

株式会社 フジキンにおける 半導体業界向けガス供給システムの開発について



企業レポート

池田 和弥*
(信一)

Development of Gas Supply System of Fujikin for Semiconductor Manufacturing

Key Words : Fujikin, FCS, IGS, Semiconductor, Manufacturing

1. はじめに

1978年春、私が(株)フジキン(当時社名は富士金属工作(株))に入社した頃、国産宇宙ロケット液体水素、液体酸素用超低温弁の製造の真っ最中であった。弁シートには三フッ化樹脂が使われていた。三フッ化樹脂を超低温まで冷却すると結晶化度が変化するためシートリークの原因の一つとなっていた。そのため液体窒素で事前に樹脂を冷却し変態させてから最終仕上げをするという工程が取られていた。この処理は金属の熱処理と同じで“サブゼロ処理”と呼ばれていた。超低温弁のリーク試験はバルブ本体部分を液体窒素に浸漬して超低温で行うためテスト流体は液化温度の低いヘリウムガスである。バルブを液体窒素に浸漬する前にバルブ内の大気をヘリウムガスに置換する必要があるが回分パージ(加圧、減圧を繰り返して行うガス置換操作)が行われていたが、結果的に置換しきれず氷結した露がシートリークの原因であった。こうしたトラブルの経験からパージ手法が改善され超低温におけるバルブのリーク検査方法が確立された。ロケット弁の一般的な仕様として、400気圧を超える高圧、超低温、大口径、空気圧作動による自動弁、クリーンルームでの洗浄作業と組み立て作業、圧力検査と清浄度検査(不揮発性残渣と異物の顕微鏡検査)、露点検査が上げられる。新人として、社長他先輩諸氏の徹夜の対応を

目の当たりにしつつ短期間に多岐にわたる現場技術を学ばせていただいた。

フジキンは、宇宙ロケット用、原子力発電用、高圧ガス用、半導体製造用といったあらゆる先端技術分野のバルブ、継手の製造を通して精密加工をものづくりのベースとして各種加工技術を積み上げてきた会社です。その後、私はロケット弁の経験から油を一切用いないでステンレスの焼きつきを防止する表面処理技術について研究開発を行い、1983年ごろから半導体業界向けの製品開発に加わった。

2. 半導体製造業界向けバルブの内面は鏡面

半導体製造工場の配管材質はオーステナイト系ステンレス鋼 SUS316L である。1985年頃、チューブ内面の表面粗さが約 $3\mu\text{m}$ (R_{max}) の BA チューブ(光輝焼鈍管)が主流で、約 $1\mu\text{m}$ の電解研磨管の開発が進んでいた。フジキンはバルブと継手の接ガス面(内面)の鏡面化に取り組んだ。鏡面化はバルブや継手の接ガス部分に残る付着残留パーティクルを減らすための手段であった。機械加工された $3\mu\text{m}$ 程度の表面の凹凸に付着残留する $0.1\mu\text{m}$ 以上のパーティクルをどうやって洗浄しようか? と考えたとき、表面粗さの改善なくして洗浄できないとの結論に達した。バルブを通過したガスから $0.1\mu\text{m}$ 以上のパーティクルがカウントされてはならない。そのため、内表面を鏡面にして洗浄しやすくし付着残留パーティクルを減らした。また、バルブの開閉動作でパーティクルが発生しないようシート部の形状を変更した。バルブを開閉しながらでパーティクル測定が可能な測定系を考案した。あたり前のことだが、測定装置や分析装置がないと技術は進歩しない。測定系を自社内で構築できたことはその後のクリーン化に大いに役立った。半導体業界向けバルブに対して、 $0.1\mu\text{m}$ 以上のパーティクルが1開閉あ



