

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5035725号
(P5035725)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl.

HO2K 41/03 (2006.01)

F 1

HO2K 41/03

A

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2007-282088 (P2007-282088)
 (22) 出願日 平成19年10月30日 (2007.10.30)
 (65) 公開番号 特開2009-100636 (P2009-100636A)
 (43) 公開日 平成21年5月7日 (2009.5.7)
 審査請求日 平成22年5月7日 (2010.5.7)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-3492 (P2007-3492)
 (32) 優先日 平成19年1月11日 (2007.1.11)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-253208 (P2007-253208)
 (32) 優先日 平成19年9月28日 (2007.9.28)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000006622
 株式会社安川電機
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 (73) 特許権者 301021533
 独立行政法人産業技術総合研究所
 東京都千代田区霞が関1-3-1
 (74) 代理人 100105647
 弁理士 小栗 昌平
 (74) 代理人 100105474
 弁理士 本多 弘徳
 (74) 代理人 100108589
 弁理士 市川 利光
 (72) 発明者 鹿山 透
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 株式会社 安川電機内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】球面モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面に複数の永久磁石を有する球状ロータと、前記球状ロータと一定の空隙を介して配置された複数の巻線を有するステータとで構成される球面モータにおいて、

前記球状ロータとX軸の交点を中心Xとし、前記球状ロータとY軸の交点を中心Yとしたとき、前記中心Xと前記中心Yを各々中心として、磁極ピッチ角ごとにN極とS極の磁束密度の波が形成されるように前記永久磁石を波紋状に配置することを特徴とする球面モータ。

【請求項2】

前記中心Xと対向する位置にY軸周りの回転磁界を発生させる前記巻線ユニット、前記中心Yと対向する位置にX軸周りの回転磁界を発生させる前記巻線ユニットを配置したことを特徴とする請求項1記載の球面モータ。

【請求項3】

前記永久磁石の磁極ピッチ角を

$$= 360 / 2n \quad (n \text{ は整数})$$

としたことを特徴とする請求項1記載の球面モータ

【請求項4】

前記永久磁石の形状を円柱としたこと特徴とする請求項1記載の球面モータ。

【請求項5】

前記球状ロータは、前記永久磁石をはめ込む穴形状が波紋状に形成されたことを特徴と

する請求項 1 記載の球面モータ。

【請求項 6】

前記巻線ユニットは、3相のコイルから構成されたことを特徴とする請求項 2 記載の球面モータ。

【請求項 7】

前記ステータに対し前記球状ロータを水平X-Y平面のX軸周りとY軸周りの回転運動を自在にするリンク機構を設け、

前記リンク機構にX軸周りとY軸周りの回転角度をそれぞれ検出する回転エンコーダを配置したことを特徴とする請求項 1 記載の球面モータ。

【請求項 8】

前記球状ロータの内部に球面軸受を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の球面モータ。

【請求項 9】

前記球面軸受は、遊星球を備えた少なくとも3つの転動ユニットが、太陽球と磁気ヨークの間隙に配設され、前記太陽球と前記磁気ヨークのいずれか一方に固定されていることを特徴とする請求項 8 記載の球面モータ。

【請求項 10】

前記太陽球は、前記球面軸受に支持されるように球面形状を形成するとともに、軸受脚に固定されるように平面部が形成されたことを特徴とする請求項 9 記載の球面モータ。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、産業用ロボットやヒューマノイドロボットの首、肩、肘、膝などの関節部の駆動に使われる球面モータに関する。

【背景技術】

【0002】

駆動軸の先端が、垂直Z軸からの倒れ角度と水平X-Y平面上の回転角度とで表される球座標(、)の動作をする従来の球面モータとして、例えば、駆動軸が取り付いた球状ロータに永久磁石をX軸周りとY軸周りの外周に一定の磁極ピッチ角で配置させたもの(特許文献1、2参照)、永久磁石を碁盤目状に配置させたもの(特許文献3参照)、磁性材の突起を球状ロータの表面に内接する複数の三角形の各頂点に配置させたもの(特許文献4参照)がある。また、球座標(、)の回転動作をリンク機構で実現し、リンク機構の回転軸の一端に回転角検出手段を配置させたもの(特許文献5参照)がある。

