

静圧気体軸受（エアスライド）

（1980年～現在）

精密測定機や超精密加工機の案内要素として用いられる静圧気体軸受けは潤滑剤に圧縮空気を用いた滑り軸受けの一種である。

静圧気体軸受の構造としては、固定されるガイド軸とこのガイド軸に沿って移動するスライダーとによって構成される。

スライダーに施された供給孔から供給される圧縮気体によりガイド軸とスライダーの隙間に気体潤滑膜が生成されることでガイド軸からスライダーが浮上する。

静圧気体軸受は非接触軸受けのため摩耗による精度劣下が無く、精度が安定していて、小さい駆動力で動作するため、高精度・高信頼性が要求される装置の分野において幅広く使用されている。

見学可能：

京セラ・ファインセラミック館
京都市伏見区竹田鳥羽殿6番地 京セラ(株)本社ビル2F

Key-words：静圧、絞り、スライダー、ステッパ

注1 半導体デバイスの製造工程でウエハ上に回路パターンを露光するために使用されるフォトマスクのこと、回路パターンを転写するためのネガ（原版）にあたるものがレチクルです、透明な石英ガラス基板上にクロムでパターンが作られます、製造には電子ビーム露光装置などが用いられます。

注2 半導体製造装置の一つで縮小投影型露光装置のことです。シリコンウェハーに回路パターンを焼き付ける工程では、ウェハー上にレジストを塗布し、レチクルパターンを投影レンズにより縮小して、ウェハー上を移動（ステップ）しながら投影露光するためステッパと呼ばれる。露光する際にレチクルとウェハーを固定して露光する装置をアライナー、レチクルとウェハーを同時に動かして露光する装置をスキャナーと呼びます。

注3 半導体（IC、LSI）の露光工程において、近年の微細化・高密度化に伴い、波長の短い紫外線（波長10nm程度）が使用されるようになってきた。初期には、光源にg線（436nm）が使用されたが、微細化に伴い、i線（365nm）、KrFエキシマレーザー（248nm）、ArFエキシマレーザー（193nm）、F₂エキシマレーザー（157nm）と短波長化が進み、更なる短波長化を進めるため、液浸エキシマレーザーも行なわれている。

注4 半導体（IC、LSI）の製造工程で電子線を用いた露光工程をEBと称している。身近なものとしてブラウン管やプラズマテレビなどの放電式表示装置、研究分野では電子顕微鏡などがある。半導体マスクの製造やウェハーなどへの直接描画による微細なパターンを形成するための電子線描画装置などに用いられている。

1. 製品適用分野

半導体製造装置、精密測定機

2. 適用分野の背景

工作機械の案内要素としては油潤滑を用いた滑り軸受けが一般的である。一方、精密測定機や超精密加工機の案内要素として用いられる静圧気体軸受けは潤滑剤に油の代わりとして圧縮空気を用いた滑り軸受けの一種である。

近年、半導体露光装置に用いられるレチクル^{注1} スキャンステージ、あるいはウエハスキャンステージ等の機構系についてはますます高精度化、高速化が求められるようになってきた。そのため大気中で使用される従来の光ステッパ^{注2}には静圧気体軸受が広く用いられている。

次世代光源の候補であるEUV（極端紫外線）^{注3}や電子ビーム（EB）^{注4}等は真空環境下で使用されるため、これらのX-Yステージには、転がり軸受が用いられてきている。しかしながら、この転がり軸受は案内要素の摩耗が大きく短期間で精度劣化するという問題があり、また摩耗による発塵、発熱といった露光精度に直接影響する問題も発生してきた。さらには高スループット化のためステージの高速化が求められており、転がり案内を用いたステージ装置では対応できなくなりつつある。このような背景があり、半導体露光装置への静圧軸受けの適用も進んでいる。

3. 製品の特徴

静圧軸受けを構成する構造材として、ステンレス鋼、アルミニウム、石、更にはセラミックスが用いられている。なかでも、セラミックスが特にガイド軸を中心に、使用されるようになってきている。

