

特殊潤滑剤ソリューション 半導体産業用



LUBRICANTS.
TECHNOLOGY.
PEOPLE.



MOVING YOUR WORLD

MOVING YOUR WORLD

by striving for perfection and unconditional reliability

半導体産業は、現代の技術において重要な役割を果たしています。マイクロプロセッサ、メモリチップ、フラットパネルディスプレイなどの半導体製品への需要は、5G、IoT、人工知能（AI）、電動車両、接続された医療機器、産業用ロボットなどの次世代技術の台頭によって推進されています。これらの技術的に洗練されたアプリケーションでは、より高速な処理速度と低消費電力が求められ、より複雑な製造プロセスが必要とされています。多くのプロセスにおいて、製造の精度は10ナノメートル未満にまで達しており、最も小さな不純物でも製品の欠陥や収量の損失を引き起こす可能性があります。これらのシステムは要求に応えるために信頼性を持って稼働する必要があります。

目次

04 - 05

半導体装置における特殊潤滑剤の利点

06 - 07

ケーススタディ：PFOAコンプライアンスソリューション

08 - 09

半導体ロボットシステム用潤滑剤

10 - 11

試験機器

12 - 13

MAC vs. PFPE 潤滑剤

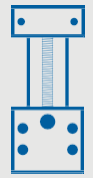
14 - 15

真空およびクリーンルーム用潤滑剤

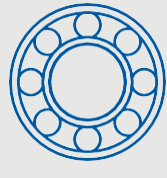
半導体製造工程用潤滑剤

メンテナンスとダウンタイムはコストがかかります。サプライヤーは、新たな潜在的な汚染源を導入せずに性能を最大限に引き出すために、選択するすべての材料を慎重に検討する必要があります。潤滑剤のアウトガスや微粒子発生は、製造設備や製品を汚染し、製品の品質と収率に悪影響を与えます。製造および加工装置のコンポーネントの性能と信頼性を向上させ、ラインの収率を向上させ、潜在的な欠陥を回避し、稼働時間を増やすためには、特殊で低アウトガスの真空潤滑剤を選択する必要があります。

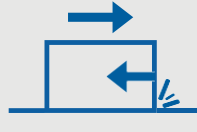
潤滑される部品



リニアガイド



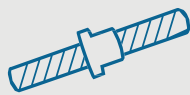
ベアリング



摩擦・摩耗を低減



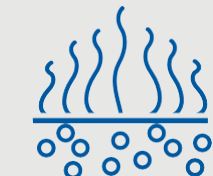
部品寿命延長



ボール・リード
スクリュー



ギア
アクチュエータ



汚染防止



真空条件に耐える

潤滑の目的

高温時の性能向上

潤滑剤は、高温環境で蒸発することなく機構部品を保護する必要があります。高温では蒸気圧が上昇するため、アウトガスが起りやすくなります。Nyeの真空およびクリーンルーム用潤滑剤の多くは、250℃までの温度で性能を発揮するように配合されています。

潤滑剤の清浄度

真空およびクリーンルーム環境での製造装置は非常に精密であり、微小な粒子でも摩擦や位置決め誤差を引き起こすことがあります。

潤滑剤の清浄度を確保するための最良の方法は、超遠心濾過を使用して潤滑剤中の微小な粒子を減少させることです。半導体アプリケーションのために、グリースやオイルを超遠心濾過することで、可能な汚染物質を減少させることができます。

PFAS / PFOA 規制

当社の半導体製造装置向けのすべての製品は、PTFEを使用しており、PFOAの含有量は重量ベースで0.1%未満であり、現行のREACHおよび他の国際的な規制に準拠しています。この作業は各製品の完全な配合の測定ではありませんが、分析結果からは、PTFEがPFOAレベルへの最も重要な寄与要素であることが示されています。全フルオロアルキル物質（PFAS）に関する規制環境は不確かなままですが、当社の研究開発チームは、半導体産業向けのPFASフリーのソリューションの開発において先行する研究を行っており、より厳格な規制が発生した場合に備えて準備を行っています。

