

燃焼式排ガス処理装置 (G5型シリーズ)

石川 敬一*

Combustion Type Gas Abatement System (G5 Series)

by Keiichi ISHIKAWA

Recent demand in combustion type gas abatement systems include not only stable and high performance but also low running cost (energy saving) and improved operability. Ebara's G5 series achieves energy saving by an on-demand operation featuring a quick start-up burner. Its automatic scraper system removes by-products produced after the abatement, thus improving operability. The system also uses water falls and a port for visual inspection of the system interior. It is capable of high level gas abatement, is compact and its maintenance can be done easily.

Keywords: Combustion type abatement system, Per fluoro compounds, Energy saving, On-demand operation, Low running cost, Quick startup, High operability, Transparent PVC material, Measure against by-products, Water wall

1. はじめに

排ガス処理装置は、主に半導体、液晶、LED、太陽電池の製造工程で多量に使用される有害ガス、爆発性が高い可燃性ガス及び地球温暖化ガス〔以下、PFCsガス(Per-Fluoro Compounds)〕を無害化処理することを目的とした装置である。

表1に一般的な排ガス処理装置の処理方式と処理性能特性を示す。

過去に半導体製造工場では、特に毒性が強いガスと酸性ガスだけを乾式又は湿式装置を使って処理していた。これら2種類の排ガス処理装置では表1に示すようにPFCsガスを処理することができないため、そのまま大気に放出していた。その後、地球温暖化防止を目的に、PFCsガスを分解除去できる様々な方式の排ガス処理装置も導入されるようになってきた。

このような背景のなか、更に近年では、製造工程の多様化とウェーハの大口径化により、有害ガスの種類及び使用量が増加してきたことで、次の要求が高まってきている。

(1) 有害ガスの種類に合わせて個別に処理をするのではなく、一つの排ガス処理装置ですべての有害ガスが処理できること。

(2) ランニングコストが低減できること。

(3) 稼働率が向上すること。

本稿では、前記要求に対応した燃焼式排ガス処理装置「G5型シリーズ」(以下、G5)について紹介する。

2. 装置概要

G5は、既に市場投入している燃焼式排ガス処理装置(GDC型シリーズ)のバーナ技術を基に、ランニングコストの低減(省エネルギー化)と稼働率の向上を主要課題として掲げ、改良改善を実施した装置である。更に、様々な機器を一つの筐体にコンパクトに収納した装置である。図1に装置概略フロー図を示す。

処理メカニズムは、以下のとおりである。

(1) バーナ部の火炎によって処理対象ガスを燃焼酸化分解する。

(2) 分解後に生成するふっ化水素、シリカ粉体などの副生成物をバーナ部後段の湿式スクラバで捕集除去する。

* 精密・電子事業カンパニー 環境機器技術室 技術サポートグループ

表1 一般的な処理方式と処理性能特性比較
Table 1 Comparison of general abatement methods and performance characteristics

処理方式 Abatement methods	許容流入量 Max inflow gas volume	処理能力 Abatement characteristics			
		PFCs ガス PFCs gases	可燃性ガス Flammable gases	酸性ガス Acid gases	
燃焼式 Combustion & Wet	燃料ガスと酸素を用いて火炎を形成し、酸化反応によりガスを除害する Thermal oxidation reaction by fired using fuels and oxygen gas along with water scrubber.	中～大 Middle ~ Large	○ High	○ High	○ High
乾式 Dry	処理剤を用いて物理吸着、化学反応、イオン交換等によりガスを除害する Physical absorption, chemical reaction and ion exchange by resin.	小 Small	× Impossible	○ High	○ High
湿式 Wet	水・薬液を用いてガスとの気液接触によりガスを除害する Gas-liquid contact by water and/or chemical solution.	大 Large	× Impossible	× Impossible	○ High
ヒータ式 Heater & Wet	電気ヒータによる加熱酸化分解反応によりガスを除害する Oxidation reaction by electrical heater along with water scrubber.	中～大 Middle ~ Large	△ Low	○ High	△ Low
触媒式 (F 固定式含) Catalyst (F capture)	加熱した触媒剤を用い、触媒反応によりガスを除害する Catalytic reaction with electrical heater along with water scrubber.	中 Middle	○ High	× Impossible	△ Low
プラズマ式 Plasma & Wet	プラズマ放電を用いてガスを分解し、後段の湿式処理装置にてガスを除害する Gas decomposition by plasma discharge along with water scrubber.	小 Small	○ High	○ High	△ Low

