

半導体等製造装置用排ガス処理装置の動向と当社の取り組み

大里 雅 昭*

Trends in Treatment of Gas Deriving from Semiconductor Manufacturing and Ebara's Development in such Treatment

by Masaaki OSATO

This report touches on transitions in the treatment of various hazardous gases deriving from semiconductor manufacturing processes, such as CVD and etching, as well as from LED manufacturing processes. Discussion on reduction and abatement methods is made. An introduction is also made on Ebara's development of optimal systems for the treatment of such gases, centering on PFCs and gases deriving from LED manufacturing.

Keywords: Per-fluoro compounds, Global warming effect gas, Fired thermal type, Electrical thermal type with catalyst, Chemical reaction type for PFCs, Electrical thermal type, Chemical reaction and physical adsorption type, Decomposed gases by high temperature, Treatment of NOx, Wet treatment of hydrogen fluoride

1. ま え が き

CVD, エッチング等各種半導体製造装置や液晶製造装置において、従来から、有害ガス、爆発危険性ガス、腐食性ガス及び温暖化ガスであるPFCs (Perfluoro Compounds) が使用されてきている。これらガスの処理設備として、各種排ガス処理装置が設置されてきた。方式としては、水にガスを溶解する湿式、処理剤にガスを吸着する乾式、加熱してガスを分解するヒータ式や触媒式、燃焼によりガスを分解する燃焼式などがあるが、初期のガス処理方式としては工場終末の大型集合湿式スクラバが主流であった。その後1990年代前半までは簡易型湿式スクラバや乾式排ガス処理装置が設置されてきたものの、PFCsガスについては未処理のまま大気に放出されていた。1997年12月の京都会議 (COP3) を契機に、将来はPFCsガスの処理も行っていく必要があるとの認識が高まり、1999年4月イタリアで開催された第3回世界半導体会議 (WSC: World Semiconductor Council) において、米国半導体工業会 (SIA)、欧州電子部品工業会 (EECA)、韓国半導体工業会 (KSIA)、台湾半導体工業

会 (TSIA)、日本電子機械工業会 [EIAJ (現JEITA)] の合意のもと、新たにPFCsガスの総排出量削減目標が設定された (表)。各国、各地域とも、基準年度の違いはあるものの2010年までに削減率10%とし、温暖化対策へ向けて取り組む姿勢をみせている (図1)。現在、各ユーザが新規設置している排ガス処理装置は、このPFCsガスの処理も含めた方式であるヒータ式、触媒式、燃焼式が多くなってきている。

こうしたPFCsガス処理の高まりと共に、半導体ウェーハ、液晶パネルの大型化に伴うガス量の増加、新しい

表 PFCsガス削減目標 (WSC合意)

Table Targets of PFC reduction (WSC agreement)

地域 Countries	基準年度 Base of year	総排出量削減率 (2010年までに) Reduction of total PFCs
米国 U.S.A	1995年	10%
日本 Japan	1995年	10%
欧州 Europe	1995年	10%
韓国 Korea	1997年	10%
台湾* Taiwan	1998年*	10%