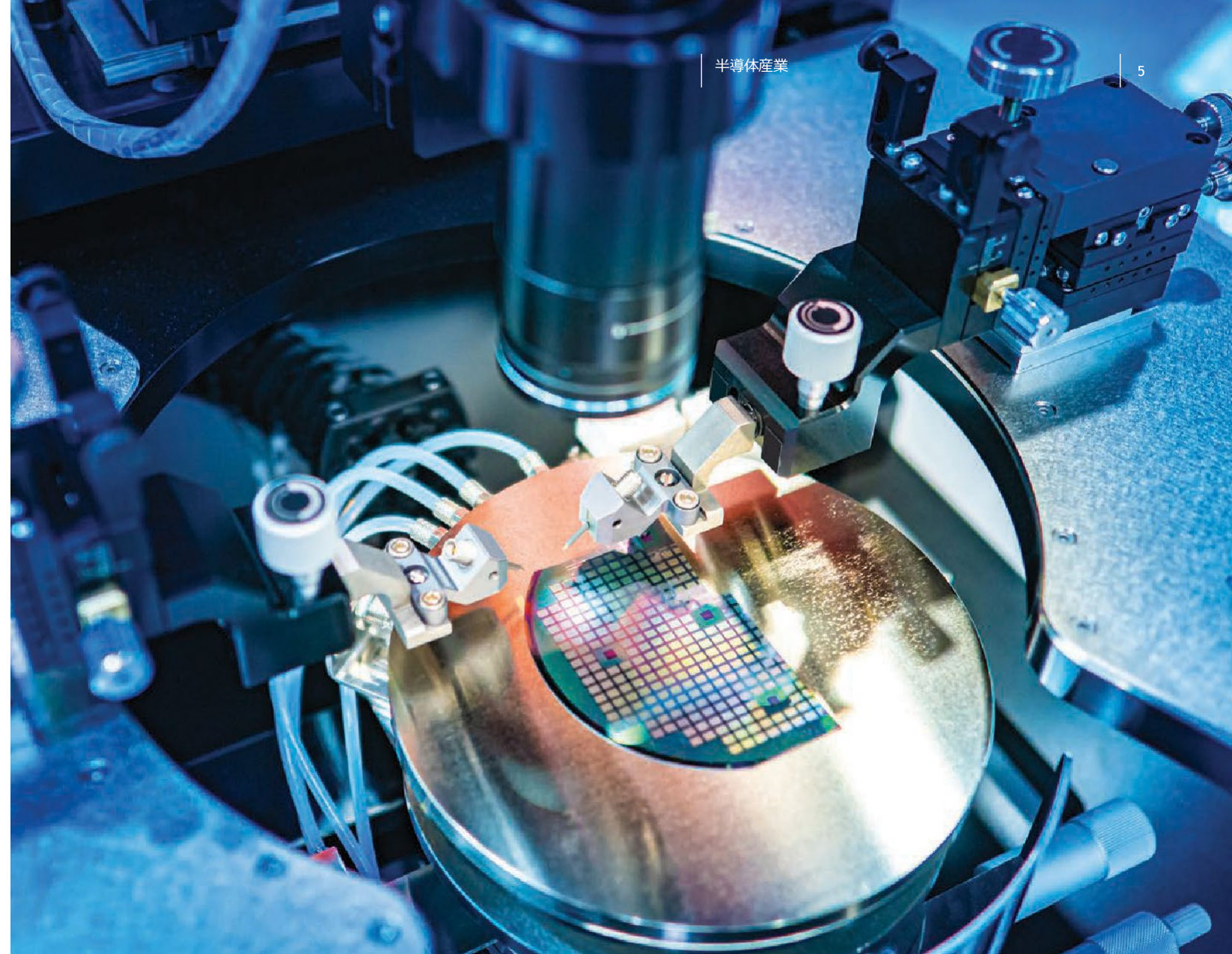
アウトガスの低減

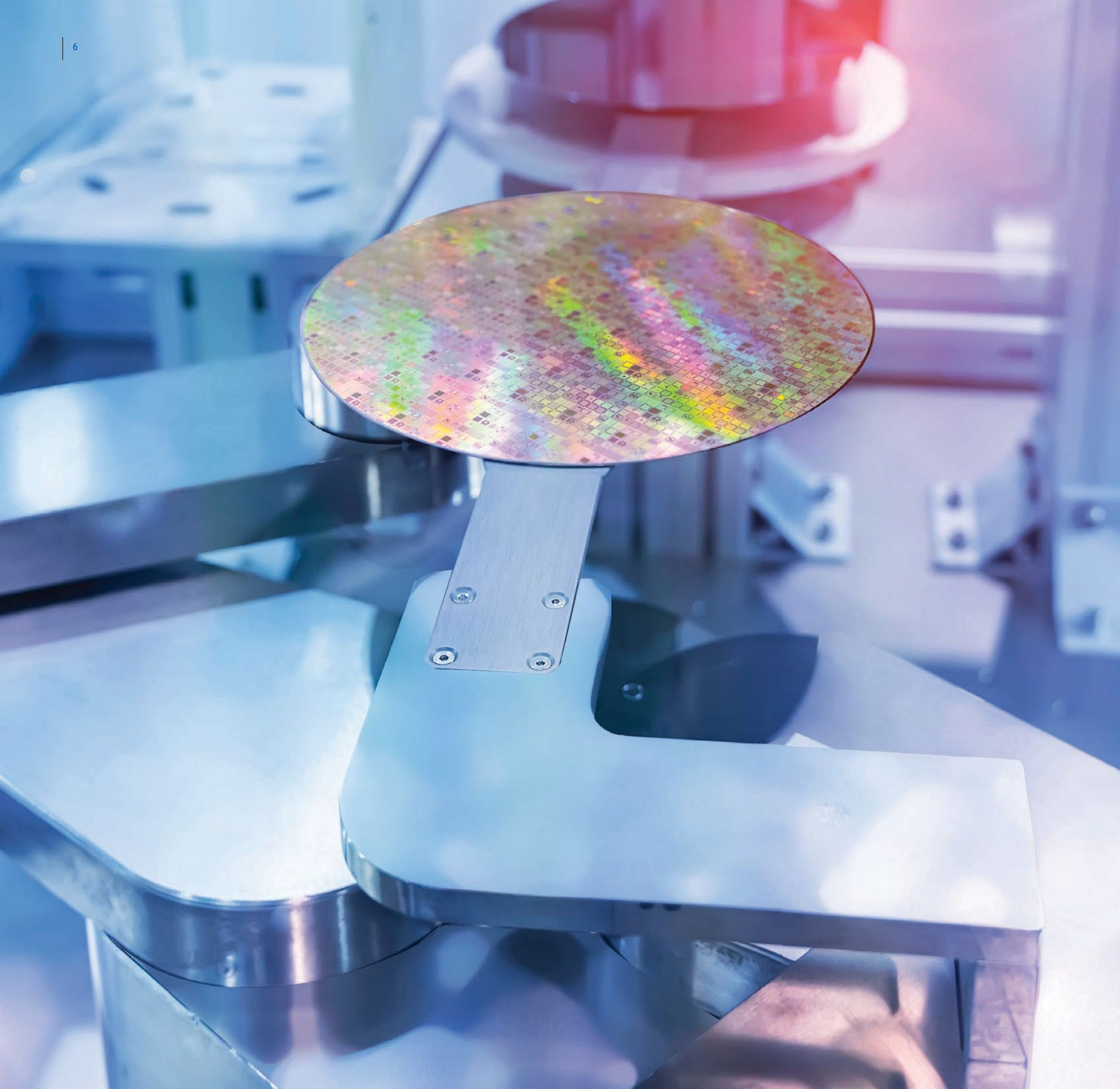
アウトガスは蒸発に似た現象であり、液体や固体材料から微小な分子が放出されることを指します。真空環境下での運転では蒸発損失が加速し、時間の経過とともに潤滑剤の完全性が損なわれます。低アウトガス潤滑剤は、材料の損失を抑えてより長持ちする潤滑性を提供します。

アウトガス化した分子は、表面に凝縮してウエハや加工装置、他の感受性のある部品に汚染物質として付着することがあります。潤滑剤のアウトガスは、ASTM E595による総質量損失（TML）および収集揮発性凝縮物質（CVCM）で測定されます。当社の潤滑剤は、半導体産業で求められる厳しいアウトガスの制限を満たしています。