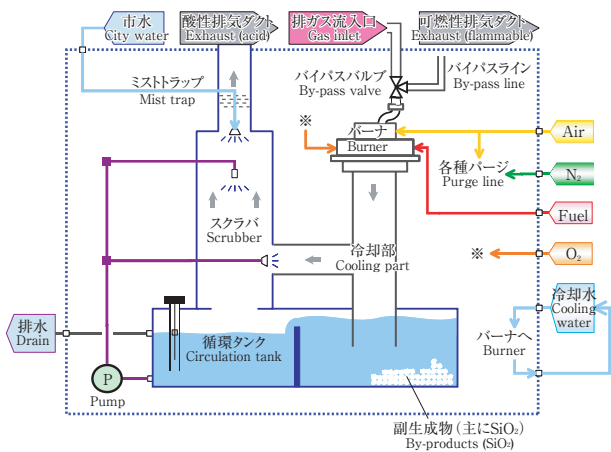


図1 装置概略フロー図
Fig. 1 Flow diagram



写真1 燃焼式排ガス処理装置 (G5)
Photo 1 Combustion type gas abatement system (G5)

11-52 01/231

3. 製品仕様

写真1に装置の外観、表2に製品仕様を示す。

最大4台の半導体製造装置、もしくは、プロセスチャンバを1台で対応できる仕様とするため、G5の最大処理風量を350 L/minとした。選択可能な燃料ガス種は、都市ガス(13A)をはじめとするLNGとプロパンガス(LPG)の2種類である。

4. 処理対象ガスと処理効率

主な処理対象ガスと処理効率を表3に示す。

排ガス処理を必要とする半導体製造工程は、主に、デポジッション、エッチング及びチャンバクリーニングの三つの工程(以下、プロセス)に大別できる。デポジ

表2 製品仕様表
Table 2 Specifications

燃料種類 Fuel type	都市ガス (13A) 仕様 City gas (13A)				プロパンガス仕様 Propane gas			
	G5-A1	G5-A2	G5-A3	G5-A4	G5-P1	G5-P2	G5-P3	G5-P4
機種名称 Model name								
接続流入口数 Qty. of gas inlet ports	1	2	3	4	1	2	3	4
ガス流入量 Maximum flow rate	350 L/min							
外形寸法 Dimensions	1 200 (W) × 650 (D) × 1 900 (H) mm							
装置重量 Weight	550 kg							
電源/消費電力 Power supply / consumption	三相 (3 phase) AC200 V / 1.1 kW (normal operation)							

表3 主な処理対象ガスと処理効率
Table 3 Target gas and abatement efficiency

プロセス名 Process name	処理対象ガス (例) Target gases Ex. (e.g.)	処理効率 Abatement efficiency
デポジション Deposition	SiH ₄	>99%
	NH ₃	>99%
	PH ₃	>99%
	TEOS	>99%
	TiCl ₄	>99%
	WF ₆	>99%
エッチング Etching	CF ₄	>90%
	CHF ₃	>99%
	C ₄ F ₈	>99%
	CH ₂ F ₂	>99%
	CO	>99%
	SF ₆	>95%
	Cl ₂	>99%
	HBr	>99%
クリーニング Cleaning	BCl ₃	>99%
	F ₂ /HF	>99%
	NF ₃	>99%
	C ₂ F ₆	>95%

