

耐ラジカル向上材料FLUORITZ[®]-TX

1. はじめに

近年、半導体製造プロセス装置の高性能化や微細化技術の進展に伴い、プロセス条件は一層厳格化し、装置に使用される材料や部品に対する要求も高度化している。これらの特性は、半導体製造プロセスにおける高真空環境や高温・高エネルギーのプラズマ環境下での長期的な性能維持に直結するため、シール材の選定は装置設計において極めて重要である。

特に、パーフロエラストマー（FFKM）は、その卓越した耐薬品性、耐熱性、耐プラズマ性により、半導体製造装置の過酷な環境下で広く採用されている。パーフロエラストマーは、化学的に安定した構造を有しており、プロセス中に発生する腐食性ガスや高エネルギーラジカルに対して優れた耐性を示す。また、ゲート部などの動的用途においてはゲート部で開閉などの繰り返しの動作が発生するため、機械特性に優れた材料を選定する必要がある。こうした市場のニーズに応えるべく、当社ではこれまで従来品として動的部用途向けにFLUORITZ-T20を提供し、動的用途における高い耐久性と耐プラズマ性を実現した製品を提供し、半導体製造装置の安定稼働に寄与してきた（Figure1）。



Figure1 FLUORITZ-T20

しかし、半導体製造プロセスの更なる高度化に伴い、従来の材料では対応が難しい新たな課題が顕在化している。

具体的には、耐ラジカル性の向上による長寿命化、低固着性によるメンテナンス性の向上、そして金属含有量の低減によるプロセス純度の確保が重要な課題として挙げられる。

今回、当社ではこれらの課題に対し、従来品の耐ラジカル性を更に向上させるとともに、低固着性、純粋性の各性能で優位性を持つ新たな動的用途向けパーフロエラストマーであるFLUORITZ-TXを開発した（Figure2）。

本報では、FLUORITZ-TXの特性について詳しく紹介し、半導体製造プロセス装置における新たな可能性を探る。



Figure2 FLUORITZ-TX

2. FLUORITZ[®]-TXの特長

FLUORITZ-TXは前述のFLUORITZ-T20（従来品）と比較して、耐ラジカル性を大幅に向上させ、低固着性、純粋性に優れた製品である。以下に、FLUORITZ-TXの各種特性を紹介する。

2-1) 耐ラジカル性

半導体製造プロセスの高度化と微細化技術の進展に伴い、装置内部で使用されるシール材には、これまで以上に厳しい性能要件が求められている。特に、プラズマプロセスにおけるクリーニング工程では、NF₃（三ふっ化窒素）ガスを用いた高エネルギーラジカル環境が発生し、シール材が長時間曝されることで、劣化やパーティクル発生が懸念される。これ

らは装置の安定稼働や製品品質に直接影響を与えるため、耐ラジカル性の向上が重要な課題となっている。そこでFLUORITZ-TXの耐ラジカル性を評価するため、NF₃ガスを用いたラジカル試験を実施した。試験方法の概要をFigure3、評価結果をFigure4に示した。

試験の結果、FLUORITZ-TXは、当社従来品、及び市場で広く使用されている他社製品と比較して、優れた耐ラジカル性を示した。この特性により、シール材の長寿命化を実現し、装置のメンテナンス頻度を低減させることが可能である。また、FLUORITZ-TXの優れた耐ラジカル性は、クリーニング工程におけるパーティクル発生抑制やプロセス純度の向上にも寄与することが期待される。これにより、半導体製造プロセスの更なる高精度化や歩留まり向上が可能となり、次世代の製造装置における新たなソリューションとして期待される。