30

【0003】

図15は特許文献1の従来技術を示す球面モータである。図において、1が球状ロータ、2が永久磁石、3がステータ、4が電磁石である。球面モータは、永久磁石2が表面に配置された球状ロータ1、電磁石4が配置されたステータ3から構成されている。永久磁石2は、球状ロータ1の外周4箇所に配置され、それぞれの位置において、上半球がN極、下半球がS極と2極になるように配置されている。電磁石4は、4箇所の永久磁石と対向した位置に配置され、それぞれの位置において、永久磁石2の磁極方向と同じ向きに5個並んで配置されている。また、図示していないが、球状ロータ1の内部には、球面軸受が配置され、球状ロータ1の球面動作が自在になっている。

40

【0004】

このように構成された球面モータにおいて、電磁石4を順次励磁することで、球状ロータを球面動作させることができる。

【特許文献1】特開2003-324936号公報

【特許文献2】特開昭62-081970号公報

【特許文献3】特開平4-212986号公報

50

【特許文献4】特開平9-168275号公報

【特許文献5】特開平4-029552号公報（第3～4頁、図1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の球面モータでは、例えば、球状ロータがX軸周りの回転を行うと、Y軸周りのトルクを発生させる永久磁石が電磁石に対し傾くことなり、磁極ピッチが短くなるとともに、電磁石の横側に永久磁石がはみ出してしまった。その結果、次にY軸周りに回転させようとした場合、トルク減少にともなうトルク不足が生じ、回転動作させることができなくなつた。回転動作量を大きくしようとすると、永久磁石と電磁石の傾きはますます大きくなり、上記した問題が顕著となり回転動作量を大きくすることができなかつた。

10

この問題を解決するために、永久磁石や磁性材の突起といった磁極を碁盤目状に配置させたり、球状ロータの表面に内接する複数の三角形の各頂点に配置させたりするものがある。しかし、X軸周りの回転動作を行つた場合、Y軸周りのトルクを発生させる磁極位置がX軸周りの回転動作につられ変化した。つまり、球面動作を実現するには、他軸の動作に合わせ自軸の磁極位置を変化させる励磁制御が必要となり、球面動作制御が極めて複雑なものになつた。

一方、回転角度を検出する手段を持ち合わせていないため、励磁制御はステッピングモータの定電流制御、もしくは、オープンループによる電流制御を行わなければならなかつた。その結果、球状ロータが脱調するおそれがあつた。磁極を突起で構成しリラクタンストルクによって回転トルクを得る構造のものは、磁極を磁石で構成し磁石トルクによって回転トルクを得るものに比べ、本質的に力率が悪く駆動アンプの容量が大きくなつた。

20

これらの問題を解決するために、球座標（）、（）の回転動作を実現するリンク機構を持たせ、リンク機構の回転軸の一端に回転角検出手段を配置させるものがある。しかし、回転動作する部分に電磁石を配置させたり、リンク部分で負荷および自重を支える構造となつてゐるため、球状ロータのイナーシャが極めて大きくなり、高角加速度の球面動作を実現することができなかつた。

また、球面モータの組立を行う場合、固定子と可動子とのギャップを均一にして組み立てることが難しいといった問題が生じていた。すなわち、ステータに構成される巻線ユニットを取付けたあとにロータを挿入することが出来ない、また、ステータにロータを挿入したあとに、永久磁石をロータに取付けようすると、一部の永久磁石が取付け出来ない個所ができるという問題も生じていた。

30

【0006】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、他軸回転時の自軸のトルク減少問題を解消し、球面動作量を大きくすることができるとともに、容易な制御で脱調させることなく、球状ロータを高角加速度で球面動作させる球面モータと精度良い製造方法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】

【0007】

上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

40

請求項1記載の発明は、表面に複数の永久磁石を有する球状ロータと、前記球状ロータと一定の空隙を介して配置された複数の巻線を有するステータとで構成される球面モータにおいて、前記球状ロータとX軸の交点を中心Xとし、前記球状ロータとY軸の交点を中心Yとしたとき、前記中心Xと前記中心Yを中心として、磁極ピッチ角ごとにN極とS極の磁束密度の波が形成されるように前記永久磁石を波紋状に配置したものである。

