

半導体ウエハーや液晶パネルの製造工程では、多くの微細加工や精密な成膜加工が用いられる。それらの精密加工では、空気、ガス、蒸気、微細粒子などの不純物などによる品質低下を防ぐために真空環境での作業が必要となり、その運動伝達機構に各種の真空シールが利用されている。本稿では、真空装置向けの各種シール技術を紹介する。

真空シールの原理

真空シールは磁性流体を用いたシール機構である(図1)。小さなものでは、軸径が数mmサイズのものから、全長2mに至る大型製品も使用される。

同シールの核となる磁性流体は、直径約10nmの磁性微粒子と界面活性剤、ベース液からなる。磁性微粒子をベース液に分散させるために、磁性微粒子を界面活性剤で被う。さらに界面活性剤は極性を持っているため、同極同士が反発し合い、結果的にベース液中で磁性微粒子が凝集することなく、安定したコロイド溶液の状態となる。磁性流体は、複数の特徴を持っており、シール機能のほか、潤滑、放熱などの機能を備えている(表)。

同シールは、永久磁石と磁性流体、磁性材料であるシャフトおよび二つのポールピースで構成される。磁性材料であるシャフトとポールピースが形成する隙間に磁界を発生させ、この隙間に磁性流体を導くことで、磁性流体はOリング状となって密

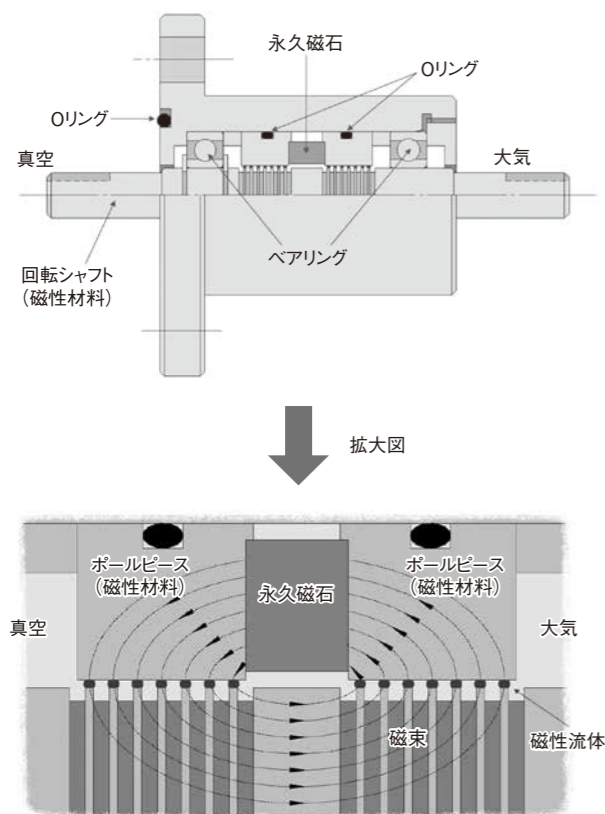


図1 真空シールの構造

技術トピックス

半導体製造装置向けの真空シール技術



(株)フェローテックホールディングスに聞く

閉する仕組みとなっている。

シャフトには間隔を空けて多数のステージが設けられる。磁気回路はポールピースとシャフトの間で閉回路となるため、磁束は個々のステージの隙間に集中する。磁性流体はステージごとに保持されて、軸の周囲に多数の流体Oリングが並ぶような形状となる。磁性流体によりステージ間に空気が密閉されることで、外気を完全に遮断する気密封止構造が完成する。一つのステージは約0.15~0.2気圧の圧力差を支えられる。フェローテックホールディングスでは、真空用途の場合に通常2気圧以上の耐圧設計を設けているという。

同シールは、不活性で安定した蒸気圧の低い磁性流体を使用し、シンプルな磁気回路としたことで長寿命化を実現する。機構的に一本の回転軸でトルク伝達を行う。高精度で大きなトルクを伝達でき、非接触型のシール構造かつ磁性流体の粘性抵抗が低いため、滑らかに動力を伝えることができる。そのため高速回転時でも安定した能力を発揮できる。

