

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 4 月 30 日(30.04.2015)



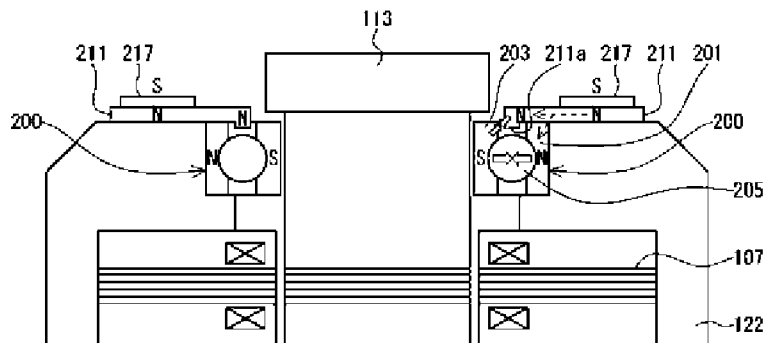
(10) 国際公開番号

WO 2015/060031 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 32/04 (2006.01) F16C 19/06 (2006.01)
F04D 19/04 (2006.01) F16C 35/077 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/073888
- (22) 国際出願日: 2014 年 9 月 10 日(10.09.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-222336 2013 年 10 月 25 日(25.10.2013) JP
特願 2013-258398 2013 年 12 月 13 日(13.12.2013) JP
- (71) 出願人: エドワーズ株式会社(EDWARDS JAPAN LIMITED) [JP/JP]; 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1078 番地 1 Chiba (JP).
- (72) 発明者: 川島 敏明(KAWASHIMA Toshiaki); 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1078 番地 1 エドワーズ株式会社内 Chiba (JP). 中川 功(NAKAGAWA Isao); 〒2768523 千葉県八千代市吉橋 1078 番地 1 エドワーズ株式会社内 Chiba (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PROTECTIVE BEARING, BEARING DEVICE, AND VACUUM PUMP

(54) 発明の名称: 保護ベアリング、軸受装置及び真空ポンプ



(57) Abstract: [Problem] To provide a protective bearing, a bearing device, and a vacuum pump, for which the rotation of a touch-down bearing in conjunction with the rotation of a rotor while the rotor is lifted and supported in a noncontact manner is prevented. [Solution] Slits (215) are cut in the radial direction at four locations on the inside of a stationary member (211). Permanent magnets (217) having the same polarity are fastened two-by-two to the upper surface of each of the four regions defined by the slits (215). A protruding part (211a) which faces downward is formed circumferentially at the inner edge of the stationary member (211). Attractive force is generated between an outer ring (201) and an inner ring (203). Attractive force also is generated between the inner ring (203) and the protruding part (211a) provided in a protruding manner on the inside of the stationary member (211). Thus, the holding torque is large even if rotational torque is applied to the inner ring (203) of the touchdown bearing (200) when a rotary body (103) is rotating, so co-rotation does not occur.

(57) 要約: 【課題】ロータが非接触で浮上支持されている間にロータの回転に伴いタッチダウンベアリングが連れ回ることを防止する保護ベアリング、軸受装置及び真空ポンプを提供する。【解決手段】固定部材 211 の内側 4 カ所にはスリット 215 が径方向に切欠かれている。スリット 215 で区画された 4 つの領域のそれぞれの上には同極の永久磁石 217 が 2 個ずつ固着されている。固定部材 211 の内縁は、下方に向けて周状に凸部 211a が形成されている。外輪 201 と内輪 203 間には吸引力を生ずる。固定部材 211 の内側端に突設された凸部 211a と内輪 203 の間にも吸引力を生ずる。このことにより、回転体 103 が回転した時にタッチダウンベアリング 200 の内輪 203 に回転トルクがかかっても静止トルクが大きいので連れ回りは発生しない。

WO 2015/060031 A1

明 細 書

発明の名称：保護ベアリング、軸受装置及び真空ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は保護ベアリング、軸受装置及び真空ポンプに係わり、特にロータが非接触で浮上支持されている間にロータの回転に伴いタッチダウンベアリングが連れ回ることを防止する保護ベアリング、軸受装置及び真空ポンプに関する。

背景技術

[0002] 近年のエレクトロニクスの発展に伴い、メモリや集積回路といった半導体の需要が急激に増大している。これらの半導体は、極めて純度の高い半導体基板に不純物をドーピングして電気的性質を与えたり、半導体基板上に微細な回路パターンを形成し、これを積層するなどして製造される。そして、これらの作業は空気中の塵等による影響を避けるため高真空状態のチャンバ内で行われる必要がある。このチャンバの排気には、一般にポンプ装置として真空ポンプが用いられているが、特に残留ガスが少なく、保守が容易である等の点から真空ポンプの中の1つであるターボ分子ポンプが多用されている。

[0003] また、半導体の製造工程では、さまざまなプロセスガスを半導体の基板に作用させる工程が数多くあり、ターボ分子ポンプはチャンバ内を真空にするのみならず、これらのプロセスガスをチャンバ内から排気するのにも使用される。さらに、ターボ分子ポンプは、電子顕微鏡等の設備において、粉塵等の存在による電子ビームの屈折等を防止するため、電子顕微鏡等のチャンバ内の環境を高度の真空状態とするのにも用いられている。

[0004] このターボ分子ポンプでは、磁気軸受装置により回転体を空中に磁気浮上支持させつつ高周波モータで回転体の中心に配設されたロータ軸を回転させている。そして、回転体の回転異常時や停電時等のように回転体は何らかの要因で磁気浮上ができなくなったときに、回転体が安全に非浮上状態に移行し停止できるようタッチダウンベアリングが設けられている。

- [0005] タッチダウンベアリングは図 28 に示すように環状の玉軸受で構成されている。図 28 において、タッチダウンベアリング 10 の外輪 11 は図示しないステータコラムの端部に固定されている。モータが例えば DC ブラシレスモータのような場合、ロータ軸 113 の周囲には回転子としての永久磁石が表面に貼り付けられ、又は埋め込まれている。
- [0006] ここに、ターボ分子ポンプを組み立てる場合、タッチダウンベアリング 10 が配設されている筒状のステータコラムに、ロータ軸 113 を挿通させる。そのため、ロータ軸 113 に配設されているモータの永久磁石が、タッチダウンベアリング 10 の内側を通過することになる。このとき、タッチダウンベアリング 10 の内輪 13、外輪 11 の材料が磁性体の場合には磁化される。また、この内輪 13 と外輪 11 の間に介在する玉 15 が磁性体の場合にはこの玉 15 も同様に磁化される。
- [0007] タッチダウンベアリング 10 が磁化された場合、図 28 に示すように内輪 13 の磁気によって、ロータ軸 113 との間に実線で示すような閉磁路が形成される。一方、内輪 13 と外輪 11 の間には点線で示すような閉磁路が形成される。玉 15 は最近の傾向で、耐熱や対摩擦等を考慮して耐久性の強い非磁性体であるセラミック材が使用されることが多い。
- [0008] しかしながら、このように玉 15 にセラミック材が使用された場合には点線で示す閉磁路の磁束密度は特に弱いものである。この実線で示す磁気がクロスするためロータ軸 113 が回転されるとロータ軸 113 の内部に誘導電流が発生する。そして、この誘導電流とロータ軸 113 を通る磁界とにより引き合う力が生ずる。このようなロータ軸 113 との相互作用により、ロータ軸 113 が非接触で支持されている間であっても、タッチダウンベアリング 10 の内輪 13 がロータ軸 113 の回転に伴って、回転してしまうという、いわゆる連れ回りの現象を生じてしまう。
- [0009] かかるタッチダウンベアリング 10 の内輪 13 の連れ回りが生じると、摩擦等によりベアリングの寿命が低下するおそれがあった。また、内輪 13 の連れ回りが生じると、内輪 13 の回転による騒音や振動が問題となるおそれがある。

あった。そこで従来、連れ回りを防止する方法として、タッチダウンベアリング 10 の静止トルクが内輪 13 の連れ回り力よりも大きくなるように、タッチダウンベアリング 10 に真空グリスを塗り回転抵抗を増加させたり、玉 15 が非磁性体であるセラミック材の場合に内輪 13 と外輪 11 の閉磁路の磁束を通りやすくしてロータ軸 113 と内輪 13 間に生ずる回転トルクを低下させることが考案されている（特許文献 1）。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献 1：特開 2008-38935 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] ところで、特許文献 1 の場合には、セラミック材の玉を介して内輪と外輪の間隔が全周にわたり均等距離に置かれた状態で磁化されるため、磁化の程度には限界があり、内輪と外輪間の磁力を余り大きく出来ない。このため、内輪の連れ回りを防止するための静止トルクが十分大きくできないおそれがあった。

[0012] 従って、ポンプの組立工程でロータ軸をタッチダウンベアリングに通す際にモータの永久磁石によりタッチダウンベアリングの内輪が強く着磁されたような場合には、連れ回りの発生する場合があった。また、磁性体の玉を有するタッチダウンベアリングが磁化された場合であっても、内輪と外輪の間は対向する周面同士の間で玉の直径分の距離を隔てて磁化されており、単位面積当りの磁束密度は集中性を欠き低くなっている。このため、内輪と外輪間に発生する磁力は比較的弱く、タッチダウンベアリングの内輪の回転が滑らかな状況の場合、連れ回りが発生する場合があった。