微粒子生成の低減

ダイナミックな粒子生成は、潤滑されたボールねじ、軸受け、またはギアシステムから汚染物質が動作環境に排出される現象です。これらの汚染物質には、基油成分、増粘剤粒子、添加剤などが含まれ、グリースからの転がり、滑り、またはその両方によって放出されます。当社独自の試験方法と装置により、これらのダイナミックな条件下での粒子生成を測定することができます。





ケーススタディ

PFOA対応

半導体製造装置のベアリング用グリース

課題

Perfluorooctanoic acid (PFOA) に関する新しい環境規制により、多くのエンジニアや製造業者が設計のあらゆる側面で使用する材料を再考する必要があります。Nyeは、半導体製造工程やその他の複雑な製造環境で自動化を目的とした最先端の真空ロボットを製造する企業から依頼を受けました。お客様は、ベアリングの寿命を延ばし、ダウンタイムのコストを削減することができるPFOA対応の真空グリースを求めています。また、真空、高負荷、高温条件下での1000万サイクルの寿命要件を満たす必要がありました。

ソリューション

NYECLEAN 5057が開発されました。このフッ素グリースは、REACH PFOA規制に準拠しながら、真空環境において最小限のガス放出、粒子生成、蒸気圧を示します。NYECLEAN 5057は、非常に高い温度での使用が可能であり、最大250°Cまでの耐熱性を持ち、摩擦と摩耗を軽減してベアリングの寿命を延ばします。

結果

ガス放出、真空安定性、蒸気圧などのテストデータを提供し、1000万サイクルの目標に対しても良好なパフォーマンスを維持し続けた結果、NYECLEAN 5057が選ばれました。NYECLEAN 5057は自動車や医療産業向けのベアリング、リニアガイド、ボールねじ/リードねじの製造会社から高い関心を寄せられています。REACHの要件が進化し続ける中、FUCHSは新たな先進的かつ持続可能なソリューションの開発によって業界をリードし続けています。

半導体ロボットシステム用潤滑剤

半導体製造のファウンドリおよび製造施設では、ウエハを工場内で輸送し、半導体ウエハ製造装置内でウエハを位置づけて転送するために、多くのロボットシステムが利用されています。これらのロボットは通常、最大限の生産性と製品の一貫性を確保するために高速で正確な動作が求められます。

ベアリングおよびギア

厳しい精度要件を満たすためには、半導体製造装置のベアリングやギア用の潤滑剤は摩耗を防止し、長寿命な潤滑を提供し、摩擦トルクを最小限に抑える必要があります。これらの潤滑剤は、清浄度の要件を満たし、攻撃的なプロセスガスや化学物質が存在する環境での腐食に耐え、最小限の動的粒子生成で使用中の一貫性を維持する必要があります。潤滑剤は、移動部品間の摩擦を減少させ、摩耗や部品の固着を防ぐために適切な膜厚を確保するように調整される必要があります。真空プロセス条件下では、ギアやベアリングは超高真空、高温、厳しい化学物質、腐食性および酸化性ガスにさらされる可能性があります。このような環境では、低ガス放出、低動的粒子生成、化学的不活性、長寿命、優れた耐摩耗性を持つ潤滑剤が必要です。

PFPE 潤滑剤: NYECLEAN 5057 & 5097R

NYETORR 5300, 5300XP, 6300, 6300S

MAC潤滑剤: NYETORR 5200, 6200, 6200-FL

リニアガイド、スライド、ボール/リードスクリュウ

半導体の自動化、ロボット、ウエハ位置決めシステムでは、リニアガイド、スライド、ボールねじ/リードねじを使用して高精度な動作を実現しています。リニアガイドシステムにおいて摩擦と摩耗を減らし、走行精度と繰り返し精度を維持するために、潤滑剤は欠かせません。真空安定性、真空プロセスやクリーンルーム環境での化学耐性に優れ、優れたスティックスリップ特性を示す潤滑剤が求められます。

PFPE 潤滑剤: NYETORR 5300XP, 5350

MAC 潤滑剤: NYETORR 5200, 6200, and 6200-FL

バルブ

高性能バルブは流体の流量と圧力を制御し、信頼性の高い、迅速で正確な制御を提供する必要があります。これには高性能潤滑剤の使用が必要です。バルブの潤滑用グリースは、ギアやベアリングの潤滑に使用されるものと似ていますが、追加の要件として高差圧下でもその場に留まる必要があります。これによりちょう度の高いグリースが必要となる場合があります。