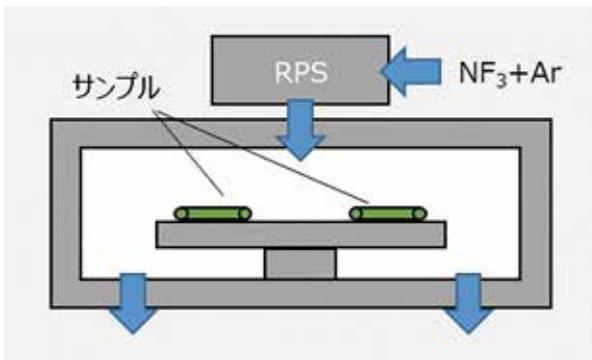


Figure3 耐ラジカル性評価方法

※ RPS (Remote Plasma Source): 処理装置外でプラズマが発生する方式

試験条件

プラズマソース: リモートプラズマ

ガス比: NF₃ / Ar = 1/1

温度: 250℃

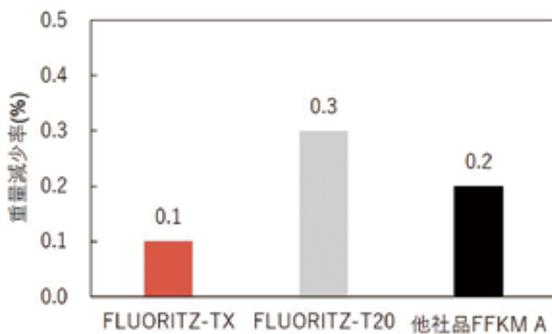


Figure4 耐ラジカル性測定結果

2-2) 低固着性

半導体製造装置においてシール材は真空シールとして重要な役割を果たしている一方で、金属やその他の相手材との固着が課題となる場合が多い。特に、リッドやフランジの開閉部位では、シール材が相手材に固着することで、開閉時に大きな力が必要となることがある。このような固着現象は、装置の動作効率やメンテナンス性に悪影響を及ぼすだけでなく、場合によっては動的箇所であるゲートバルブの動作遅れやシール材の脱落といった深刻な問題を引き起こす可能性がある。更に、半導体製造装置では高温環境下でのプロセスが一般的であり、プロセス終了後に装置が冷却される際、シール材と相手材の接触面の固着力が大きくなることが知られている。これが装置のメンテナンス作業を困難にする要因となる。そのため、動的用途向けのシール材には、耐久性や耐プラズマ性に加えて、低固着性が求められている。

そこで、固着力測定方法の概要をFigure5に示し、FLUORITZ-TX固着力測定結果をFigure6に示した。測定結果から、FLUORITZ-TXは当社従来品、及び他社製品と比較して顕著に低い固着力を示していることが分かった。この特性により、FLUORITZ-TXは、固着が原因で発生するリッドやフランジの開閉時のトラブル、ゲートバルブの動作遅れ、更にはシール材の脱落といった問題を大幅に低減出来ると考えられる。また、装置のメンテナンス性を向上させるだけでなく、装置の稼働率向上やダウンタイムの短縮にも寄与する。これにより、半導体製造プロセス全体の効率化やコスト削減が期待出来る。

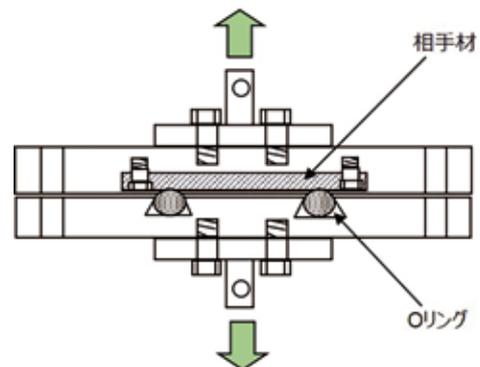


Figure5 固着力測定方法概要

試験条件

加熱温度 / 時間: 150℃ / 72h (加熱後室温まで冷却後固着力測定)

圧縮率: 15%

試料: AS568-214のOリング

引張速度: 300mm/min

相手材: アルミ

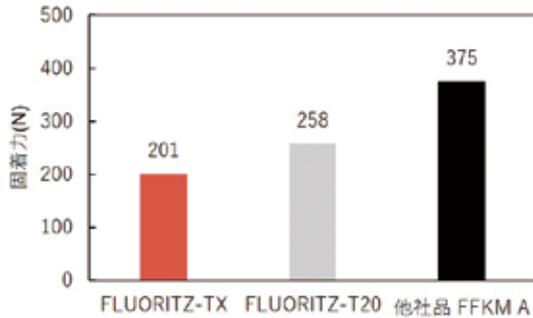


Figure 6 固着力測定結果

2-3) 純粋性

半導体製造プロセスにおいて、プラズマエッチング作用がシール材に含有される金属成分に影響を及ぼす場合、これらの成分がエッチングにより飛散し、装置内部におけるパーティクル(微粒子)の発生リスクを増大させる可能性がある。このようなパーティクルの発生は、半導体製造プロセスにおいて重大な不具合を引きおこし、製品の歩留まり低下や品質不良の原因となるため、シール材の金属含有量を低減することが求められている。

Figure 7 に FLUORITZ-TX の含有金属量測定結果を示した。FLUORITZ-TX は当社従来品、及び他社製品と比較して金属含有量が大幅に低減されている。そのため、FLUORITZ-TX はプラズマエッチング環境下での金属成分の飛散を抑制し、パーティクル発生を最小限に抑えることが可能である。これにより、装置内部のプロセス純度を維持し、半導体製造プロセスの安定性と信頼性を向上させ、更には半導体製造装置の稼働率向上やトータルコストの削減が実現出来ると考えられる。