[0013] 本発明はこのような従来の課題に鑑みてなされたもので、ロータが非接触で浮上支持されている間にロータの回転に伴いタッチダウンベアリングが連れ回ることを防止する保護ベアリング、軸受装置及び真空ポンプを提供するこ

とを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0014] このため本発明（請求項１）は、回転体の停止時又は軸受の異常時に該回転体を保護する保護ベアリングであって、該保護ベアリングの少なくとも１カ所が磁化手段により磁化されていることを特徴とする。
- [0015] また、本発明（請求項２）は、前記保護ベアリングを固定する固定部材が配設されていることを特徴とする。
- [0016] 更に、本発明（請求項３）の保護ベアリングは、前記固定部材には、前記保護ベアリングの内輪と外輪の間に位置する第１の凸部が形成されたことを特徴とする。
- [0017] 固定部材の第１の凸部が磁化されることで、この第１の凸部とベアリングの内輪との間に吸引力を生ずることができる。
- [0018] 更に、本発明（請求項４）の保護ベアリングは、前記固定部材を介し、又は、前記保護ベアリングに対し接触することで前記保護ベアリングを磁化させる永久磁石が配設されていることを特徴とする。
- [0019] 永久磁石は固定部材を介してベアリングを磁化させる。あるいは、永久磁石はベアリングに対して接触することでベアリングを磁化させる。このとき、固定部材及びタッチダウンベアリングの外輪は共に同極に磁化される。一方、玉を介して内輪は異極に磁化される。このため、外輪と内輪には吸引力を生ずる。以上により、回転体の回転に連れて回転体とベアリング間に回転トルクが生じて強い静止トルクによりこれを十分に阻止する。即ち、ベアリングの内輪に回転トルクがかかっても静止トルクが大きいので連れ回りは発生しない。また、回転体や軸受に故障等が生じ、回転体が非浮上状態になり回転体が本来の保護用ベアリングとして動作する時は、ベアリングに静止トルク以上のトルクがかかるので問題なく回転する。更に、静止トルクを振り切って回転を始めると、特に大きなブレーキトルクは発生しないので、ベアリングが焼き付くことはない。なお、回転体はインナー型、アウター型のいずれでもよく、軸受は磁気軸受、動圧軸受のいずれでもよい。

- [0020] 更に、本発明（請求項５）の保護ベアリングは、前記第１の凸部に対して前記保護ベアリングの転動体を挟んで反対側に配置された第２の凸部を備え、前記第１の凸部と前記第２の凸部とが前記永久磁石により磁化されたことを特徴とする。
- [0021] 第１の凸部とベアリングの内輪間に吸引力が作用し、かつ、第２の凸部とベアリングの内輪間にも吸引力が作用するため、十分な静止トルクを得ることができる。従って、玉を非磁性体にすることもできる。
- [0022] 更に、本発明（請求項６）の保護ベアリングは、前記永久磁石が前記固定部材回りに複数個配設され、該固定部材には前記永久磁石の間を仕切る所定形状のスリットを備え、該スリットで仕切られた領域内に前記永久磁石が少なくとも一つ配設されていることを特徴とする。
- [0023] スリットを形成することで磁気抵抗を増加させ、このスリットを通して隣接する領域間で磁束が通り難くできる。従って、隣接する磁石の磁極同士の間で磁束を漏れ難くできる。このことにより、外輪と内輪間に十分な吸引力を生ずることができる。
- [0024] 更に、本発明（請求項７）の保護ベアリングは、前記回転体を駆動するモータが配設され、前記スリットの個数が該モータの磁極数に一致することを特徴とする。
- [0025] スリットの個数をモータの磁極数に一致させることで、外輪の磁極数と内輪の磁極数とを一致させることができる。このため、外輪と内輪間に働く吸引力を均等にでき十分な大きさの静止トルクを得ることができる。
- [0026] 更に、本発明（請求項８）の保護ベアリングの前記永久磁石は、前記固定部材の表面に固着され、又は、前記固定部材若しくはステータに埋設されたことを特徴とする。
- [0027] このことにより、永久磁石の固定部材や外輪に対する磁化を確実にすることができる。
- [0028] 更に、本発明（請求項９）の保護ベアリングの前記永久磁石は、前記保護ベアリングの外輪に接触して配置されたことを特徴とする。

[0029] このことにより、永久磁石はベアリングの外輪を確実に磁化させることができる。

[0030] 更に、本発明（請求項１０）の保護ベアリングは、外輪が着磁されていることを特徴とする。

[0031] 外輪が着磁されていることで永久磁石等の部品が不要にできる。

[0032] 更に、本発明（請求項１１）の保護ベアリングは、前記固定部材は、着磁されていることを特徴とする。

[0033] 固定部材が着磁されていることで永久磁石等の部品が不要にできる。

[0034] 更に、本発明（請求項１２）の保護ベアリングは、内輪の外周と外輪の内周の少なくとも一方に第３の凸部を有することを特徴とする。

[0035] 第３の凸部が集中して磁化されることで、内輪と外輪の間に強い位置決め力としての吸引力が生ずる。このため、回転体の回転に連れて回転体とベアリング間に吸引力が生じて強い静止トルクによりこれを十分に阻止する。即ち、ベアリングの内輪に回転トルクがかかっても静止トルクが大きいので連れ回りは発生しない。また、回転体や軸受に故障等が生じ、回転体が非浮上状態になり回転体が本来の保護用ベアリングとして動作する時は、ベアリングに静止トルク以上のトルクがかかるので問題なく回転する。更に、静止トルクを振り切って回転を始めると、特に大きなブレーキトルクは発生しないので、ベアリングが焼き付くことはない。なお、回転体はインナー型、アウター型のいずれでもよく、軸受は磁気軸受、動圧軸受のいずれでもよい。

[0036] 更に、本発明（請求項１３）の保護ベアリングの回転体は、非磁性材でつくられていることを特徴とする。

[0037] 更に、本発明（請求項１４）の軸受装置は、請求項１～１１のいずれか１項に記載の保護ベアリングを備え、前記回転体は空中に浮上支持されつつモータにより回転駆動され、前記保護ベアリングは前記回転体を非浮上状態で保護し、前記保護ベアリングは、内輪の外周と外輪の内周の少なくとも一方に第３の凸部を有し、該第３の凸部が前記磁化手段により磁化されたこと

を特徴とする。

[0038] 更に、本発明（請求項 15）の軸受装置は、前記磁化手段は、前記モータに配設された永久磁石であることを特徴とする。

[0039] モータに配設された永久磁石により磁化させられれば、特別な磁化のための装置が不要であり、作業は容易である。

[0040] 更に、本発明（請求項 16）の軸受装置は、前記磁化手段は、前記保護ベアリングの外周に配設された着磁機であることを特徴とする。

[0041] 着磁機により磁化させた場合には確実な磁化が可能となる。また、強磁界による着磁とすることもできる。

[0042] 更に、本発明（請求項 17）の軸受装置は、前記磁化手段は、前記保護ベアリングの上部又は下部に径方向に磁極を有するように配設された永久磁石であることを特徴とする。

[0043] ベアリングの上部又は下部に配設した永久磁石により磁化させた場合には常に安定した磁化が可能となる。

[0044] 更に、本発明（請求項 18）の軸受装置は、前記保護ベアリングの上部又は下部を固定する固定部材を備え、該固定部材には、前記第3の凸部と対向する第4の凸部が配設され、前記第3の凸部と前記第4の凸部が前記磁化手段により磁化されたことを特徴とする。

[0045] 第3の凸部と第4の凸部が磁化されることで請求項 12 等の場合と同様の効果を得ることが出来る。

[0046] 更に、本発明（請求項 19）の軸受装置は、請求項 1～13のいずれか1項に記載の保護ベアリングと、浮上支持されつつモータにより回転駆動される前記回転体とを備えた軸受装置であって、前記回転体の前記保護ベアリングと対向する面には少なくとも1本の切欠き溝が形成されたことを特徴とする。

[0047] 切欠き溝が設けられたことにより、回転体の表面に発生する渦電流路が制限されて渦電流が低減する。このため、回転体とベアリングの内輪との間の電磁誘導作用が弱くなり、連れ回りの原因となる回転トルクを小さくできる。

請求項 1 ～ 1 3 の各構成例と組み合わせることで連れ回りの防止をより一層効果的にできる。また、組み合わせて構成した場合には、連れ回りを防止するために必要な永久磁石、又は着磁部品であるベアリングの外輪や固定部材の磁力の大きさを小さくすることができる。

