

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4930050号
(P4930050)

(45) 発行日 平成24年5月9日(2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int. Cl. F I
HO2K 21/22 (2006.01) HO2K 21/22 M
HO2K 16/02 (2006.01) HO2K 16/02

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-354520 (P2006-354520)	(73) 特許権者	000004204
(22) 出願日	平成18年12月28日(2006.12.28)		日本精工株式会社
(65) 公開番号	特開2008-167589 (P2008-167589A)		東京都品川区大崎1丁目6番3号
(43) 公開日	平成20年7月17日(2008.7.17)	(74) 代理人	100107272
審査請求日	平成21年12月9日(2009.12.9)		弁理士 田村 敬二郎
		(74) 代理人	100109140
			弁理士 小林 研一
		(72) 発明者	董 立誠
			神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号
			日本精工株式会社内
		(72) 発明者	遠藤 茂
			神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号
			日本精工株式会社内
		審査官	大山 広人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ダイレクトドライブモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

大気外の雰囲気中で用いられるダイレクトドライブモータにおいて、ハウジングと、
 前記ハウジングから延在し、大気側と大気外側を隔絶する隔壁と、
 前記ハウジングと前記隔壁とを密封するシール部材と、
 前記隔壁に対して大気外側に配置された外側ロータと、
 前記ハウジングに対して前記外側ロータを回転自在に支持する特殊環境用軸受装置と、
 前記隔壁に対して大気側に配置されたステータと、
 前記隔壁に対して大気側に配置され、前記外側ロータと共に連れ回る内側ロータと、
 前記ハウジングに対して前記内側ロータを回転自在に支持する大気用軸受装置と、
 前記内側ロータの回転位置を検出するためにインクリメンタルレゾルバとアブソリュートレゾルバを含む検出器と、を有しており、

前記ステータと、前記大気用軸受装置と、前記内側ロータと、前記検出器は、前記ダイレクトドライブモータの半径方向において互いに少なくとも一部が重合する位置に配置され、また外周側から順に、前記隔壁と、前記ステータと、前記大気側軸受装置と、前記内側ロータと、前記検出器の並びで配置され、更に前記大気用軸受装置は、前記ダイレクトドライブモータの軸線方向において、前記インクリメンタルレゾルバと前記アブソリュートレゾルバの間に配置されていることを特徴するダイレクトドライブモータ。

【請求項2】

前記外側ロータは、前記ハウジングに対し分離可能な軸受ホルダを介して、前記特殊環境用軸受装置により支持されていることを特徴する請求項 1 に記載のダイレクトドライブモータ。

【請求項 3】

前記特殊環境用軸受装置は多点接触ころがり軸受であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のダイレクトドライブモータ。

【請求項 4】

前記内側ロータは、前記特殊環境用軸受装置とは別の軸受装置によって回転自在に支持され、かつ前記外側ロータに取り付けられた磁極または突極に対して半径方向に対向する磁極または突極を有しており、両磁極の磁気吸引力により前記外側ロータと前記内側ロータとが連れ回ることによって、隔壁越しにモータ回転子の角度を検出することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のダイレクトドライブモータ。

10

【請求項 5】

前記 アブソリュートレゾルバ は、絶対角度を検出し、前記 インクリメンタルレゾルバ は、高分解能で相対角度を検出 することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のダイレクトドライブモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大気外の雰囲気例えば真空中で用いられる複数のダイレクトドライブモータに関する。

20

【背景技術】

【0002】

例えば半導体製造装置等においては、不純物を極力排除するために真空槽内の超高真空雰囲気中で被加工物に対する加工作業が行われる。その場合に使用されるアクチュエータとして、例えば被加工物位置決め装置の駆動モータにあっては、駆動軸の軸受に一般的なグリースなどのように揮発成分を含有する潤滑剤を用いることはできないから、金や銀などの軟質金属を軸受の内外輪にプレーティングすることで潤滑性を高めている。また、駆動モータのコイル絶縁材、配線被覆材及び積層磁極の接着剤なども、耐熱性に優れ放出ガスの少ない安定した材料が選定されるという実情がある。

30

【0003】

他方、超高真空槽内へ外部から回転出力を導入する手段として、従来、ベローズ式駆動方式を始め、磁気結合駆動方式、磁性流体シール駆動方式等の各種のアクチュエータが知られている。これらのアクチュエータはいずれも、真空用軸受に支承された回転軸の出力端側が真空雰囲気中に突出され、大気中におかれた駆動装置により入力端側に回転力が付与される構造である。すなわち、ベローズ式駆動方式では、回転軸の出力端側は真空軸受に支承されて真空側内に突出され、他端側は斜板形式の首振り機構を大気中に配した回転装置で回転駆動すると、ベローズが伸縮運動を繰り返しつつ回転軸が回転する仕組みである。

【0004】

40

これに対して、磁気結合型駆動方式は、回転軸の入力端側に磁性体からなる回転子が固着され、この回転子の外周はハウジングで囲んで密閉されている。そのハウジングを隔てて大気側に、回転子を取り巻くマグネットが配設され、これを回転駆動することにより回転軸が回転する仕組みである。