PFPE 潤滑剤: NYETORR 5300, 6300

MAC 潤滑剤: NYETORR 5200, 6200

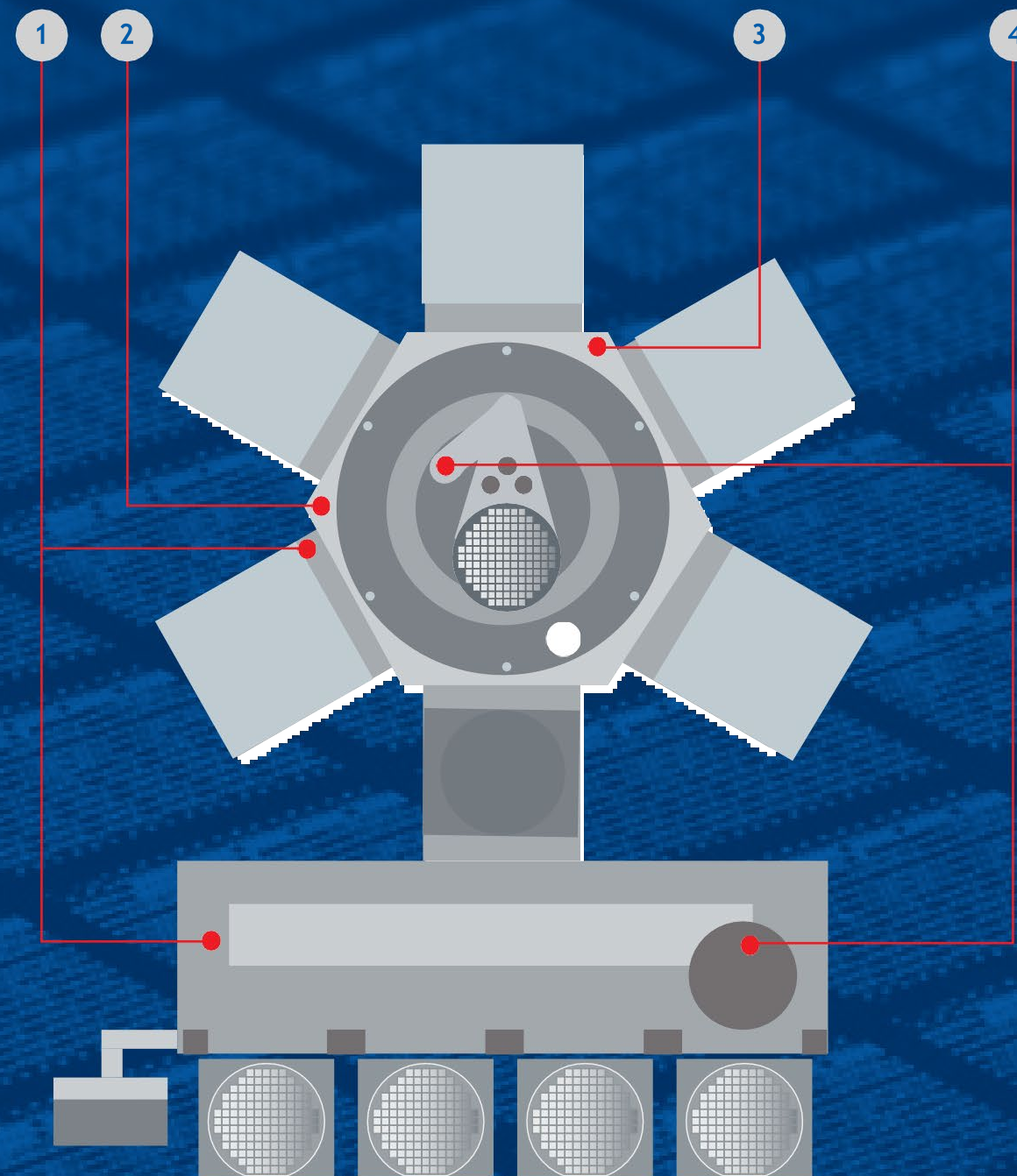
O-リングおよびシール

Oリングとシールは、プロセスツール内の超高真空を維持し、さまざまな環境内で化学物質やガスを閉じ込めるのに重要な役割を果たしています。Oリングやシールの故障は真空の喪失を引き起こし、安全上の懸念や製造プロセスへの高い影響をもたらす可能性があります。適切に選択された潤滑剤は、摩擦と摩耗を最小限に抑えることでこれらの部品の性能を向上させ、サービス寿命を延ばすことができます。