[0048] 更に、本発明（請求項 2 0）の真空ポンプは、請求項 1 ～ 1 3 のいずれか 1 項に記載の保護ベアリングを備えたことを特徴とする。

[0049] 更に、本発明（請求項 2 1）の真空ポンプは、請求項 1 4 ～ 1 9 のいずれか 1 項に記載の軸受装置を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0050] 以上説明したように本発明によれば、固定部材を介してベアリングを磁化させ、又は、ベアリングに対して接触することでベアリングを磁化させる永久磁石を備えて構成したので、固定部材及びタッチダウンベアリングの外輪は共に同極に磁化される。一方、玉を介して内輪は異極に磁化される。このため、外輪と内輪には吸引力を生ずる。以上により、回転体の回転に連れて回転体とベアリング間に吸引力が生じて強い静止トルクによりこれを十分に阻止する。即ち、ベアリングの内輪に回転トルクがかかっても静止トルクが大きいので連れ回りは発生しない。

図面の簡単な説明

[0051] [図1]本発明の第 1 実施形態であるターボ分子ポンプの縦断面図

[図2]タッチダウンベアリングの周辺の縦断面図

[図3]タッチダウンベアリングの平面図

[図4]着磁機で着磁させる方法を示す図

[図5]永久磁石を径方向に配置して着磁させる方法（縦断面図）

[図6]タッチダウンベアリングを上方から見たときの透過された配置図

[図7]タッチダウンベアリングの内輪と固定部材の向かい合う面に凸部を設けた例

[図8]第 2 実施形態であるタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図

[図9]固定部材の平面図

[図10]固定部材上に4極の永久磁石を固着した場合の各部材における着磁の様子を示す図

[図11]固定部材上に2極の永久磁石を固着した場合の各部材における着磁の様子を示す図

[図12]永久磁石の装着方法の別例（その1）

[図13]永久磁石の装着方法の別例（その2）

[図14]永久磁石の装着方法の別例（その3）

[図15]永久磁石の装着方法の別例（その4）

[図16]第3実施形態であるタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図（その1）

[図17]第3実施形態であるタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図（その2）

[図18]内輪の中心軸回りの回転角度に対する着磁された磁束密度の関係を示す図

[図19]外輪の中心軸回りの回転角度に対する着磁された磁束密度の関係を示す図

[図20]モータが2極の場合における内輪と外輪の着磁の様子を示す図

[図21]モータが4極の場合における内輪と外輪の着磁の様子を示す図

[図22]タッチダウンベアリングの着磁方法（電磁石で構成した着磁機を用いる）

[図23]タッチダウンベアリングの着磁方法（永久磁石で構成した着磁機を用いる）

[図24]固定部材の着磁方法（電磁石で構成した着磁機を用いる）

[図25]固定部材の着磁方法（永久磁石で構成した着磁機を用いる）

[図26]第4実施形態であるタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図

[図27]アウターロータ型の回転体に適用した例

[図28]従来のタッチダウンベアリング

発明を実施するための形態

- [0052] 以下、本発明の第1実施形態について説明する。本実施形態であるターボ分子ポンプの縦断面図を図1に示す。図1において、ターボ分子ポンプ100には、円筒状の外筒127の上端に吸気口101が形成されている。そして、外筒127の内方には、ガスを吸引排気するためのタービンブレードによる複数の回転翼102a、102b、102c、…を周部に放射状かつ多段に形成した回転体103が備えられている。この回転体103の中心にはロータ軸113が設けられており、このロータ軸113は、例えば5軸制御の磁気軸受により空中に浮上支持かつ位置制御されている。
- [0053] 上側径方向電磁石104は、4個の電磁石が、ロータ軸113の径方向の座標軸であって互いに直交するX軸とY軸とに対をなして配置されている。この上側径方向電磁石104に近接かつ対応されて4個の電磁石からなる上側径方向センサ107が備えられている。この上側径方向センサ107は回転体103の径方向変位を検出し、図示せぬ制御装置に送るように構成されている。
- [0054] 制御装置においては、上側径方向センサ107が検出した変位信号に基づき、PID調節機能を有する補償回路を介して上側径方向電磁石104の励磁を制御し、ロータ軸113の上側の径方向位置を調整する。ロータ軸113は、高透磁率材（鉄など）などにより形成され、上側径方向電磁石104の磁力により吸引されるようになっている。かかる調整は、X軸方向とY軸方向とにそれぞれ独立して行われる。
- [0055] また、下側径方向電磁石105及び下側径方向センサ108が、上側径方向電磁石104及び上側径方向センサ107と同様に配置され、ロータ軸113の下側の径方向位置を上側の径方向位置と同様に調整している。
- [0056] 更に、軸方向電磁石106A、106Bが、ロータ軸113の下部に備えた円板状の金属ディスク111を上下に挟んで配置されている。金属ディスク111は、鉄などの高透磁率材で構成されている。ロータ軸113の軸方向変位を検出するために軸方向センサ109が備えられ、その軸方向変位信号が制御装置に送られるように構成されている。

[0057] そして、軸方向電磁石 106 A、106 B は、この軸方向変位信号に基づき制御装置の P I D 調節機能を有する補償回路を介して励磁制御されるようになっている。軸方向電磁石 106 A と軸方向電磁石 106 B は、磁力により金属ディスク 111 をそれぞれ上方と下方とに吸引する。

[0058] このように、制御装置は、この軸方向電磁石 106 A、106 B が金属ディスク 111 に及ぼす磁力を適当に調節し、ロータ軸 113 を軸方向に磁気浮上させ、空間に非接触で保持するようになっている。また、上側径方向センサ 107 と回転体 103 の間のステータコラム 122 の上端部には、後に詳述するタッチダウンベアリング 20 が配設されている。一方、下側径方向センサ 108 の下方には、タッチダウンベアリング 30 が配設されている。

[0059] タッチダウンベアリング 20 及びタッチダウンベアリング 30 とともに玉軸受で構成されている。タッチダウンベアリング 20 及びタッチダウンベアリング 30 は回転体 103 の回転異常時又は停電時等のように回転体 103 が何らかの要因で磁気浮上ができなくなったときに、回転体 103 が安全に非浮上状態に移行できるよう設けられている。

[0060] モータ 121 は高周波モータであり、ロータ軸 113 との間に作用する電磁力を介してロータ軸 113 を回転駆動するように、制御装置によって制御されている。そして、モータ 121 が D C ブラシレスモータのような場合、ロータ軸 113 の周囲には回転子としての永久磁石が表面に貼り付けられ、又は埋め込まれている。

[0061] 回転翼 102 a、102 b、102 c・・・とわずかの空隙を隔てて複数枚の固定翼 123 a、123 b、123 c・・・が配設されている。回転翼 102 a、102 b、102 c・・・は、それぞれ排気ガスの分子を衝突により下方向に移送するため、ロータ軸 113 の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成されている。

[0062] また、固定翼 123 も、同様にロータ軸 113 の軸線に垂直な平面から所定の角度だけ傾斜して形成され、かつ外筒 127 の内方に向けて回転翼 102

の段と互い違いに配設されている。そして、固定翼１２３の一端は、複数の段積みされた固定翼スペーサ１２５ a、１２５ b、１２５ c・・・の間に嵌挿された状態で支持されている。

[0063] 固定翼スペーサ１２５はリング状の部材であり、例えばアルミニウム、鉄、ステンレス、銅などの金属、又はこれらの金属を成分として含む合金などの金属によって構成されている。

[0064] 固定翼スペーサ１２５の外周には、わずかの空隙を隔てて外筒１２７が固定されている。外筒１２７の底部にはベース部１２９が配設され、固定翼スペーサ１２５の下部とベース部１２９の間にはネジ付きスペーサ１３１が配設されている。そして、ベース部１２９中のネジ付きスペーサ１３１の下部には排気口１３３が形成され、外部に連通されている。

[0065] ネジ付きスペーサ１３１は、アルミニウム、銅、ステンレス、鉄、又はこれらの金属を成分とする合金などの金属によって構成された円筒状の部材であり、その内周面に螺旋状のネジ溝１３１ aが複数条刻設されている。ネジ溝１３１ aの螺旋の方向は、回転体１０３の回転方向に排気ガスの分子が移動したときに、この分子が排気口１３３の方へ移送される方向である。

[0066] 回転体１０３の回転翼１０２ a、１０２ b、１０２ c・・・に続く最下部には回転翼１０２ dが垂下されている。この回転翼１０２ dの外周面は、円筒状で、かつネジ付きスペーサ１３１の内周面に向かって張り出されており、このネジ付きスペーサ１３１の内周面と所定の隙間を隔てて近接されている。ベース部１２９は、ターボ分子ポンプ１００の基底部を構成する円盤状の部材であり、一般には鉄、アルミニウム、ステンレスなどの金属によって構成されている。

[0067] また、吸気口１０１から吸引されたガスがモータ１２１、下側径方向電磁石１０５、下側径方向センサ１０８、上側径方向電磁石１０４、上側径方向センサ１０７などで構成される電装部側に侵入することのないよう、電装部は周囲をステータコラム１２２で覆われ、この電装部内はパージガスにて所定圧に保たれている。

