

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5288164号  
(P5288164)

(45) 発行日 平成25年9月11日(2013.9.11)

(24) 登録日 平成25年6月14日(2013.6.14)

| (51) Int.Cl. |              | F I              |              |
|--------------|--------------|------------------|--------------|
| <b>HO2K</b>  | <b>21/22</b> | <b>(2006.01)</b> | HO2K 21/22 M |
| <b>HO2K</b>  | <b>16/00</b> | <b>(2006.01)</b> | HO2K 16/00   |
| <b>HO2K</b>  | <b>7/14</b>  | <b>(2006.01)</b> | HO2K 7/14 Z  |
| <b>HO2K</b>  | <b>29/12</b> | <b>(2006.01)</b> | HO2K 29/12   |
| <b>B65G</b>  | <b>49/07</b> | <b>(2006.01)</b> | B65G 49/07 C |

請求項の数 7 (全 30 頁) 最終頁に続く

|           |                               |           |                     |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-153022 (P2008-153022)  | (73) 特許権者 | 000004204           |
| (22) 出願日  | 平成20年6月11日(2008.6.11)         |           | 日本精工株式会社            |
| (65) 公開番号 | 特開2009-303331 (P2009-303331A) |           | 東京都品川区大崎1丁目6番3号     |
| (43) 公開日  | 平成21年12月24日(2009.12.24)       | (74) 代理人  | 100107272           |
| 審査請求日     | 平成23年6月9日(2011.6.9)           |           | 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       | 塩治 雅也               |
|           |                               |           | 最終頁に続く              |

(54) 【発明の名称】 スカラーロボット

(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、3つのモータを直列に配置した3軸同軸ダイレクトドライブモータを用いたスカラーロボットにおいて、

各モータは、表面磁石型のラジアルギャップ式ブラシレスモータであって、ベースと、

前記ベースから延在し、大気側と大気外側を隔絶する隔壁と、

前記隔壁に対して大気外側に配置されたモータ回転子と、

前記モータ回転子を回転自在に支持する真空軸受装置と、

前記モータ回転子に対向し、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、前記モータ回転子と共につれ回る大気側回転子と前記大気側回転子の回転角度を検出する角度検出器と

前記大気側回転子を回転自在に支持する大気軸受装置と、を有しており、

前記大気側回転子は、前記ベースに対して、前記大気軸受装置により支持されており

前記ステータと、前記大気軸受装置と、前記大気側回転子と、前記角度検出器と、前記モータ回転子と、前記真空軸受装置のうち少なくとも2つは、モータ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おり、

前記3軸同軸ダイレクトドライブモータのうち、第1のモータの前記真空軸受装置の静止輪は、前記隔壁以外の静止部材に固定され、その回転輪は、前記第1のモータの前記モータ回転子に固定されており、

10

20

前記第1のモータに隣接する第2のモータの前記真空軸受装置の一方の輪は、前記第1のモータの前記モータ回転子に固定されており、他方の輪は、前記第2のモータの前記モータ回転子に固定されており、

前記第2のモータに隣接する第3のモータの前記真空軸受装置の一方の輪は、前記第2のモータの前記モータ回転子に固定されており、他方の輪は、前記第3のモータの前記モータ回転子に固定されており、

前記第1のモータのモータ回転子に、第1回転環を回転可能に支持した第1アームアセンブリを取り付け、前記第3のモータのモータ回転子に、第2回転環を回転可能に支持した第2アームアセンブリを固定し、前記第2のモータのモータ回転子から、前記第1回転環及び前記第2回転環に対してそれぞれトルク伝達が可能となっていることを特徴するスカラロボット。

10

【請求項2】

前記3軸同軸ダイレクトドライブモータの半径方向において、各モータの外周側から順に、前記真空軸受装置と、前記モータ回転子と、前記隔壁と、前記ステータと、前記大気側回転子に連結された角度検出器と、前記大気側軸受装置の並びで配置されていることを特徴する請求項1に記載のスカラロボット。

【請求項3】

前記大気側回転子は、前記真空軸受装置とは別の軸受によって回転自在に支持され、かつ前記モータ回転子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モータ回転子と前記大気側回転子が連れ回ることによって、前記隔壁越しにモータ回転子の角度を検出することを特徴する請求項1又は2に記載のスカラロボット。

20

【請求項4】

前記角度検出器は、絶対角度を検出するアブソリュート検出器と、高分解能で相対角度を検出するインクリメンタル検出器と、を有することを特徴する請求項1～3のいずれかに記載のスカラロボット。

【請求項5】

前記第2のモータのモータ回転子は、モータの軸線方向において分けられた一方側レース面と他方側レース面を有し、前記一方側レース面は前記第1回転環に対してベルト掛けされ、前記他方側レース面は前記第2回転環に対してベルト掛けされていることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のスカラロボット。

30

【請求項6】

前記第1アームアセンブリは、前記第1回転環を回転自在に支持し且つ前記第1のモータのモータ回転子に連結された第1フレームと、前記第1フレームに固定された第1固定環と、前記第1回転環に対して一端側を連結された第1アーム部と、前記第1アーム部の他端側に回転自在に支持され且つ前記第1固定環に対してベルト掛けされた第1末端環とを有することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のスカラロボット。

【請求項7】

前記第2アームアセンブリは、前記第2回転環を回転自在に支持し且つ前記第2のモータのモータ回転子に連結された第2フレームと、前記第2フレームに固定された第2固定環と、前記第2回転環に対して一端側を連結された第2アーム部と、前記第2アーム部の他端側に回転自在に支持され且つ前記第2固定環に対してベルト掛けされた第2末端環とを有することを特徴とする請求項6に記載のスカラロボット。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面磁石型のブラシレスモータを備えたダイレクトドライブモータを用いたスカラロボットに関し、大気外の雰囲気例えば真空中で用いられる搬送ロボットなどに好適なダイレクトドライブモータを用いたスカラロボットに関する。

【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

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。

## 【 0 0 0 3 】

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。

## 【 0 0 0 4 】

すなわち、超真空雰囲気を備えた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、コイル温度の局部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。

## 【 0 0 0 5 】

これに対し、従来においては、大気側から分離隔絶された真空槽内のフロッグレッグアーム式ロボットを駆動する手段として、ペロ-ズ式駆動方式や磁気結合駆動方式、磁性流体シール駆動方式等のカップリング機構やシール機構を介して、大気中に配置した複数台のモータの出力を多重構造のシャフトにまとめ、その多重構造のシャフトを真空槽内に導入する方法が用いられていた。

## 【 0 0 0 6 】

ところが、上記のようなペロ-ズ式駆動方式や磁気結合駆動方式などのカップリング機構を用いた場合、バックラッシュが大きかったり、回転方向のねじれ剛性が低かったりして、高精度の位置決め精度が得られないという問題点があった、一方、シール機構を介して凹転力を導入する方式の場合、シール材に含まれる揮発成分によるアウトガスが発生してしまい、超高真空槽に適用することが難しかった。そこで、特許文献1に示すように、回転子と固定子の間に大気側との分離隔絶するための隔壁を配することにより、アウトガスの発生を抑えたダイレクトドライブモータが開発された。

## 【 0 0 0 7 】

一方、大気側から分離隔絶された雰囲気中にモータを設置し、多重シャフト構造よりチャンパ内に駆動力を伝達する方法も、例えば特許文献2に示すように開発されている。

【特許文献1】特開2006-26057号公報

【特許文献2】特表2002-534282号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 8 】

10

20

30

40

50

ここで、特許文献1の技術を流用して、特許文献2の3軸モータを改良することも考えられる。ところが、回転子と固定子の間に大気側との分離隔絶するための隔壁を配した3軸モータの場合、各々の回転子に軸受を配置する際、軸受の固定輪はチャンバ側の軸はモータ基台などの剛性の高い部材に固定できるが、もう一方の軸は剛性の低い薄管状の隔壁に固定せざるを得ず、スカラーアーム式などの搬送ロボットに適用する場合は、機械的な剛性および耐荷重を高めることが困難であった。また、多重シャフトにより動力をチャンバ内に伝える際に、各軸の慣性モーメント及びねじり剛性のバラツキが大きくなってしまい、バランスよく駆動することが難しくなり、長シャフトの使用によって機械バネ要素が含まれ、精密な位置決めが困難になるという問題もある。更に特許文献2に示すような多重シャフト式の場合は、装置全体の体積と重さが大きくなり、メンテナンスが困難であった。

10

## 【0009】

また、大気側と分離隔絶された環境に配置される軸受は、固体潤滑や特殊な潤滑剤を用いることが多く、このような軸受は一般的な軸受に対して寿命が短いため頻繁に交換する必要がある。ところが、カップ型の隔壁に軸受の固定輪を配した場合、何れか一方の軸受を交換する際にはモータをチャンバから外す必要があり、その度にシール部材を分解するので、軸受交換後はシール性能を確認するためのリーク試験などが必要であり、これが装置全体の稼働率を低める原因となっていた。

## 【0010】

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、磁極の固定に起因する雰囲気汚染を回避しながらも、ロボットに必要な剛性を確保でき且つ信頼性の高い、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及びスカラーロボットを提供することを目的とする。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

本発明のスカラーロボットは、大気外の雰囲気中で用いられ、3つのモータを直列に配置した3軸同軸ダイレクトドライブモータを用いたスカラーロボットにおいて、

各モータは、表面磁石型のラジアルギャップ式ブラシレスモータであって、ベースと、

前記ベースから延在し、大気側と大気外側を隔絶する隔壁と、

30

前記隔壁に対して大気外側に配置されたモータ回転子と、

前記モータ回転子を回転自在に支持する真空軸受装置と、

前記モータ回転子に対向し、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、前記モータ回転子と共につれ回る大気側回転子と前記大気側回転子の回転角度を検出する角度検出器と

前記大気側回転子を回転自在に支持する大気軸受装置と、を有しており、

前記大気側回転子は、前記ベースに対して、前記大気軸受装置により支持されており

前記ステータと、前記大気軸受装置と、前記大気側回転子と、前記角度検出器と、前記モータ回転子と、前記真空軸受装置のうち少なくとも2つは、モータ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おり、

40

前記3軸同軸ダイレクトドライブモータのうち、第1のモータの前記真空軸受装置の静止輪は、前記隔壁以外の静止部材に固定され、その回転輪は、前記第1のモータの前記モータ回転子に固定されており、

前記第1のモータに隣接する第2のモータの前記真空軸受装置の一方の輪は、前記第1のモータの前記モータ回転子に固定されており、他方の輪は、前記第2のモータの前記モータ回転子に固定されており、

前記第2のモータに隣接する第3のモータの前記真空軸受装置の一方の輪は、前記第2のモータの前記モータ回転子に固定されており、他方の輪は、前記第3のモータの前記モータ回転子に固定されており、

前記第1のモータのモータ回転子に、第1回転環を回転可能に支持した第1アームアセ

50

ンブリを取り付け、前記第3のモータのモータ回転子に、第2回転環を回転可能に支持した第2アームアセンブリを固定し、前記第2のモータのモータ回転子から、前記第1回転環及び前記第2回転環に対してそれぞれトルク伝達が可能となっていることを特徴する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、直列的に連結された3段のブラシレスモータの少なくとも一つにおいて、前記ステータと、前記大気軸受装置と、前記大気側回転子と、前記角度検出器と、前記モータ回転子と、前記真空軸受装置のうち少なくとも2つを、モータ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しているため、コンパクトな構成ながら、高い剛性を確保することができる。