*Kazuya IKEDA

1954年2月生
大阪大学大学院工学研究科
前期課程(1978年修了)
現在、株式会社フジキン 大阪ハイテック
研究所、執行役員、工学博士(東北大学大
学院工学研究科 1998年修了)、金属
TEL : 06-6612-0251
FAX : 06-6612-8531
E-mail : n_ikeda@fujikin.co.jp

たり0.1ヶ以下を保証している。(10回開閉して1ヶ以下を保証。実績は0.02ヶ/1開閉前後である。)

3. 集積化ガスシステム IGS®

半導体の製造にはHBrやCl₂といった腐食性ガスやPH₃やAsH₃といった毒性ガス、SiH₄のように空気に触れると発火する自然発火性ガスなど非常に活性で危険な特殊材料ガスが多く使用される。そのためガス供給系の外部リークに対する要求は非常に厳しい。ヘリウムガスの透過リークが存在するOリング接続(ゴムパッキン)や樹脂ガスケットは不可で全てメタルガスケットが採用されている。(ヘリウムリークディテクターの検査基準は十億分の1cc/秒以下が標準で百年で3cc程度のモレとなる。)フジキン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®を開発した。このシール部の設計を応用してボルトによる締め付け方式のIGS®(Integrated Gas Supply System・集積化ガスシステム)用メタルガスケット継手・Wシール®を考案した。ガス供給系のバルブやフィルター、圧力調整器といった各種単体機器を下部ブロックの上にWシール®で接続することによりIGS®を組み上げた。図.1にIGS®の一例を示す。従来の継手による接続で構築したガス供給系に比べ設置面積を約1/3に小型化することができた。また、メンテナンスは上部方向から必要な機器だけを容易に着脱可能で機器交換の作業時間を約1/5に短縮することができた。



図1 集積化ガス供給システム (IGS®)

4. 圧力制御式流量コントローラ FCS®

半導体製造時のガスの流量コントロールにはマスフローコントローラ(以下MFCと略す。)が使われてきた。これに対して原理が全く異なる圧力制御式流量コントローラFCS®を開発した。断面の略図を図.2に示す。オリフィス上流側絶対圧力が下流

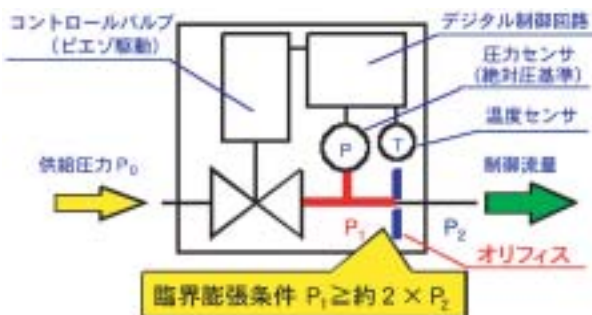


図2 圧力制御式流量コントローラ (FCS®)