- [0068] かかる構成において、回転翼 102 がモータ 121 により駆動されてロータ軸 113 と共に回転すると、回転翼 102 と固定翼 123 の作用により、吸気口 101 を通じてチャンバからの排気ガスが吸気される。吸気口 101 から吸気された排気ガスは、回転翼 102 と固定翼 123 の間を通り、ベース部 129 へ移送される。
- [0069] ネジ付きスペーサ 131 に移送されてきた排気ガスは、ネジ溝 131a に案内されつつ排気口 133 へと送られる。ここに、タッチダウンベアリング 20 の構成図を図 2 及び図 3 に示す。図 2 はタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図であり、図 3 はタッチダウンベアリングの平面図である。
- [0070] 図 2 及び図 3 により、上側のタッチダウンベアリング 20 について説明するが、下側のタッチダウンベアリング 30 についても同様に構成可能である。また、本実施形態であるタッチダウンベアリング 20 は動圧軸受にも適用可能である（以下、同旨）。図 2 及び図 3 において、タッチダウンベアリング 20 はステータコラム 122 の上端部にリング状の固定部材 41 により取り付けられている。固定部材 41 はステータコラム 122 に対してボルト 43 で止められている。タッチダウンベアリング 20 は、内側径方向に向けて複数箇所が突設された凸部 21a（第 3 の凸部に相当する）を有する外輪 21 を備えている。そして、この凸部 21a 同士の間には周状に複数の凹部 21b が形成されている。
- [0071] また、この外輪 21 の凸部 21a と対向した箇所に外側径方向に向けて突設された凸部 23a（第 3 の凸部に相当する）を有する内輪 23 を備えている。そして、この凸部 23a 同士の間には周状に複数の凹部 23b が形成されている。図 3 では、この凹部 21b と凹部 23b で仕切られた隙間より玉 25 の一部が見えている。
- [0072] タッチダウンベアリング 20 の寸法の一例を挙げると、外輪 21 の外径が 60 mm、内輪 23 の内径が 40 mm のときに、凸部 21a、凸部 23a の周方向の長さは約 5 mm で、凸部 21a、凸部 23a 間の対向した隙間は 0.5 mm 程度である。玉 25 の直径は 6 mm 程度に対して、凹部 21b と凹部

23bが対向したときの凹部の合わせた径方向長は約3mm程度である。

[0073] 次に、本発明の第1実施形態の作用について説明する。ターボ分子ポンプを組み立てるとき、ロータ軸113に配設されているモータ121の永久磁石が、タッチダウンベアリング20の内側を通過することになる。このとき、内輪23の凸部23aと外輪21の凸部21aとがわずかの隙間を隔てて対向しているため特に強く磁化される。この場合、玉25の材質は磁性体であっても非磁性体であっても構わない。いずれの場合であっても同様に強く磁化される。モータ121は永久磁石型モータであれば磁極は2極、4極等で構成可能である。また、モータ121は永久磁石がロータ軸113の表面に取り付けられたSPM (Surface Permanent Magnet) 型であってもよいし、埋め込み構造のIPM (Interior Permanent Magnet) 型であってもよい。

[0074] 内輪23の凸部23aと外輪21の凸部21aとが集中して磁化されることで、これらの凸部同士の間には強い位置決め力としての吸引力が生ずる。このため、ロータ軸113の回転に連れてロータ軸113と内輪23間に回転トルクが生じて強い静止トルクによりこれを十分に阻止する。即ち、凸部23aと凸部21aに磁束が集中するように着磁されているので、回転体103が回転した時にタッチダウンベアリング20の内輪23に回転トルクがかかっても静止トルクが大きいので連れ回りは発生しない。

[0075] また、磁気軸受に故障が生じ、本来の保護用タッチダウンベアリングとして動作する時は、タッチダウンベアリング20に静止トルク以上のトルクがかかるので問題なく回転する。更に、静止トルクを振り切って回転を始めると、特に大きなブレーキトルクは発生しないので、タッチダウンベアリング20が焼き付きやすくなることはない。

[0076] また、従来連れ回りが発生するために、タッチダウン耐久性に優れるセラミックボール製タッチダウンベアリングを使用できず、耐久性の劣る金属ボール製タッチダウンベアリングを使用していたポンプにもセラミックボールのタッチダウンベアリングが使用可能になる。

[0077] なお、内輪 2 3 と外輪 2 1 は縦断面がコの字状でそれぞれ上面と下面を有している。タッチダウンベアリング 2 0 に設ける凹凸は内輪 2 3 と外輪 2 1 のこれら上面と下面の両面に対して形成されてもよいが、上面だけ、若しくは下面だけの片面に対してのみ形成されるようにしてもよい。また、上記ではモータ 1 2 1 の永久磁石を利用して内輪 2 3 の凸部 2 3 a と外輪 2 1 の凸部 2 1 a を磁化するとして説明したが、以下には、これらの内輪 2 3 の凸部 2 3 a と外輪 2 1 の凸部 2 1 a を磁化する別方法について説明する。

[0078] 一つ目の別方法としては、モータ 1 2 1 の永久磁石が、タッチダウンベアリング 2 0 の内側を通過するだけでは外輪 2 1 まで強い磁束が通りにくい場合、図 4 に示すように、強制的に着磁機で着磁させる方法である。即ち、タッチダウンベアリング 2 0 の外周に着磁機 5 0 を配設する。着磁機 5 0 は環状のヨーク鉄心部 5 1 より内側に向けて例えば 2 カ所に歯部 5 1 a と歯部 5 1 b が突設されている。歯部 5 1 a と歯部 5 1 b にはコイル 5 3 a とコイル 5 3 b が捲回されており、共に図中左方向に向けた磁束が生成されるようになっている。

[0079] 歯部 5 1 a と歯部 5 1 b は、タッチダウンベアリング 2 0 の内輪 2 3 の凸部 2 3 a と外輪 2 1 の凸部 2 1 a に位置が合うように設定されている。そして、コイル 5 3 a とコイル 5 3 b に電流が流され励磁されることで、タッチダウンベアリング 2 0 のこれら歯部 5 1 a と歯部 5 1 b に強磁界が発生され、対向する内輪 2 3 の凸部 2 3 a と外輪 2 1 の凸部 2 1 a の部位は着磁される。なお、歯部は 2 個に限定するものではなく、1 個であってもよいし、あるいは、多数個配設して一気に内輪 2 3 の凸部 2 3 a と外輪 2 1 の凸部 2 1 a の部位を磁化するようにしてもよい。

[0080] 二つ目の別方法としては、図 5 及び図 6 に示すようにタッチダウンベアリング 2 0 の近傍に小さな永久磁石を極性が径方向に向くように配置し、ベアリングを常時磁化させるものである。図 5 はタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図であり、図 6 はタッチダウンベアリングを上方から見たときの透過された配置図である。

[0081] 即ち、タッチダウンベアリング20の内輪23の凸部23aと外輪21の凸部21aの直下には小型の永久磁石61Aと永久磁石61Bとが極性が径方向に向くようにそれぞれ配置されている。そして、これらの永久磁石61Aと永久磁石61Bの磁束がタッチダウンベアリング20を常時通ること内輪23の凸部23aと外輪21の凸部21aとが安定して磁化される。

[0082] 次に、本実施形態では、内輪23と外輪21の両方に対して凹凸を設けるとして説明した。しかしながら、このように内輪23と外輪21の両方に対して凹凸を設けなくても、少なくともタッチダウンベアリング20の内輪23と外輪21のいずれか一方とベアリングを押さえる固定部材の向かい合う面にそれぞれ対向するように凹凸を設けてもよい。

[0083] 具体的には、図7に示すように、タッチダウンベアリング70の内輪23には図3と同様に凸部23aが配設されている。一方、外輪71には凸部は形成されていない。そして、この外輪71の上部には固定部材73の内側に向けて突設された凸部73a（第4の凸部に相当する）の部分が丁度重なるようになっている。ここに、上述した方法により凸部23aと凸部73aが磁化されることで図3のタッチダウンベアリング20の場合と同様の効果を得ることが出来る。

[0084] 但し、図は省略するが、図7の例とは逆に内輪23には凸部を配設せずに、固定部材73の外側に向けて突設された凸部と外輪71の内側に配設された凸部との間で磁化されるようにしてもよい。

[0085] 次に、本発明の第2実施形態について説明する。図8に第2実施形態であるタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図を示す。ステータコラム122の上部には、タッチダウンベアリング200が埋設されている。タッチダウンベアリング200は玉軸受で構成されている。ステータコラム122及びタッチダウンベアリング200の上端には環状の固定部材211が図示しないボルトで固定されている。

[0086] 固定部材211の平面図を図9に示す。ボルトはボルト穴213に通されるようになっている。固定部材211の内側4カ所にはスリット215が径方

向に切欠かれている。但し、このスリット 2 1 5 は固定部材 2 1 1 の外側に形成されてもよい。スリット 2 1 5 は長溝状に形成されているが、三角形等であってもよく、切欠きを有する所定形状であればよい。

[0087] 図 9 において、固定部材 2 1 1 のスリット 2 1 5 で区画された 4 つの領域のそれぞれの上面には同極の永久磁石 2 1 7 が 2 個ずつ固着されている。永久磁石 2 1 7 の極性は軸方向に向かい、スリット 2 1 5 で区画された隣接する領域毎に上側の極性が N 極あるいは S 極と交互に変わるように配置されている。