10

【0013】

例えば、ベースに対して、第1の真空軸受装置を介して、第1の回転子を相対回転自在に支持しており、また第1のモータ回転子に対して、第2の真空軸受装置を介して、第2のモータ回転子を相対回転自在に支持しており、また第2のモータ回転子に対して、第3の真空軸受装置を介して、第3のモータ回転子を相対回転自在に支持しているダイレクトドライブモータが考えられる。このような構成とすることで、前記ステータと、前記大気軸受装置と、前記大気側回転子と、前記角度検出器と、前記モータ回転子と、前記真空軸受装置のうち少なくとも2つを、モータ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できる。このような特徴を有する本発明により、以下のような効果がある。

(1) モータ回転子を支持する真空軸受装置の静止輪を、隔壁に取り付ける必要が無く、機械的な剛性を高めることができる

20

(2) 隔壁より外側に真空軸受装置を設けることで、ベースと隔壁とをの間のシール部材等を分解しないで真空軸受装置のメンテナンス等を行える。

(3) ダイレクト駆動のため、従来技術のような多重シャフト構造は不要になり、軸線方向長を短くし、高剛性を確保しつつ、各軸の慣性とねじり剛性を等しく設定でき、またシャフトによるバネ要素がないので、バランスよく、精密な駆動性能が実現できる。

(4) 多重シャフト構造と磁気カップリングによる動力伝達構造の代わりに、ダイレクト駆動と磁気カップリングによる位置信号伝達の構造を使用することによって、ダイレクト検出を実現でき、ロボット位置決め精度が向上できる。

【0014】

30

前記3軸同軸ダイレクトドライブモータの半径方向において、各モータの外周側から順に、前記真空軸受装置と、前記モータ回転子と、前記隔壁と、前記ステータと、前記角度検出器と、前記大気側回転子と、前記大気側軸受装置の並びで配置されていると好ましい。

【0015】

前記3軸同軸ダイレクトドライブモータの半径方向において、第1のモータの前記モータ回転子を回転自在に支持する前記真空軸受装置の静止輪は、前記隔壁以外の静止部材に固定され、

前記第1のモータに隣接する第2のモータの前記モータ回転子を回転自在に支持する前記真空軸受装置の静止輪は、前記第1のモータの前記モータ回転子に固定されており、

40

前記第2のモータに隣接する第3のモータの前記モータ回転子を回転自在に支持する前記真空軸受装置の静止輪は、前記第2のモータの前記モータ回転子に固定されていると好ましい。

【0016】

前記大気側回転子は、前記真空軸受装置とは別の軸受によって回転自在に支持され、かつ前記モータ回転子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モータ回転子と前記大気側回転子が連れ回ることによって、前記隔壁越しにモータ回転子の角度を検出すると好ましい。

【0017】

前記角度検出器は、絶対角度を検出するアブソリュート検出器と、高分解能で相対角度

50

を検出するインクリメンタル検出器と、を有すると好ましい。

【0018】

本発明のスカラロボットは、上述したダイレクトドライブモータを用いており、前記第1のモータのモータ回転子に、第1回転環を回転可能に支持した第1アームアセンブリを取り付け、前記第3のモータのモータ回転子に、第2回転環を回転可能に支持した第2アームアセンブリを固定し、前記第2のモータのモータ回転子から、前記第1回転環及び前記第2回転環に対してそれぞれトルク伝達が可能となっていることを特徴する。

【0019】

前記第2のモータのモータ回転子は、モータの軸線方向において分けられた一方側レース面と他方側レース面を有し、前記一方側レース面は前記第1回転環に対してベルト掛けされ、前記他方側レース面は前記第2回転環に対してベルト掛けされていると好ましい。

10

【0020】

前記第1アームアセンブリは、前記第1回転環を回転自在に支持し且つ前記第1のモータのモータ回転子に連結された第1フレームと、前記第1フレームに固定された第1固定環と、前記第1回転環に対して一端側を連結された第1アーム部と、前記第1アーム部の他端側に回転自在に支持され且つ前記第1固定環に対してベルト掛けされた第1末端環とを有すると好ましい。

【0021】

前記第2アームアセンブリは、前記第2回転環を回転自在に支持し且つ前記第2のモータのモータ回転子に連結された第2フレームと、前記第2フレームに固定された第2固定環と、前記第2回転環に対して一端側を連結された第2アーム部と、前記第2アーム部の他端側に回転自在に支持され且つ前記第2固定環に対してベルト掛けされた第2末端環とを有すると好ましい。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は、本実施の形態にかかる表面磁石型の周対向ブラシレスモータを含むダイレクトドライブモータの断面図である。

【0023】

本実施の形態においては、表面磁石型の20極18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。20極18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10極9スロットというスロットコンビネーションの2倍の構成である。2<sup>n</sup>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ステータ連結部の肉厚と突極幅、およびモータ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

【0024】

図1を参照して、3つのブラシレスモータBM1～BM3を直接に連結した3軸のダイレクトドライブモータの内部構造について詳細に説明する。円盤部10aと、円盤部10aの外縁に連結された円筒部10bとからなるベース10は、円盤部10aの周囲を、定盤（不図示）に据え付けるようにして取り付けられている。円盤部10aの下面には、複数の周溝10cが形成されており、これを遮蔽するようにしてドーナツ板状の遮蔽板10dがボルトBにより取り付けられている。複数の周溝10cと遮蔽板10dとで囲われる空間は、2本のO-リングORで密封されており、かかる空間内には、遮蔽板10dに連結されたコネクタCN1から冷却液が注入され、動作時に発生した熱で加熱されたベース

50

10の冷却が行われる。尚、熱交換が行われた冷却液は、コネクタCN2より外部に取り出される。

【0025】

ベース10の円盤部10aの上面に対して、円筒状の第1本体12Aがインロー嵌めにより同軸に取り付けられ、上方から挿通された長ボルトLBで固定されている。また第1本体12Aの上面には、円筒状の第2本体12Bがインロー嵌めにより同軸に取り付けられ、上方から挿通された長ボルトLBで固定されている。更に第2本体12Bの上面には、円筒状の第3本体12Cがインロー嵌めにより同軸に取り付けられ、上方から挿通された長ボルトLBで固定されている。第3本体12Cの上面には、円板12Dがインロー嵌めにより同軸に取り付けられ、ボルトBで固定されている。

10

【0026】

薄肉円筒状の隔壁13が、ベース10の円盤部10aに下端を取り付け、円板12Dに上端を取り付けている。尚、本体12A~12Cの中央に貫通孔を設け、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。ベース10、本体12A~12C、円板12Dによりハウジングを構成する。

【0027】

隔壁13は、非磁性体であるステンレス製であり、ベース10の円盤部10aに面当てするように放射状外側に広がった底部13aと、その内周縁から軸線方向にブラシレスモータBM1、BM2、BM3を貫くようにして延在する薄肉の円筒部13bと、円筒部13bの上縁から半径方向内方に延在するフランジ状の取付部13cとからなる。取付部13cの内方縁は、軸線方向内側に折り曲げられて短い距離だけ延在している。

20

【0028】

尚、隔壁13の口元には口元つば部を嵌合することが出来、かかる場合、円筒部13bと略同一厚さの薄肉部と、円筒部13bとを軸方向のTIG溶接にて封止固定することができる。このように、溶接部を略同一厚さとすることにより、片側への部品にのみ熱が逃げを避け、嵌合部を均一に溶接できる。口元つば部にはシール部材を詰め込む溝加工を施すと好ましく、シール部材を溝に詰め込んだ後にフランジにねじにて締結することにより、締結部分を大気側から分離隔絶できる。

【0029】

明らかであるが、隔壁13は、ブラシレスモータBM1、BM2、BM3に共通に用いられる。隔壁13の底部13aは、ベース10の円盤部10aと、円筒部10bの内周に嵌合する環状の抑え板PT1により挟持され、ボルトBを用いて円盤部10aに固定されている。底部13aと円盤部10aとの間は、O-リングORで密封されている。又、隔壁13の取付部13cは、円板12Dと、円板状の抑え板PT2により挟持され、ボルトBを用いて円板12Dに固定されている。取付部13cと円板12Dとの間は、O-リングORで密封されている。以上により、隔壁13の締結部分を大気側から分離隔絶している。隔壁13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。

30

【0030】

更に、ベース10と定盤とは気密されているので、ベース10と隔壁13とで囲われる内部空間は、その外部(真空環境)から気密されている。尚、隔壁13は必ずしも非磁性体である必要はない。又、O-リング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。

40

【0031】

ベース10の円筒部10bの内周段部には、真空中で用いられる背面組合せアンギュラ玉軸受19の外輪が嵌合的に取り付けられ、環状の抑え部材PT3を介して中空のボルトBにより固定されている。一方、背面組合せアンギュラ玉軸受19の内輪は、第1外側口ータ部材21のヨーク21dの外周段部に嵌合しており、上方から第1円筒状部材23により押圧されている。後述する第1アームアセンブリAA1を支持する第1円筒状部材23は、慣性低減のため、金属材料としては比重が小さいアルミニウム合金を材料とし、ヨ

50

ーク 2 1 d の外径部との嵌合部と、ヨーク 2 1 d の端面との締結部を有している。第 1 円筒状部材 2 3 は、上部内周に、第 2 のブラシレスモータ B M 2 の真空軸受装置 1 9 ' の外輪を嵌合固定するための軸受ホルダ部を有している。このような構造を取ることにより、真空軸受装置 1 9 ' の静止輪を隔壁 1 2 に取り付ける必要がなく、機械的な剛性を高められる。尚、第 1 外側ロータ部材 2 1 と第 1 円筒状部材 2 3 が、モータ回転子を構成する。

【 0 0 3 2 】

ベース 1 0 は、耐食性が高いオーステナイト系ステンレスを材料としており、チャンバである定盤との嵌合固定およびシール装置を兼ねている。

【 0 0 3 3 】

背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 (真空軸受装置) 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。この形式の軸受を用いることにより、ブラシレスモータ B M 1 のロータ支持用の軸受は 1 個で済むため、本発明の 3 軸同軸ダイレクトドライブモータを薄型化できる。背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 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。

【 0 0 3 4 】

尚、背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 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、また後述するアームアッセンブリからの第 1 外側ロータ部材 2 1 がチルトする方向のモーメントを受けることができるが、これに限らず、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 (D F O) を行っても良い。

【 0 0 3 5 】

第 1 外側ロータ部材 2 1 は、磁石ホルダ 2 1 a によって保持された永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c と、磁路を形成するため磁性体から成る円環状のヨーク 2 1 d とによって構成されている。

【 0 0 3 6 】

永久磁石 2 1 b は極ごとに分割されたセグメント形式であり、エネルギー積の高いネオジウム (N d - F e - B) 系磁石を材料としている。このネオジウム系磁石は、鉄と比較して線膨張係数が非常に小さい上にもろく割れやすい性質を持つ。本実施の形態においては、耐食性を高め、かつ、耐磨耗性の高いニッケルコーティングを施してある。このような表面処理を施すことにより、不純分子を吸蔵しにくく、かつ、後述する磁石ホルダ 2 1 a で固定する際のすべりや、極度の高温または低温時にさらされた際の、摺動磨耗による発塵を防げるので真空環境に好適である、その個々の形状は略分割円環状である。