【0005】

また、磁性流体シール駆動方式は、大気側と真空側との間の隔壁を貫通して非磁性体からなるハウジングを取り付け、そのハウジング内に配した軸受間に永久磁石を挟んだ円輪状のポールピースを設けると共に、ハウジングを貫通させた回転軸の外周面とこれに対向するポールピース内周面との間の隙間を磁性流体で密封した構造を備えている。

【0006】

50

特に近年、半導体の集積度が高まり、それに伴って同時にICのパターン幅の微細化による高密度化が進められている。この微細化に対応できるウエハを製造するために、ウエハ品質に対する高度の均一性が要求されている。その要求に応えるためには、ウエハの低圧ガス処理室における不純物ガス濃度の一層の低減が重要である。また、要求通りに微細加工を行うためには、極めて高精度の位置決め装置が必要である。こうした見地から上記従来のアクチュエータを検討すると、以下のような種々の問題点が指摘される。

【0007】

すなわち、超真空雰囲気具备了真空槽内で用いる駆動モータの場合、たとえ駆動モータのコイル絶縁材や配線被覆等に、耐熱性に優れ放出ガスの少ない安定した材料が選定されても、それが有機系の絶縁材料である限り、ミクロ的には多孔質であって表面には無数の穴を有している。これを一旦大気にさらすと、その表面の穴にガスや水分子等を取り込んで吸蔵してしまう。それらの吸蔵不純分子を真空排気で除去する脱ガスに長時間を要してしまい、生産効率の低下は避けがたい。さらには、真空中においては空気の対流による放熱があり得ないから、コイル温度の局所的な上昇を生じた場合に、その部分の抵抗が増大して発熱が加速され、コイル絶縁皮膜の焼損を招き易い。これに対して、コイル絶縁材に無機材料を用いると共に、配線はステンレス管のシース電線を用いることで吸着不純分子を低減することが考えられる。しかしその場合はコストが非常に高くなるのみならず、コイル巻線スペース内に占める銅などの導体の比率が減少して電気抵抗が増加し、その結果、モータの容量低下を来す恐れがある。

【0008】

以上のような超高真空装置内にアクチュエータを設置した場合の問題点に対して、磁気結合型駆動方式、磁性流体シール駆動方式等のように真空装置外にアクチュエータの駆動部を設けた場合と比較すると、ペローズ式駆動方式ではバックラッシュが大きく、磁石吸引力により回転力を伝達する磁気結合型駆動方式では剛性が低く、いずれも高精度の位置決め精度が得られないという問題点がある。また、磁性流体シール駆動方式では、磁性流体の耐熱温度が低いことから、超高真空槽のベークアウト工程（真空槽内壁等の吸蔵ガス分子、水分子の放出工程）における加熱温度に耐え得ず、多少の揮発成分を含んでいるため放出ガスが発生してしまうという問題点がある。

【0009】

そこで本出願人は、このような従来のアクチュエータの問題点を解決するべく、超高真空の雰囲気中で不純物ガスの放出がなく、且つ高精度の位置決めが可能な密閉型アクチュエータを提案した（特許文献1，2参照）。かかる技術によれば、回転駆動用コイルによって励磁される回転駆動用磁極が形成されたモータステータと、そのモータステータの磁極面に対して僅かの隙間を隔てて面対向に配設された磁極を有し、且つ転がり軸受を介して回転自在に支承されたモータロータと、そのモータロータの変位を測定する変位検出手段であるレゾルバを備え、モータステータとモータロータとの間の隙間に非磁性金属隔壁を配してモータステータの配設された内部空間を気密に覆うことにより、モータロータ側空間とは隔離した構成を備えている。

【0010】

このように、本出願人が提案した上記密閉型アクチュエータは、モータステータとモータロータとを非磁性金属隔壁で隔離したことにより、半導体製造装置の高真空雰囲気内や反応性ガス雰囲気中で使用しても、アクチュエータのコイルや有機絶縁材から不純ガスが放出されて雰囲気を汚染したり或いはコイルや有機絶縁材が浸食されることがなく、しかも、モータステータとモータロータ間で磁気回路の形成が妨げられることもなく、さらにはレゾルバにより高精度の位置決めも実現できるなど、実用上極めて有用である。

【特許文献1】特開平3 - 150041号公報

【特許文献2】特開平3 - 150042号公報

【特許文献3】特開2006 - 109654号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0011】

ところが、特許文献1, 2のモータは、軸線方向長が大きいいため、内部が真空雰囲気チャンバに収容する場合、チャンバの寸法を大きくしなくてはならず、大容量の真空ポンプなどが必要となり、コスト高を招くという問題がある。一方、特許文献3には、薄形のダイレクトドライブモータが開示されているが、更にコンパクトなダイレクトドライブモータが望まれている。

【0012】

本発明は、かかる従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、雰囲気汚染を回避しながらも、コンパクトなダイレクトドライブモータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

