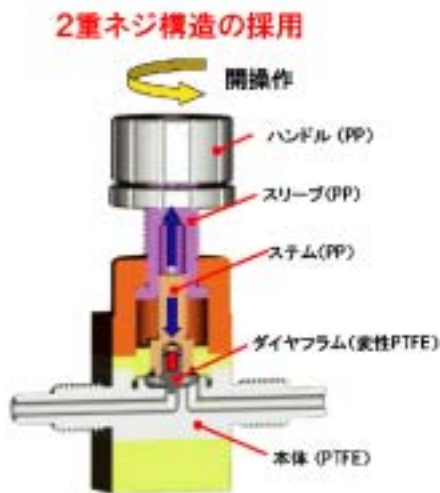


図 - 3

する前に反応の冷却に水道を用いるときに、適度な流量になるように蛇口を調節したにもかかわらず、夜間は水道の圧力が増加し接続口が外れて翌朝は実験室が洪水の状態になる。このようなときに、この定圧バルブをセットしておけば洪水の心配も無く夜はぐっすり眠れることができる。

外部動力を使うことなく、流体の力を利用してコントロールするのでエコで地球に優しい安心バルブ。用途としては、ポンプ等による脈動を抑えたり、下流側の圧力を一定にすることから結果として流量を一定に保つことができる定流量弁として使用できる。

(3) ニードルバルブ

微妙な流量を容易に調整できるニードルバルブ。スリーブの外側と内側にピッチ数の異なった2重ねじを配置しスリーブとステムを反対方向に作動させることで、細やかな作動を可能にした。ハンドルを反時計方向に回転させるとスリーブは上方方向に(L)だけ動く。一方ステムは下方方向に(1)だけ動く。結果としてダイヤフラムは(L-1)だけ上方に引き上げられる。流体を微妙にコントロールすることで、流体の無駄を省くことができるエコなバルブである。

3. フローコントローラー (Falconics™) の開発
CMP用スラリーは非常に高価で種類によっては100,000円/kg以上のものもあり、一度の研磨工程で数百cc程度使用するが、殆んどが使い捨てである。したがってこのスラリーの量を少なくすることは半導体メーカーにとってコストダウンのメリットは非常に大きい。しかし、スラリーの量が少なすぎると研磨レートが下がり研磨不足となりその結果製品が不良となり多大な損失を負うリスクがある。したがって通常、半導体メーカーは必要なスラリーの1.5倍以上を使って研磨を行っている。このスラリーを正確にかつ安定して供給できれば、大きなコストダウンが図れる。

流量の制御を行うには、様々な方法があるが一般的にはチューピングポンプ(1回転で一定流量を供給

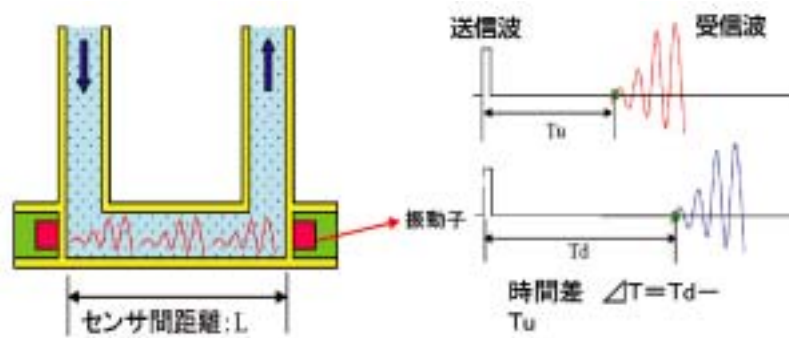


図 - 4 一般的な超音波流量計と測定原理

するポンプ)を用いることが多いが、脈動を起こすので流量が安定しないこととチューブの磨耗等から流量が経時的に変化することが大きな課題であった。また、流量計を用いたフィードバック制御も採用されているが、従来のバルブや流量計は必ずしもCMPスラリーに最適なものでは無かった。

CMPスラリーに求められる最適の流量計やバルブとは何か? 端的に言えば流量計やバルブが無いことである。この一見矛盾している課題を解決したのが当社のFalcons™のFCS型である。FCS型は直線式の超音波流量計とパルスモーターで駆動する電動ピンチバルブ、それらを制御する制御基板が一つのBoxにコンパクトに納められているフローコントローラーである。