【 0 0 3 7 】

永久磁石 2 1 b のヨーク 2 1 d と接する外径側の形状は、後述するヨーク 2 1 d の内周と同一半径ないし若干大きい半径を有する円弧状である。又、永久磁石 2 1 b のエアギャップ側である内周側の形状は、ヨーク 2 1 d に配置された際に、各々の永久磁石 2 1 b の円弧中心が回転中心と同一となるような半径を有する円弧状である。更に、永久磁石 2 1 b の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては、後述する第 1 ステータ 2 9 と対向する側が狭く、ヨーク 2 1 d と接する側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。尚、永久磁石 2 1 b の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向の長さは第 1 ステータ 2 9 の長さと同じか、やや長く設定し、トルク不足を防止することが望ましい。

【 0 0 3 8 】

一方、真空カップリング磁石 2 1 c は、一つの磁石の面に 3 極 (N - S - N 又は S - N - S) 着磁したタイプであって、エネルギー積の高いネオジウム (N d - F e - B) 系磁石を材料としている。このネオジウム系磁石は、鉄と比較して線膨張係数が非常に小さい上にもろく割れやすい性質を持つ。本実施の形態においては、耐食性を高め、かつ、耐磨耗性の高いニッケルコーティングを施してある。このような表面処理を施すことにより、

10

20

30

40

50



不純分子を吸蔵しにくく、かつ、後述する磁石ホルダ 2 1 a で固定する際のすべりや、極度の高温または低湿時にさらされた際の、摺動磨耗による発塵を防げるので真空環境に好適である。その個々の形状は略分割円環状である。

【 0 0 3 9 】

真空カップリング磁石 2 1 c のヨーク 2 1 d と接する外径側の形状は、後述するヨーク 2 1 d の内周と同一半径ないし若干大きい半径を有する円弧状である。又、真空カップリング磁石 2 1 c のエアギャップ側である内周側の形状は、ヨーク 2 1 d に配置された際に、各々の永久磁石 2 1 b の円弧中心が回転中心と同一となるような半径を有する円弧状である。更に、真空カップリング磁石 2 1 c の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては、後述する大気カップリング磁石 3 0 と対向する側が狭く、ヨーク 2 1 d と接する側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。尚、真空カップリング磁石 2 1 c の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向の長さは後述する大気カップリング磁石 3 0 a の長さと同じか、やや長く設定し、トルク不足を防止することが望ましい。

10

【 0 0 4 0 】

図 1 0 に、磁石ホルダ 2 1 a とロータホルダ 3 1 の斜視図を示す。磁石ホルダ 2 1 a は、磁束が短絡して第 1 ステータ 2 9 への鎖交磁束が低減することを防ぐため、非磁性材料で作られ、永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c がヨーク 2 1 d から外れること防ぐ機能を有する。特に、この材料に非磁性ステンレスを使用した場合には、耐食性が高いので不純分子を吸蔵しにくく、真空環境に好適に使用されている。

20

【 0 0 4 1 】

軸方向における磁石ホルダ 2 1 a の両端面には、均等に永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c の固定用溝（切欠）2 1 x、2 1 y を櫛歯状に有し、円筒の外径はヨーク 2 1 d の内径と、しまり嵌めの関係になることよって、永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c を円周上で精度良く均等に配置でき、これによりコキングトルクの低減や磁気カップリング剛性向上の効果が得られる。

【 0 0 4 2 】

永久磁石 2 1 b を保持する溝 2 1 x と真空カップリング磁石 2 1 c を保持する溝 2 1 y は互いに独立し、必要なモータトルクと磁気カップリングの性能に従って、永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c を独立に設定できる。

30

【 0 0 4 3 】

本実施の形態の磁石ホルダ 2 1 a は、永久磁石 2 1 b の固定用溝 2 1 x が 2 0 個、真空カップリング磁石 2 1 c の固定用溝 2 1 y が 1 0 個で構成されている。

【 0 0 4 4 】

1 つの磁石片は 1 つの溝 2 1 x、2 1 y と嵌めあい、各溝 2 1 x、2 1 y の側面は軸方向とほぼ平行し、かつ、円周方向において、永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c の側面の傾きに倣って、平行かつ隙間を有する形状である。また、この隙間は永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c がエアギャップ方向に浮いたとしても、第 1 ステータ 2 9 との吸着力より、ヨーク 2 1 d との吸着力の方が強く、かつ、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。

40

【 0 0 4 5 】

ヨーク 2 1 d は、高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形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。その形状は略円環状である。

【 0 0 4 6 】

図 1 において、永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c を配置する内径部には、止め輪 2 1 e を配置する溝 2 1 f を両端に設置し、両端の止め輪溝 2 1 f 間距離は、永久磁石 2 1 b 長さ + 磁石ホルダ 2 1 a の間座部長さ + 真空カップリング磁石 2 1 c 長さより若干幅広である。

【 0 0 4 7 】

50

両端の止め輪溝 2 1 f 間距離と、永久磁石 2 1 b 長さ + 磁石ホルダ 2 1 a の間座部長さ + 真空カップリング磁石 2 1 c 長さとの差は、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。

【 0 0 4 8 】

ヨーク 2 1 d の外径側には、背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 の内輪に嵌合固定する段部を有しており、互いに嵌合する構造となっている。本実施の形態の場合は、真空用グリス潤滑の背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 を用いているので、回転輪である内輪を、加工精度を出しやすくかつ線膨張係数が軸受の軌道輪材質と略同一であるヨークに対して締め込み嵌めあるいは中間嵌めとし、固定輪である外輪を真空環境で頻りに用いられるアルミニウムやオーステナイト系ステンレス製のベース 1 0 の円筒部 1 0 b に対してすきま嵌めとすることで、背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 の回転精度の低下や温度上昇による摩擦トルクの上昇を防ぐ構成となっている。

10

【 0 0 4 9 】

本実施の形態では、トルク発生機能を持つ永久磁石 2 1 b と磁気カップリング吸引機能を持つ真空カップリング磁石 2 1 c は、磁石ホルダ 2 1 a により、分離されているが、永久磁石 2 1 b 及び真空カップリング磁石 2 1 c を必ず分ける必要がなく、トルク発生と磁気カップリング吸引力の発生源を一つの磁石にまとめ、適切な固定方法より固定することも可能である。

【 0 0 5 0 】

永久磁石 2 1 b を磁石ホルダ 2 1 d に組入れた後、軸方向における永久磁石 2 1 b の上下運動を拘束するために、非磁性ステンレスで作られた 2 重止め輪 2 1 e をヨーク 2 1 d の両端にある止め輪用溝 2 1 f にいれて、永久磁石 2 1 b を固定する。

20

【 0 0 5 1 】

磁石ホルダ 2 1 d を固定するボルト（不図示）は、ヨーク 2 1 d と同様に高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形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。

【 0 0 5 2 】

隔壁 1 3 の半径方向内側において、第 1 外側ロータ部材 2 1 の内周面に対向するようにして、第 1 ステータ 2 9 が配置されている。第 1 ステータ 2 9 は、第 1 本体 1 2 A の下端から半径方向に延在したフランジ部 1 2 a の円筒状外周部に取り付けられており、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ポピンを嵌め込んだ後にモータコイルが集中巻されている。第 1 ステータ 2 9 の外径は隔壁 1 3 の内径と略同一もしくは小さい寸法としている。

30

【 0 0 5 3 】

第 1 ステータ 2 9 に隣接且つ平行して、第 1 内側ロータ 3 0 が配置されている。第 1 内側ロータ 3 0 は、ロータホルダ 3 1 の外周に固定され、第 1 本体 1 2 A に対して、玉軸受 3 3 を介して回転自在に支持されている。

【 0 0 5 4 】

第 1 内側ロータ 3 0 は、ロータホルダ 3 1 の外周に等間隔に形成された凹部内に配置される永久磁石 3 0 a と、永久磁石 3 0 a の背面に装着され磁路を形成するための磁性体から成る板状のバックヨーク 3 0 b とからなる。永久磁石 3 0 a は、3 0 極の構成で S 極 - N 極 - S 極又は N 極 - S 極 - N 極の磁石が各 1 0 個交互に磁性金属からなっている。従って、第 1 内側ロータ 3 0 は、磁気カップリング作用により、第 1 ステータ 2 9 によって駆動される第 1 外側ロータ部材 2 1 に同期して連れ回されるようになっている。バックヨーク 3 0 b は、高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

40

【 0 0 5 5 】

永久磁石 3 0 a のエアギャップ側の外周側の形状は、隔壁 1 3 の内径より若干小さい半径を有する円弧状であり、軸方向において、回転軸と平行である。永久磁石 3 0 a の回転軸中心側の形状は平面であり、軸方向において、回転軸と平行になる。永久磁石 3 0 a の

50

円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては真空側と対向する側が狭く、回転軸中心側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。永久磁石30aの各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向長さは大気側カップリング磁石とほぼ同じに設定する。

**【0056】**

ロータホルダ31は、図10に示すごとく花の形状のように、円周方向に沿って外周側に永久磁石30aの固定部31aがあり、各固定部31aは永久磁石30aと同極数で配置されている。各固定部には永久磁石30aと嵌めあう台形凹部31bが設置されている。各凹部31bの側面は軸方向とほぼ平行し、かつ、円周方向において、ここに組み付けられる永久磁石30aの側面の傾きに倣って、平行かつ隙間を有する形状である。また、この隙間は永久磁石30aがエアギャップ方向に浮いたとしても、位置決めキーとの吸着力よりヨーク21dとの吸着力の方が強く、かつ、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。永久磁石30aの軸方向運動を拘束するために、2液工ポキシ接着剤を使って永久磁石30aを第1内側ロータ30に固定することより、高信頼性のモータを提供することができる。

10

**【0057】**

モータ軸方向において、大気側の永久磁石30aと真空側カップリング磁石21cの中心をずらして設置することによって、永久磁石30aに軸方向下向きの吸引力を作用させることができ、これにより第1内側ロータ30を介して、軸受装置33にアキシャル荷重が伝達され、適切な予圧効果を与えることができる。これによって、高精度な回転ができ、正確な位置検出ができる。

20

**【0058】**

第1内側ロータ30を回転自在に支持する軸受33は、ラジアル、アキシャル、モーメント荷重を負荷できる二つの深溝玉軸受からなる。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。

**【0059】**

隔壁13内部は大気環境であるため、永久磁石30aはバックヨーク30bに接着固定してある。永久磁石30a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。バックヨーク30bは高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

30

**【0060】**

図1において、第1内側ロータ30を取り付けたロータホルダ31の内周は、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を保持してなる回転筒34cに組みつけられている。ロータホルダ31の内周を保持する回転筒34cは、軸受33により回転自在に支持されている。レゾルバロータ34a及び34bに対向する形で、第1本体12A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層に配置している。これによ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ミテーションを行っている。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。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、また、コイルに対する磁石の電氣的位相角度がわかるため、ブラシレスモータBM1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。このため、本実施の形態の如く、スカラーロボット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。

40

**【0061】**

本実施の形態に用いている高分解能の可変リラクタンス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

50

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。軸受33により支持された第1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スが変化し、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)を検出す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

#### 【0062】

本実施の形態によれば、第1外側ロータ部材21に対して、磁気カップリング作用により第1内側ロータ30が同速で回転し、すなわち連れ回るので、第1外側ロータ部材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、ハウジングや両フランジに調整用の穴や切り欠きを別途設ける必要がない。