潤滑剤は低ガス放出と低粒子生成、化学的不活性、溶剤に対する耐性、高熱安定性、低摩擦、低オイル分離、良好な安定性を示す必要があります。また、Oリングやシールの製造に最もよく使用されるフルオロポリマーエラストマーなどの合成エラストマーポリマーとの互換性も必要です。

PFPE 潤滑剤 NYETORR 5300, 6300, 5381

1. リニアスライダー / レール&ボールスクリュウ
2. ガスケット / Oリング
3. 真空フィードスルー / 真空ポンプ
4. ウエハ搬送ロボットのベアリング



試験機器

摩擦・摩耗

SRV トライボメータ

SRV（振動摩擦・摩耗）テスト装置は、回転および直線振動運動、最大2,000 Nの荷重、2,000 RPM、最大温度180°Cなどのオプションを備えたカスタムテストを実行することができます。試験片には、ボールオンディスク、ピンオンディスク、シリンダーオンディスクおよびカスタムジオメトリーが含まれています。

ミニトラクションマシン (MTM)

ミニトラクションマシン（図2）は、転動/滑り接触の混合物で摩擦を測定し、転がり要素ベアリングやギアなどのアプリケーションをシミュレートします。MTMでは、速度要素を滑りと転がりの速度の組み合わせとして、引きずり速度を生成することができます。MTMは、ボールとディスクを異なる方向に駆動すること（逆回転）により、金属表面のスカuffィングとガリングを評価することができます。これにより、高い滑り/転がり速度と低い引きずり速度で動作する摩擦学的なテストが可能となります。

相対寿命

スパイラルオービットトライボメーター

スパイラルオービットトライボメーター（SOT）は、元々NASAが宇宙アプリケーションを評価するために開発されました。SOTは、ボールベアリング上の潤滑剤の量で規定された摩擦レベル以下で行われる軌道数に基づいて相対的な寿命の計算を行います。テスト（図1）は超高真空環境で行われ、スラストベアリングをシミュレートします。結果は、潤滑剤の消耗、劣化、および寿命を示しています。

真空ベアリング装置

真空ベアリング試験装置から得られるデータは、高真空環境でのアンギュラーコンタクトベアリング内の潤滑剤の寿命を評価することができます。この装置は、特定のアプリケーションと特定のテスト条件下で潤滑剤の性能をシミュレートするために、お客様から提供されたベアリングで試験することができます。高真空試験では、最大200°Cの温度での性能評価や、特定の稼働条件下で

の質量損失を評価することができます。また、この装置ではベアリングを通じた電気抵抗を使用して、特定のテストパラメータにおいて製品がどのような潤滑領域（境界、混合、弾性流体）に適格かを判断することができます。

清浄度

微粒子生成

ダイナミックパーティクルジェネレーターは、潤滑剤の微粒子生成をISOレベルに分類するために使用されます。この装置は、ISO 3のクリーンエアシステム、精密ボールねじ、およびパーティクルカウンターを利用して、テストが実行される間に生成される様々なグリースの粒子数を0.1マイクロンまで特定します。

アウトガス

アウトガステスト（ASTM E595 Vacuum Stability）は、材料の揮発性ガスを検査するものです。このテストでは、私たちの潤滑剤に対して、全体の質量損失（TML）と収集された揮発性ガス成分（CVCM）の割合をデータとして提供します。また、特定の状況下では、残留ガス分析がE595テストと並行して使用され、E595テスト中に揮発する物質の種類を特定するために行われることもあります。

蒸気圧

Knudsen法は、潤滑剤の蒸気圧（VP）を測定するために使用されます。この方法では、非常に小さなサンプルで試験可能なため、それにより試験のコストと効率を削減することができます。具体的な手順としては、サンプルを既知の直径を持つキャップ付きの小さなセルに入れます。そして、セルを所定の温度と時間で真空チャンバーの一つに配置します。潤滑剤からの質量損失は、Knudsen方程式において、温度と時間という既知の変数とともに考慮され、その温度におけるその材料のKnudsen蒸気圧が計算されます。この方法によって、少量のサンプルを用いて潤滑剤の蒸気圧を求めることができます。これにより、試験のコストと効率を改善することができます。