* 精密・電子事業本部 精密機器事業部 環境機器事業室

* 1997年と1999年の平均値 Average for 1997 and 1999

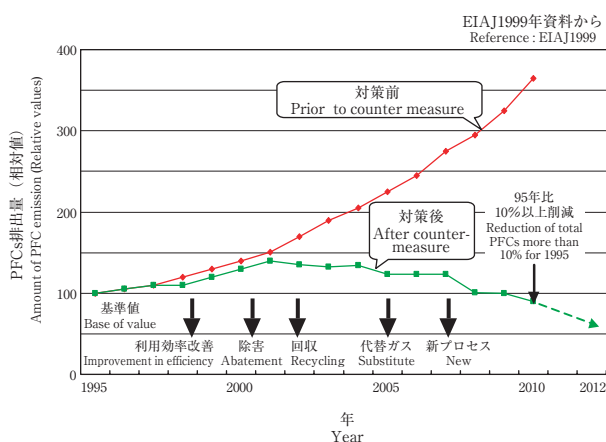


図1 PFCs排出量削減ロードマップ
Fig. 1 Road map of PFC gases reduction

プロセスガスの導入、その他LED製造装置用への適用もあり、今後、2010年に近づくにつれ、排ガス処理装置の重要度はますます増えていくものと思われる。

2. 当社のこれまでの取り組み

2-1 1987～1998年

当社の排ガス処理装置への市場参入は、当社がドライ真空ポンプを販売開始した1986年直後で、半導体製造装置へのオイルバック対策として排気系のドライ化が始まり、それまでオイル真空ポンプのオイルに溶け込んでいた有害ガス成分が、すべて排気系に放出されるようになった時期である。それまでの排ガス処理の主流は、前述のように大型集合湿式スクラバで、工場から排出しなければよいという程度の処理方法であった。ところがドライ化が進んでくると、ドライポンプ直後から製造装置で使用された有害ガスがそのまま高濃度で排出されるようになり、大型集合湿式スクラバでは処理できなくなってきた。そこで、ポンプ出口の各々のポイントで、それぞれの排出ガスに見合った簡易型湿式スクラバや乾式排ガス処理装置が設置されるようになった。

当社では、処理性能の高い乾式に絞って参入を目指し、従来行ってきた大気汚染関連のガス分析技術を生かして、副生成ガスを含めたすべての有害ガスの処理性能を明確に実証し、ユーザの信頼を得て販売台数を伸ばした。

2-2 1999年～

1997年12月の京都会議以降、ユーザはPFCsガスの処理を含めた排ガス処理装置を要望し始め、チャンバクリーニング用として多量のPFCsガスを使用しているCVD

装置用から設置が始まった。処理方式としてはヒータ式もしくは燃焼式が採用され、共に、PFCsガスを加熱もしくは燃焼により分解し、分解後に生成するHFを水に溶解させて処理する方式である。ヒータ式は、難分解性PFCsガス(CF₄、C₂F₆等)の分解率は低く、処理対象ガスは限られるが、燃料ライン設備がないユーザや燃料の使用を好まないユーザもあり、主に易分解性PFCsガス(比較的低温で分解可能なガス)処理用として設置されてきている。一方、燃焼式は、燃料による高温火災を形成させることができ、最も難分解性であるCF₄についても高効率で分解可能な方式である。当社では処理対象ガスの範囲が広い燃焼式を選択し開発を進めた。独自の旋回火炎方式を採用して他社に例のないCF₄分解率99%の性能を達成し、難分解性ガスから易分解性ガスまで処理可能な燃焼式排ガス処理装置として1999年から販売開始した。最近では、省エネ運転のニーズが高まり、ガスの難易度に応じて燃焼温度を変える燃料可変方式やPFCsガス分解後に発生するHF処理水の低水量化等、改良型に切り換えてきている。

一方、エッチング装置では、主に酸化膜のエッチングガスとしてPFCsガスが使用されているが、CVD装置に比べ使用量が少ないこともあり、PFCsガスの処理まで行っているユーザはまだ少数である。しかしながら2010年に向け、各ユーザとも各処理方式の評価を行いつつある。エッチング装置では、今後とも難分解性のCF₄等が使用されるので、前述の燃焼式も一つの処理方法であるが、当社では触媒式も開発し、2002年から販売開始している。低温領域の700～800℃に加熱した触媒により難分解性PFCsガスを分解し、分解後に生成するHFを水に溶解する方式で、少流量処理に適し、低ランニングコストながら高効率除去が達成できるタイプである。

しかしながら、上記PFCsガスの処理(ヒータ式、燃焼式、触媒式)は、いずれもPFCsガス分解後のHFを水に溶解する方式をとっており、工場終末の水処理設備を必要としている。