#### 【0063】

次に、ブラシレスモータBM2について説明するが、ここでは第2本体12Bがハウジングを構成する。上述したブラシレスモータBM1の一部となる第1円筒状部材23は、ブラシレスモータBM2の上端近くまで上方に延在しており、その内周段部に、真空中で用いられる複列の背面組合せアンギュラ玉軸受19'の外輪が嵌合的に取り付けられ、環状の抑え部材PT4を介して中空のボルトBにより固定されている。一方、背面組合せアンギュラ玉軸受19'の内輪は、第2外側ロータ部材21'のヨーク21d'の外周段部に嵌合しており、上方から第2円筒状部材23'により押圧されている。第2円筒状部材23'の下端は二重円筒状になっており、その間に第1円筒状部材23の上端が入り込む形となっている。又、第2円筒状部材23'の外周には、後述する第11ベルトBL11が巻き付く第1レース面23a'と、第21ベルトBL21が巻き付く第1レース面23b'が軸線方向に離して設けられている。第2円筒状部材23'は、慣性低減のため、金属材料としては比重が小さいアルミニウム合金を材料とし、ヨーク21d'の外径部との嵌合部と、ヨーク21d'の端面との締結部を有している。第2外側ロータ部材21'は、第2円筒状部材23'と一体的に、隔壁13に対して回転自在に支持されている。尚、第2外側ロータ部材21'が、外側ロータを構成する。

20

30

#### 【0064】

背面組合せアンギュラ玉軸受19'(真空軸受装置)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。この形式の軸受を用いることにより、ブラシレスモータBM2のロータ支持用の軸受は1個で済むため、本発明の3軸同軸ダイレクトドライブモータを薄型化できる。背面組合せアンギュラ玉軸受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。

40

#### 【0065】

尚、背面組合せアンギュラ玉軸受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、また後述するアームアッセンブリからの第2外側ロータ部材21'がチルトする方向のモーメントを受けることができるが、これに限らず、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。

#### 【0066】

第2外側ロータ部材21'は、磁石ホルダ21a'によって保持された永久磁石21b

50

’及び真空カップリング磁石21c’と、磁路を形成するため磁性体から成る円環状のヨーク21d’とによって構成されている。

【0067】

永久磁石21b’は極ごとに分割されたセグメント形式であり、エネルギー積の高いネオジウム(Nd-Fe-B)系磁石を材料としている。このネオジウム系磁石は、鉄と比較して線膨張係数が非常に小さい上にもろく割れやすい性質を持つ。本実施の形態においては、耐食性を高め、かつ、耐磨耗性の高いニッケルコーティングを施してある。このような表面処理を施すことにより、不純分子を吸蔵しにくく、かつ、後述する磁石ホルダ21a’で固定する際のすべりや、極度の高温または低温時にさらされた際の、摺動磨耗による発塵を防げるので真空環境に好適である、その個々の形状は略分割円環状である。

10

【0068】

永久磁石21b’のヨーク21d’と接する外径側の形状は、後述するヨーク21d’の内周と同一半径ないし若干大きい半径を有する円弧状である。又、永久磁石21b’のエアギャップ側である内周側の形状は、ヨーク21d’に配置された際に、各々の永久磁石21b’の円弧中心が回転中心と同一となるような半径を有する円弧状である。更に、永久磁石21b’の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては、後述する第2ステータ29’と対向する側が狭く、ヨーク21d’と接する側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。尚、永久磁石21b’の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向の長さは第2ステータ29’の長さと同じか、やや長く設定し、トルク不足を防止することが望ましい。

20

【0069】

一方、真空カップリング磁石21c’は、一つの磁石の面に3極(N-S-N又はS-N-S)着磁したタイプであって、エネルギー積の高いネオジウム(Nd-Fe-B)系磁石を材料としている。このネオジウム系磁石は、鉄と比較して線膨張係数が非常に小さい上にもろく割れやすい性質を持つ。本実施の形態においては、耐食性を高め、かつ、耐磨耗性の高いニッケルコーティングを施してある。このような表面処理を施すことにより、不純分子を吸蔵しにくく、かつ、後述する磁石ホルダ21a’で固定する際のすべりや、極度の高温または低湿時にさらされた際の、摺動磨耗による発塵を防げるので真空環境に好適である。その個々の形状は略分割円環状である。

【0070】

真空カップリング磁石21c’のヨーク21d’と接する外径側の形状は、後述するヨーク21d’の内周と同一半径ないし若干大きい半径を有する円弧状である。又、真空カップリング磁石21c’のエアギャップ側である内周側の形状は、ヨーク21d’に配置された際に、各々の永久磁石21b’の円弧中心が回転中心と同一となるような半径を有する円弧状である。更に、真空カップリング磁石21c’の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては、後述する大気カップリング磁石30’と対向する側が狭く、ヨーク21d’と接する側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。尚、真空カップリング磁石21c’の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向の長さは後述する大気カップリング磁石30a’の長さと同じか、やや長く設定し、トルク不足を防止することが望ましい。

30

40

【0071】

磁石ホルダ21a’は、磁束が短絡して第2ステータ29’への鎖交磁束が低減することを防ぐため、非磁性材料で作られ、永久磁石21b’及び真空カップリング磁石21c’がヨーク21d’から外れること防ぐ機能を有する。特に、この材料に非磁性ステンレスを使用した場合には、耐食性が高いので不純分子を吸蔵しにくく、真空環境に好適に使用されている。

【0072】

図10に示すものと同様に、軸方向における磁石ホルダ21a’の両端面には、均等に永久磁石21b’及び真空カップリング磁石21c’の固定用溝(切欠)を櫛歯状に有し、円筒の外径はヨーク21d’の内径と、しまり嵌めの関係になることよって、永久磁石

50

21b'及び真空カップリング磁石21c'を円周上で精度良く均等に配置でき、これによりコキングトルクの低減や磁気カップリング剛性向上の効果が得られる。

【0073】

永久磁石21b'を保持する溝と真空カップリング磁石21c'を保持する溝は互いに独立し、必要なモータトルクと磁気カップリングの性能に従って、永久磁石21b'及び真空カップリング磁石21c'を独立に設定できる。

【0074】

本実施の形態の磁石ホルダ21a'は、永久磁石21b'の固定用溝が20個、真空カップリング磁石21c'の固定用溝10個で構成されている。

【0075】

1つの磁石片は1つの溝と嵌めあい、各溝の側面は軸方向とほぼ平行し、かつ、円周方向において、永久磁石21b'及び真空カップリング磁石21c'の側面の傾きに倣って、平行かつ隙間を有する形状である。また、この隙間は永久磁石21b'及び真空カップリング磁石21c'がエアギャップ方向に浮いたとしても、第2ステータ29'との吸着力より、ヨーク21d'との吸着力の方が強く、かつ、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。

【0076】

ヨーク21d'は、高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形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。その形状は略円環状である。

【0077】

永久磁石21b'及び真空カップリング磁石21c'を配置する内径部には、止め輪21e'を配置する溝21f'を両端に設置し、両端の止め輪溝21f'間距離は、永久磁石21b'長さ+磁石ホルダ21a'の間座部長さ+真空カップリング磁石21c'長さより若干幅広である。

【0078】

両端の止め輪溝21f'間距離と、永久磁石21b'長さ+磁石ホルダ21a'の間座部長さ+真空カップリング磁石21c'長さとの差は、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。

【0079】

ヨーク21d'の外径側には、背面組合せアンギュラ玉軸受19'の内輪に嵌合固定する段部を有しており、互いに嵌合する構造となっている。本実施の形態の場合は、真空用グリス潤滑の背面組合せアンギュラ玉軸受19'を用いているので、内輪を、加工精度を出しやすくかつ線膨張係数が軸受の軌道輪材質と略同一であるヨークに対して締め込みあるいは中間嵌めとし、外輪を第1円筒状部材23に対してすきま嵌めとすることで、背面組合せアンギュラ玉軸受19'の回転精度の低下や温度上昇による摩擦トルクの上昇を防ぐ構成となっている。

【0080】

本実施の形態では、トルク発生機能を持つ永久磁石21b'と磁気カップリング吸引機能を持つ真空カップリング磁石21c'は、磁石ホルダ21a'により、分離されているが、永久磁石21b'及び真空カップリング磁石21c'を必ず分ける必要がなく、トルク発生と磁気カップリング吸引力の発生源を一つの磁石にまとめ、適切な固定方法より固定することも可能である。

【0081】

永久磁石21b'を磁石ホルダ21d'に組入れた後、軸方向における永久磁石21b'の上下運動を拘束するために、非磁性ステンレスで作られた2重止め輪21e'をヨーク21d'の両端にある止め輪用溝21f'に置いて、永久磁石21b'を固定する。

【0082】

磁石ホルダ21d'を固定するボルト(不図示)は、ヨーク21d'と同様に高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆および耐食性を高め、かつ軸受交換時の

10

20

30

40

50

磨耗を防ぐためにニッケルめっきを施している。

【0083】

隔壁13の半径方向内側において、第2外側ロータ部材21'の内周面に対向するようにして、第2ステータ29'が配置されている。第2ステータ29'は、第2本体12Bの下端から半径方向に延在したフランジ部12bの円筒状外周部に取り付けられており、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ポ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。第2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。

【0084】

第2ステータ29'に隣接且つ平行して、第2内側ロータ30'が配置されている。第2内側ロータ30'は、ロータホルダ31'の外周に固定され、第2本体12Bに対して、玉軸受33'を介して回転自在に支持されている。

10

【0085】

第2内側ロータ30'は、ロータホルダ31'の外周に等間隔に形成された凹部内に配置される永久磁石30a'と、永久磁石30a'の背面に装着され磁路を形成するための磁性体から成る板状のバックヨーク30b'とからなる。永久磁石30a'は、30極の構成でS極-N極-S極又はN極-S極-N極の磁石が各10個交互に磁性金属からなっている。従って、第2内側ロータ30'は、磁気カップリング作用により、第2ステータ29'によって駆動される第2外側ロータ部材21'に同期して連れ回されるようになっている。バックヨーク30b'は、高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

20

【0086】

永久磁石30a'のエアギャップ側の外周側の形状は、隔壁13の内径より若干小さい半径を有する円弧状であり、軸方向において、回転軸と平行である。永久磁石30a'の回転軸中心側の形状は平面であり、軸方向において、回転軸と平行になる。永久磁石30a'の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては真空側と対向する側が狭く、回転軸中心側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。永久磁石30a'の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向長さは大気側カップリング磁石とほぼ同じに設定する。

【0087】

30

ロータホルダ31'は、図10を参照して、花の形状のように、円周方向に沿って外周側に永久磁石30a'の固定部があり、各固定部は永久磁石30a'と同極数で配置されている。各固定部には永久磁石30a'と嵌めあう台形凹部が設置されている。各凹部の側面は軸方向とほぼ平行し、かつ、円周方向において、ここに組み付けられる永久磁石30a'の側面の傾きに倣って、平行かつ隙間を有する形状である。また、この隙間は永久磁石30a'がエアギャップ方向に浮いたとしても、位置決めキーとの吸着力よりヨーク21d'との吸着力の方が強く、かつ、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。永久磁石30a'の軸方向運動を拘束するために、2液エポキシ接着剤を使って永久磁石30a'を第2内側ロータ30'に固定することにより、高信頼性のモータを提供することができる。

40

【0088】

モータ軸方向において、大気側の永久磁石30a'と真空側カップリング磁石21c'の中心をずらして設置することによって、永久磁石30a'に軸方向下向きの吸引力を作用させることができ、これにより第2内側ロータ30'を介して、軸受装置33'にアキシアル荷重が伝達され、適切な予圧効果を与えることができる。これによって、高精度な回転ができ、正確な位置検出ができる。