FCS型の特長は、一言で言えば流路が直線的に形成されているので、スラリーに与えるストレスは最小限になるように設計されていることである。

(1) 直線式超音波流量計の開発

半導体分野で用いられる一般的な超音波流量計は図-4に示されているようにカタカナの「コ」の字型をしている。測定原理は下流側の振動子から発信した超音波が上流側の振動子に到達する時間と、上流側の振動子から発信した超音波が下流側の振動子に到達する時間の間に時間差(ΔT)が発生し、この時間差(ΔT)が平均流速(V)に比例するというものである。

従来の超音波流量計も流路内には、流体を妨げるものは何もないがコ字型に曲がっているために、曲がり角にスラリーが堆積したり、気泡が抜けにくい等の致命的な欠点があった。

この課題を解決したのが当社の直線式超音波流量計

で、その構造は図-5に示している通りである。

流量計は、PFAチューブの外側にホーンと超音波振動子を一体的に取り付けている。振動子で発生させた超音波はホーンを通じてPFAチューブの内部に入り、その後反対側の振動子に到着する。ホーンを設けたことで振動子の振動を効果的にチューブの内部に伝達することが可能となり、ノイズなどの影響を受け難くなり、低流量まで安定して精度よく流量を測定することを可能にした。

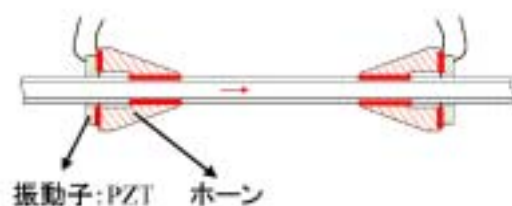


図 - 5

(2) 電動ピンチバルブの開発

既にご紹介の通り、当社はピンチバルブというスラリーに最適な商品を有しており、これを利用して制御を行える電動ピンチバルブの開発に取り組んだ。開発を行うに際しての大きな課題として、精度 $\pm 1\%RD$ 立ち上がり速度3秒以内 広いレンジアビリティの3点があった。

精度について

ピンチバルブはチューブを押しつぶすことで開口面積を変化させて流量制御を行うが、これをどこまで正確に行うかが大きな課題であった。そこで、微細な制御を行うためにアクチュエーターにはパルスモーターを搭載し、1ミクロン刻みの位置制御を行うことを可能にした。しかし同時に5年以上の寿命も

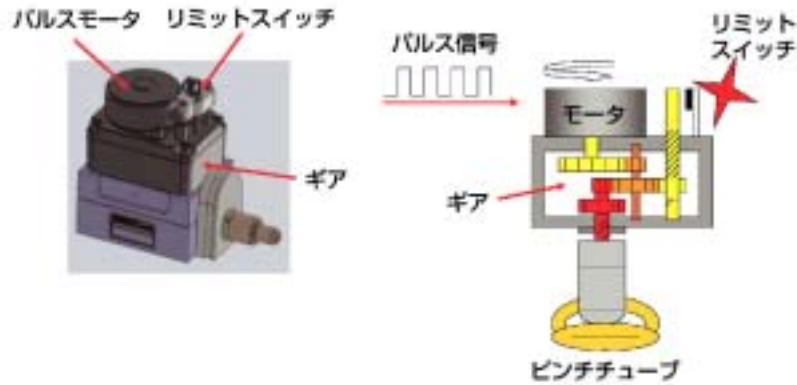


図 - 6 電動ピンチバルブ

要求されており耐久性についての確認も必要であり、この点については詳細は述べないが、減速器や弁体との接合部に工夫を凝らすことでクリアした。

立ち上がり速度

半導体の制御においては、流量0の位置から設定流量までの速度（立ち上がり速度）を短くすることが非常に重要である。バルブのストロークで言うと、通常はストップの位置から流体が流れ出す位置までに0.5～1mm程度の距離があり、この距離が立ち上がり速度には大きく影響を及ぼす。この距離を最小限にすることで立ち上がり時間の3秒以内（特別仕様品は1秒以内）を達成することを可能にした。