3. 当社の今後の取り組み

2010年に向け「PFCsガスの処理」がキーワードであり、それ以降も継続されるであろう。

前述の市場動向を踏まえ、まずCVD装置用としては易分解性PFCsガス処理対応のヒータ式の開発にも着手している。またPFCsガス分解後のHF処理には、水を全く使用せず、CaF₂として処理剤に固定するふっ素固

定式（F固定式）排ガス処理装置の製品化を進めている。この方式は、PFCsガスを加熱した処理剤と反応させてCO₂とHFに分解後、HFをCa水酸化物と反応させCaF₂として処理剤に固定する方式である。燃焼式、触媒式、ふっ素固定式の反応の比較を図2に示す。最大の特長は、排水系ラインが一切不要ということである。

今後の課題としては、現在、PFCsガス使用量の少ないエッチング装置を対象に製品化を進めているが、量の多いCVD装置への適用も急務である。更に、現在検討中であるが、固定したCaF₂を再資源化（HFガスの精製等）まで達成できれば、導入の加速化が進み、PFCsガスのリサイクル化に大きく貢献できるものと考えている。

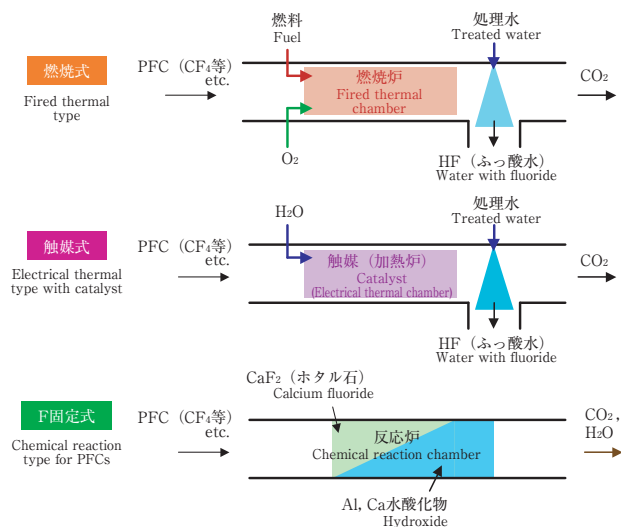


図2 主なPFCs処理方式

Fig. 2 Principal treatment method for PFCs gases

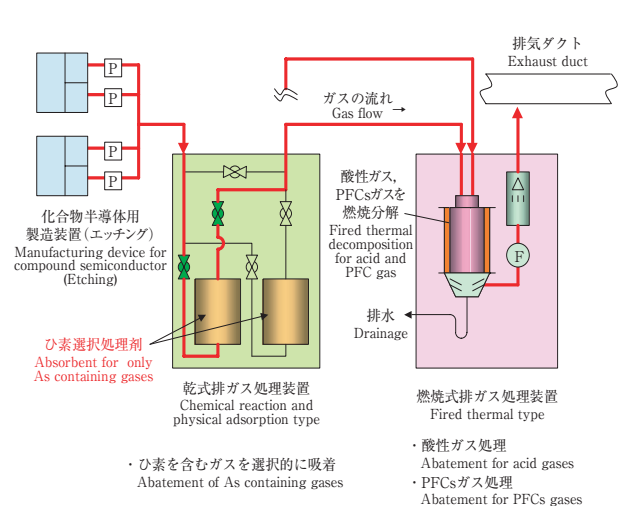


図3 ひ素（As）選択排ガス処理

Fig. 3 Abatement system for As and other gases

4. PFCs用排ガス処理装置以外の取り組み

4-1 As 選択排ガス処理

化合物半導体製造装置にはAsが使用されるプロセスがあり、Asが成膜されたウェーハのエッチング時には、排出ガスとして、少量のAsを含む副生成ガス、多量の酸性ガス及びPFCsガスが放出されてくる。一般的には、まずAsを含む副生成ガス及び多量の酸性ガスを前段の乾式処理剤で吸着させ、PFCsガスを後段の燃焼式等で処理する。処理剤の寿命は酸性ガス処理で決まり、交換周期が早く、ランニングコストが高いものとなっていた。これに対し当社の方式は、まず前段では乾式でAsを含む副生成ガスを選択的に吸着する処理剤を使用し、酸性ガスとPFCsガスを後段の燃焼式で処理することとした。フローを図3に示す。これによって処理剤の寿命が大幅に伸びた結果、従来のランニングコストを約1/2まで低減することができ、ユーザに好評を得ている。

4-2 LED 製造装置からの排ガス処理

LED 製造装置には多量のH₂とAsH₃、PH₃が使用されるプロセスがあり、副生成物として発生するAs酸化物も含め排ガス処理が必要である。

他社方式では、多量のH₂燃焼時の高温による装置の損傷、As酸化物の許容値以上の放出等の問題があったが、当社が提案し採用された以下の処理システムは、運転開始後、問題なく稼動している（図4、5）。

フローとしては、まず多量のH₂とAsH₃、PH₃の高温化を抑えた特殊バーナで燃焼させ、次に生成されたAs酸化物をULPA（Ultra Low Penetration Air）フィルタ