セラミックスエアスライド（図1）、セラミック製X-Yステージ（図2）についてセラミックスの特長、

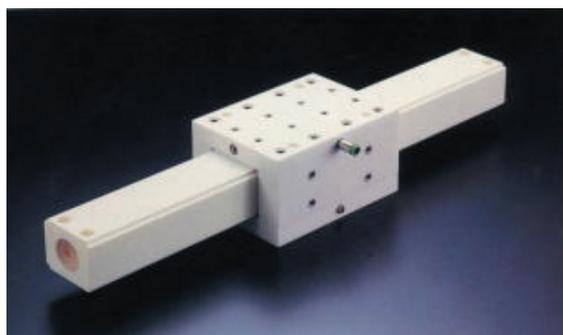


図1 セラミック製エアスライド

アルミナセラミックスを用いた1軸タイプのアスライドであり例えば3次元測定機等を構成する主要部材になっている。

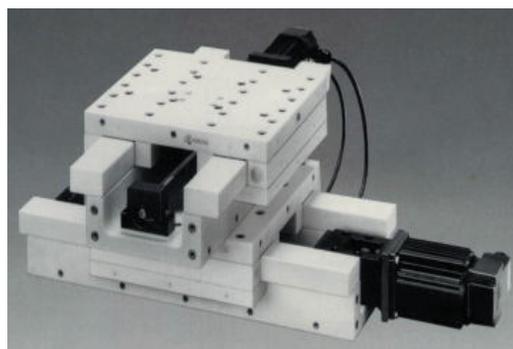


図2 セラミック製X-Yステージ

アルミナセラミックスを用いた2軸X-Yステージであり半導体製造装置等に用いられている。

および静圧気体軸受の特長を列記する。

(1) セラミックスの特長

- ①熱膨張係数が金属の1/2と小さく、温度変化に対して安定性が高い。
- ②剛性が金属(SUS等)の1.5倍以上あり変形しにくい。
- ③硬いために研削性は悪く、逆に高精度加工に向いている。
- ④錆が発生せず、装置の保守が容易である。
- ⑤打こん傷がついても金属のように凸形状にならず凹形状になり、ある程度の精度維持が可能である。
- ⑥比重が金属の1/2以下と材料自体が軽く、組み上げた装置が軽量になる。
- ⑦経年変化が殆ど無い。

(2) 静圧気体軸受の特長

- ①圧縮気体を供給するだけで油等の潤滑が不要。
- ②従ってメンテナンスフリーである。
- ③スティックスリップ(引っかかり)が全く無い。
- ④非接触のため摩耗による精度劣下が無い。
- ⑤摩擦が無く小さい駆動力で動作する。
- ⑥エアーを摺動部へ吹き出しているため、ゴミをまき込まず精度が安定している。

以上のように、高精度・高信頼性が要求される装置の分野において、静圧気体によるエアベアリングがステージの真直性や位置決め・定速性に於いて他を卓越しているということがいえる。

4. 製法・構造

静圧気体軸受の形式は、図3に見るような拘束形が中心となっている。構造としては、固定されるガイド軸とこのガイド軸に沿って移動するスライダーとによって構成される。スライダーに施された供給孔から供給される圧縮気体によりガイド軸とスライダーの隙間に気体潤滑膜が生成されることでガイド軸からスライダーが浮上する。空気の吹き出し口は細穴、溝あるいは多孔質などでこれらは総称して「絞り」と呼ばれている。軸受面の絞りについては、「自成絞り」、「オリフィス絞り」、「多孔質絞り」、「表面絞り」等の種類があり、それぞれが特色を持っており使い分けがなされている。絞りの設計は、どの種類においても、有限要素法などを用いた数値計算が行われ、高剛性化のための検討が行われている。

しかしながら前述した通り、静圧気体軸受の構造上、供給した圧縮気体は全て軸受面隙間から外部に排出される。このために静圧気体軸受を真空環境下で使

用するためには排出される気体を事前に回収する手段を講じる必要がある。このような課題に対し、差動排気のみを静圧軸受に応用した新しいコンセプトの静圧軸受(図4)を紹介する。図4はエアパッド中心に圧縮気体の吹き出し孔(オリフィス)を設け、田の字の表面絞りを施した一般的な複合絞り形状の工

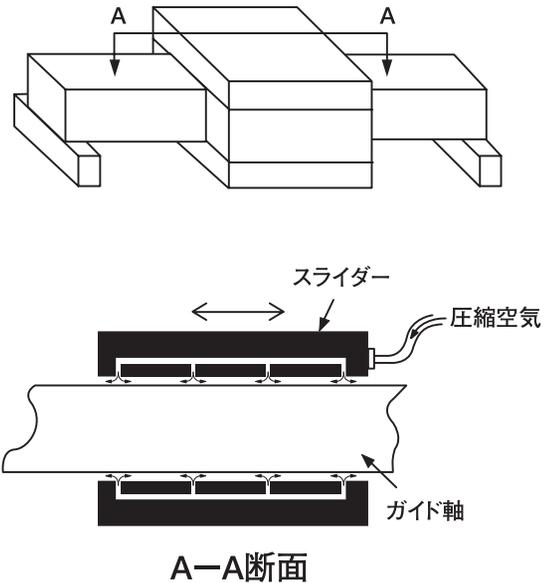


図3 静圧気体軸受

標準的な静圧気体軸受の外観と軸受け断面、ガイド軸とこのガイド軸に沿って移動するスライダーとによって構成される。スライダーに施された供給孔から圧縮気体を供給することによりガイド軸からスライダーが浮上する仕組み。