請求項2記載の発明は、前記中心Xと対向する位置にY軸周りの回転磁界を発生させる前記巻線ユニット、前記中心Yと対向する位置にX軸周りの回転磁界を発生させる前記巻線ユニットを配置して構成したものである。

また、請求項3記載の発明は、前記永久磁石の磁極ピッチ角を

= 360 / 2n (nは整数)

50

として構成したものである。

また、請求項 4 記載の発明は、前記永久磁石の形状を円柱として構成したものである。

また、請求項 5 記載の発明は、前記球状ロータが、前記永久磁石をはめ込む穴形状が波紋状に形成されたものである。

また、請求項 6 記載の発明は、前記巻線ユニットが、3相のコイルから構成されたものである。

また、請求項 7 記載の発明は、前記ステータに対し前記球状ロータを水平X-Y平面のX軸周りとY軸周りの回転運動を自在にするリンク機構を設け、前記リンク機構にX軸周りとY軸周りの回転角度をそれぞれ検出する回転エンコーダを配置して構成したものである。

10

また、請求項 8 記載の発明は、前記球状ロータの内部に球面軸受を設けて構成したものである。

また、請求項 9 記載の発明は、前記球面軸受が、遊星球を備えた少なくとも3つの転動ユニットから構成され、かつ太陽球と磁気ヨークの間隙に配設され、前記太陽球と前記磁気ヨークのいずれか一方に固定されているものである。

また、請求項 10 記載の発明は、前記太陽球が、前記球面軸受に支持されるように球面形状を形成するとともに、軸受脚に固定されるように平面部が形成されたものである。

【発明の効果】

【0008】

請求項 1、2 および 6 記載の発明によると、永久磁石が波紋状に配置されているので、他軸の回転によって自軸の永久磁石の磁極ピッチや磁極位置が変化することができない。その結果、トルク減少の問題を解消することができ、ひいては、回転動作量の大きい球面動作を実現することができる。

20

請求項 3 記載の発明によると、永久磁石の磁極ピッチ角 θ を回転モータと同じように $360/2n$ 、n は整数としているので、従来の回転モータ同様の電流制御で球面動作を容易に実現することができる。

請求項 4 および 5 記載の発明によると、永久磁石の形状を円柱としているので、波紋状に穴加工した磁石ヨークに、円柱の永久磁石をはめ込むことで永久磁石を精度良く波紋状に配置させることができるので、球状ロータを容易に組み立てることができる。

請求項 7 記載の発明によると、リンク機構にX軸周りとY軸周りの回転角度をそれぞれ検出する回転エンコーダを配置しているため、上記した請求項 2 記載の電流制御をフィードバック制御で実現することができ、球状ロータを脱調なしで球面動作させることができる。

30

請求項 8 から 10 記載の発明によると、球状ロータの内部に球面軸受を設け、負荷と自重を球面軸受で支持する構成としているため、リンク機構を軽量化することができる。よって、イナーシャが大幅に低減され、球状ロータを高角加速度で球面動作させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

40

【実施例 1】

【0010】

図 1 は本発明の実施例 1 を示す球面モータの斜視図、図 2 は図 1 における水平X-Y平面の断面図、図 3 は図 1 における垂直Z-X平面の断面図である。なお、これら図において、座標軸は水平に X 軸と Y 軸、これらと直交する垂直軸を Z 軸とし、X 軸周りの回転を T_x 、Y 軸周りの回転を T_y 、球状ロータの Z 軸からの倒れ角を θ 、水平 X-Y 平面上の回転角を ϕ と表記している。

【0011】

図 1 ~ 3 において、100 が球状ロータ、101 が軸、102 が軸 101 の軌跡、103 が T_x リンク、104 が T_y リンク、110 が磁石ヨーク、111 が永久磁石、200

50

がステータ、201がベース、202が脚、203がフランジ、204が巻線フレーム、211が巻線、300が回転軸受、400が回転エンコーダ、410が回転スケール、411が検出ヘッド、412がエンコーダカバーである。