Figure 1: Spiral Orbit Tribometer



Figure 2: Mini Traction Machine



半導体製造部品用 合成油およびグリース PFPE vs MAC 潤滑剤

PFPEとMACの潤滑剤は、どちらも低い蒸気圧と低いアウトガスを提供します。PFPE潤滑剤は、MAC潤滑剤と比較して高温（最大250°C）での性能が優れています（MAC潤滑剤は最大150°Cまで）。MAC潤滑剤は、独自の添加剤パッケージにより、PFPE潤滑剤と比較してより優れた摩耗保護性能を提供します。どちらも超濾過処理が可能であり、プラスチックやエラストマーとの互換性があり、PFOA規制に準拠しています。

NYETORR vs NYECLEAN

NYETORRおよびNYECLEAN製品は、ベアリング、リニアガイド、ボールねじ、および他の精密性の高い機構などの半導体部品用の化学的に安定した、非毒性で低蒸気圧の合成潤滑剤です。

NYETORR

高温にさらされる超高真空アプリケーション用途

NYECLEAN

非真空、クリーンルーム用途

真空・クリーンルーム用潤滑油

製品名	温度範囲 (°C)	基油	滴点 (°C)	基油粘度 ASTM D445 (cSt)			蒸発量 CTM-2 (24 h, 100 °C) (wt%)	真空安定性 ASTM E595 (125 °C, 7 x 10 ⁻³ Pa, 24 h)		蒸気圧 クヌーセン (25 °C) (Torr)	密度 (g/cc)	SRV摩擦摩耗試験 ASTM D5707 (100N, 50Hz, 1mm stroke, 2 h, 40 °C)		清浄度* IEST-STD-CC- 1246D
				-40 °C	40 °C	100 °C		TML (wt%)	CVCM (wt%)			CoF	Ball Wear Scar (mm)	
				NYETORR® 5201	-45 to 125	MAC		-55	80,500			108	15	
NYETORR® 5301	-65 to 250	PFPE	-75	2,300	140	45	0.03 (200 °C)	0.23	0.033	6.00 x 10 ⁻¹¹	1.80	TBD	TBD	Level 50
NYETORR® 5361	-50 to 250	PFPE	-53	TBD	192	35	0.00	0.03	0.010	8.18 x 10 ⁻¹¹	1.89	0.14	0.53	Level 50
NYETORR® 5381	-40 to 250	PFPE	-30	52,806 (-10 °C)	809	72	0.01	0.07	0.004	3.00 x 10 ⁻¹⁴	1.91	0.10	0.54	Level 50
NYETORR® 6201	-45 to 150	MAC	-55	80,500	108	15	0.00	0.11	0.010	6.91 x 10 ⁻¹¹	0.84	0.18	0.80	Level 50
NYETORR® 6301	-75 to 250	PFPE	-80	5,818	187	56	0.00	0.00	0.002	2.79 x 10 ⁻¹²	1.83	0.08	0.84	Level 25
NYETORR® 6371	-65 to 250	PFPE	-69	TBD	446	126	0.02	0.02	0.002	4.02 x 10 ⁻¹³	1.83	0.10	0.66	Level 25