[0088] 但し、図 9 では、スリット 2 1 5 で区画された 4 つの領域のそれぞれの上面には永久磁石 2 1 7 が 2 個ずつ配置されるところとして説明したが、永久磁石 2 1 7 の個数は 2 個に限定するものではなく、領域毎に同極としさえすれば 1 個若しくは 3 個以上であってもよい。

[0089] 固定部材 2 1 1 の内縁は、タッチダウンベアリング 2 0 0 の製造時において形成された外輪 2 0 1 と内輪 2 0 3 間の隙間より玉 2 0 5 が外部に飛び出してしまうのを防止するため、下方に向けて周状に凸部 2 1 1 a（第 1 の凸部に相当する）が形成されている。

[0090] かかる構成において、固定部材 2 1 1 は強磁性材料（S U S 4 2 0 J 2 等）とするのが望ましい。また、本実施形態で、固定部材 2 1 1 をスリット 2 1 5 で 4 つの領域に区画したのは、モータの磁極数が 4 個であるのに合わせたためである。

[0091] スリット 2 1 5 は、隣接する磁石の磁極同士の間で磁束を漏れ難くするために設けている。即ち、スリットを形成することで磁気抵抗を増加させ、このスリットを通して隣接する領域間で磁束が通り難くしたものである。

[0092] 図 8 に示すように、永久磁石 2 1 7 の底面側が N 極の場合、固定部材 2 1 1 及びタッチダウンベアリング 2 0 0 の外輪 2 0 1 は共に N 極に磁化される。そして、玉 2 0 5 の材質が鉄や S U S 4 4 0 等の磁性体の場合には、内輪 2 0 3 は S 極に磁化される。このため、外輪 2 0 1 と内輪 2 0 3 には吸引力を生ずる。

- [0093] また、固定部材 2 1 1 とタッチダウンベアリング 2 0 0 の内輪 2 0 3 の間には所定のクリアランスが存在するが、固定部材 2 1 1 の内側端に突設された凸部 2 1 1 a が N 極に、一方の内輪 2 0 3 側が S 極に磁化されることで凸部 2 1 1 a と内輪 2 0 3 の間にも吸引力を生ずる。
- [0094] このことにより、第 1 実施形態と同様に、回転体 1 0 3 が回転した時にタッチダウンベアリング 2 0 0 の内輪 2 0 3 に回転トルクがかかっても静止トルクが大きいので連れ回りは発生しない。
- [0095] また、磁気軸受に故障が生じ、本来の保護用タッチダウンベアリングとして動作する時は、タッチダウンベアリング 2 0 0 に静止トルク以上のトルクがかかるので問題なく回転する。更に、静止トルクを振り切って回転を始めると、特に大きなブレーキトルクは発生しないので、タッチダウンベアリング 2 0 0 が焼き付きやすくなることはない。
- [0096] ここに、固定部材 2 1 1 上にモータの磁極数と同一磁極数の永久磁石 2 1 7 を装着する理由を説明する。図 1 0 には、本実施形態のように固定部材 2 1 1 上に 4 極の永久磁石 2 1 7 を固着した場合の各部材における着磁の様子を示す。即ち、タッチダウンベアリング 2 0 0 の外輪 2 0 1 は固定部材 2 1 1 上の永久磁石 2 1 7 により磁化されることで、4 極に磁化されている。
- [0097] 一方、内輪 2 0 3 は、ターボ分子ポンプが組み立てられるとき、ロータ軸 1 1 3 に配設されているモータ 1 2 1 の永久磁石が 4 極であるため、4 極に磁化されている。このため、内輪 2 0 3 と外輪 2 0 1 とは互いに 4 極同士で吸引し合う形となり、十分な停止トルクを生ずる。
- [0098] この点、仮に固定部材 2 1 1 上に 2 極の永久磁石 2 1 7 を固着した場合を考察する。このときの各部材における着磁の様子を図 1 1 に示す。図 1 1 において、外輪 2 0 1 は、永久磁石 2 1 7 による磁化で 2 極に着磁されている。一方、内輪 2 0 3 は、前述の説明の通り 4 極に磁化されている。このため、内輪 2 0 3 と外輪 2 0 1 間には、タッチダウンベアリング 2 0 0 の左半分では吸引力が働く一方で、右半分では反発力が働く。このため、偏った balan

スとなり、十分な停止力を生じさせることができない。従って、固定部材 211 上には、モータの磁極数と同一磁極数の永久磁石 217 を装着することが望ましい。

[0099] なお、永久磁石 217 は、例えばフェライトを用いたものからレアアースを用いたものに変えることで、磁力を変えられる。このように永久磁石 217 の磁力を変えることによって、この静止トルクの大きさを必要に応じて調整することができる。

[0100] 次に、永久磁石の装着方法の別例について説明する。図 8 及び図 9 では、永久磁石 217 を固定部材 211 の上面に装着するとして説明した。しかしながら、図 12 に示すように、永久磁石 217 が固定部材 211 の内部底面側に水平に埋設されてもよい。永久磁石 217 は例えば、径方向内側が N 極、外側が S 極となるように極性を有している。この場合であっても内輪 203 と外輪 201 及び固定部材 211 の内側端に突設された凸部 211a は図 8 及び図 9 と同様に磁化されるため、第 2 実施形態である図 8 及び図 9 と同様の作用、効果を得ることができる。なお、図 12 の構成であってもスリット 215 が形成されることが望ましい（以下の各図において同旨）。

[0101] また、永久磁石 217 は図 13 に示すように、ステータコラム 122 の上面に水平に切削された溝 219 内に埋設されてもよい。この場合には、永久磁石 217 は例えば上面側が N 極、下面側が S 極となるように極性を有する。

あるいは、図 14 に示すように、永久磁石 217 はタッチダウンベアリング 200 の外周でステータコラム 122 の上部において垂直に切削された溝 220 内に埋設されてもよい。永久磁石 217 は例えば、径方向内側が N 極、外側が S 極となるように極性を有する。これら図 13、図 14 の場合であっても内輪 203 と外輪 201 及び固定部材 211 の凸部 211a は図 8 及び図 9 と同様に磁化されるため、第 2 実施形態である図 8 及び図 9 と同様の作用、効果を得ることができる。

[0102] また、図 15 では、図 14 に示した構成に加えてタッチダウンベアリング 200 の下端部に強磁性の磁性部材 221 が配設されている。磁性部材 221

はステータコラム 1 2 2 を挟んで固定部材 2 1 1 の反対側に配置された環状の部材であり、内縁が軸方向に向けて突設されている。磁性部材 2 2 1 の縦断面は L 字状になっている。

[0103] そして、この磁性部材 2 2 1 は、その先端凸部 2 2 1 a（第 2 の凸部に相当する）が内輪 2 0 3 と外輪 2 0 1 の中間位置でタッチダウンベアリング 2 0 0 の玉 2 0 5 に対して対向されている。即ち、先端凸部 2 2 1 a は丁度凸部 2 1 1 a の玉 2 0 5 を挟んだ反対側に配置されている。磁性部材 2 2 1 は、ステータコラム 1 2 2 の内側にボルト 2 2 3 により止められている。

[0104] 永久磁石 2 1 7 の径方向内側が N 極に磁化されているとき、外輪 2 0 1 は N 極に磁化され、内輪 2 0 3 は S 極に磁化される。そして、このときには、永久磁石 2 1 7 の磁束により固定部材 2 1 1 の凸部 2 1 1 a と磁性部材 2 2 1 の先端凸部 2 2 1 a とが共に N 極に磁化される。

[0105] このことにより、タッチダウンベアリング 2 0 0 の内輪 2 0 3 と外輪 2 0 1 間に作用する磁気吸引力に加えて、固定部材 2 1 1 の凸部 2 1 1 a と内輪 2 0 3 間、及び、磁性部材 2 2 1 の先端凸部 2 2 1 a と内輪 2 0 3 間にも磁気吸引力が発生するため、静止トルクを大きくすることができる。従って、連れ回りをより一層防止することができる。なお、固定部材 2 1 1 の凸部 2 1 1 a と内輪 2 0 3 間、及び、磁性部材 2 2 1 の先端凸部 2 2 1 a と内輪 2 0 3 間の磁気吸引力が大きい場合には、玉 2 0 5 はセラミック材等の非磁性体であってもよい。また、磁性部材 2 2 1 自体が永久磁石で構成されてもよい。

[0106] 次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。図 1 6 と図 1 7 に第 3 実施形態であるタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図を示す。第 2 実施形態ではタッチダウンベアリング 2 0 0 の内輪 2 0 3 と外輪 2 0 1 を磁化させるのに永久磁石を用いていたが、第 3 実施形態では永久磁石ではなく着磁された部材を用いるものである。図 1 6 において、タッチダウンベアリング 2 0 0 の外輪 2 0 1 は組立前に外部から強磁場を印加して着磁されている。そして、この外輪 2 0 1 により、固定部材 2 1 1 の凸部 2 1 1 a は例えば N