【0012】

球状ロータ100は、球状の磁石ヨーク110、磁性材の磁石ヨーク110の表面に配置された永久磁石111、球状ヨークに串刺しにされた軸101から構成されている。軸101の上部と下部ではリング状のTxリンク103が取り付けられ、Txリンク103とX軸の交点で、回転軸受300によりX軸周りの回転が自在になるようにTyリンク104に取り付けられている。Tyリンク104は、同じくリング状に形成されており、Y軸との交点で、回転軸受300によりY軸周りの回転が自在になるように脚202に取り付けられている。脚202はベース201に取り付けられている。また、Txリンク103のX軸交点では、回転エンコーダ400が配置されている。Txリンク103と直結した軸に回転スケール410が取り付けられ、Tyリンク104に回転スケール410と空隙を介して検出ヘッド411とエンコーダカバー412が取り付けられている。同様に、Tyリンク104のY軸交点箇所には、Tyリンク104と直結した軸に回転スケール410が取り付けられ、フランジ203に検出ヘッド411とエンコーダカバー412が取り付けられている。フランジ203は脚202に取り付けられている。このように構成された球面モータの球状ロータ100は、ステータ200に対し、X軸周りとY軸周りの回転動作(Tx、Ty)をすることによって、軸が球面座標(、)の動作するようになっている。また、回転角度(Tx、Ty)は、それぞれの軸に取り付けられた回転スケール401の目盛を光学式の検出ヘッド402により読み取ることにより検出される。

【0013】

次に、永久磁石と巻線の配置関係について図2と3、新たに図4～6を用いて説明する。図4は球状ロータの永久磁石配置図、図5は回転角度(Tx、Ty)=(0、0)時の永久磁石と巻線の配置関係図、図6は回転角度(Tx、Ty)=(0、30)時の永久磁石と巻線の配置関係図である。球状ロータ100とX軸との交点を中心X、Y軸との交点を中心Yとすると、永久磁石111は中心Xを囲む領域121(以下、中心X領域と呼ぶ)、中心Yを囲む領域122(以下、中心Y領域と呼ぶ)の4領域に分かれて配置されている。図4はY軸方向から見た中心Y領域122の永久磁石111の配置を示したものである。永久磁石111は、中心Yを中心として、磁極ピッチ角ごとにN極とS極の磁束密度の波が現れるように波紋状に配置されている。なお、1個の永久磁石111は円柱状に形成されており、円柱の上面と下面にN極とS極、もしくは、S極とN極となるよう磁化されている。そして、磁石ヨーク110に予め波紋状の穴加工がされており、その穴に永久磁石111をはめ込むことで精度良く波紋状に配置するようにしている。また、磁束密度の波の山(N極)と谷(S極)の間隔である磁極ピッチ角は11.25°(=360/2n、n=16)となっている。全周に永久磁石111が配置されていれば、32極で構成された回転モータとして考えることができる。このように波紋状に配置された永久磁石111は、中心X領域121と中心Y領域122の4領域で同じように配置されている。一方、巻線211は、中心X領域121と中心Y領域122に対向する4箇所において巻線フレーム204の内周側に配置されている。1箇所の巻線211は、U相、V相、W相の3個のコイルで構成され、3個のコイルは15°間隔に配置されている。このように構成された巻線211は、永久磁石の磁極に合わせた位相に3相交流電流を通電することで、回転磁界を発生させることができる。この回転磁界の方向は、中心X領域に対向する巻線211がY軸周りの回転Ty方向、中心Y領域に対向する巻線211がX軸周りの回転Tx方向となっている。そして、永久磁石111の磁界との作用により球状ロータ100を回転動作させることができる。また、球状ロータ100がY軸周りにTy=30°傾いた位置にあるとき、中心Y領域122の永久磁石111とそれと対向する巻線211の関係は図6のようになっている。図5と比較してわかるように、巻線211に対向する永久磁石111の磁極ピッチや磁極位置は変化しておらず、他軸の回転によって自軸の磁極ピッチや磁極位置が変化しないことを表している。よって、図6において、中心Y領