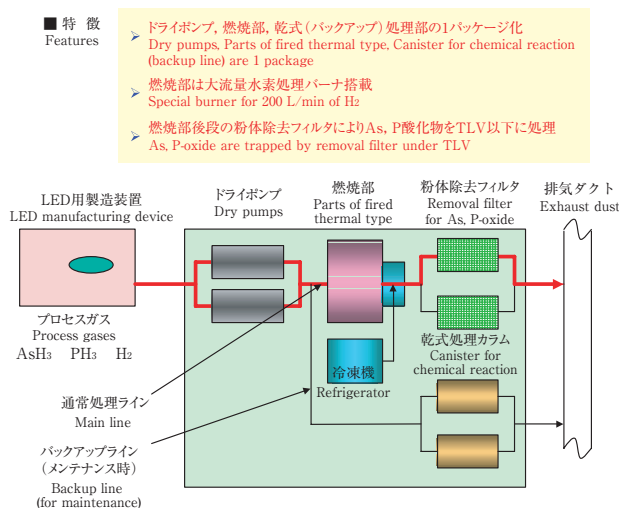


図4 LED製造装置からの排ガス処理（フロー図）

Fig. 4 Flow chart of gas treatment in LED manufacturing

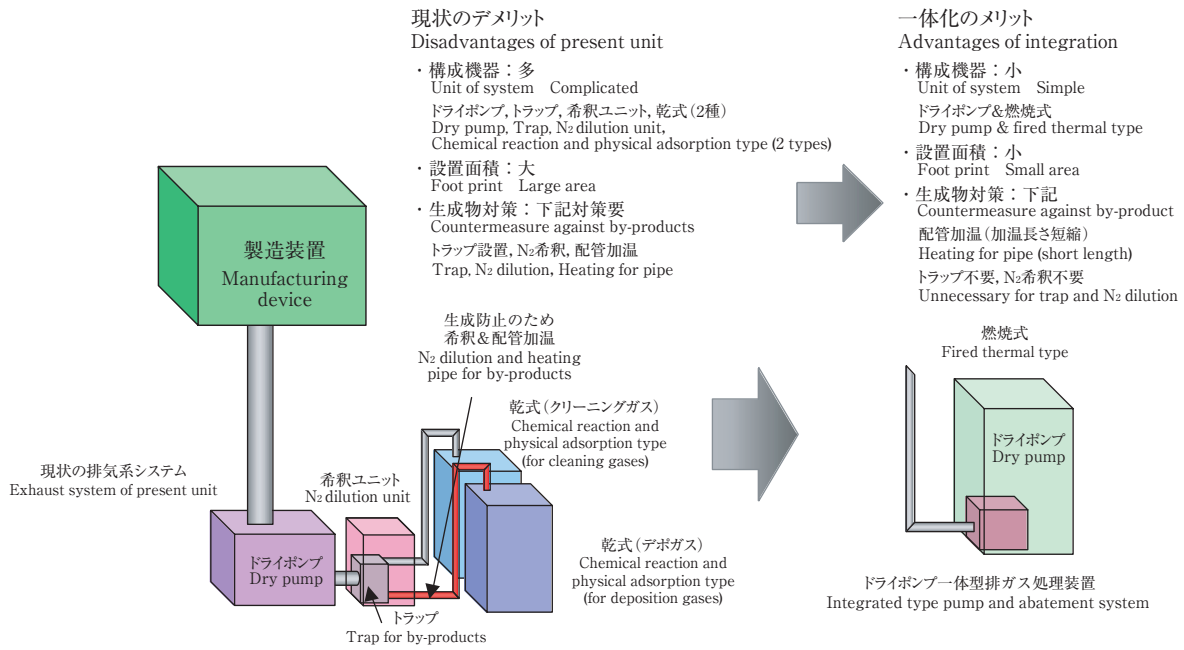


図6 ドライポンプ一体型排ガス処理装置
Fig. 6 Integrated type pump and abatement system

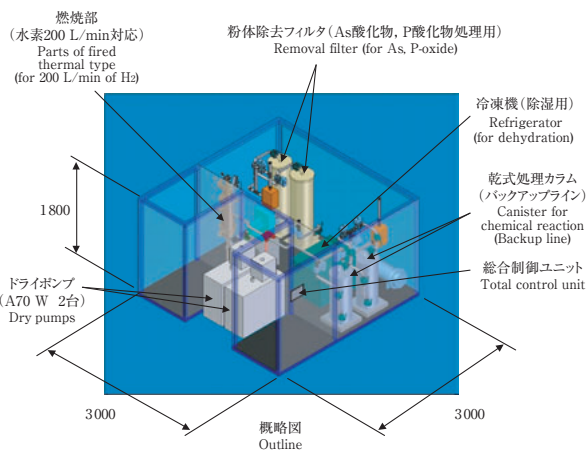


図5 LED製造装置からの排ガス処理(機器構成)
Fig. 5 Abatement system for treatment of gas deriving from manufacturing (Unit of system)

で補足して処理するものである。これも種々な機種を組み合わせによる最適提案ができる当社の強みの一例といえる。

4-3 ドライポンプとの一体化

従来から、ドライポンプは製造プロセスに直結する製品として直近に設置され、排ガス処理装置は工場設備として離れた場所に置かれることが多かった。ところがブ

ロセスによっては、ドライポンプ後の配管において反応生成物による閉塞が起き、頻繁なメンテナンスと費用を必要とする場合がある。

この解決策として最も単純で有効なのがドライポンプとの一体化である(図6)。接続配管を極力短くし、配管ヒータの設置や加熱窒素の注入により反応生成物のたい積を抑え、生成物は後段の排ガス処理装置ですべて処理する。これにより配管等のメンテナンス周期を大幅に伸ばすことができる。既に装置メーカーに納入して評価中であり、装置メーカーから各ユーザーへの推奨が期待でき、ドライポンプとセットでの拡販につながるものと考えている。

5. おわりに

PFCsガスの削減は全世界的な課題であり、分解後のふっ素の処理も含めて取り組む必要性が増している。半導体製造装置、液晶製造装置の他、LED製造装置等市場も広がっていることから、排ガス処理装置の需要は今後ますます高まっていくものと思われる。当社としては、プロセスに即した最適処理装置を推奨すると共に、それらの組み合わせも含めた総合的な提案も併せて行い、処理性能、ランニングコスト、設備負荷低減等に対応し、顧客満足度の高い製品の提供を図っていきたい。