【0013】

本発明のダイレクトドライブモータは、大気外の雰囲気中で用いられるダイレクトドライブモータにおいて、

ハウジングと、

前記ハウジングから延在し、大気側と大気外側を隔絶する隔壁と、

前記ハウジングと前記隔壁とを密封するシール部材と、

前記隔壁に対して大気外側に配置された外側ロータと、

前記ハウジングに対して前記外側ロータを回転自在に支持する特殊環境用軸受装置と、

前記隔壁に対して大気側に配置されたステータと、

前記隔壁に対して大気側に配置され、前記外側ロータと共に連れ回る内側ロータと、

20

前記ハウジングに対して前記内側ロータを回転自在に支持する大気用軸受装置と、

前記内側ロータの回転位置を検出するためにインクリメンタルレゾルバとアブソリュートレゾルバとを含む検出器と、を有しており、

前記ステータと、前記大気用軸受装置と、前記内側ロータと、前記検出器は、前記ダイレクトドライブモータの半径方向において互いに少なくとも一部が重合する位置に配置され、また外周側から順に、前記隔壁と、前記ステータと、前記大気側軸受装置と、前記内側ロータと、前記検出器の並びで配置され、更に前記大気用軸受装置は、前記ダイレクトドライブモータの軸線方向において、前記インクリメンタルレゾルバと前記アブソリュートレゾルバの間に配置されていることを特徴する。

【発明の効果】

30

【0014】

本発明のダイレクトドライブモータによれば、前記ステータと、前記大気用軸受装置と、前記内側ロータと、前記検出器が、前記ダイレクトドライブモータの軸線方向において互いに少なくとも一部が重合する位置に配置されているので、ダイレクトドライブモータの軸線方向長を小さく抑えることができる。又、前記隔壁および前記シール部材を破壊、分解することなく、前記外側ロータ、前記特殊環境用軸受装置を軸方向に着脱でき、軸受交換などのメンテナンスができるので、メンテナンス性及びダイレクトドライブモータが組みつけられる装置の稼働率が向上する。

【0015】

前記ダイレクトドライブモータの半径方向において、外周側から順に、前記隔壁と、前記ステータと、前記大気側軸受装置と、前記内側ロータと、前記検出器の並びで配置されていると好ましい。

40

【0016】

前記外側ロータは、前記ハウジングに対し分離可能な軸受ホルダを介して、前記特殊環境用軸受装置により支持されていると好ましい。

【0017】

前記特殊環境用軸受装置は多点接触ころがり軸受であると、モータの剛性を向上することができる。

【0018】

前記内側ロータは、前記特殊環境用軸受装置とは別の軸受装置によって回転自在に支持

50

され、かつ前記外側ロータに取り付けられた磁極または突極（例えば永久磁石）に対して半径方向に対向する磁極または突極を有しており、両磁極の磁気吸引力により前記外側ロータと前記内側ロータとが連れ回ることによって、隔壁越しにモータ回転子の角度を検出すると好ましい。これにより大気外である特殊雰囲気中の前記外側ロータの位置検出が大気側に配置された前記内側ロータに、前記隔壁を挟んで正確に伝達され、前記内側ロータの位置検出を同じく大気中に配置された回転位置の検出器で検出できる。そのため、特殊雰囲気として例えば真空中の部材は、ロータ、磁石、軸受等の金属材料のみとなるため、真空中の温度上昇の影響を受けにくい。また、前記検出器は、一般に光学式エンコーダや、レゾルバなどを使用するが、これらの発光素子や、レゾルバ検出器などの巻き線の絶縁材や配線材料から発生する放出ガスの真空中への拡散を抑制できる。また、真空中に検出器を配置した場合に必要な電気配線を大気中に接続するための真空 - 大気間の電氣的な導入端子が不要となる。

10

【0019】

前記検出器は、絶対角度を検出するアブソリュートレゾルバと、高分解能で相対角度を検出するインクリメンタルレゾルバと、を有すると好ましい。ダイレクトドライブモータの電源を投入した当初は、大気外に配置した外側ロータがどの角度にあるか不明であると、大気外側の位置決めはできない。また、大気外で原点復帰センサを配置すると、このセンサからの放出ガスが特殊雰囲気を破壊する恐れがある。本発明の検出器のように、大気外の外側ロータの回転位置を、磁気カップリングを介して大気側の内側ロータに伝達し、その絶対角度をアブソリュート回転位置検出器で検出することにより、特殊雰囲気を破壊せず外側ロータの絶対角度が検出でき、電源投入時の原点復帰が不要になる。さらに、例えば、前記ダイレクトドライブモータのような3相モータを駆動するためには、位相が120度ずらした3相交流でモータを駆動するための電流波形が必要となるが、この駆動波形を決めるための、回転位置情報を、アブソリュート回転位置検出器の絶対角度により算出できる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。本実施の形態は、表面磁石型の32極36スロットアウターロータ式ブラシレスタイプのダイレクトドライブモータを用いる。32極36スロットというスロットコンビネーションは、コギング力は小さいが径方向に磁気吸引力が発生し回転時の振動は大きいことが一般的に知られている8極9スロットというスロットコンビネーションの4倍の構成である。2ⁿ倍（nは整数）にしたことにより、径方向の磁気吸引力は相殺されるので、固定子と回転子の真円度や同軸度および機構部品の剛性を高めることなく回転時の振動を小さくでき、かつ、本来的にコギングが小さい構成であるので、非常に滑らかな回転が得られる。一方、このような非常に多極なモータとすることにより、機械角の周期に対する電気角の周期が多いので、位置決め制御性が良い。よって、本発明の如く、減速器を用いずにロボット装置を駆動するようなダイレクトドライブモータには好適である。また、総磁束量を下げることなく固定子連結部の肉厚と突極幅、および回転子のヨーク肉厚を狭くできるので、本発明の如く、薄型かつ大径幅狭のダイレクトドライブモータには好適である。