10

20

30

40

50

域 122 に対向する巻線 211 に同様に 3 相交流通電することで、球状ロータ 100 をトルク不足なしに X 軸周りの回転 T_x を実現することができる。なお、これら巻線 211 に 3 相交流通電するとき、回転エンコーダ 400 で検出された回転角度 (T_x 、 T_y) をもとに永久磁石 111 の磁極位置を計算し、その磁極に合った電流位相にて通電する。さらには、各回転方向の駆動制御は、32 極の回転モータと同様の電流制御によってなされる。

【0014】

このような構成により、球状ロータの他軸回転時における自軸の永久磁石の磁極ピッチや磁極位置が変わることがない。その結果、トルクをまったく減少させることなく、大きな回転動作量を得ることができる。また、従来の回転モータ同様の電流制御により球面動作を容易に実現することができる。さらには、回転エンコーダを使用したフィードバック制御を実現することができ、球状ロータを脱調なしで球面動作させることができる。

【0015】

次に、本実施例の球面モータの製造方法について図 7 から図 10 を用いて説明する。図 7 において、ベース 201 の両端に脚 202 をねじ止め等により組み立てておく。また、巻線ユニット 5 は図 8 に示すように、複数個の巻線 211、プレート 6、絶縁シート 7 から構成される。複数個の巻線 211 は球状ロータ 1 の外表面に一定かつ均一の空隙を持つ同心の球状に成形されている。プレート 6 は複数個の巻線 211 に接する面を、絶縁シート 7 を挟んだ状態で、複数個の巻線 211 と同心の球状に、また、巻線フレーム 204 に当接する部分は巻線フレーム 204 の溝 8 に勘合する形状に加工されている。巻線ユニット 5 はプレート 6 に絶縁シート 7 を挟んで、複数個の巻線 211 に沿って接着したあと、球状ロータ 1 の外表面に一定かつ均一の空隙を持った球状に、樹脂モールドで覆うように成形されている。プレート 6 には複数個のタップが加工され、巻線フレーム 204 には、プレート 6 に加工された複数個のタップに対応した位置に穴が加工されている。

次に図 9 に示すように永久磁石 3 が取り付けられた球状ロータ 1 に巻線ユニット 5 を永久磁石 3 とプレート 6 間にはたらく磁気吸引力により固定された状態で、巻線フレーム 204 に挿入し、さらに T_x リンク 103 に軸 101 を挿入して組み立てる。

組み立てられた T_x リンク 103 は、図 10 に示すように予め組み立てられた脚 202 と巻線フレーム 204 がねじ止め等により組み立てられる。

次に、図 11 に示すように不図示の軸受を介してシャフトを巻線フレーム 204 および T_x リンク 103 に挿入する。最後に T_y リンク 104 に不図示の軸受を介してシャフトを挿入し、図 12 のように球面アクチュエータが組み立てられる。

尚、図 12 に示したように巻線ユニット 5 が球状ロータ 1 と一体となって巻線フレーム 204 に挿入される際、巻線フレーム 204 には、巻線ユニット 5 と当接する溝 8 が形成されている。このようにすることで、巻線ユニット 5 は球状ロータ 1 に対して正確な位置に配置される。

【0016】

次に第 2 の実施例について説明する。図 13 は実施例 2 を示す球面モータの斜視図、図 14 は図 1 における垂直 Z-X 平面の断面図である。図 13、14 において、150 は磁石ヨーク、151 は軸、152 は軸 151 の軌跡、153 は T_x リンク、154 は T_y リンク、251 はベース、500 は球面軸受、501 は太陽球、502 は軸受脚、503 が遊星球である。実施例 2 が実施例 1 と異なる点は、磁石ヨーク 150 の内部に球面軸受 500 を設け、 T_x リンク 153 と T_y リンク 154 を骨細とした点である。磁性ヨーク 150 の内部は球状にくり貫かれ、そのくり貫かれた部分に球面軸受 500 が配置されている。磁石ヨークの上部には軸 151 が取り付けられ、下部は球面軸受 500 の軸受脚 502 が通るように開口されている。軸受脚 502 は一端に太陽球 501、もう一端にベース 251 が取り付けられている。球面軸受 500 は、遊星球 503 と遊星球 503 を保持するリテーナ 504 からなる転動ユニット 505 を、太陽球 501 の外周面と磁性ヨーク 150 の内周面との間に、少なくとも全周 3 等分の位置（図 8 では全周 4 等分の位置）に配置され、遊星球 503 が転動することで、球状ロータ 100 が球面動作できるように構成