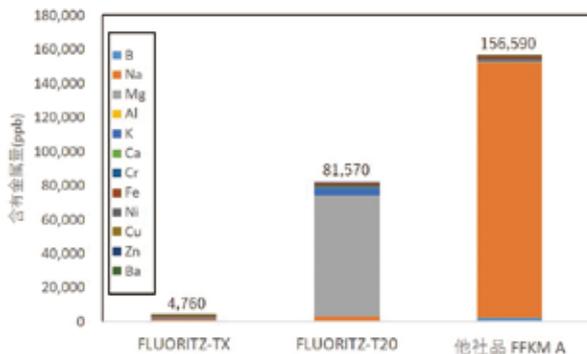


Figure 7 含有金属測定結果

試験条件

前処理：硝酸灰化法

測定機器：ICP-MS

測定元素：62 元素 (検出限界以下の元素は非表示)

2-4) 機械特性

Table 1 に FLUORITZ-TX の機械特性を示した。FLUORITZ-TX は動的用途で使用できる優れた機械特性を有している。

Table 1 FLUORITZ-TX の基本特性

		FLUORITZ-TX	FLUORITZ-T20	他社品 FFKM A
色調		茶	黒	琥珀半透明
常態物性	硬度 (Shore A)	80	80	70
	引張強さ (MPa)	14.4	11.3	15.7
	伸び (%)	235	170	238
	100% Mo (MPa)	5.0	5.5	5.2

※ 100% Mo：元の長さの 100% に伸びたときの応力 (引張応力)

3. FLUORITZ®-TX の用途

FLUORITZ-TX は、現行のパーフロロエラストマーでは対応が難しい次世代半導体製造装置の厳しい要求にも適応可能であると考えられる。特に、プロセスの微細化や高真空環境の更なる高度化が進む中で、FLUORITZ-TX はその性能を活かし、装置の安定稼働やプロセスの信頼性向上に寄与することが期待されている。

以下に、FLUORITZ-TX が想定される具体的な使用用途を挙げる。

3-1) スリットバルブやゲートバルブ用シール材

エッチング、成膜、洗浄、アッシングなどのプロセスにおいて、真空環境や特定のプロセス環境を維持するために使用されるスリットバルブやゲートバルブは、動的部品として高い耐久性と低固着性が求められる。FLUORITZ-TX はこれらの用途において、長寿命化と安定した動作を実現出来ると考えられる。

3-2) チャンバーリッド用シール材

エッチング、CVD (化学気相成長法)、PVD (物理気相成長法)、アッシングなど、様々な半導体製造装置のチャンバーリッドに使用されるシール材は、プロセス中の高温・高真空環境下での耐久性が求められる。FLUORITZ-TX は、これらの厳しい条件下でも優れた性能を発揮し、プロセスの安定性を向上させることが可能である。

3-3) その他の動的用途

半導体製造装置における動的部品全般において、FLUORITZ-TX はその優れた特性により、装置の信頼性向

上やメンテナンスコストの削減に貢献する。特に、プロセスの高度化に伴い、従来の材料では対応が難しい環境下での使用が期待される。

4. おわりに

本報では、動的部用途向けに開発された新たなパーフロエラストマーであるFLUORITZ-TXの特性について紹介した。FLUORITZ-TXは、これまでのFLUORITZ-T20を基盤としつつ、耐ラジカル性、低固着性、純粋性といった性能を更に向上させた製品であり、また、半導体製造プロセス装置の厳しい要求に応える材料として注目されている。FLUORITZ-TXは、これらの市場ニーズに応えるべく開発されたものであり、動的部用途における新たなソリューションとして期待される。なお、本文中で示したデータは、当社にお

ける一定の評価環境下で得られたデータの一例であり、すべての使用環境に適合するわけではない。そのため、実際の使用に際しては、使用環境での評価を実施し、特に高温環境においては十分に適性を確認した上で使用することが重要である。

今後も、当社では半導体製造プロセス装置の更なる進化に対応するため、材料技術の向上に取り組み、より高性能なシール材の開発を検討中である。FLUORITZ-TXが、半導体業界における新たな価値を提供するシール材として広く活用されることを期待する。

5. 参考文献

- 1) 岡崎 雅則：バルカー技術誌. No.23, 10-12 (2012)

※ FLUORITZは株式会社バルカーの商標または登録商標です。



野口 仁志

高機能シール本部
高機能シール開発部
材料開発チーム



村上 辰也

高機能シール本部
高機能シール開発部
材料開発チーム