30

40

【0021】

図1は、本実施の形態にかかるダイレクトドライブモータの断面図である。図1を参照して、ダイレクトドライブモータDDの内部構造について詳細に説明する。定盤Gに据え付けた円板10aと、その中央の円筒部10bとからなるハウジング10は、円筒部10b内に、ステータへの配線などを通すために用いることができる中央開口10cを形成している。

【0022】

このような構造とすることで、ハウジング10の円筒部10b側から半径方向外方に向かって順に、検出器（レゾルバ）、ステータ29を配置することが可能となり、容易にステータ29に対する検出器の角度調整が行える。そこで、基準となるモータロータを回転

50

駆動する設備を別に用意しておけば、その設備にステータ29と検出器を組み込んだハウジング10をセットすることにより、高精度にステータ29に対する検出器の角度調整ができるので、コンミテーションずれによる角度位置決め精度の低下を防ぎ、かつ、モータに対する駆動制御回路の互換性を高めることができる。検出器については後述する。

【0023】

隔壁13は、非磁性体であるステンレス製であり、ハウジング10の円板10aの上面に嵌合される肉厚のフランジ底部13aと、その内周縁から軸線方向に延在する薄肉のカップ状円筒部13bとからなる。フランジ底部13aは、ハウジング10にボルト（不図示）により固定されている。フランジ底部13aの下面には、シール部材を詰め込む溝加工が施してあり、シール部材ORを溝に詰め込んだ後にフランジ底部13aとハウジング10をボルトにより締結することにより、締結部分を大気側から分離隔絶している。従って、ハウジング10と、隔壁13とで囲われる内部空間は、その外部から気密されている。尚、シール部材ORを用いて気密する代わりに、電子ビーム溶接やレーザービーム溶接などで部材間を気密しても良い。又、隔壁13は必ずしも非磁性体である必要はないが、ここでは耐食性が高く、特に磁性の少ないオーステナイト系ステンレスのSUS316を材料としている。尚、フランジ底部13aを、カップ状円筒部13bと溶接する場合、溶接性から両者は同じくSUS316とするのがよい。

10

【0024】

円板10aの外周上面において、隔壁13の外側に、円筒状の軸受ホルダ17がボルト18により固定されている。軸受ホルダ17には、真空中で用いられる複列玉軸受（特殊環境用軸受装置）19の外輪が嵌合的に取り付けられ、ボルト18により共締めされている。一方、軸受19の内輪は、円筒状のロータヨーク21の外周に嵌合している。

20

【0025】

軸受19は、ラジアル、アキシアル、モーメント荷重を1個の軸受で負荷できる複列の多点接触玉軸受である。この形式の軸受を用いることにより、ダイレクトドライブモータD1の軸受は1個で済むため、本発明の2軸同軸モータシステムを薄型化できる。軸受19は、内外輪とも耐食性が高くかつ焼入れによる硬化が得られるマルテンサイト系ステンレスを材料とし、転動体はセラミックボール、潤滑剤は真空であっても固化しない真空用のグリスを用いている。

【0026】

尚、軸受19は内輪と外輪に金や銀などの軟質金属をプレーティングして、真空中でもアウトガス放出のない金属潤滑としたものを用いてもよく、クロスローラ、クロスボール、クロステーパ軸受も用いることができ、予圧状態で用いても良いし、潤滑性向上のためフッ素系被膜処理(DFO)を行っても良い。

30

【0027】

外側ロータ23は、円筒部23aと、その上縁から半径方向に延在するフランジ部23bとを有し、フランジ底部23bの下面には嵌合部23cが形成されている。嵌合部23cはロータヨーク21に対してインロー嵌めされ位置決め固定されている。

【0028】

モータロータMRは、外側ロータ23と、磁路を形成するため磁性体から成る円環状のロータヨーク21、ロータヨーク21の内周面に取り付けられた永久磁石22と、永久磁石22とロータヨーク21をボルトBで機械的に締結するための非磁性体からなるくさび（不図示）によって構成されている。永久磁石22は、32極の構成でN極、S極の磁石が各16個交互に磁性金属からなり、極ごとに分割されたセグメント形式であり、その個々の形状は扇形である。内径と外径の円弧中心は同一であるが、円周方向端面の接線交点を永久磁石22寄りとするので、くさびをロータヨーク21外径側からねじで締め上げることにより永久磁石22をロータヨーク21に締結している。このような構成とすることにより、接着剤など、アウトガスを発生する固定部材を用いることなく永久磁石を締結できる。永久磁石22はエネルギー積の高いネオジウム(Nd-Fe-B)系磁石であり、耐食性を高めるためにニッケルコーティングを施してある。ロータヨーク21は高い磁