真空・クリーンルーム用潤滑グリース

製品名	使用温度範囲 (°C)	基油	基油粘度 ASTM D445 (cSt)			増ちょう剤	NLGI グレード ASTM D217	離油度 ASTM D6184 (24 h, 100 °C) (wt%)	蒸発量 CTM-1 (24 h, 100 °C) (wt%)	真空安定性 ASTM E595 (125 °C, 7 x 10 ⁻³ Pa, 24 h)		蒸気圧 クヌーセン (25 °C) (Torr)	密度 (g/cc)	SRV摩擦摩耗試験 ASTM D5707 (100N, 50Hz, 1mm stroke, 2 h, 40 °C)		低温トルク ASTM D1478 (g.cm, 25 °C)		超ろ過清浄度** (10-34 µm, particles/cc)	動的微粒子生成	
			-40 °C	40 °C	100 °C					TML (wt%)	CVCM (wt%)			CoF	Ball Wear Scar (mm)	Starting	10-min run		1200 RPM	2400 RPM
			NYETORR® 5200	-45 to 150	MAC					77,000	108			15	PTFE	1	2.8		0.00	0.068
NYETORR® 5300	-65 to 250	PFPE	2,300	140	45	PTFE	1.5	5.8	0.02	0.320	0.045	1.17 x 10 ⁻¹¹	1.91	0.159	0.68	236	142	< 300	ISO 3.8	ISO 4.7
NYETORR® 5300XP	-65 to 200	PFPE	2,300	140	45	PTFE	2	3.1	0.06	0.075	0.018	6.85 x 10 ⁻¹¹	1.85	0.113	0.58	207	121	< 300	ISO 4.1	ISO 4.9
NYETORR® 5350	-55 to 250	PFPE	23,880	152	28	PTFE	2	5.6	0.00	0.757	0.415	4.47 x 10 ⁻⁰⁹	1.90	0.139	0.65	221	118	TBD	ISO 3.2	ISO 4.0
NYETORR® 6200	-45 to 150	MAC	77,000	108	15	PTFE	1	3.5	0.00	0.058	0.025	2.44 x 10 ⁻¹¹	1.05	0.120	0.46	207	263	< 300	ISO 3.6	ISO 4.3
NYETORR® 6200-FL	-45 to 150	MAC	77,000	108	15	PTFE	TBD	TBD	TBD	0.060	0.015	2.30 x 10 ⁻¹²	TBD	0.135	0.56	TBD	TBD	<300	ISO 4.0	ISO 4.8
NYETORR® 6300	-65 to 250	PFPE	5,818	187	56	PTFE	2	4.8	0.02	0.036	0.006	2.79 x 10 ⁻¹²	1.89	0.110	0.68	221	125	< 300	ISO 4.2	ISO 5.1
NYETORR® 6350EL	-80 to 250	PFPE	13,380	200	48	PTFE	2	6.3	0.06	0.060	0.008	5.76 x 10 ⁻¹²	1.89	0.160	0.76	177	158	< 400	ISO 3.9	ISO 4.5
NYETORR® 6370EL	-90 to 250	PFPE	TBD	362	103	PTFE	2	4.7	0.00	0.060	0.001	6.43 x 10 ⁻¹²	1.83	0.174	0.91	207	94	< 400	ISO 3.6	ISO 4.2
NYECLEAN™ 5057	-50 to 250	PFPE	TBD	192	35	PTFE	2	6.0	0.04	0.225	0.054	1.62 x 10 ⁻¹¹	1.90	0.151	0.61	177	105	< 250	ISO 3.9	ISO 4.4
NYECLEAN™ 5088	-10 to 250	PFPE	TBD	800	58	PTFE	2.5	1.6	0.00	0.390	0.022	3.48 x 10 ⁻¹²	1.91	0.364	1.29	295	162	< 500	TBD	TBD
NYECLEAN™ 5097R	-60 to 180	PFPE	2,300	140	45	PTFE	1.5	6.9	0.17	0.441	0.044	5.47 x 10 ⁻¹¹	1.90	0.166	0.73	177	114	TBD	TBD	TBD

*Level 25 = 1 25µm particle max. Level 50 = 1 50µm particle max. Level 100 = 1 100µm particle max ** All greases exceed Mil-G-81937 - 10-34µm, < 1000 particles/cc.

一般性状は製品の規格を表すものではありません
CTM = Company Test Method

革新的な潤滑剤には、経験豊富な アプリケーションエンジニアが不可欠です。

潤滑剤の変更を検討する際には、必ず当該アプリケーションの専門家と相談することが重要です。専門家のアドバイスを受けることで、最適な潤滑剤システムを選択することができます。経験豊富なFUCHSのエンジニアは、お客様のアプリケーションに適した製品だけでなく、当社の幅広い潤滑剤製品についても丁寧にご相談に応じます。お客様のニーズに合わせた最適な解決策を提供するために、私たちの専門家がサポートいたします。

フックスジャパン株式会社

〒105-0001

東京都港区虎ノ門5-12-1

虎ノ門ワイコービル5F

Phone: 03-3436-8303

Mail: info.jp@fuchs.com