【0089】

第2内側ロータ30'を回転自在に支持する軸受33'は、ラジアル、アキシアル、モーメント荷重を負荷できる二つの深溝玉軸受からなる。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。

50

## 【 0 0 9 0 】

隔壁 1 3 内部は大気環境であるため、永久磁石 3 0 a ' はバックヨーク 3 0 b ' に接着固定してある。永久磁石 3 0 a ' はエネルギー積の高いネオジウム ( N d - F e - 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。バックヨーク 3 0 b ' は高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

## 【 0 0 9 1 】

図 1 において、第 2 内側ロータ 3 0 ' を取り付けられたロータホルダ 3 1 ' の内周は、回転角度を計測する検出器として、レゾルバロータ 3 4 a ' 及び 3 4 b ' を保持してなる回転筒 3 4 c ' に組みつけられている。ロータホルダ 3 1 ' の内周を保持する回転筒 3 4 c ' は、軸受 3 3 ' により回転自在に支持されている。レゾルバロータ 3 4 a ' 及び 3 4 b ' に対向する形で、第 2 本体 1 2 B の外周に、レゾルバステータ 3 5 ' , 3 6 ' を取り付けられているが、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 3 5 ' 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 3 6 ' とを 2 層に配置している。これによ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。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。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 3 4 b ' の回転角度がわかり、原点復帰が不要であり、また、コイルに対する磁石の電気的位相角度がわかるため、ブラシレスモータ B M 2 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。このため、本実施の形態の如く、スカラーロボット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。

## 【 0 0 9 2 】

本実施の形態に用いている高分解能の可変リラクタンス形レゾルバにおいて、インクリメンタルレゾルバロータ 3 4 a ' 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 3 5 ' 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 3 4 a ' 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。軸受 3 3 ' により支持された第 2 内側ロータ 3 0 ' と一体でインクリメンタルレゾルバロータ 3 4 a ' が回転すると、インクリメンタルレゾルバステータ 3 5 ' の磁極との間のリラクタンスが変化し、インクリメンタルレゾルバロータ 3 4 a ' 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 3 4 a ' 即ち第 2 内側ロータ 3 0 ' の回転角度 ( 又は回転速度 ) を検出するようになっている。レゾルバロータ 3 4 a ' , 3 4 b ' と、レゾルバステータ 3 5 ' , 3 6 ' とで検出器を構成する。

## 【 0 0 9 3 】

本実施の形態によれば、第 2 外側ロータ部材 2 1 ' に対して、磁気カップリング作用により第 2 内側ロータ 3 0 ' が同速で回転し、すなわち連れ回るので、第 2 外側ロータ部材 2 1 ' の回転角を隔壁 1 3 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 3 3 ' 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、ハウジングや両フランジに調整用の穴や切り欠きを別途設ける必要がない。

## 【 0 0 9 4 】

次に、ブラシレスモータ B M 3 について説明するが、ここでは第 3 本体 1 2 C がハウジングを構成する。上述したブラシレスモータ B M 2 の一部となる第 2 円筒状部材 2 3 ' は、ブラシレスモータ B M 3 の上端まで上方に延在しており、その内周段部に、真空中で用いられる複列の背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 " の外輪が嵌合的に取り付けられ、環状の抑え部材 P T 5 を介して不図示のボルトにより固定されている。一方、背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 " の内輪は、第 3 外側ロータ部材 2 1 " のヨーク 2 1 d " の外周段部に



嵌合しており、上方から第3円筒状部材23"により押圧されている。第3外側ロータ部材21"は、第3円筒状部材23"と一体的に、隔壁13に対して回転自在に支持されている。後述する第2アームアセンブリAA2を支持する第3円筒状部材23"は、慣性低減のため、金属材料としては比重が小さいアルミニウム合金を材料とし、ヨーク21d"の外径部との嵌合部と、ヨーク21d"の端面との締結部を有している。第3外側ロータ部材21"は、第3円筒状部材23"と一体的に、隔壁13に対して回転自在に支持されている。尚、第3外側ロータ部材21"と第3円筒状部材23"が、モータ回転子を構成する。

#### 【0095】

背面組合せアンギュラ玉軸受19"（真空軸受装置）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。この形式の軸受を用いることにより、ブラシレスモータBM3のロータ支持用の軸受は1個で済むため、本発明の3軸同軸ダイレクトドライブモータを薄型化できる。背面組合せアンギュラ玉軸受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。

10

#### 【0096】

尚、背面組合せアンギュラ玉軸受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、また後述するアームアセンブリからの第3外側ロータ部材21"がチルトする方向のモーメントを受けることができるが、これに限らず、クロスローラ、クロスボール、クロスステータ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。

20

#### 【0097】

第3外側ロータ部材21"は、磁石ホルダ21a"によって保持された永久磁石21b"及び真空カップリング磁石21c"と、磁路を形成するため磁性体から成る円環状のヨーク21d"とによって構成されている。

#### 【0098】

永久磁石21b"は極ごとに分割されたセグメント形式であり、エネルギー積の高いネオジウム(Nd-Fe-B)系磁石を材料としている。このネオジウム系磁石は、鉄と比較して線膨張係数が非常に小さい上にもろく割れやすい性質を持つ。本実施の形態においては、耐食性を高め、かつ、耐磨耗性の高いニッケルコーティングを施してある。このような表面処理を施すことにより、不純分子を吸蔵しにくく、かつ、後述する磁石ホルダ21a"で固定する際のすべりや、極度の高温または低温時にさらされた際の、摺動磨耗による発塵を防げるので真空環境に好適である、その個々の形状は略分割円環状である。

30

#### 【0099】

永久磁石21b"のヨーク21d"と接する外径側の形状は、後述するヨーク21d"の内周と同一半径ないし若干大きい半径を有する円弧状である。又、永久磁石21b"のエアギャップ側である内周側の形状は、ヨーク21d"に配置された際に、各々の永久磁石21b"の円弧中心が回転中心と同一となるような半径を有する円弧状である。更に、永久磁石21b"の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては、後述する第3ステータ29"と対向する側が狭く、ヨーク21d"と接する側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。尚、永久磁石21b"の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向の長さは第3ステータ29"の長さと同じか、やや長く設定し、トルク不足を防止することが望ましい。

40

#### 【0100】

一方、真空カップリング磁石21c"は、一つの磁石の面に3極(N-S-N又はS-N-S)着磁したタイプであって、エネルギー積の高いネオジウム(Nd-Fe-B)系磁石を材料としている。このネオジウム系磁石は、鉄と比較して線膨張係数が非常に小さい上にもろく割れやすい性質を持つ。本実施の形態においては、耐食性を高め、かつ、耐磨耗性の高いニッケルコーティングを施してある。このような表面処理を施すことにより

50

、不純分子を吸蔵しにくく、かつ、後述する磁石ホルダ 2 1 a " で固定する際のすべりや、極度の高温または低湿時にさらされた際の、摺動磨耗による発塵を防げるので真空環境に好適である。その個々の形状は略分割円環状である。

【 0 1 0 1 】

真空カップリング磁石 2 1 c " のヨーク 2 1 d " と接する外径側の形状は、後述するヨーク 2 1 d " の内周と同一半径ないし若干大きい半径を有する円弧状である。又、真空カップリング磁石 2 1 c " のエアギャップ側である内周側の形状は、ヨーク 2 1 d " に配置された際に、各々の永久磁石 2 1 b " の円弧中心が回転中心と同一となるような半径を有する円弧状である。更に、真空カップリング磁石 2 1 c " の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては、後述する大気カップリング磁石 3 0 " と対向する側が狭く、ヨーク 2 1 d " と接する側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。尚、真空カップリング磁石 2 1 c " の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向の長さは後述する大気カップリング磁石 3 0 a " の長さと同じか、やや長く設定し、トルク不足を防止することが望ましい。

10

【 0 1 0 2 】

磁石ホルダ 2 1 a " は、磁束が短絡して第 3 ステータ 2 9 " への鎖交磁束が低減することを防ぐため、非磁性材料で作られ、永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " がヨーク 2 1 d " から外れること防ぐ機能を有する。特に、この材料に非磁性ステンレスを使用した場合には、耐食性が高いので不純分子を吸蔵しにくく、真空環境に好適に使用されている。

20

【 0 1 0 3 】

図 1 0 に示すものと同様に、軸方向における磁石ホルダ 2 1 a " の両端面には、均等に永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " の固定用溝（切欠）を櫛歯状に有し、円筒の外径はヨーク 2 1 d " の内径と、しまり嵌めの関係になることよって、永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " を円周上で精度良く均等に配置でき、これによりコキングトルクの低減や磁気カップリング剛性向上の効果が得られる。

【 0 1 0 4 】

永久磁石 2 1 b " を保持する溝と真空カップリング磁石 2 1 c " を保持する溝は互いに独立し、必要なモータトルクと磁気カップリングの性能に従って、永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " を独立に設定できる。

30

【 0 1 0 5 】

本実施の形態の磁石ホルダ 2 1 a " は、永久磁石 2 1 b " の固定用溝が 2 0 個、真空カップリング磁石 2 1 c " の固定用溝 1 0 個で構成されている。

【 0 1 0 6 】

1 つの磁石片は 1 つの溝と嵌めあい、各溝の側面は軸方向とほぼ平行し、かつ、円周方向において、永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " の側面の傾きに倣って、平行かつ隙間を有する形状である。また、この隙間は永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " がエアギャップ方向に浮いたとしても、第 3 ステータ 2 9 " との吸着力より、ヨーク 2 1 d " との吸着力の方が強く、かつ、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。

40

【 0 1 0 7 】

ヨーク 2 1 d " は、高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形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。その形状は略円環状である。

【 0 1 0 8 】

永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " を配置する内径部には、止め輪 2 1 e " を配置する溝 2 1 f " を両端に設置し、両端の止め輪溝 2 1 f " 間距離は、永久磁石 2 1 b " 長さ + 磁石ホルダ 2 1 a " の間座部長さ + 真空カップリング磁石 2 1 c " 長さより若干幅広である。

【 0 1 0 9 】

50

両端の止め輪溝 2 1 f " 間距離と、永久磁石 2 1 b " 長さ + 磁石ホルダ 2 1 a " の間座部長さ + 真空カップリング磁石 2 1 c " 長さとの差は、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。

【 0 1 1 0 】

ヨーク 2 1 d " の外径側には、背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 " の内輪に嵌合固定する段部を有しており、互いに嵌合する構造となっている。本実施の形態の場合は、真空用グリス潤滑の背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 " を用いているので、内輪を、加工精度を出しやすくかつ線膨張係数が軸受の軌道輪材質と略同一であるヨークに対して締まり嵌めあるいは中間嵌めとし、外輪を第 1 円筒状部材 2 3 に対してすきま嵌めとすることで、背面組合せアンギュラ玉軸受 1 9 " の回転精度の低下や温度上昇による摩擦トルクの上昇を防ぐ構成となっている。

10

【 0 1 1 1 】

本実施の形態では、トルク発生機能を持つ永久磁石 2 1 b " と磁気カップリング吸引機能を持つ真空カップリング磁石 2 1 c " は、磁石ホルダ 2 1 a " により、分離されているが、永久磁石 2 1 b " 及び真空カップリング磁石 2 1 c " を必ず分ける必要がなく、トルク発生と磁気カップリング吸引力の発生源を一つの磁石にまとめ、適切な固定方法より固定することも可能である。