40

50

性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成型後に、防錆および耐食性を高め、かつ軸受交換時の磨耗を防ぐためにニッケルめっきを施している。

【0029】

隔壁13の半径方向内側において、外側ロータ23の内周面に対向するようにして、ステータ29が配置されている。ステータ29は、円板10aの上面の環状取り付け部10dに不図示のボルトで固定されており、電磁鋼板の積層材で形成され、各突極には絶縁処理としてボビンを嵌め込んだ後にモータコイルが集中巻されている。ステータ29の外径は隔壁13の内径と略同一もしくは小さい寸法としている。

【0030】

ステータ29と同軸であって、その上方に、磁路を形成するための磁性体から成る円環状のカップリングヨーク25が配置され、その外周にはカップリング磁石26が固定配置されている。カップリング磁石26は、外側ロータ21の永久磁石22と同様に32極の構成でN極、S極の磁石が各16個交互に磁性金属からなっている。従って、カップリングヨーク25は、ステータ29によって駆動される外側ロータ21に同期して連れ回されるようになっている。

【0031】

カップリングヨーク25の内周側下面は、円筒状の内側ロータ30の上端に取り付けられている。カップリングヨーク25と一体的に回転する内側ロータ30は、円板10aの環状取り付け部10dに対し、大気側軸受33により回転自在に支持されている。

【0032】

内側ロータ30を回転自在に支持する大気側軸受33は、ラジアル、アキシアル、モーメント荷重を1個の軸受で負荷できる4点接触玉軸受である。この形式の軸受を用いることにより、1個の軸受で済むため、ダイレクトドライブモータDDを薄型化できる。隔壁13の内部は大気環境であるため、一般的な軸受鋼と鉱油を基油としたグリス潤滑を用いた軸受を適用できる。

【0033】

隔壁13内部は大気環境であるため、カップリング磁石26はカップリングヨーク25に接着固定してある。カップリング磁石26はエネルギー積の高いネオジウム(Nd-Fe-B)系磁石であり、錆による減磁を防ぐためにニッケルコーティングを施してある。カップリングヨーク25は高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成型後に防錆のためにクロメートめっきを施している。カップリング磁石26と、カップリングヨーク25とで検出器カップリングを構成する。

【0034】

内側ロータ30の内周には、回転角度を計測する検出器として、レゾルバロータ34a及び34bを組みつけており、それに対向する形で、ハウジング10の円筒部10bの外周に、レゾルバステータ35、36を取り付けているが、本実施の形態では、高分解能のインクリメンタルレゾルバステータ35と、1回転のいずれの位置にロータがあるかを検出できるアブソリュートレゾルバステータ36とを2層に配置しており、アブソリュートレゾルバからの絶対角度情報に基づき、電源投入直後の回転子機械角の認識と、モータコイルへのコンミテーションを行っている。このため電源投入時にも、アブソリュートレゾルバロータ34bの回転角度がわかり、原点復帰が不要であり、一方、インクリメンタルレゾルバからの相対角度情報に基づき、高分解能の角度位置決め動作を行っているため、コイルに対する磁石の電気的位相角度がわかる。従って、ダイレクトドライブモータDDの駆動電流制御に使用する回転角度検出が、極検出センサを用いることなく可能となっているので、ロボット装置等を駆動するようなダイレクトドライブモータには好適である。

【0035】

検出器の回転側と軸受装置の回転側および検出器カップリングとを連結する内側ロータ30は、モータの界磁およびモータコイルからの電磁ノイズが角度検出器であるレゾルバステータ35、36に伝達されないように、磁性体である炭素鋼を材料とし、加工成型後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

10

20

30

40

50

【0036】

本実施の形態に用いている高分解能の可変リラクタンس形レゾルバにおいて、インクリメンタルレゾルバロータ34aは、一定のピッチを有する複数のスロット歯列を有し、インクリメンタルレゾルバステータ35の外周面には、回転軸と平行に各磁極でインクリメンタルレゾルバロータ34aに対して位相をずらした歯が設けられており、コイルが各磁極に巻回されている。内側ロータ30と一体でインクリメンタルレゾルバロータ34aが回転すると、インクリメンタルレゾルバステータ35の磁極との間のリラクタンسが変化し、インクリメンタルレゾルバロータ34aの1回転でリラクタンス変化の基本波成分がn周期となるようにして、そのリラクタンス変化を検出して、図2に例を示すレゾルバ制御回路によりデジタル化し、位置信号として利用することでインクリメンタルレゾルバロータ34a即ち第1内側ロータ30の回転角度（又は回転速度）を検出できるようになっている。レゾルバロータ34a、34bと、レゾルバステータ35、36とで検出器を構成する。