極に磁化されている。一方、内輪 203 は玉 205 が磁性体の場合には強力に S 極に磁化される。このことにより、永久磁石を用いなくても第 2 実施形態と同一の原理で内輪 203 の連れ回りを防止することができる。

[0107] なお、タッチダウンベアリング 200 の外輪 201 を着磁させるのではなく、図 17 に示すように固定部材 211 を強制的に着磁させてもよい。固定部材 211 は高保磁力材料（S45C、SUS440C の焼入れ処理材等）が望ましく、例えば、径方向内側が N 極、外側が S 極となるように着磁させる。この場合には、固定部材 211 の凸部 211a は N 極に磁化される。外輪 201 も同様に N 極に磁化される。

[0108] 一方、内輪 203 は玉 205 が磁性体の場合には強力に S 極に磁化される。このことにより、永久磁石を用いなくても内輪 203 の連れ回りを防止することができる。但し、固定部材 211 は例えば上面側が S 極、下面側が N 極となるようにされても同様の効果を得ることができる。

[0109] 次に、タッチダウンベアリングの着磁について考察する。ターボ分子ポンプを組み立てるとき、ロータ軸 113 に配設されているモータ 121 の永久磁石が、タッチダウンベアリング 200 の内側を通過することになる。このときの内輪 203 の中心軸回りの回転角度に対する着磁された磁束密度の関係を図 18 に示す。また、玉 205 が磁性体の場合に外輪 201 の中心軸回りの回転角度に対する着磁された磁束密度の関係を図 19 に示す。

[0110] 図 18 及び図 19 より分かるように、モータ 121 が 2 極の場合には、内輪 203 と外輪 201 の着磁された磁束密度は回転角度回りにほぼ等しい。この理由を図 20 に基づき説明する。

[0111] 図 20 において、ロータ軸 113 に配設されているモータ 121 の永久磁石の N 極から出た磁束は内輪 203、玉 205 及び外輪 201 を通った後に左右に対称に分離されて反対側の S 極に戻る。このように、外輪 201 も通っているため外輪 201 は内輪 203 とほぼ同じ程度に磁化される。従って、外輪 201 の着磁の程度が大きい場合には、内輪 203 の連れ回りは防止することができる。

[0112] 一方、図 18 及び図 19 より分かるように、4 極の場合には内輪 203 の着磁された磁束密度に対して外輪 201 の着磁された磁束密度は小さい。この理由を図 21 に基づき説明する。図 21 において、ロータ軸 113 に配設されているモータ 121 の永久磁石の N 極から出た磁束は内輪 203 で左右に对称に分離されて隣接する S 極に戻ってしまう。このため、外輪 201 側は余り強くは磁化されない。このため、外輪 201 に対しては外部から強制的に着磁させ磁束密度を補充する必要がある。図 19 では強制的な着磁により補充されたときの磁束密度の様子を点線で示す。

[0113] なお、タッチダウンベアリング 200 の着磁方法は、図 22 に示すように、電磁石で構成した着磁機 230 を用いても良いし、あるいは図 23 に示すように、永久磁石で構成した着磁機 240 を用いても良い。図 22 の着磁機 230 においては、4 極に磁化させるために 4 カ所にコイルが均等配置されている。着磁機 230 は隣接するコイルが異極となるように動作する。着磁機 230 は、タッチダウンベアリング 200 の外輪 201 に対してその外方から同時に 4 極に磁化させる。

[0114] 一方、図 23 の着磁機 240 においては、コイルに代えて永久磁石 241 が配設されている。隣接する永久磁石は異極であり、タッチダウンベアリング 200 に対して接触若しくは近づけることでタッチダウンベアリング 200 の外輪 201 に対してその外方から同時に 4 極に磁化させる。

[0115] また、固定部材 211 の着磁方法は、図 24 (a) の平面図及び図 24 (b) の縦断面図に示すように、電磁石で構成した着磁機 250 を用いても良いし、あるいは図 25 の平面図に示すように、永久磁石 255 を固定部材 211 の上に接触させるようにしても良い。図 24 の着磁機 250 においては、2 極の例を示したが、1 極や 3 極以上であっても同様に構成可能である。以上により、連れ回りを防止する等の第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0116] 次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。図 26 に第 4 実施形態であるタッチダウンベアリングの周辺の縦断面図を示す。第 4 実施形態では、

ロータ軸 113 がタッチダウンベアリング 200 の内輪 203 とタッチダウンする部位において、ロータ軸 113 の表面に対し周状に切欠き溝 251 が 1 ヶ所或いは複数ヶ所設けられている。切欠き溝 251 の断面形状は角形であり、径方向の深さ 1 mm、軸方向の長さ 1 mm 程度である。

[0117] 次に、本発明の第 4 実施形態の動作について説明する。 タッチダウンベアリング 200 の内輪 203 で発生した磁束はロータ軸 113 に対して交差されている。ロータ軸 113 が回転すると、ロータ軸 113 の表面では起電力を生じ渦電流が流れる。ここに、本実施形態では切欠き溝 251 が設けられたことにより、ロータ軸 113 の表面に発生する渦電流路が制限されて渦電流が低減する。このため、ロータ軸 113 とタッチダウンベアリング 200 の内輪 203 との間の電磁誘導作用が弱くなり、連れ回りの原因となる回転トルクを小さくできる。 なお、切欠き溝 251 は周状に設けるとして説明したが、軸方向に沿って 1 ヶ所或いは複数ヶ所設けられてもよい。

[0118] 本発明の第 4 実施形態は、第 1 実施形態～第 3 実施形態の各構成例と組み合わせることで連れ回りの防止をより一層効果的にできる。また、組み合わせる構成した場合には、連れ回りを防止するために必要な永久磁石 217、又は第 3 実施形態の着磁部品である図 16 のタッチダウンベアリング 200 の外輪 201、図 17 の固定部材 211 の磁力の大きさを小さくすることができる。 以上により、連れ回りを防止する等の第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0119] また、上記各実施形態は、インナーロータ型の回転体について説明したが、図 27 に示すように、アウターロータ型の回転体にも適用できる。図 27 において、筒状の回転体 81 は、モータ 83 により回転駆動される。モータ 83 に対向する回転体 81 の箇所には永久磁石が配設されている。モータ 83 の上方には、半径方向位置制御用電磁石 85 が配設され、回転体 81 の上側の半径方向位置を制御する。

[0120] また、モータ 83 の下方には、半径方向位置制御用電磁石 87 が配設され、回転体 81 の下側の半径方向位置を制御する。そして、半径方向位置制御用

電磁石 8 5 の上方には、タッチダウンベアリング 8 9 が配設されている。一方、半径方向位置制御用電磁石 8 7 の下方には、タッチダウンベアリング 9 1 が配設されている。但し、図 2 7 中には、簡略のため軸方向の位置制御用電磁石は省略している。タッチダウンベアリング 8 9 及びタッチダウンベアリング 9 1 とともに玉軸受で構成されている。

[0121] かかる構成において、回転体 8 1 を挿入する際には前述と同様にタッチダウンベアリング 8 9 が磁化される。このため、本実施形態は、アウトロータ型であってもインナーロータ型と同様に適用可能であることが分かる。

符号の説明

[0122] 2 0、7 0、8 9、9 1、2 0 0 タッチダウンベアリング 2 1、7 1、2 0 1 外輪 2 1 a、2 3 a、7 3 a 凸部 2 1 b、2 3 b 凹部 2 3、2 0 3 内輪 2 5、2 0 5 玉 4 1、7 3 固定部材 5 0 着磁機 5 1 ヨーク鉄心部 5 1 a、5 1 b 歯部 5 3 a、5 3 b コイル 6 1 A、6 1 B、2 1 7、2 4 1、2 5 5 永久磁石 8 1、1 0 3 回転体 8 3、1 2 1 モータ 1 0 0 ターボ分子ポンプ 1 1 3 ロータ軸 1 2 2 ステータコラム 2 1 1 固定部材 2 1 1 a 凸部 2 1 5 スリット 2 1 9、2 2 0 溝 2 2 1 磁性部材 2 2 1 a 先端凸部 2 3 0、2 4 0、2 5 0 着磁機 2 5 1 切欠き溝

請求の範囲

- [請求項1] 回転体の停止時又は軸受の異常時に該回転体を保護する保護ベアリングであって、該保護ベアリングの少なくとも1カ所が磁化手段により磁化されていることを特徴とする保護ベアリング。
- [請求項2] 前記保護ベアリングを固定する固定部材が配設されていることを特徴とする請求項1記載の保護ベアリング。
- [請求項3] 前記固定部材には、前記保護ベアリングの内輪と外輪の間に位置する第1の凸部が形成されたことを特徴とする請求項2に記載の保護ベアリング。
- [請求項4] 前記保護ベアリングは、前記固定部材を介し、又は、前記保護ベアリングに対し接触することで前記保護ベアリングを磁化させる永久磁石が配設されていることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の保護ベアリング。
- [請求項5] 前記第1の凸部に対して前記保護ベアリングの転動体を挟んで反対側に配置された第2の凸部を備え、前記第1の凸部と前記第2の凸部とが前記永久磁石により磁化されたことを特徴とする請求項4に記載の保護ベアリング。
- [請求項6] 前記永久磁石が前記固定部材回りに複数個配設され、該固定部材には前記永久磁石の間を仕切る所定形状のスリットを備え、該スリットで仕切られた領域内に前記永久磁石が少なくとも一つ配設されていることを特徴とする請求項4記載の保護ベアリング。
- [請求項7] 前記回転体を駆動するモータが配設され、前記スリットの個数が該モータの磁極数に一致することを特徴とする請求項6記載の保護ベアリング。
- [請求項8] 前記永久磁石は、前記固定部材の表面に固着され、又は、前記固定部材若しくはステータに埋設されたことを特徴とする請求項4～7のいずれか1項に記載の保護ベアリング。
- [請求項9] 前記永久磁石は、前記保護ベアリングの外輪に接触して配置されたこ