【 0 1 1 2 】

永久磁石 2 1 b " を磁石ホルダ 2 1 d " に組入れた後、軸方向における永久磁石 2 1 b " の上下運動を拘束するために、非磁性ステンレスで作られた 2 重止め輪 2 1 e " をヨーク 2 1 d " の両端にある止め輪用溝 2 1 f " にいれて、永久磁石 2 1 b " を固定する。

20

【 0 1 1 3 】

磁石ホルダ 2 1 d " を固定するボルト（不図示）は、ヨーク 2 1 d " と同様に高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形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。

【 0 1 1 4 】

隔壁 1 3 の半径方向内側において、第 3 外側ロータ部材 2 1 " の内周面に対向するようにして、第 3 ステータ 2 9 " が配置されている。第 3 ステータ 2 9 " は、第 3 本体 1 2 C の下端から半径方向に延在したフランジ部 1 2 c の円筒状外周部に取り付けられており、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ポピンを嵌め込んだ後にモータコイルが集中巻されている。第 3 ステータ 2 9 " の外径は隔壁 1 3 の内径と略同一もしくは小さい寸法としている。

30

【 0 1 1 5 】

第 3 ステータ 2 9 " に隣接且つ平行して、第 3 内側ロータ 3 0 " が配置されている。第 3 内側ロータ 3 0 " は、ロータホルダ 3 1 " の外周に固定され、第 3 本体 1 2 C に対して、玉軸受 3 3 " を介して回転自在に支持されている。

【 0 1 1 6 】

第 3 内側ロータ 3 0 " は、ロータホルダ 3 1 " の外周に等間隔に形成された凹部内に配置される永久磁石 3 0 a " と、永久磁石 3 0 a " の背面に装着され磁路を形成するための磁性体から成る板状のバックヨーク 3 0 b " とからなる。永久磁石 3 0 a " は、3 0 極の構成で S 極 - N 極 - S 極又は N 極 - S 極 - N 極の磁石が各 1 0 個交互に磁性金属からなっている。従って、第 3 内側ロータ 3 0 " は、磁気カップリング作用により、第 3 ステータ 2 9 " によって駆動される第 3 外側ロータ部材 2 1 " に同期して連れ回されるようになっている。バックヨーク 3 0 b " は、高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

40

【 0 1 1 7 】

永久磁石 3 0 a " のエアギャップ側の外周側の形状は、隔壁 1 3 の内径より若干小さい半径を有する円弧状である。軸方向において、回転軸と平行である。永久磁石 3 0 a " の回転軸中心側の形状は平面であり、軸方向において、回転軸と平行になる。永久磁石 3 0 a " の円周方向端面の形状は直線状であり、円周方向端面においては真空側と対向する側

50

が狭く、回転軸中心側が広い略台形状であり、軸方向端面は直線状であるが、軸線に対して直角である。永久磁石30a”の各辺は面取りが施してあり、微細な割れや欠けを防いでいる。軸方向長さは大気側カップリング磁石とほぼ同じに設定する。

#### 【0118】

ロータホルダ31”は、図10を参照して、花の形状のように、円周方向に沿って外周側に永久磁石30a”の固定部があり、各固定部は永久磁石30a”と同極数で配置されている。各固定部には永久磁石30a”と嵌めあう台形凹部が設置されている。各凹部の側面は軸方向とほぼ平行し、かつ、円周方向において、ここに組み付けられる永久磁石30a”の側面の傾きに倣って、平行かつ隙間を有する形状である。また、この隙間は永久磁石30a”がエアギャップ方向に浮いたとしても、位置決めキーとの吸着力よりヨーク21d”との吸着力の方が強く、かつ、モータの使用温度および保存温度の低温側にさらされた際でも隙間が残留する寸法である。永久磁石30a”の軸方向運動を拘束するために、2液エポキシ接着剤を使って永久磁石30a”を第3内側ロータ30”に固定することにより、高信頼性のモータを提供することができる。

10

#### 【0119】

モータ軸方向において、大気側の永久磁石30a”と真空側カップリング磁石21c”の中心をずらして設置することによって、永久磁石30a”に軸方向下向きの吸引力を作用させることができ、これにより第3内側ロータ30”を介して、軸受装置33”にアキシアル荷重が伝達され、適切な予圧効果を与えることができる。これによって、高精度な回転ができ、正確な位置検出ができる。

20

#### 【0120】

第3内側ロータ30”を回転自在に支持する軸受33”は、ラジアル、アキシアル、モーメント荷重を負荷できる二つの深溝玉軸受からなる。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。

#### 【0121】

隔壁13内部は大気環境であるため、永久磁石30a”はバックヨーク30b”に接着固定してある。永久磁石30a”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。バックヨーク30b”は高い磁性を有する低炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

30

#### 【0122】

図1において、第3内側ロータ30”を取り付けたロータホルダ31”の内周は、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”を保持してなる回転筒34c”に組みつけられている。ロータホルダ31”の内周を保持する回転筒34c”は、軸受33”により回転自在に支持されている。レゾルバロータ34a”及び34b”に対向する形で、第3本体12Cの外周に、レゾルバスタータ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タータ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タータ36”とを2層に配置している。これによ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。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。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、また、コイルに対する磁石の電氣的位相角度がわかるため、ブラシレスモータBM3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。このため、本実施の形態の如く、スカラーロボット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。

40

#### 【0123】

角度検出器の回転側と軸受33”の回転側および検出器カップリングとを連結するアウトボスおよび角度検出器の静止側と軸受装置の静止側とを連結するインボスは、モータの界磁およびモータコイルからの電磁ノイズが検出器であるレゾルバに伝達しないように

50

、磁性体である炭素鋼を材料とし、加工成形後に防錆のためにクロメートめっきを施している。

#### 【 0 1 2 4 】

本実施の形態に用いている高分解能の可変リラクタンス形レゾルバにおいて、インクリメンタルレゾルバロータ 3 4 a " 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 3 5 " 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 3 4 a " 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。軸受 3 3 " により支持された第 3 内側ロータ 3 0 " と一体でインクリメンタルレゾルバロータ 3 4 a " が回転すると、インクリメンタルレゾルバステータ 3 5 " の磁極と間のリラクタンスが変化し、インクリメンタルレゾルバロータ 3 4 a " 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 3 4 a " 即ち第 3 内側ロータ 3 0 " の回転角度（又は回転速度）を検出するようになっている。レゾルバロータ 3 4 a "、3 4 b " と、レゾルバステータ 3 5 "、3 6 " とで検出器を構成する。

10

#### 【 0 1 2 5 】

本実施の形態によれば、第 3 外側ロータ部材 2 1 " に対して、磁気カップリング作用により第 3 内側ロータ 3 0 " が同速で回転し、すなわち連れ回るので、第 3 外側ロータ部材 2 1 " の回転角を隔壁 1 3 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 3 3 " 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、ハウジングや両フランジに調整用の穴や切り欠きを別途設ける必要がない。

20

#### 【 0 1 2 6 】

本実施の形態の 3 軸同軸ダイレクトドライブモータの半径方向において、ブラシレスモータ B M 1 ~ B M 3 の外周側から順に、真空軸受装置 1 9、1 9'、1 9" と、モータ回転子である外側ロータ部材 2 1、2 1'、2 1" と、隔壁 1 3 と、ステータ 2 9、2 9'、2 9" と、大気側回転子である内側ロータ部材 3 0、3 0'、3 0" に連結された角度検出器と、大気側軸受装置 3 3、3 3'、3 3" の並びで配置されており、そのうち少なくとも 2 つは軸線直交方向に見て重合する位置に配置されている。

30

#### 【 0 1 2 7 】

本実施の形態の 3 軸同軸ダイレクトドライブモータにおいて、第 1 のブラシレスモータ B M 1 の真空軸受装置 1 9 の静止輪は、隔壁 1 3 以外の静止部材（ここではベース 1 0 の円筒部 1 0 b）に固定され、その回転輪は、第 1 円筒状部材 2 3 に固定されている。また、第 2 のブラシレスモータ B M 2 の真空軸受装置 1 9' の外輪は、第 1 円筒状部材 2 3 に固定され、その内輪は、第 2 円筒状部材 2 3' に固定されている。更に、第 3 のブラシレスモータ B M 3 の真空軸受装置 1 9" の外輪は、第 2 円筒状部材 2 3' に固定され、その内輪は、第 3 円筒状部材 2 3" に固定されている。

#### 【 0 1 2 8 】

図 3 は、ブラシレスモータ B M 1 ~ B M 3 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、ブラシレスモータ B M 1 用のモータ制御回路 D M C 1、ブラシレスモータ B M 2 用のモータ制御回路 D M C 2、ブラシレスモータ B M 3 用のモータ制御回路 D M C 3 は、それぞれ、その C P U から 3 層アンプ（A M P）に駆動信号を出力し、3 層アンプ（A M P）からブラシレスモータ B M 1 ~ B M 3 に駆動電流が供給される。それによりブラシレスモータ B M 1 ~ B M 3 の円筒状部材 2 3、2 3'、2 3" が独立して回転し、後述するようにしてアームアセンブリを移動させるようになっている。円筒状部材 2 3、2 3'、2 3" 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 3 5、3 6、3 5'、3 6'、3 5"、3 6" 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（R D C）でデジタル変換した後に入力した C P U は、円筒状部材 2 3、2 3'、2 3" が指令位置に到達したか否か

40

50

を判断し、指令位置に到達すれば、3層アンブ（AMP）への駆動信号を停止することで円筒状部材23，23'，23"の回転を停止させる。これにより円筒状部材23，23'，23"のサーボ制御が可能となる。

【0129】

次に、本実施の形態の3軸同軸ダイレクトドライブモータを用いたスカラーロボットについて説明する。図4は、図1の3軸同軸ダイレクトドライブモータを用いたスカラーロボットの上方から見た斜視図であり、図5は下方から見た斜視図であり、図6は、ウェハ支持部を削除した状態で示すスカラーロボットの斜視図であり、図7は、ウェハ支持部を削除した状態で示すスカラーロボットの正面図であり、図8は、ウェハ支持部を削除した状態で示すスカラーロボットの断面図である。

10

【0130】

図において、第1のブラシレスモータBM1のモータ回転子に連結された円筒状部材23の周囲には、第1アームアセンブリAA1が設けられている。第1アームアセンブリAA1において、円筒状部材23に一端側をボルト止めされた筐体状の第1フレームFR1は、その他端側に第11ポストPS11を取り付けている。第11ポストPS11の上端には、第12プーリ（第1固定環）PL12が同軸に固定されている。

【0131】

第11ポストPS11の周囲において、第1中空シャフトHS1が玉軸受BRにより回転自在に支持されている。第1中空シャフトHS1の下端には、第11プーリ（第1回転環）PL11が連結されており、第1中空シャフトHS1の上端には、筐体状の第1アーム部AM1の一端が固定されている。第1アーム部AM1の一端側は、第12プーリPL12を収容しており、その他端には、第12ポストPS12の下端側が玉軸受BRにより回転自在に支持されている。第12ポストPS12の上端には、第13プーリ（第1末端環）PL13が固定されている。第13プーリPL13の上面には、ウェハ等を保持するための第1爪部材NL1が一体的に回転するように取り付けられている。

20

【0132】

第11プーリPL11の外径部と、円筒状部材23'の第1レース面23a'の間には、第11ベルトBL11が張設され、両者は外径に応じた所定の関係で回転するようになっている。又、第12プーリPL12の外径部と、第13プーリPL13の外径部との間には、第12ベルトBL12が張設され、両者は外径に応じた所定の関係で回転するようになっている。