10

【0037】

本実施の形態によれば、外側ロータ21に対して、磁気カップリング作用により内側ロータ30が同速で回転し、すなわち連れ回るので、外側ロータ21の回転角を隔壁13越しに検出することができる。また、本実施の形態では、モータを形成する部品やハウジングを用いることなくレゾルバ単体で軸受33を有しており、従ってハウジングに組み込む前に、レゾルバ単体での偏芯調整やレゾルバコイルの位置調整などの精度調整が行えるので、ハウジング等に調整用の穴や切り欠きを別途設ける必要がない。又、外側ロータ21と回転自在に支持する軸受装置19の回転輪を、加工精度が出しやすくかつ線膨張係数が軸受装置19の駆動輪と略同一であるロータヨーク21に嵌合することで、回転精度の向上と温度変化による摩擦トルクの変動防止を図ることができる。

20

【0038】

更に、隔壁13の内側には、ステータ29と、検出器であるレゾルバ(34a、34b、35、36)と、検出器の回転側(内側ロータ30)を回転自在に支持する大気側軸受33と、モータロータMRと検出器の回転側とを連れ回すための検出器カップリング(25、26)と、レゾルバロータ34a、34bと角度検出器カップリングとを連結する内側ロータ30を配設している。

【0039】

本実施の形態によれば、ステータ29と、大気用軸受33と、内側ロータ30と、検出器であるレゾルバ(34a、34b、35、36)が、ダイレクトドライブモータDDの半径方向において互いに少なくとも一部が重合する位置に配置されているので、ダイレクトドライブモータDDの軸線方向長を小さく抑えることができる。

30

【0040】

図3は、ダイレクトドライブモータDDの駆動回路を示すブロック図である。外部のコンピュータからモータ回転指令が入力されたとき、ダイレクトドライブモータDD用のモータ制御回路DMCは、そのCPUから3層アンプ(AMP)に駆動信号を出力し、3層アンプ(AMP)からダイレクトドライブモータDDに駆動電流が供給される。それによりダイレクトドライブモータDDの外側ロータ21が独立して回転する。外側ロータ21が回転すると、上述のようにして回転角度を検出したレゾルバステータ35、36からレゾルバ信号が出力されるので、それをレゾルバデジタル変換器(RDC)でデジタル変換した後に入力したCPUは、外側ロータ21が指令位置に到達したか否かを判断し、指令位置に到達すれば、3層アンプ(AMP)への駆動信号を停止することで外側ロータ21の回転を停止させる。これにより外側ロータ21のサーボ制御が可能となる。

40

【0041】

本実施の形態では、回転軸の1回転の絶対位置を検出するアブソリュートレゾルバステータ36と、より分解能の細かい回転位置を検出するインクリメンタルレゾルバステータ35からなる可変リラクタンス型レゾルバを採用しているため、外側ロータ21の回転位置制御を高精度に行える。

50

【 0 0 4 2 】

尚、ここでは内側ロータ30の回転検出にレゾルバを採用したが、検出器を隔壁13の内部の大気側に配置できるため、一般に高精度位置決めに使用するサーボモータにおいては高精度で滑らかに駆動するための位置検出手段として採用されている光学式エンコーダや、磁気抵抗素子を使用した磁気式エンコーダ等も使用できる。

【 0 0 4 3 】

以上の実施の形態では、表面磁石型の32極36スロットアウトロータ式ブラシレスモータを用いた例を用いて説明したが、この形式のモータに限定されるものではなく、ブラシレスモータであれば適用できるものであり、他の磁極形式、例えば永久磁石埋め込み型であっても良いし、他のスロットコンビネーションでも良いし、あるいはインナロータ型であっても良い。

10

【 0 0 4 4 】

また、ダイレクトドライブモータDDを同軸に積層して用いる場合、各軸の干渉対策として、軸方向に隣接する軸同士の回転子の極数およびスロット数が異なる構成としても良い。例えば、2軸同軸の場合は、第一軸が32極36スロット、第二軸が24極27スロット、4軸同軸の場合は、第一軸および第三軸が32極36スロット、第二軸および第四軸が24極27スロットといった構成にすれば、各軸の磁界による回転子および磁気カップリング装置への回転方向の推力発生といった相互干渉を防ぐことができる。

【 0 0 4 5 】

また、ロータの永久磁石は、ネオジウム(Nd - Fe - B)系磁石を用い、耐食性を高めるためのコーティングとして、ニッケルコーティングを施した例を用いて説明したが、この材質、表面処理に限定されるものではなく、使用される環境などによって適宜変更されるものであり、例えばベークアウト時の温度条件によっては高温減磁しにくいサマリウム・コバルト(Sm・Co)系の磁石を用いるべきであり、超真空中で使用されるのであればアウトガス遮断性の高い窒化チタンコーティングを施すべきである。

20

【 0 0 4 6 】

また、ヨークは、低炭素鋼を材料とし、ニッケルめっきを施した例を用いて説明したが、この材質、表面処理に限定されるものではなく、使用される環境などによって適宜変更されるものであり、特に表面処理に関しては、超真空中で使用されるのであればピンホールの少ないカニゼンめっきやクリーンエスめっき、窒化チタンコーティング等を施すべき