とを特徴とする請求項4～8のいずれか1項に記載の保護ベアリング。
。

[請求項10] 前記保護ベアリングは、外輪が着磁されていることを特徴とする請求項3記載の保護ベアリング。

[請求項11] 前記固定部材は、着磁されていることを特徴とする請求項3記載の保護ベアリング。

[請求項12] 前記保護ベアリングは、内輪の外周と外輪の内周の少なくとも一方に第3の凸部を有することを特徴とする請求項1記載の保護ベアリング。
。

[請求項13] 前記保護ベアリングの転動体は、非磁性材でつくられていることを特徴とする請求項1又は請求項12に記載の保護ベアリング。

[請求項14] 請求項1～11のいずれか1項に記載の保護ベアリングを備え、前記回転体は空中に浮上支持されつつモータにより回転駆動され、前記保護ベアリングは前記回転体を非浮上状態で保護し、前記保護ベアリングは、内輪の外周と外輪の内周の少なくとも一方に第3の凸部を有し、該第3の凸部が前記磁化手段により磁化されたことを特徴とする軸受装置。

[請求項15] 前記磁化手段は、前記モータに配設された永久磁石であることを特徴とする請求項14記載の軸受装置。

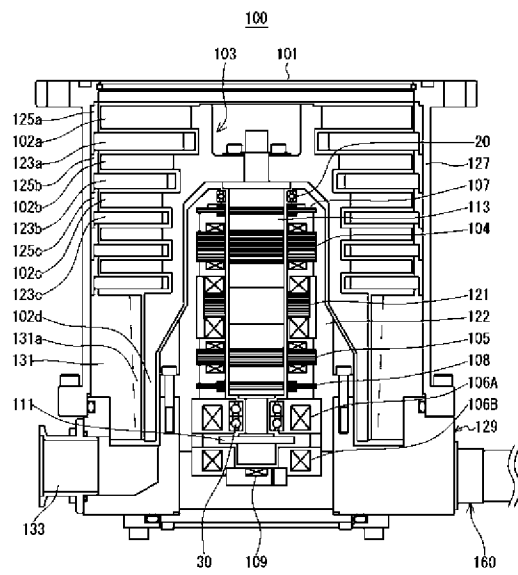
[請求項16] 前記磁化手段は、前記保護ベアリングの外周に配設された着磁機であることを特徴とする請求項14記載の軸受装置。

[請求項17] 前記磁化手段は、前記保護ベアリングの上部又は下部に径方向に磁極を有するように配設された永久磁石であることを特徴とする請求項14記載の軸受装置。

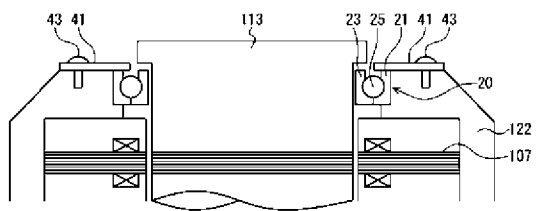
[請求項18] 前記保護ベアリングの上部又は下部を固定する固定部材を備え、該固定部材には、前記第3の凸部と対向する第4の凸部が配設され、前記第3の凸部と前記第4の凸部が前記磁化手段により磁化されたことを特徴とする請求項14～17のいずれか1項に記載の軸受装置。

- [請求項19] 請求項1～13のいずれか1項に記載の保護ベアリングと、浮上支持されつつモータにより回転駆動される前記回転体とを備えた軸受装置であって、前記回転体の前記保護ベアリングと対向する面には少なくとも1本の切欠き溝が形成されたことを特徴とする軸受装置。
- [請求項20] 請求項1～13のいずれか1項に記載の保護ベアリングを備えたことを特徴とする真空ポンプ。
- [請求項21] 請求項14～19のいずれか1項に記載の軸受装置を備えたことを特徴とする真空ポンプ。

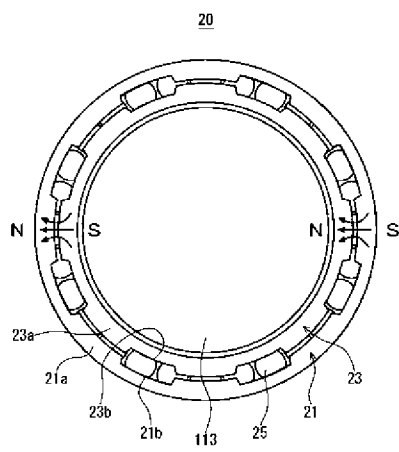
[図1]



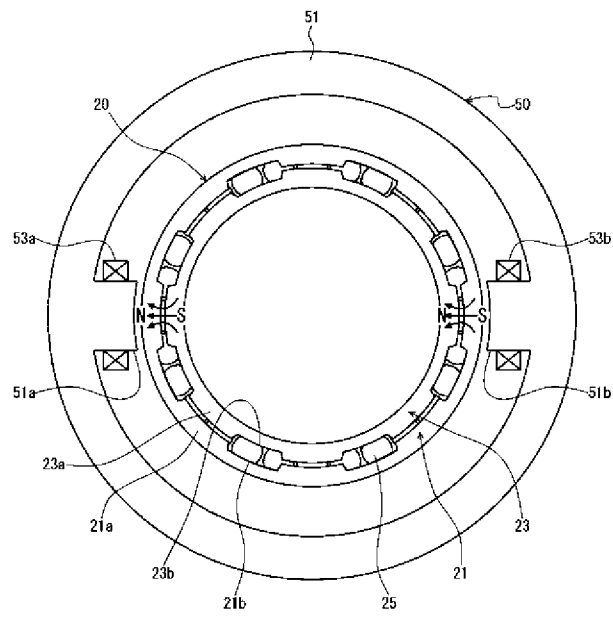
[図2]



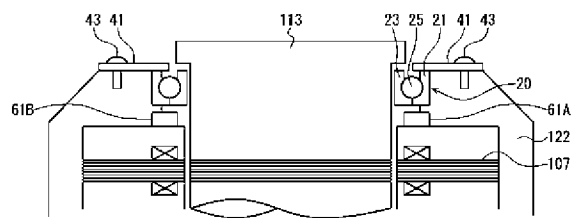
[図3]



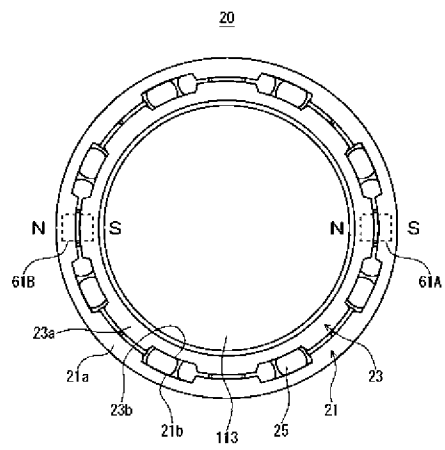
[図4]



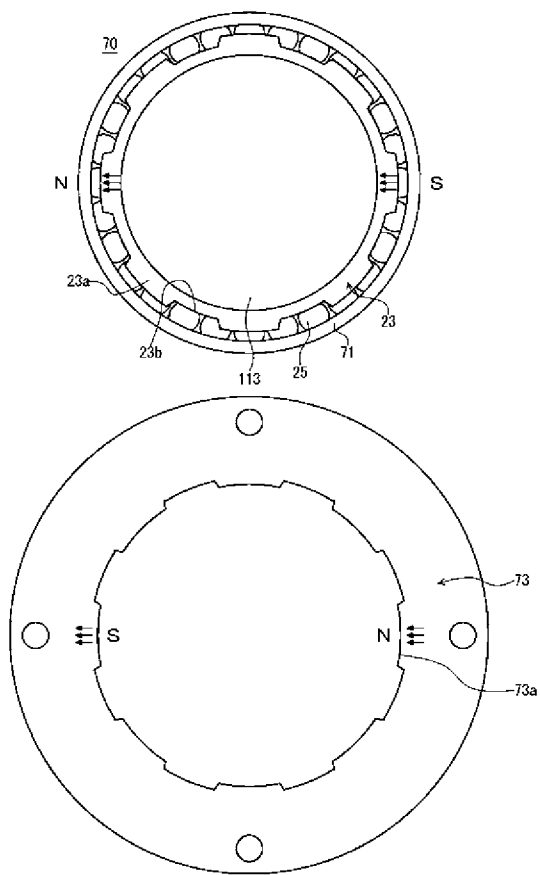
[図5]



