

技術紹介

PFC 対応大気圧プラズマ式排ガス処理装置の開発

Development of the Atmospheric Plasma Abatement System for PFC Reduction

万行大貴* 渡邊信昭* 服部賢二* 羽坂智*
 MANGYOU Hirotaka WATANABE Nobuaki HATTORI Kenji HASAKA Satoshi

1. はじめに

地球温暖化対策の実効性を高めるため、2005年2月に京都議定書が発効され、日本においては2012年の第1約束期間までに温室効果ガスの排出量を1990年比で少なくとも6%削減する目標を掲げている。

半導体や液晶製造工程のクリーニングやエッチング用途として使用されるC₂F₆などのPFC (Perfluoro Compounds) は、地球温暖化係数や大気寿命がCO₂と比較して数千～数万倍と非常に大きいため、排出規制対象物質に指定されている。このため、半導体業界では第3回世界半導体会議 (WSC : World Semiconductor Council) において、各国のPFC排出自主削減目標が設定され、PFC排出量削減に向けて製造プロセスの最適化や地球温暖化係数の小さい代替ガスの導入等の取り組みが活発に行われている。

しかしながら、2001年以降、日本の半導体業界では上記の取り組みが積極的に行われているにも関わらず、温暖化係数の高いPFCの消費量は増加傾向にある。このため、WSCで定めた厳しいPFC排出削減目標を達成するためには、PFCの分解特性に優れた排ガス処理装置の導入が必要不可欠である。

2. 大気圧プラズマ式排ガス処理装置の特長及び概要

排ガス処理装置は、燃焼式、触媒式、ヒーター式、化学吸着式、減圧プラズマ式など、様々な方法による技術が開発されており、プロセス、処理流量、イニシャルコスト、ランニングコスト、設置スペース等の条件を考慮して最適な方法が採用されている。

当社は既に燃焼式排ガス処理装置を上市しており、1装置あたりのガス使用量が多い液晶の製造や、複数台のプラズマCVD装置より排気されたガスを一括処理する大流量対応型の処理装置に対して、多数の納入実績がある。一方、小流量対応型では、ランニングコストを低く抑えることができる大気圧プラズマ式の排

* 電子機材事業本部マーケティング統括部開発部

ガス処理装置を今回新たに開発した¹⁾。

図1に、開発した大気圧プラズマ式排ガス処理装置の概略図を示す。

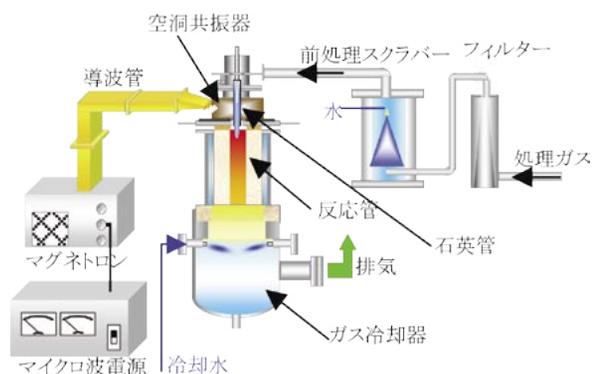


図1 大気圧プラズマ式排ガス処理装置の概略図

本装置は、2.45 GHzのマイクロ波を利用した空洞共振器方式のプラズマ式排ガス処理装置であり、前処理部、プラズマ発生部、反応部、ガス冷却器から構成されている。

半導体製造装置から排出されたガスは、フィルター及び前処理スクラバーを通して、粉体やSiF₄などの酸性ガスが除去され、空洞共振器内に設置した石英管に導入される。マイクロ波はマグネトロンを用いて発生し、導波管を通して空洞共振器に伝播される。そして、空洞共振器内で強い電界が形成され、処理ガスに対する放電を開始する。処理ガス中に含まれる1%程度のPFCは、石英管及び反応管内で分解され、前処理スクラバーから同伴した水分と反応することによりCO₂、SO₂、HFに転換される。ガス冷却器は高温状態の処理ガスを冷却すると共に副生成したHFをスプレー水に吸収させ酸廃水として除去するシステムとなっている。

本装置は、ランニングコストなど以下の特長を有している。

- 主なユーティリティーが電気と冷却水のみであり、80L/min程度の小流量処理の場合は、当社の燃焼

式と比較してランニングコストが低い。

- ・独自の空洞共振器を採用することで効率良くプラズマを生成させることが可能であり、PFCの分解率が高い。
- ・独自のガス冷却器を設置し、高温の排ガスを少量の水で冷却することが可能である。