10

20

30

40

50

されている。このように、太陽球 501 は球面軸受 500 に接する部分は球面形状が形成されており、軸受脚に取り付けられる部分は平面形状に形成されている。なお、実施例 1 と異なり、球面軸受 500 が球状ロータ 100 の自重や軸 151 に取り付く負荷を支持するようになっている。回転軸受 300 は回転エンコーダの取り付けのみに使用される。そのため、Tx リンク 153 と Ty リンク 154 は実施例 1 に比べ骨細に形成され、大幅に軽量化されている。なお、永久磁石 111 や巻線 211 の配置については実施例 1 と同じである。

【0017】

このような構成により、リンク機構のイナーシャが大幅に低減され、球状ロータを高角加速度で球面動作させることができる。

10

【0018】

なお、実施例 1 および 2 では、巻線をコイルのみで構成するもので示したが、鉄心に巻線を巻回した構造であっても良い。また、永久磁石の形状は円柱状としたが、断面形状が橢円形や長方形であったり、また、磁極表面が円弧や弓状であったりしても良い。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図 1】本発明の実施例 1 を示す球面モータの斜視図

【図 2】本発明の実施例 1 を示す球面モータの水平 X-Y 平面断面図

【図 3】本発明の実施例 1 を示す球面モータの垂直 Z-X 平面断面図

【図 4】本発明の実施例 1 を示す球状ロータの永久磁石配置図

20

【図 5】本発明の実施例 1 を示す回転角度 (0, 0) 時の永久磁石と巻線の配置関係図

【図 6】本発明の実施例 1 を示す回転角度 (Tx, Ty) = (30, 0) 時の永久磁石と巻線の配置関係図

【図 7】本発明の実施例 1 の球面モータの脚部の組立図

【図 8】本発明の実施例 1 の球面モータの巻線ユニットの組立図

【図 9】本発明の実施例 1 の球面モータの Tx リンクの組立図

【図 10】本発明の実施例 1 の球面モータの巻線ユニットと脚部の組立図

【図 11】本発明の実施例 1 の球面モータの巻線ユニットと脚部の組立図

【図 12】本発明の実施例 1 の球面モータの上面図

【図 13】本発明の実施例 2 を示す球面モータの斜視図

30

【図 14】本発明の実施例 2 を示す球面モータの垂直 Z-X 平面断面図

【図 15】従来技術を示す球面モータの斜視図

【符号の説明】

【0020】

1、100 球状ロータ

2、200 ステータ

3、111 永久磁石

4 電磁石

5 巻線ユニット

6 プレート

7 絶縁シート

8 溝

101、151 軸

102、152 軸の軌跡

103、153 Tx リンク

104、154 Ty リンク

121 中心 X 領域

122 中心 Y 領域

201、251 ベース

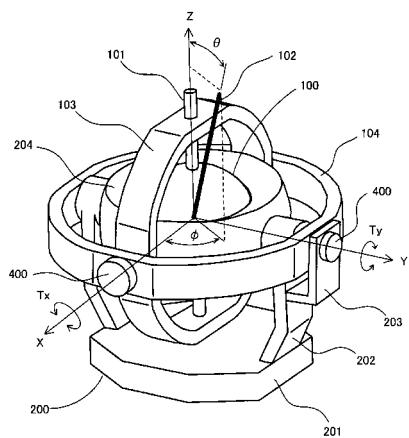
202 脚

40

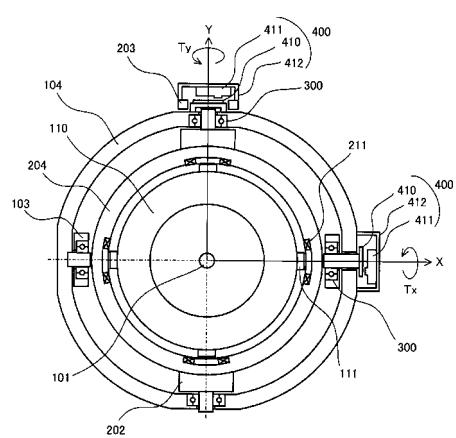
50

2 0 3	フランジ	
2 0 4	巻線フレーム	
2 1 1	巻線	
3 0 0	回転軸受	
4 0 0	回転エンコーダ	
4 0 1	回転スケール	
4 0 2	検出ヘッド	
4 0 3	エンコーダカバー	
5 0 0	球面軸受	
5 0 1	太陽球	10
5 0 2	軸受脚	
5 0 3	遊星球	
5 0 4	リテーナ	