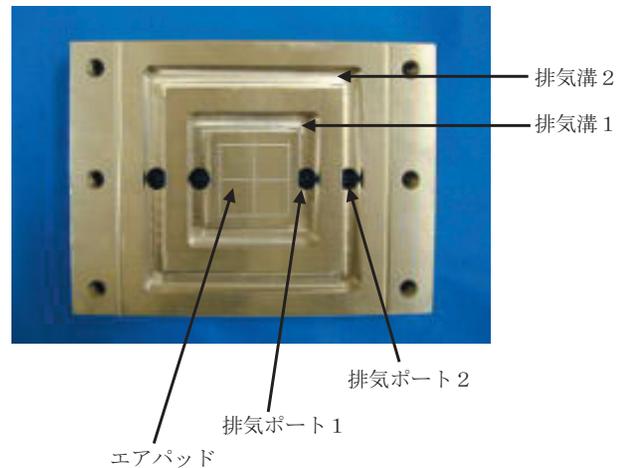


図4 真空対応エアパッド

真空中で動作するためにエアパッドを囲む様に2重の排気溝を施した真空対応の静圧エアパッドであり、供給した圧縮気体は排気溝に流入し排気ポートから外部に設けた真空ポンプにより排気される構造となっている。

エアパッドモデルである。この田の字絞りの部分が圧空部分で固定軸に対して浮上力を発生させる。供給した圧縮気体は排気溝1に流入し排気ポート1から外部に設けた真空ポンプにより排気される。さらに2段目の排気溝2に流入した気体は排気ポート2から外部に排気される構造となっている。このエアパッド部分を取り囲む2重の排気溝をガードリングと呼んでいる。

5. 現在・将来展望

LSI(大規模集積回路)の高性能化、多機能化、メモリの大容量化、ロジック系デバイスの多機能化に伴い、LSIパターンは3年で0.7倍のスピードで微細化が進んでいる。

光リソグラフィ技術では光源波長の1/2程度のパターンまで解像することができるため、より短波長の光源が使用されている。例えばKrFエキシマレーザは248nm、ArFエキシマレーザは193nmの波長であり

100nmパターンまでの微細加工が期待される、さらにその先の100nm以下については、F2エキシマレーザ、EUV(極端紫外線)、電子ビーム等が使われるようになってきた。

一方、機構系に要求される仕様(高精度、高速、無塵、低発熱)を満たす真空対応静圧軸受け(図5)は図4の真空対応エアパッドを上板・下板・左右側板の4枚でスライダを構成し、固定軸の中に設けた排気管を介して供給気体を外部に排出するための排気ポートを固定軸の端面に取り付ける。主として真空環境下での搬送アームとして使われている。この他に2軸タイプの真空対応型X-Yステージも開発されており、次世代半導体露光装置の基幹部品として今後ますますその出番が増えていくものと期待されている。

[連絡先] 岩崎 健一
京セラ(株) 滋賀八日市工場機構部品事業部
〒527-8555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野1166-1

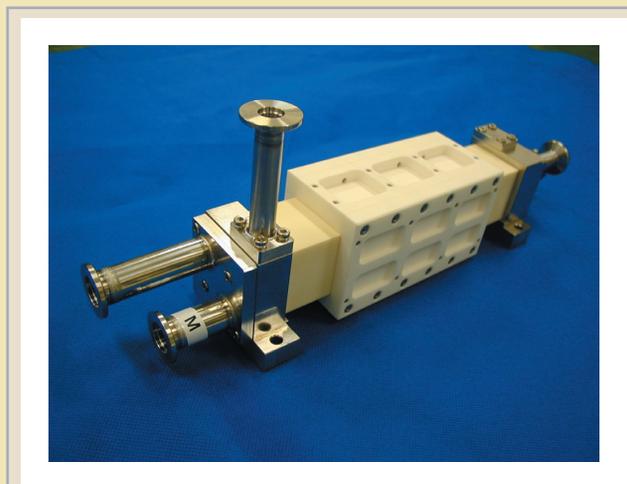


図5 真空対応型静圧軸受け

真空対応エアパッドを上板・下板・左右側板の4枚でスライダを構成し、固定軸の中に設けた排気管を介して供給気体を外部に排出するための排気ポートを固定軸の端面に取り付けたものである。