シオンプロセスには、可燃性ガスや酸性ガスが多く使われ、エッチングとクリーニングプロセスには、PFCs ガスが多く使われている。

5. 特長

5-1 あらゆる種類のガス処理に対応

表1に示すように、燃焼方式以外の排ガス処理装置は、流入ガスの許容量、ガス種別の処理性能特性から、すべての排ガス処理に適応できるとはいえない。

一方、G5では全種類の排ガスに対して安定した高い処理ができるとともに、これら様々なガスが同時に流入した場合でも同様に処理することができる。

また、燃焼式の場合でも、分解反応後に発生する副生成物対策を施していない装置は、適用範囲が限定されることを付け加えておく。

G5は、その課題を解決するための装備を施し（詳細後述）、差別化を図った製品である。

5-2 低ランニングコストの実現(省エネルギーの実現)

5-2-1 短時間スタートアップ

電気ヒータ式などの高温酸分解方式では、処理を開始するにあたり、まず、反応炉内を排ガス分解可能温度以上にするため、数十分～数時間の暖機運転時間が必要となる。この間は、排ガス処理運転には充てられず、単にユーティリティーを消費しているだけとなる。また、

このような特性から各製造工程間のアイドリング時でも、常に電源投入し続けなければならないというデメリットがある。

それに対してG5では、運転開始から約20秒後に排ガス処理が可能となる。これは、予混合燃焼方式の高温火炎(直火)を使って排ガスを分解するので、着火する=排ガス処理が可能となるため、無駄なエネルギー消費が無く利便性が高い排ガス処理装置であるといえる。

写真2に燃焼バーナ火炎の写真を示す。

5-2-2 オンデマンド運転

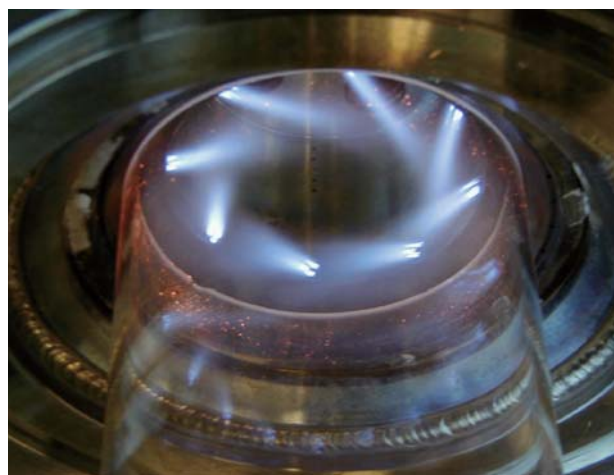
G5は5-2-1で述べたように暖機運転を必要としない。この特長を活かし、オンデマンド運転(排ガス処理運転が必要なときに種々の排ガス条件に対して必要最低限のユーティリティー使用量で自動運転する機能)を装備した。

この機能は、製造装置とのインターフェイスによって、「待機時燃焼」、「低燃焼」、「中燃焼」及び「高燃焼」の4種類の運転条件を製造装置の運転に合わせて自動で着火・消火運転を可能とした特長をもつ。

この装備によって、ユーザの生産効率を損なうことなく、ランニングコストの低減に貢献している。写真3に燃焼条件設定画面例を示す。流量は運転条件毎に任意に設定可能である。

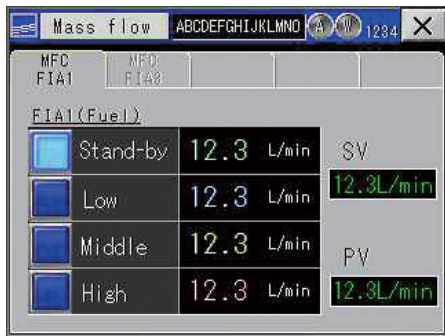
5-3 稼働率向上の実現

製造工程で多量に使用しているSi(シリコン)成分を含むガスは、無害化処理時に多量の副生成物粉体=シリカ(SiO₂)が発生する。このシリカは、排ガス流路上で付着・堆積し、閉塞などの不具合を引き起こす。そのため、この粉体対策の良し悪しが、メンテナンス時間低減(すなわち、稼働率向上)の実現に重要な要素となる。