30

【 0 0 4 7 】

また、永久磁石をヨークに締結する方法は、非磁性のくさびをヨーク外径側からねじで締め上げる例を用いて説明したが、使用される環境などによって適宜変更されるものであり、環境によっては接着でも良いし、他の締結方法でも良い。

【 0 0 4 8 】

また、軸受19は真空用グリス潤滑の多点接触玉軸受を用いた例を説明したが、この形式、材質、潤滑方法に限定されるものではなく、使用される環境、荷重条件、回転速度などによって適宜変更されるものであり、クロスロー軸受であっても良いし、4軸同軸モータの場合、さらに機械的な剛性を高めるために、別な軸受で支持する構造としても良いし、高速回転する場合など、多点接触軸受を用いることができない場合は各軸の回転子を支持する軸受および別な軸受を深溝玉軸受やアンギュラ軸受として予圧をかける構造としても良いし、超真空中で使用される場合は、軌道輪に金や銀などの軟質金属をプレーティングしたような、ガス放出のない金属潤滑としたものを用いても良い。

40

【 0 0 4 9 】

また、磁気カップリングとして機能する内側ロータとして、永久磁石とカップリングヨークを用いた形式で説明したが、永久磁石とカップリングヨークの材質および形状はこれに限定されるものではない。例えば、レゾルバの質量と軸受の摩擦トルクによっては、外側ロータと同極数でなくても良いし、同幅でなくても良い。永久磁石を用いない突極でも良い。

50

【 0 0 5 0 】

また、角度検出器としてレゾルバを用いた例で説明したが、製造コストや分解能によって適宜変更されるものであり、例えば光学式のロータリエンコーダでも良い。

【 0 0 5 1 】

また、角度検出器の回転側を回転自在に支持する軸受 3 3 として、グリス潤滑の 4 点接触玉軸受を用いた例を説明したが、この形式、潤滑方法に限定されるものではなく、設置スペースや摩擦トルク、回転速度などによって適宜変更されるものであり、高速回転や摩擦トルクの低減など、多点接触軸受を用いることができない場合は、アンギュラ軸受や深溝玉軸受を各軸ごとに 2 個配置して、予圧をかける構造としても良い。

【 0 0 5 2 】

また、その他の隔壁の外、中に配置される構造部品および隔壁の材質、形状、製造方法は、製造コストや使用される環境、荷重条件、構成などによって適宜変更されるものである。

【 0 0 5 3 】

図 4 は、本実施の形態のダイレクトドライブモータを用いた応用例を示す図である。上述した実施の形態と同様の構成を有するダイレクトドライブモータ DD 1 は、不図示のチャンバ内の真空雰囲気中に配置され、外側ロータにテーブル T を取り付けている。テーブル T 上には、4 本の棒 B が周方向に等間隔に植設されている。又、上述した実施の形態と同様の構成を有するダイレクトドライブモータ DD 2 は、同じ真空雰囲気中に配置され、外側ロータにアーム A を取り付けている。

【 0 0 5 4 】

アーム A は、先端に吸着部を有し、中央に穴のあいた CD や DVD、ウエハ等のディスク DC を吸着可能となっている。ダイレクトドライブモータ DD 1 が、図 4 に示す受け渡し位置に棒 B のいずれかを移動させるように外側ロータを回転させる。一方、ダイレクトドライブモータ DD 2 は、アーム A に吸着したディスク DC を、図 4 に示す受け渡し位置に移動させるように外側ロータを回転させる。受け渡し位置にアーム A が移動した後、吸着を解除することで、ディスク DC は穴に棒 B を挿通されるようにして、アーム A からテーブル T へと受け渡されるようになっている。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、本実施の形態のダイレクトドライブモータを用いた別な応用例を示す図である。上述した実施の形態と同様の構成を有するダイレクトドライブモータ DD 3 は、不図示のチャンバ内の真空雰囲気中に配置され、外側ロータにテーブル T を取り付けている。テーブル T 上には、半導体製造に用いるウエハ W が吸着保持されている。テーブル T を所定回転位置へと移動させながら、真空中でウエハ W の処理を行うことができる。

【 0 0 5 6 】

以上、本発明を実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定して解釈されるべきではなく、適宜変更・改良が可能であることはもちろんである。例えば、本実施の形態のダイレクトドライブモータは、真空雰囲気に限らず、大気外の雰囲気で使用することができる。例えば、半導体製造工程の場合、真空排気後に真空槽内部にエッチング用の反応性ガスが導入されることがあるが、本実施の形態のダイレクトドライブモータでは、隔壁により内部と外部とが遮蔽されているため、モータコイルや絶縁材等がエッチングされてしまうおそれもない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 7 】

