

超高密度LSI製造のための 超高純度ガス供給システム

研究者	大見 忠 弘 氏	東北大学工学部 教授
開発企業代表者	ウルトラクリーンガスシステム開発グループ 代表	
	田 村 公 孝 氏	大阪酸素工業株式会社 代表取締役社長
(推薦者	尾 坂 芳 夫 氏	東北大学工学部長)



大見 忠 弘 氏



田 村 公 孝 氏

1. 技術の背景

半導体分野において、今日我が国は世界のトップグループに位置しているが、現実には、再現性・信頼性の乏しい製造プロセス技術を膨大な経験とノウハウの蓄積により支えているのが現実である。本格的なサブミクロンLSIの時代を迎え、半導体産業をさらに発展させるためには、製造プロセスを経験・ノウハウに依存するのではなく、サイエンスに基づいた技術として確立して行くことが重要な課題である。

研究者は、長年半導体デバイス・プロセスの研究に携わり、超高速デバイス、超高集積化デバイスの研究・開発に取り組んできたが、常にプロセス技術の問題に悩まされつづけていた。そしてそれまでの研究体験から、プロセス技術上の再現性・信頼性の欠如は、不純物汚染が原因であると想定し、製造プロセス環境から、あらゆる汚染の原因となるものを取り除き、プロセスに擾乱を与える要因を一切排除することが高性能プロセス技術の開発の鍵であると判断し、昭和55年頃より本格的なウルトラクリーン化技術の研究を始めた。

研究者は、考えられるすべての汚染源について徹底した原因究明とクリーン化の研究を行ったが、中でも特にプロセスに直接関与するガスからの汚染に注目し、その超高純度化のために、部品材料の検討、部品構造の解析・設計等の研究を進めた。昭和56年、東北大学に超微細電子回路実験施設(スーパークリーンルーム)の建設が検討され、その一環として研究者は、昭和59年にガス供給システム関連の各企業に対し、研究結果に基づいた技術開発の提案・指導を行い、超高純度ガス供給システムとして完成させた。

2. 技術の概要

本技術は、超高密度LSI製造工程に使用される各種ガスの供給系における汚染原因を徹底的に取り除くことにより、超高純度ガスの供給システムを実現したものである。

研究者は、本システムの構築にあたり、①金属等の微小粒子（パーティクル）発生がない、②外部リークがない、③ガスの滞留部をつくらない、④放出ガスがないの4原則を基本方針とした。

ガスの供給系統は、ガスの製造に始まり、タンクローリー、貯蔵タンク、バルブ、ガスパイプ、継手、圧力計、マスフローコントローラー、フィルター等の多くの構成要素から成っており（図1）、研究者はこれらの要素技術について、材質、部品の構造、材料表面の鏡面研磨加工、加工後の洗浄方法、梱包・輸送方法等に至る全てについて企業を指導し開発を進めた。

代表的な事例を示すと、システムの主要部品であるバルブは、ベローズ、スプリング、ステム、樹脂部をなくしたオールメタル・ダイヤフラム構造、および材質の変更、バルブ内面の鏡面研磨による加工変質層除去等により、上記4原則を満足する理想的なバルブを実現した（図2）。メタルダイヤフラムに超弾性合金を用いることで寿命も大幅に延長した。またガス管にはSUS316Lの採用、内部の電解研磨により、不純物の吸着脱離や放出ガスの発生を防止した。さらに、供給ガス