11-52 02/231

写真2 燃焼バーナ火炎形成状況
Photo 2 Arrangement of flames in the burner



11-52 03/231

写真3 燃焼条件設定画面例
Photo 3 Screen (e.g.) of combustion condition setting



11-52 04/231

写真4 スクレーパ動作前
Photo 4 Before operating the scraper

5-3-1 自動粉体除去機能 (スクレーパ) の装備

写真4にスクレーパ動作前の写真を示す。

排ガス処理装置の中には、構造上の理由からスクレーパ機構を装備できない装置もあり、写真4のように流路が粉体で塞がってしまった場合、毎回分解メンテナンスをしなければならない。

G5には、分解することなく自動で粉体を除去できるスクレーパ機構を標準装備している。

バーナ内部に設置したスクレーパを動作させることでバーナ内壁からシリカ粉体をかき取ることができる。

写真5にスクレーパ動作後の写真を示す。写真5のように動作後には、粉体が除去され流路が確保できる。

既に、本装置の従来機であるGDC型シリーズも、スクレーパ機構を標準装備しているが、このスクレーパを動作させる場合、必ず火炎を消火する必要があった。

しかし、G5のリリースに合わせ、燃焼を停止せずに（火炎を絶やすことなく）スクレーパを動作可能とする機構を開発し、ユーザの設備運用形態に合わせて選択できるようにオプション設定とした。これによって、製造工程上連続処理を求められる製造装置にも対応可能となり、適応範囲が広がることから、G5の大きな特長のひとつになっている。この装備によって、飛躍的に分解メンテナンス周期を延長することができ、稼働率向上に大きく寄与している。

5-3-2 排ガス流路の水壁化

バーナ内壁だけでなく、その他の配管内壁にも同様にシリカ粉体が付着するため、循環水を配管内壁に流し込むことで水壁を形成し、粉体付着発生そのものを防止することが可能となった。これによって、この配管はメンテナンスフリーとなり、全体のメンテナンス時間短縮に貢



11-52 05/231

写真5 スクレーパ動作後
Photo 5 After operating the scraper

献している。

5-3-3 循環タンク及びスクラバ内部の見える化

循環タンクは、処理後の副生成物であるシリカ粉体を溜め込むエリアを設けることで、シリカ粉体の分離を行っている。これにより、循環水中にシリカ粉体の流れ込みを防止することで、循環水スプレーノズルの閉塞防止を行っている。

スクラバは、気液界面が生じるところに粉体が付着しやすいため、内壁に気液界面部分が生じないように、大流量の循環水を使いスプレーノズルにて散水している。

また、部材を透明な材料にすることで、内部の見える化を図っており、状態の監視が容易で安心できる設計であるとユーザからも高い評価を得ている。

5-4 設置面積の縮小

半導体製造は、ごみ・塵・ほこり等の微粒子量を制御したクリーンルーム内で行う必要がある。一方で、製造プロセスには有害なガスを使用しているため、万一の漏洩事故に備え、排ガス処理装置は、半導体製造装置の直近に設置する必要がある。そのため、排ガス処理装置は、限られたクリーンルーム内に設置することが前提となり、装置の小型化が課題であった。

G5では、各機器の最適化を実施し、メンテナンススペースを含めた設置面積（占有面積）比率で、GDC型シリーズと比べ約30%の削減を実現した。

5-5 オプション

5-5-1 燃焼中スクレーパ機能

5-3-1で述べた燃焼中スクレーパをオプションにて装備することで、燃焼を停止せずに（火炎を絶やすことなく）パーナ内部に付着したシリカ粉体を清掃することができる。

5-5-2 瞬停対策

電源事情が決して良い状態ではない地域、もしくは、雷が多く発生する地域には瞬間的な停電が多発するため、このオプションの装備によって、1秒未満の停電であれば、通常運転状態を継続することができる。

5-5-3 排水ポンプアップ機能

排水設備が自然流下で対応できない場合や、排水ピットまでの距離が遠い場合の補助機能として排水ポンプを装備できる。

6. おわりに

今後もPFCsガスの分解可能な排ガス処理装置を導入する取組みが増大していくことは明らかであり、そのなかでも使い勝手の優れた燃焼式の果たす役割が大きくなるものと思われる。そのため、更なる排ガス処理効率向上及びランニングコスト低減（省エネルギー化）という要求にこたえることができるよう努力していく所存である。