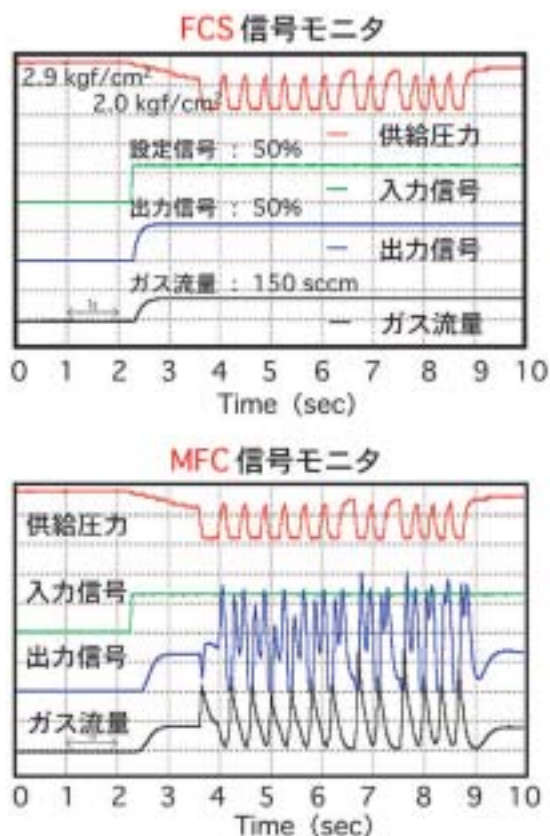


図3 供給圧変動に対する流量変動

側絶対圧力の約2倍以上になるとオリフィスを通過するガスの流速が音速となり、ガスの流量はオリフィス上流側圧力に比例する。これは臨界膨張条件と

呼ばれこの原理を利用した流量コントローラがFCS®である。オリフィス下流側が1 Torr 以下の場合、オリフィス上流側が臨界膨張条件が成り立つ3 Torr で1cc 毎分の流量が得られるオリフィスとすると、オリフィス上流側圧力を100 倍の300 Torr にすると100 倍の流量の100cc 毎分の流量となる。図3に上流側圧力を変動させたときの制御流量の変化

ソ駆動のコントロールバルブも高速応答可能で、たとえ上流側の圧力が激しく変動してもオリフィス上流側の圧力を一定に保つことが可能であり流量は一切揺らがない。供給圧力変動の影響を受けないので圧力調整器の設置が不要となった。半導体製造には複数のガスを用いるがすべてのガスラインに装着されていた圧力調整器が不要となりコストダウンと設置面積の更なる小型化を同時に達成した。水道方式によるガス供給（必要なガスを必要なときに必要な流量でバルブの開閉のみで供給する。）という課題を東北大学大見忠弘教授からいただいていた。FCS®のオリフィスを下流側のバルブのシート部付近に装着することで水道方式によるガス供給系が完成した。(図4)

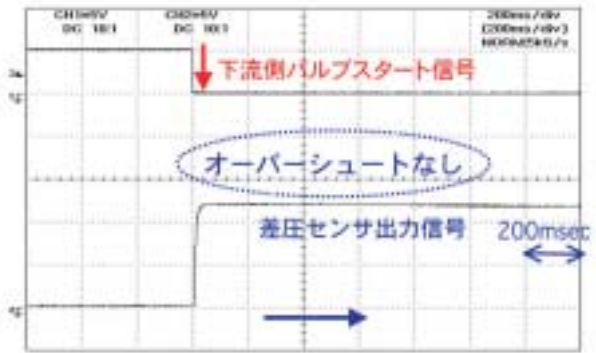
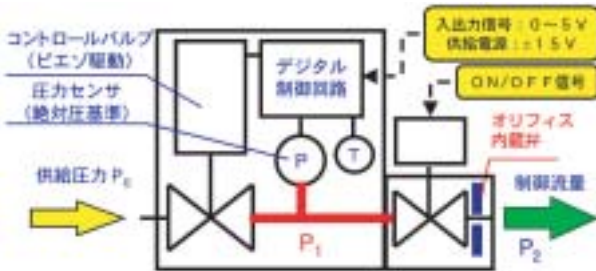


図4 過渡応答対策 FCS®

を示す。MFCは上流側圧力変動の影響により制御流量が激しく揺らぐが、FCS®は上流側圧力変動の影響を全く受けない。FCS®は圧力センサーもピエ

5. まとめ

半導体業界向けガス供給システムに関係するようになり20年以上のときが過ぎた。鏡面化、バルブの置換特性、ドライダウン特性、小型継手の開発、集積化ガスシステムの開発、圧力制御式流量コントローラ開発、水分発生装置の開発と半導体業界で多くのことを経験させていただいた。まだまだ開発を続けます。ご指導をよろしくお願い致します。最後に、開発の心の支えの一言をご紹介します。入社当時の顧問の第一次南極越冬隊・故 西堀栄三郎先生語録より“クマバチは航空力学を知らないから翔べる。”