【 図 1 】 本実施の形態にかかるダイレクトドライブモータの断面図である。。

【 図 2 】 レゾルバ制御回路の例を示す図である。

【 図 3 】 モータ制御回路の例を示す図である。

【 図 4 】 本実施の形態のダイレクトドライブモータを用いた応用例を示す図である。

【 図 5 】 本実施の形態のダイレクトドライブモータを用いた別な応用例を示す図である。

【 符号の説明 】

10

20

30

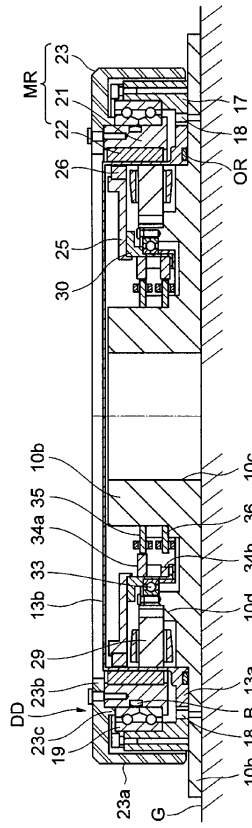
40

50

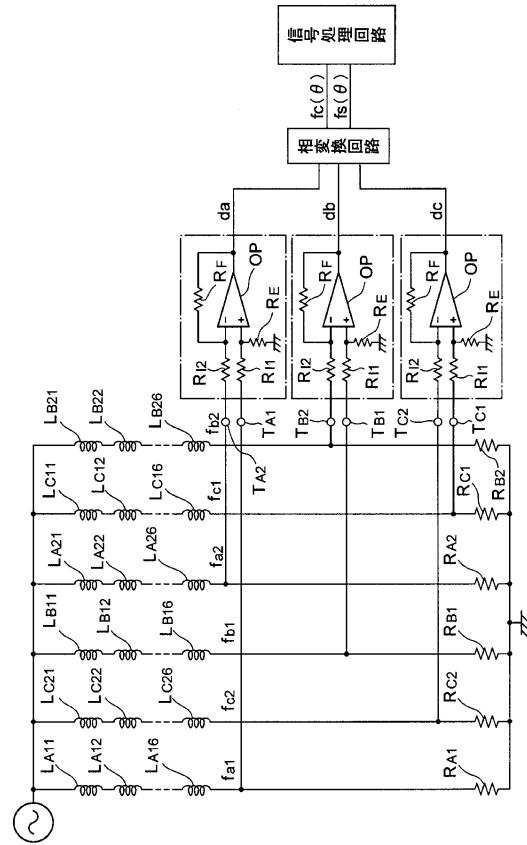
【 0 0 5 8 】

1 0	ハウジング	
1 0 a	円板	
1 0 b	円筒部	
1 0 c	中央開口	
1 0 d	取り付け部	
1 3	隔壁	
1 3 a	フランジ底部	
1 3 b	カップ状円筒部	
1 7	軸受ホルダ	10
1 8	ボルト	
1 9	軸受	
2 1	ロータヨーク	
2 1	外側ロータ	
2 2	永久磁石	
2 3	外側ロータ	
2 3 a	円筒部	
2 3 b	フランジ底部	
2 3 c	嵌合部	
2 5	カップリングヨーク	20
2 6	カップリング磁石	
2 9	ステータ	
3 0	内側ロータ	
3 3	大気側軸受	
3 4 a	インクリメンタルレゾルバロータ	
3 4 b	アブソリュートレゾルバロータ	
3 5	インクリメンタルレゾルバステータ	
3 6	アブソリュートレゾルバステータ	
A	アーム	
B	棒	30
D C	ディスク	
D D	ダイレクトドライブモータ	
D D 1	ダイレクトドライブモータ	
D D 2	ダイレクトドライブモータ	
D D 3	ダイレクトドライブモータ	
D M C	モータ制御回路	
G	定盤	
M R	モータロータ	
O R	シール部材	
T	テーブル	40
W	ウエハ	

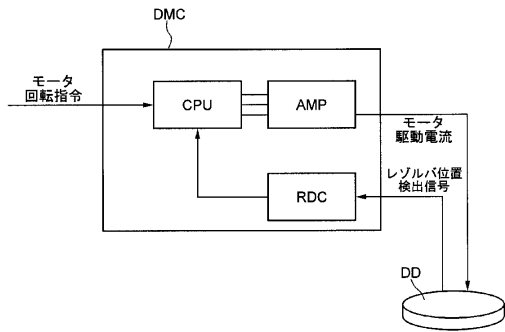
【図1】



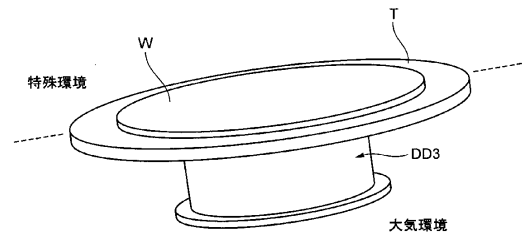
【図2】



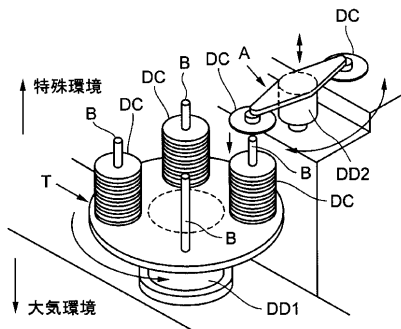
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-254604(JP,A)
特開2006-109654(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 21/22
H02K 16/02