真空シールの用途

真空シールは主な用途として、半導体や新型スマートフォン

表 磁性流体の機能

磁性流体の機能	目的	用途	応用製品
封止機能	高真空内へのガス・空気の侵入を防ぐ	半導体製造装置	真空シール
放熱機能	音質向上 最大許容入力 の向上	スピーカー	スピーカー用 磁性流体
振動吸収機能	位置決め の精度を 高める	ステッピング モーター	三次元ダンパー
〃	周波数特性 の改善	スピーカー	スピーカー用 磁性流体
磁場可視化機能	磁区の品質 を検査する	磁気メディア	磁区観察用 磁性流体

向けの有機ELパネルの製造装置向けに様々なものが採用されている。

有機ELでは、有機EL素子の薄膜を製造するために真空蒸着が行われるが、蒸着装置のガラス基板サイズは大型化が進んでいる。そのため、真空シールにも大型化のニーズが出てくるとみられている。昨年開催された「SEMICON Japan 2018」では、直径450mmの大型の真空シールが展覧された。

そのほかにも、自発光や薄型化、曲面ディスプレイにも利用できることから、自動車内のヘッドアップディスプレイやパネルへの展開も期待されている。また、液晶ディスプレイから有機ELディスプレイへの移行も進み、今後の有機ELの需要拡大に合わせ、真空シールの需要も増加していくと考えられる。

半導体製造装置では、具体的にシリコン引上装置(図2)、スパッタリング装置、真空蒸着装置、ステッパー露光装置、プラズマエッチング装置、CVD装置、イオン注入装置、酸化拡散炉やインライン製造装置の搬送部などに活用されている。

シリコンの単結晶引上装置の場合、原料のポリシリコンを真空電気炉内で溶かしたシリコン融液を引き上げながらインゴット形状を作る。この工程では、不純物、コンタミネーションや酸化を避ける目的で、真空環境で行われる。真空シールは主に、①るつぼの回転②引き上げるインゴットの回転③インゴットを持ち上げる—の3ヵ所の可動箇所採用されている。

露光装置のレーザー発振源では、チャンバーを一度真空状態にした後、ArF(アルゴンフッ素) 露光機の加圧機構で採用される。CVD装置なども同様に、チャンバー内を真空にした後にガスを導入するが、高精度で均一な膜を形成するために、ウエハーを収めるラック(ポート)を回転させながら成膜を行う。この回転機構に真空シールが用いられている。

そのほか、真空チャックや、真空加圧熱処理炉のファンの回転部、コンタミネーションを嫌う環境下で使用されるクリーンロボットの関節部分用の防塵シールなど、多彩な用途で使用される。例えば真空用搬送ロボットでは、高い回転精度を実現する同軸2軸構造などの真空シールが使用される(図3)。



図2 シリコン単結晶引上装置

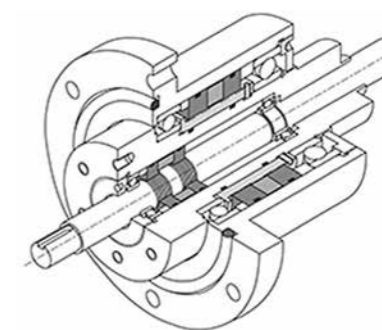


図3 同軸2軸構造の真空シール

今後のニーズ

半導体や有機ELの製造工程では、省エネルギーや製造装置のコンパクト化が求められている。真空シールではそうしたニーズに対し、起動トルク低減の研究開発が進められている。起動トルク低減の実現により、エネルギー効率が向上し使用するモーターや電源装置が小型化できるほか、起動時の慣らし運転の際の負担軽減が見込まれる。そこで、フェローテックホールディングスでは、磁性流体の材料の配合や製造工程の最適化を図り、従来の1/3までトルク低減を実現した製品を開発している。

また、高温下では、真空シール内の磁性流体の蒸発量低減も課題となっている。磁性流体の基油のわずかな蒸発が、真空環境の汚染源の一つとなる可能性がある。高温下での蒸発量を低減することは、常温時の蒸発量低減(=汚染低減)にもつながるため、研究開発が進められている。