3. 装置性能

本装置における各種 PFC の分解率は、FT-IR により PFC の排ガス濃度を測定し算出した。図2にマイクロ波電力 5.9kW 時における希釈 N₂ の流量と分解率の関係を示す。この際、希釈 N₂ 中に含まれる PFC 濃度は 1.0% であった。分解率を 95% 以上に設定した場合、CF₄、SF₆、C₂F₆ の最大処理流量はそれぞれ 80、120、150 L/min であった。

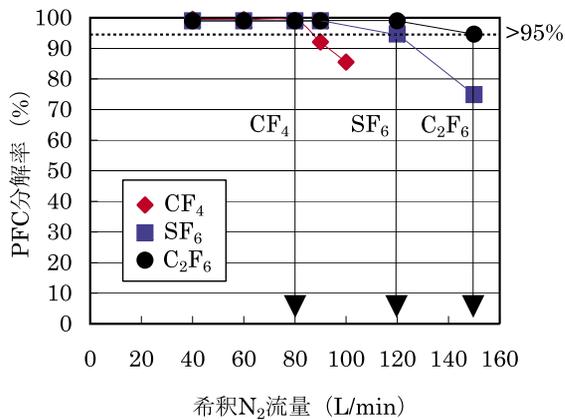


図2 希釈 N₂ 流量と PFC 分解率の関係

次に、導入した C₂F₆ の濃度を 1.0% から 3.0% まで変化した時の分解率を測定した。C₂F₆ の分解反応は (1) に示す反応式であり、前処理スクラバーで同伴する水分を利用して CO₂ と HF に転換している。

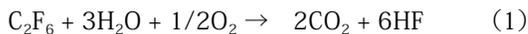


図3に従来型と改良型の C₂F₆ の濃度と分解率の関係を示す。

従来型では C₂F₆ の濃度の上昇に伴い、分解率が低下した。これは、前処理スクラバーから同伴される水分が反応に必要な量に達していないため、CO₂ と HF へ転換する反応が進行せず、C₂F₆ が再結合もしくは、CF₄ 等の PFC が副生成したためと考える。一方、今回改良したシステムにおいては、反応部で発生する熱を用いて、前処理スクラバーに供給する水を加熱し、反

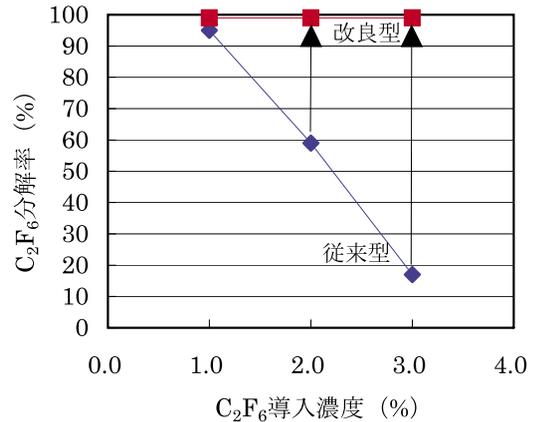


図3 C₂F₆ 導入濃度と C₂F₆ 分解率の関係

応部へ導入する水分濃度を上昇させて処理ガスに同伴した。このため反応に必要な十分な量の水分が供給されたため、C₂F₆ の濃度が 3.0% の場合においても 95% 以上の高い分解率を得ることが可能となった²⁾。

4. まとめ

大気圧プラズマ式排ガス処理装置は、酸化膜エッチングプロセスやプラズマ CVD のクリーニングプロセスから排出される PFC 処理をターゲットとして開発し、以下の性能を有することが明らかとなった。

- ・PFC 濃度が 1.0% 以下の場合において、PFC の分解率を 95% 以上達成するための最大処理流量は、CF₄: 80 L/min, SF₆: 120 L/min, C₂F₆: 150 L/min である。
- ・前処理スクラバーに供給する水温を制御することで、処理流量 80 L/min 時の C₂F₆ 濃度は、最大 3.0% まで処理可能である。

大気圧プラズマ式排ガス処理装置をラインナップすることにより、種々の客先ニーズに合わせた最適な排ガス処理システムを提案することが可能となった。

参考文献

- 1) Mangyou, H. ; Watanabe, N. ; Hattori, K. ; Wakabayashi, T. ; Sugimori, Y. ; Shibuya, K. ; Hasaka, S. 12th ISESH Annual Conference : The optimal PFC reduction system following the process exhaust volume from the large amount for TFT-LCD process to small amount for etching process. Portland, 2005-06, SIA.
- 2) Mangyou, H. ; Watanabe, N. ; Hattori, K. ; Watanabe, T. ; Sugimori, Y. ; Shibuya, K. ; Hasaka, S. International Symposium on Semiconductor Manufacturing 2005 : High performance atmospheric plasma abatement system for PFC reduction. SanJose, 2005-09.