30

【0133】

一方、第3のブラシレスモータBM2のモータ回転子に連結された円筒状部材23"の周囲には、第2アームアセンブリAA2が設けられている。第1アームアセンブリAA1と類似の構成を有する第2アームアセンブリAA2において、円筒状部材23"に一端側をボルト止めされた筐体状の第2フレームFR2は、その他端側に第21ポストPS21が取り付けられている。第21ポストPS21の上端には、第22プーリ（第1回転環）PL22が同軸に固定されている。

【0134】

第21ポストPS21の周囲において、第2中空シャフトHS2が玉軸受BRにより回転自在に支持されている。第2中空シャフトHS2の下端には、第21プーリ（第2回転環）PL21が連結されており、第2中空シャフトHS2の上端には、筐体状の第2アーム部AM2の一端が固定されている。第2アーム部AM2の一端側は、第22プーリPL22を収容しており、その他端には、第22ポストPS22の下端側が玉軸受BRにより回転自在に支持されている。第22ポストPS22の上端には、第23プーリ（第2末端環）PL23が固定されている。第23プーリPL23の上面には、ウェハ等を保持するための第2爪部材NL2が一体的に回転するように取り付けられている。尚、図8に示すように、高さ方向において、第1アーム部AM1は、第2アーム部AM3とダイレクトドライブモータDとの間に進入できる寸法となっている。

40

【0135】

50

第21プーリPL21の外径部と、円筒状部材23'の第2レース面23b'との間には、第21ベルトBL21が張設され、両者は外径に応じた所定の関係で回転するようになっている。又、第22プーリPL22の外径部と、第23プーリPL23の外径部との間には、第22ベルトBL22が張設され、両者は外径に応じた所定の関係で回転するようになっている。

【0136】

次に、図9を用いて、スカラーロボットの動作について説明する。図9は、簡略化した第1アームアセンブリAA1を、モータの軸線方向に見た図であるが、理解しやすいように第1アーム部は省略しており、プーリ径は実際と異なる。まず、第2のブラシレスモータBM2を静止させ、第1のブラシレスモータBM1を動作させることより、第1フレームが反時計回りに回転したとすると、第1フレームFR1の回転により、第1ポストPS1が図9に示すようにモータの回転軸線Oの回りを移動する。

10

【0137】

ところが、第2のブラシレスモータBM2が静止しているため、第2円筒状部材23'と第11ベルトBL11により連結された第11プーリPL11は回転が拘束される。よって、第11ポストPS11と第1中空シャフトHS1との間に相対回転が生じ、それにより第1フレームFR1に対して第1アーム部AM1が角度付けされることとなる。

【0138】

このとき、第1アーム部AM1に取り付けられた第12ポストPS12も変位するが、第12ポストPS12は、玉軸受BRにより回転自在に支持されており、且つ第13プーリPL13及び第12ベルトBL12を介して第11ポストPS11との間で回転が拘束されているため、結局、第13プーリPL13に取り付けられた第1爪部材NL1が、元の位置に対して、モータの回転軸線Oに対して半径方向に直線的に移動することとなる。即ち、第2のブラシレスモータBM2を静止させ、第1のブラシレスモータBM1を動作させることより、第1爪部材NL1が半径方向に所望の距離だけ移動する。逆方向も同様である。

20

【0139】

一方、第2のブラシレスモータBM2を静止させ、第3のブラシレスモータBM3を動作させることより、同様に、第2爪部材NL2が半径方向に所望の距離だけ移動する。逆方向も同様である。

30

【0140】

更に、ブラシレスモータBM1～BM3を、同時に同一方向へ同速度・同角度で作動させることにより、アームアセンブリAA1、AA2を旋回前の姿勢を保ちながら、任意の角度で旋回させることができる。以上の組み合わせにより、爪部材NL1、NL2を独立して任意の2次元座標の位置に変位させることができる。

【0141】

本実施の形態によれば、モータ回転子を支持する軸受装置の静止輪を隔壁に取り付ける必要が無く、機械的な剛性を高めることができる。また、隔壁13とベース10との間に設けたO-リングORを分解しないで軸受交換を行える構造とすることができる。更に、ダイレクト駆動のため、多重シャフト構造は不要となり、各軸の慣性とねじり剛性がほぼ同じに設定できるので、バランスよい駆動性能が実現できる。多重シャフトと磁気カップリングによる動力伝達構造の代わりにダイレクト駆動と磁気カップリングによる位置信号伝達の構造を使用することによって、ダイレクト検出が実現でき、ロボット位置決め精度が向上できる。特に、3つのモータで2つのアーム部を独立に駆動でき、搬送効率向上ができる。

40

【0142】

以上、本実施例においては、アウトロータ方式のモータを例として説明したが、インナロータ方式でも同様の効果が得られる。その場合、永久磁石とヨーク(磁石ホルダ)の端面の接線交点は、本実施の形態の如くヨークとの隙間以上は浮くことができない角度にすべきである。また、永久磁石の飛散防止のために、モータ回転子に非磁性の薄管を被せる

50

と良い。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。

【0143】

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  
10  
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である。

【0144】

また、真空軸受装置は、真空用グリス潤滑の背面組合わせアンギュラ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、深溝玉軸受や4点接触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。

【0145】

また、ホルダやボルトの材質は、製造コストや使用される環境などによって適宜変更されるものである。更に、モータ回転子は、必ずしも一体の円形である必要もなく、同じ機能ができれば、分割構成となってもかまわない。この場合、素材コストを低減できる。  
20

【0146】

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、永久磁石とバックヨークを用いた形式で説明したが、永久磁石とバック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、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。

【0147】

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  
30  
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。

【0148】

また、角度検出器の回転側を回転自在に支持する軸受33, 33"として、グリス潤滑の深溝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。

【0149】

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  
40  
る。

【0150】

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、本実施の形態のスカラーロボットは、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 1 5 1 】

【図 1】本実施の形態にかかる表面磁石型の周対向ブラシレスモータを含む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】図 1 の 3 軸同軸ダイレクトドライブモータを用いたスカラーロボットの上方から見た斜視図である。