広いレンジアビリティ

例えばユーザーが25～500ml/minの間で制御を行う場合、従来の技術ではレンジアビリティが5：1～10：1程度なので、少なくとも2～3台のバルブを必要としたが、当社製品はパルスモーターで制御することで微細な開口面積を制御しており、レンジアビリティは20：1以上と非常に大きくなっており、上記の流量範囲であれば1台のバルブで対応することが出来る。

(3) Falcons (FCS型)

以上、ご紹介した直線式超音波流量計と電動ピンチバルブに流量計からの信号を検知しバルブに制御指示を与えるのがコントローラで、これらの3パーツを一つの箱の中に納めたのがFalcons (FCS型)である。(図-7)

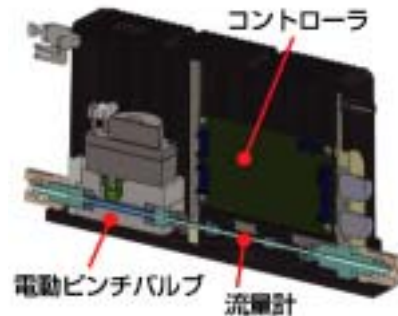


図 - 7 Falcons (FCS型)

スペックは表-1に示したが、最大でRD1%の高精度、応答時間は1秒以下と非常に短時間を達成している。

応答速度は立ち上がり速度に大きな影響があり、立ち上がり速度が遅くなると研磨開始までの時間が長くなりその間に流れたCMPスラリーは全て無駄になり、コストアップにつながる。(図-8)

繰返し精度はウェファアの研磨レイトに大きく影響する。これがばらつくと各ウェファアに供給されるCMPスラリーの量がばらつき、その結果研磨レイトが変わるので、ウェファアの品質に悪影響を与える。

当社のFCS型を採用頂いた顧客で、スラリーの消費量を20%削減し、1ライン当り250万円/年のコストダウンの実績を挙げた例も報告されている。

4. おわりに

当社はプラスチックバルブのパイオニアとして長い間、化学や電解、鉄鋼などの産業を支えてきた。しかし産業構造は大きく変化し約20数年前より半導

表 - 1 Falconics 仕様表

	FCS	
	標準仕様	特別仕様
流体温度	15 ~ 35	
使用圧力	0.1 ~ 0.3 MPa	
流量範囲	25 ~ 500 mL / min	
精度	3%RD(> 100 mL / min)	1%RD(> 50 mL / min)
	3mL/min(100 mL/min)	0.75mL/min(50 mL/min)
繰返し精度	1.5%R.D(> 100 mL/min)	0.5% R.D(> 100 mL/min)
	1.5mL/min(100 mL/min)	0.5 mL/min(100 mL/min)
応答時間	3 sec	1 sec

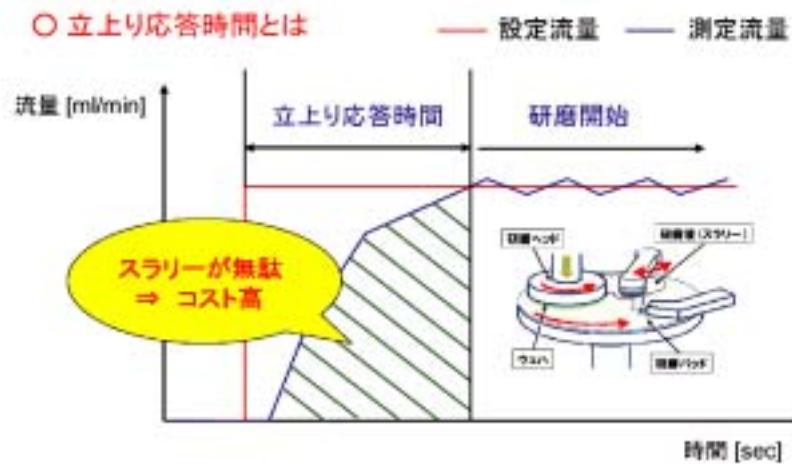


図 - 8 立ち上がり速度とスラリー消費量

体産業が大きく伸張してきている。このマーケットで必要とされる配管部材は必ずしも従来のマーケットとは同一ではない。マーケットのニーズに合致し

た配管部材を今後も開発し提供するのが我々の使命と考えており、技術革新を怠らず制御を中心とした配管技術のさらなる進化に貢献する。