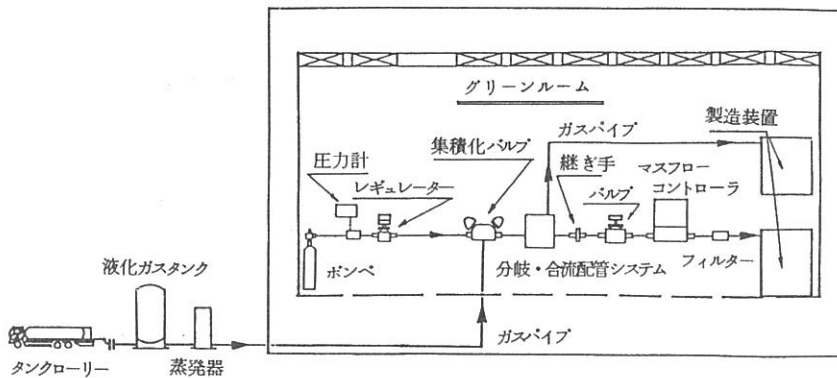


図1 ガス供給システム

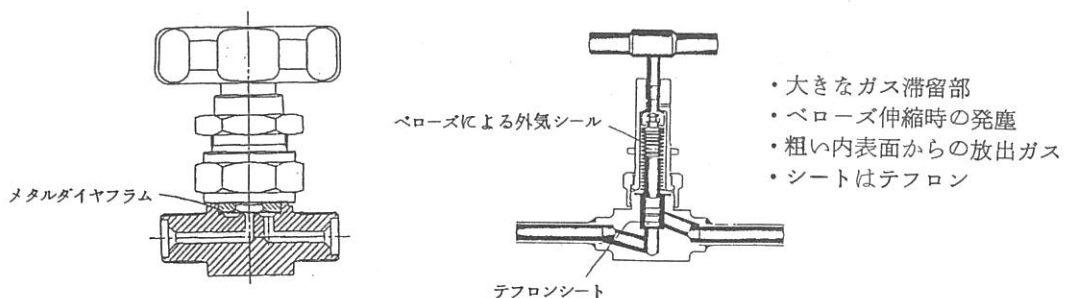


図2 (a)新規開発のメタルダイヤフラムバルブ

(b) 従来のベローズバルブ

中への不純物カーボン混入の主な原因は、液ガス移送用圧送ポンプにあることをつきとめ、加圧蒸発器の改良により解決した。

このように、本技術は各構成要素技術の徹底的な技術開発に基づき、これらの統合結果として、超高純度ガス供給システムを完成させたものである。

これらの開発により、ユースポイントにおけるガスの純度は、最も濃度の高い不純物である水分で1～2 ppbと、従来レベルの約千分の一という高純度化を達成した(表1)。さらに、ガス供給システム系全体の外部リークは、 2×10^{-12} Torr・ℓ/secの測定限界を下回っており、0.17ミクロン以上のパーティクルがゼロになる等の成果を得た。このシステムを用いた製造プロセスによってLSIの配線材料として重要なアルミニウム薄膜の高品質化や超薄膜ゲート酸化膜の成膜に良好な結果を得る等、ガスのクリーン化が超LSI製造技術に重要な要素であることが証明された。

なお、これらの開発は、大阪酸素工業株式会社を中心とする12社からなるウルトラクリーンガスシステム開発グループによって進められた。

表1 ユースポイントにおける窒素ガスの純度(単位はppb)

不純物の種類	H ₂ O	CO ₂	O ₂	THC	その他
本 技 術	1.8	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
従 来 技 術	1000	< 10	300	< 50	—

THC: トータルハイドロカーボン

ウルトラクリーンガスシステム開発グループ企業名

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1. 大阪酸素工業㈱ | 2. ㈱本山製作所 |
| 3. ㈱神戸製鋼所 | 4. ㈱長野計器製作所 / ㈱ナガノ |
| 5. ㈱ビューアロンジャパン | 6. ㈱エステック |
| 7. ㈱ネリキ | 8. ㈱関東高圧容器製作所 |
| 9. 日本酸素㈱ | 10. 日造精密研磨㈱ |
| 11. 東横化学㈱ / ㈱コム | 12. 昭和電工㈱ |

3. 効 果

本技術により実現されたガスの純度は、世界的にみて他の追随を許さぬ水準にあり、本システムは国内はもとより海外からも注目されている。

本技術を導入した国内企業では、ガスを流し始めてから24時間で14ppb以下の水分量を実現した(従来は、いくらガスを流し続けても、数100ppb～1000ppb程度が限度)。また、EEPROMの書き換え回数を一万回保証から十万回保証にアップさせ、歩留りも60%が90%に向上する等顕著な効果が現れている。

海外企業では、インテルが本システムを全面導入しており、IBM、テキサスインスツルメント等の半導体大手企業も導入の予定で、技術習得のために仙台を訪れ技術指導をうけている。

LSIは、情報機器や通信機器のみならず、一般産業機器や各種家庭電化製品等にも広く用いられており、高集積化の進行に伴い、今後多くの半導体企業が導入するものと想定され、その市場規模からみた社会的・経済的な波及効果は非常に大きい。