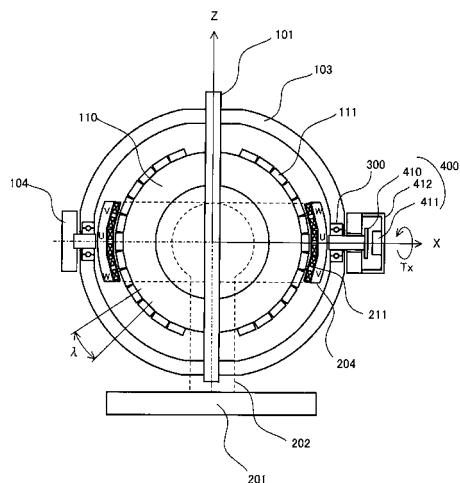
【図 1】



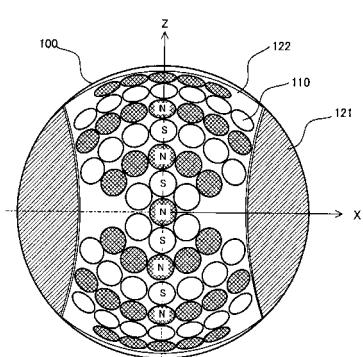
【図 2】



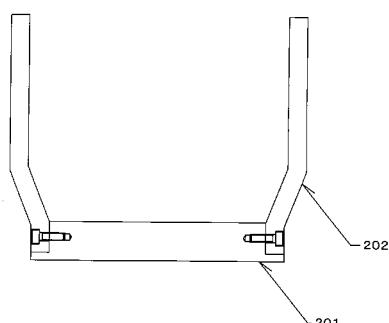
【 四 3 】



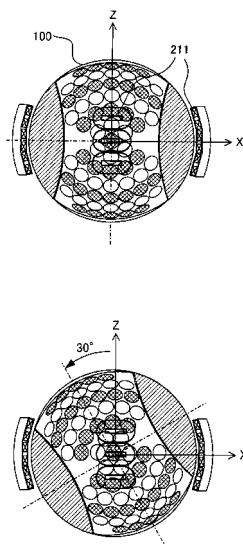
【 四 4 】



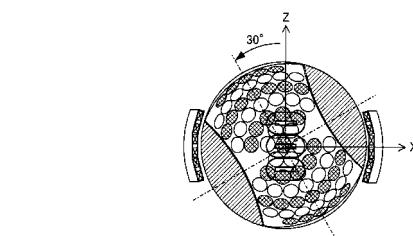
【 四 7 】



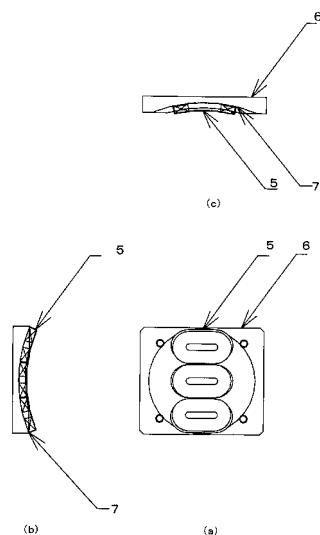
【 5 】



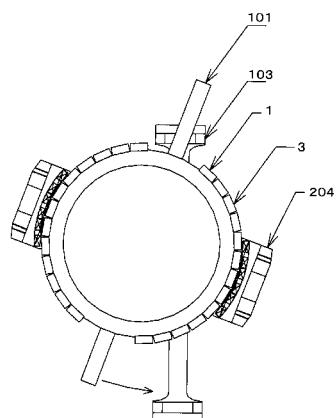
【図6】



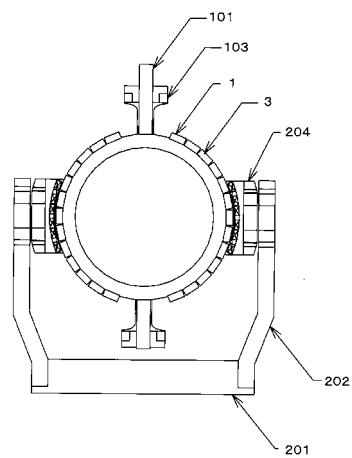
【 四 8 】



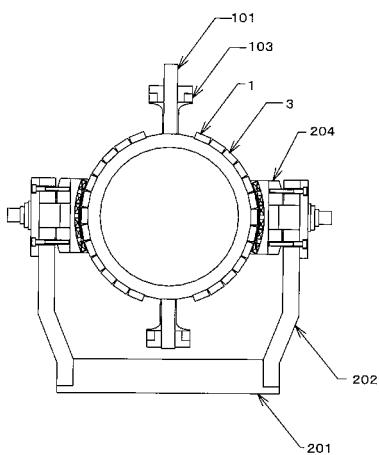
【図9】



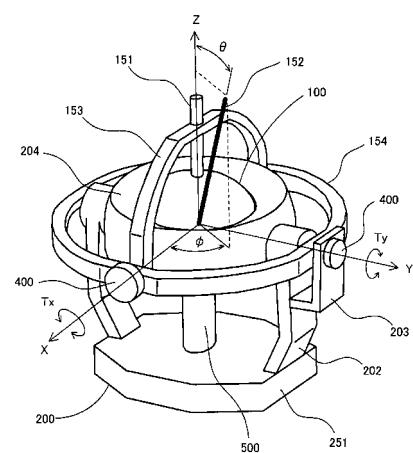
【図10】



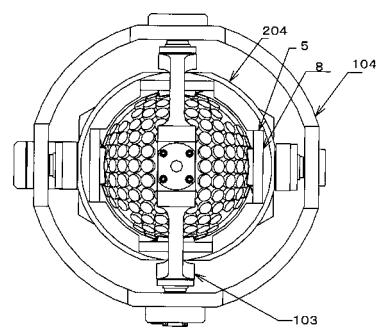
【図11】



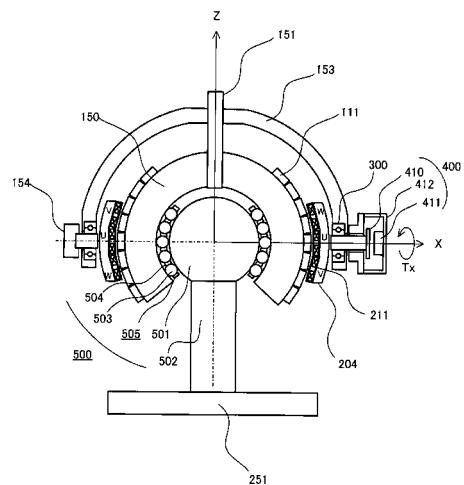
【図13】



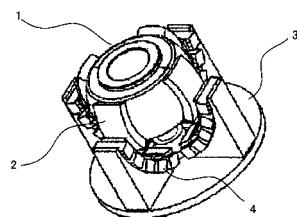
【図12】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 筒井 幸雄

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社 安川電機内

(72)発明者 久保田 義昭

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社 安川電機内

(72)発明者 大島 幹男

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社 安川電機内

(72)発明者 松崎 光洋

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社 安川電機内

(72)発明者 矢野 智昭

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

審査官 當間 庸裕

(56)参考文献 特開昭62-81970(JP,A)

特開2003-116255(JP,A)

特開平10-5964(JP,A)

特開2006-41138(JP,A)

特開2001-103728(JP,A)

特開平7-274484(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K41/00-41/06