【図 5】図 1 の 3 軸同軸ダイレクトドライブモータを用いたスカラーロボットの下方から見た斜視図である。

【図 6】ウェハ支持部を削除した状態で示すスカラーロボットの斜視図である。

10

【図 7】ウェハ支持部を削除した状態で示すスカラーロボットの正面図である。

【図 8】ウェハ支持部を削除した状態で示すスカラーロボットの断面図である。

【図 9】簡略化した第 1 アームアセンブリ A A 1 を、モータの軸線方向に見た図である。

【図 10】磁石ホルダ 2 1 a とロータホルダ 3 1 の斜視図である。

## 【符号の説明】

## 【 0 1 5 2 】

1 0 ベース

1 0 a 円盤部

1 0 b 円筒部

1 0 c 周溝

1 0 d 遮蔽板

1 2 A 第 1 本体

1 2 B 第 2 本体

1 2 C 第 3 本体

1 2 D 円板

1 2 a フランジ部

1 2 b フランジ部

1 2 c フランジ部

1 3 隔壁

1 3 a 底部

1 3 b 円筒部

1 3 c 取付部

1 9、1 9'、1 9" アンギュラ玉軸受

2 1、2 1'、2 1" 外側ロータ部材

2 1 a、2 1 a'、2 1 a" 磁石ホルダ

2 1 b、2 1 b'、2 1 b" 永久磁石

2 1 c、2 1 c'、2 1 c" 真空側カップリング磁石

2 1 d、2 1 d'、2 1 d" ヨーク

2 1 e、2 1 e'、2 1 e" 止め輪

2 1 f、2 1 f'、2 1 f" 止め輪用溝

2 3、2 3'、2 3" 円筒状部材

2 3 a' 第 1 レース面

2 3 b' 第 2 レース面

2 9、2 9'、2 9" ステータ

3 0、3 0'、3 0" 内側ロータ

3 0 a、3 0 a'、3 0 a" 永久磁石

3 0 b、3 0 b'、3 0 B" バックヨーク

3 1、3 1'、3 1" ロータホルダ

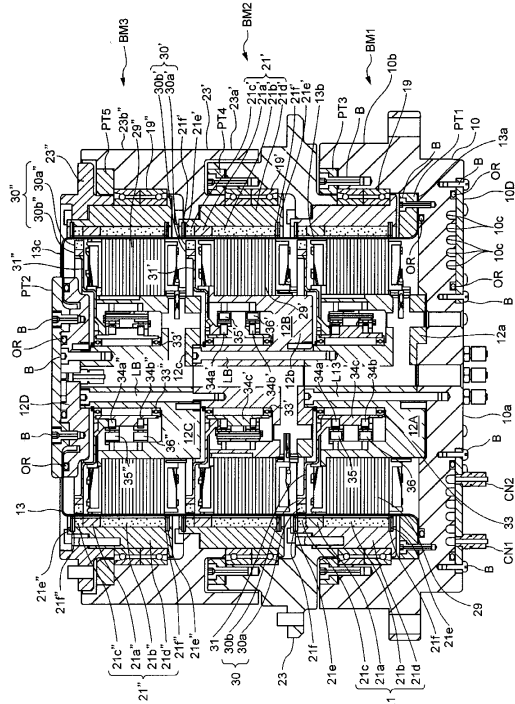
3 3、3 3'、3 3" 玉軸受

3 4 a、3 4 a'、3 4 a" インクリメンタルレゾルバロータ

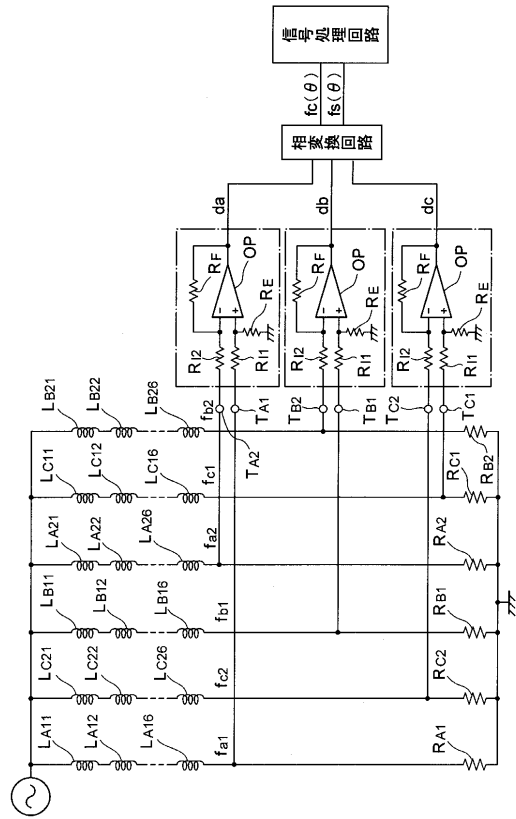
50

|                     |                  |    |
|---------------------|------------------|----|
| 3 4 b、3 4 b'、3 4 b" | アブソリュートレゾルバロータ   |    |
| 3 4 c、3 4 c'、3 4 c" | 回転筒              |    |
| 3 5、3 5'、3 5"       | インクリメンタルレゾルバステータ |    |
| 3 6、3 6'、3 6"       | アブソリュートレゾルバステータ  |    |
| A A 1               | 第 1 アームアセンブリ     |    |
| A A 2               | 第 2 アームアセンブリ     |    |
| A M 1               | 第 1 アーム部         |    |
| A M 2               | 第 2 アーム部         |    |
| B                   | ボルト              |    |
| B L 1 1             | 第 1 1 ベルト        | 10 |
| B L 1 2             | 第 1 2 ベルト        |    |
| B L 2 1             | 第 2 1 ベルト        |    |
| B L 2 2             | 第 2 2 ベルト        |    |
| B M 1 ~ B M 3       | ブラシレスモータ         |    |
| B R                 | 玉軸受              |    |
| C N 1               | コネクタ             |    |
| C N 2               | コネクタ             |    |
| D                   | ダイレクトドライブモータ     |    |
| D M C 1             | モータ制御回路          |    |
| D M C 2             | モータ制御回路          | 20 |
| D M C 3             | モータ制御回路          |    |
| F R 1               | 第 1 フレーム         |    |
| F R 2               | 第 2 フレーム         |    |
| H S 1               | 第 1 中空シャフト       |    |
| H S 2               | 第 2 中空シャフト       |    |
| L B                 | 長ボルト             |    |
| N L 1               | 第 1 爪部材          |    |
| N L 2               | 第 2 爪部材          |    |
| O R                 | O - リング          |    |
| P L 1 1             | 第 1 1 プーリ        | 30 |
| P L 1 2             | 第 1 2 プーリ        |    |
| P L 1 3             | 第 1 3 プーリ        |    |
| P L 2 1             | 第 2 1 プーリ        |    |
| P L 2 2             | 第 2 2 プーリ        |    |
| P L 2 3             | 第 2 3 プーリ        |    |
| P S 1 1             | 第 1 1 ポスト        |    |
| P S 1 2             | 第 1 2 ポスト        |    |
| P S 2 1             | 第 2 1 ポスト        |    |
| P S 2 2             | 第 2 2 ポスト        |    |
| P T 1               | 抑え板              | 40 |
| P T 2               | 抑え板              |    |
| P T 3               | 抑え部材             |    |
| P T 4               | 抑え部材             |    |
| P T 5               | 抑え部材             |    |

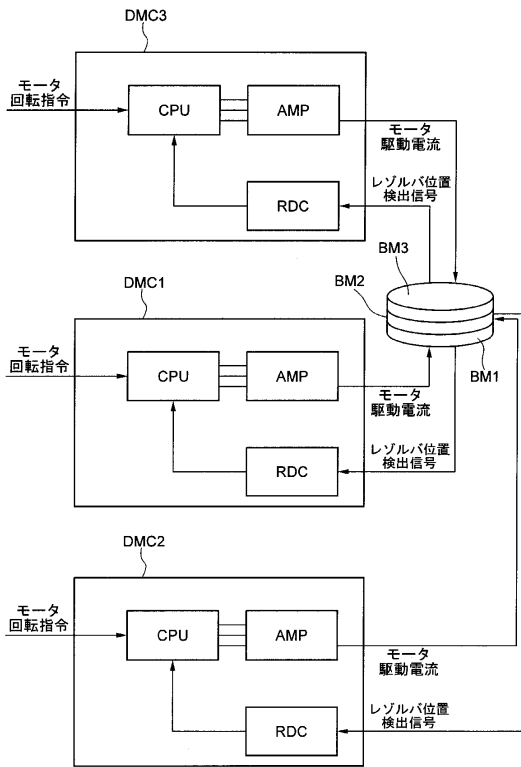
【図1】



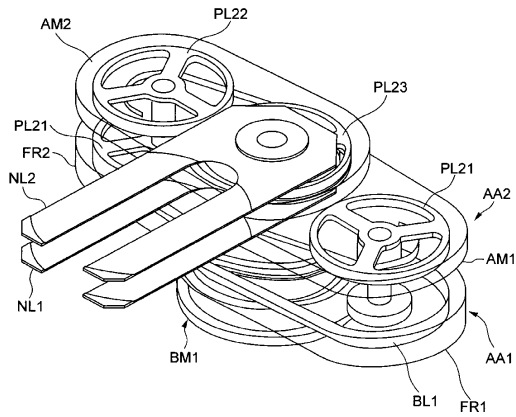
【図2】



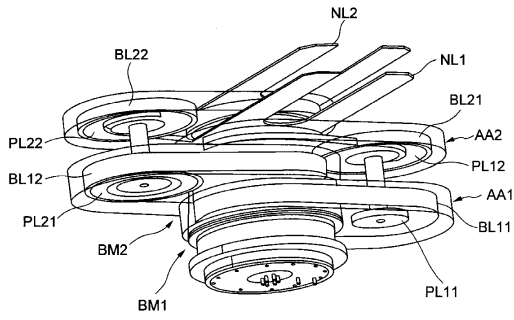
【図3】



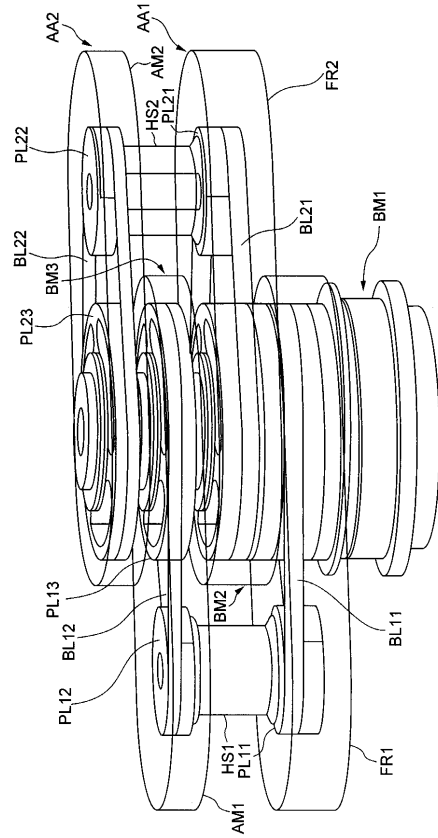
【図4】



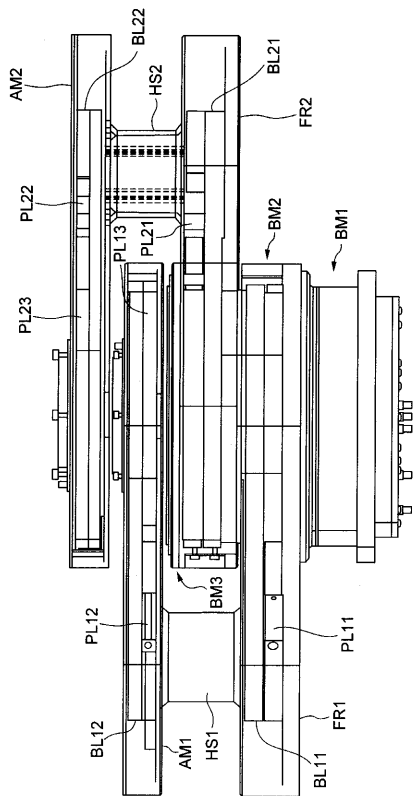
【 図 5 】



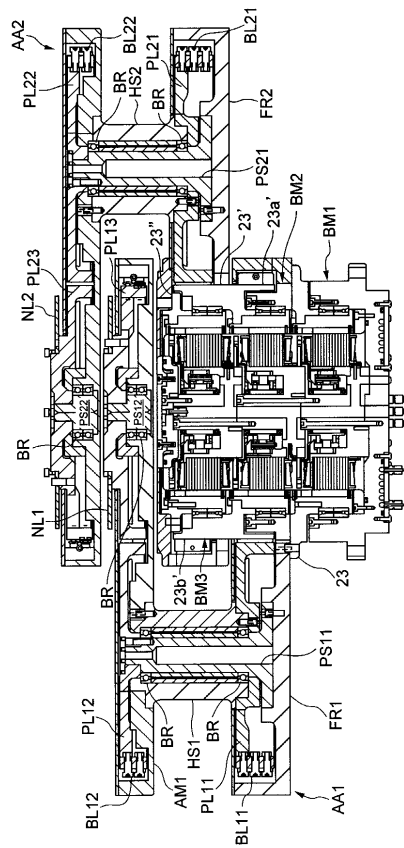
【 図 6 】



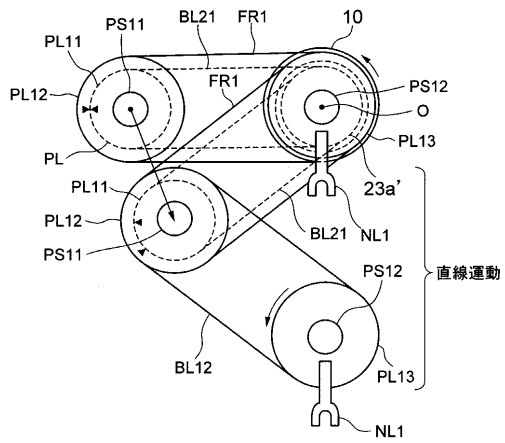
【 図 7 】



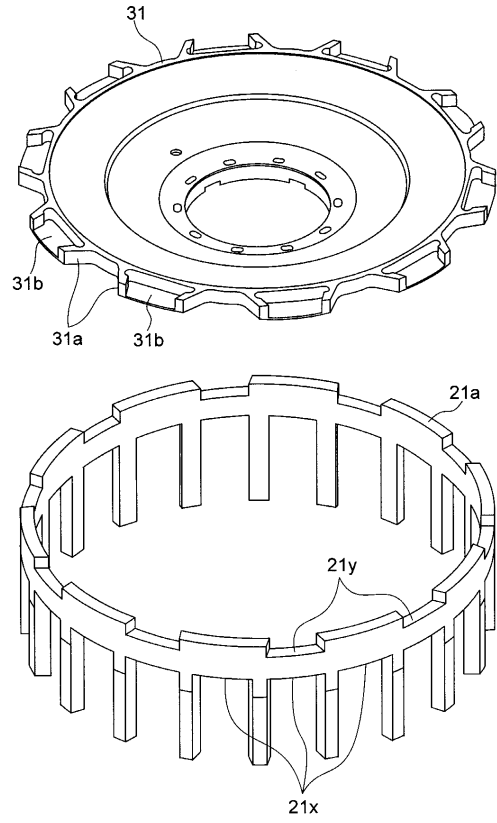
【 図 8 】



【図9】



【図10】



## フロントページの続き

| (51) Int.Cl.   |               |                  | F I            |              |          |
|----------------|---------------|------------------|----------------|--------------|----------|
| <i>H 0 1 L</i> | <i>21/677</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 1 L</i> | <i>21/68</i> | <i>A</i> |
| <i>B 2 5 J</i> | <i>19/00</i>  | <i>(2006.01)</i> | <i>B 2 5 J</i> | <i>19/00</i> | <i>A</i> |
| <i>B 2 5 J</i> | <i>9/06</i>   | <i>(2006.01)</i> | <i>B 2 5 J</i> | <i>9/06</i>  | <i>D</i> |

(56) 参考文献 特開 2 0 0 6 - 1 0 9 6 5 7 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 1 5 7 8 0 ( J P , A )

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

*H 0 2 K*    *2 1 / 2 2*  
*B 2 5 J*    *9 / 0 6*  
*B 2 5 J*    *1 9 / 0 0*  
*B 6 5 G*    *4 9 / 0 7*  
*H 0 1 L*    *2 1 / 6 7 7*  
*H 0 2 K*    *7 / 1 4*  
*H 0 2 K*    *1 6 / 0 0*  
*H 0 2 K*    *2 9 / 1 2*