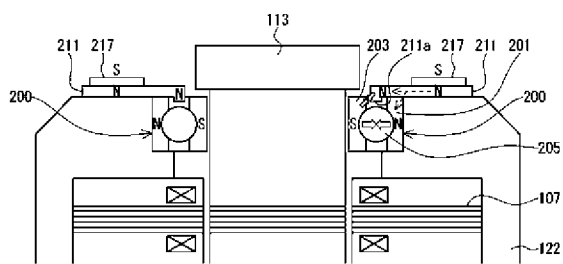
[図6]



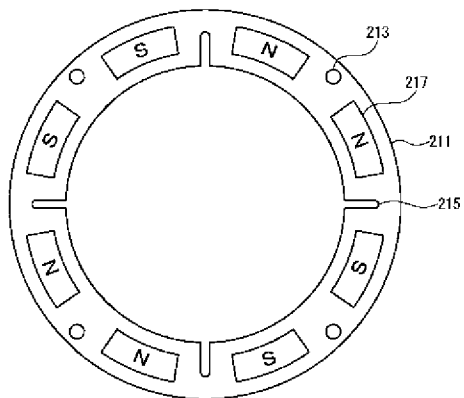
[図7]



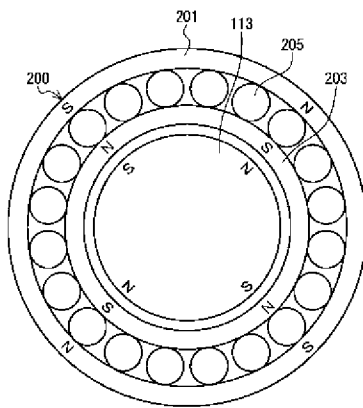
[図8]



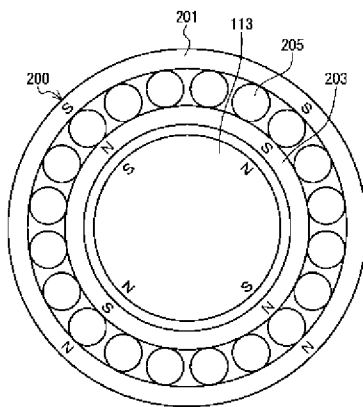
[図9]



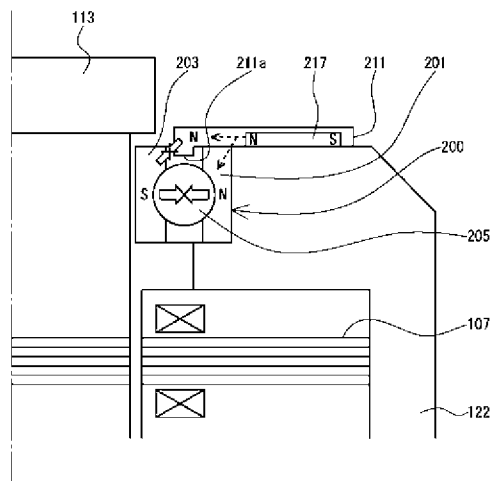
[図10]



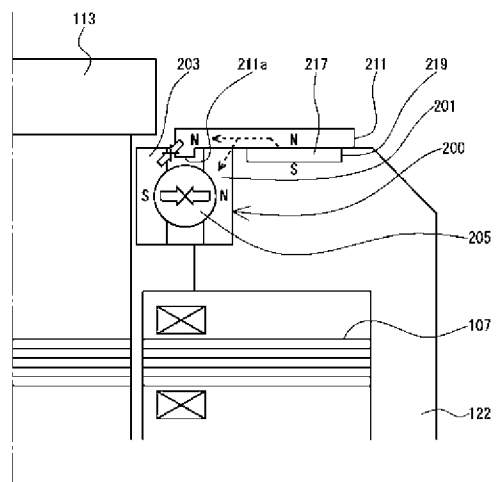
[図11]



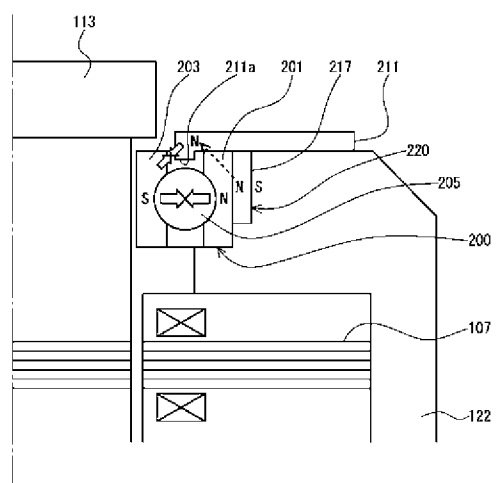
[図12]



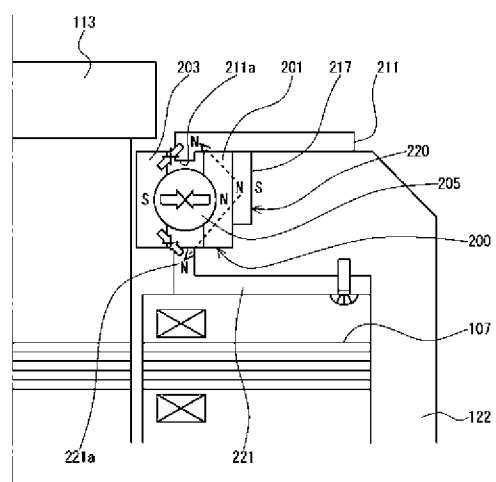
[図13]



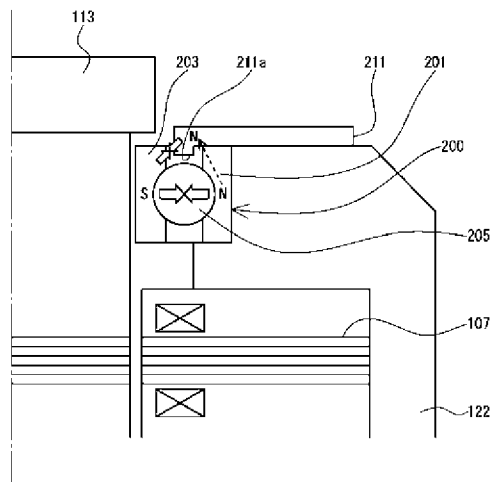
[図14]



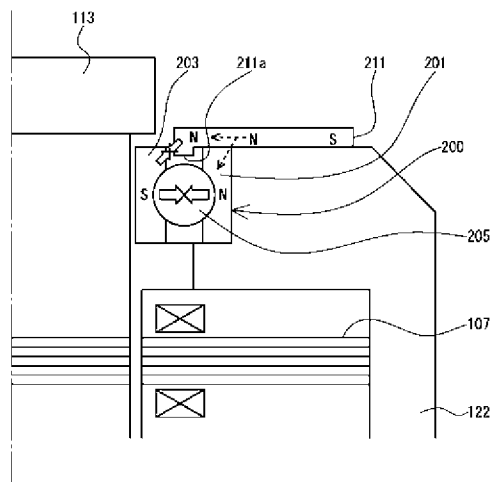
[図15]



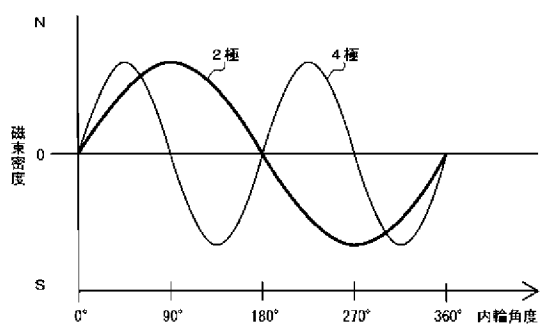
[図16]



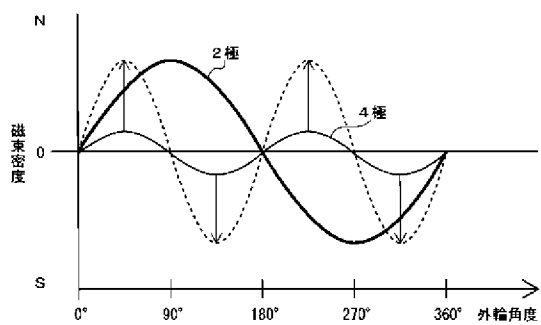
[図17]



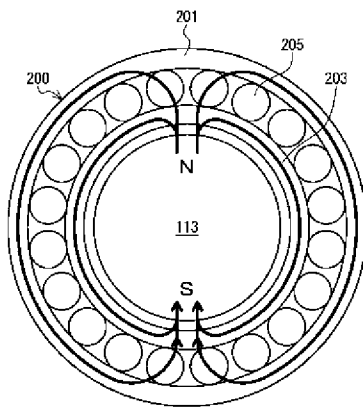
[図18]



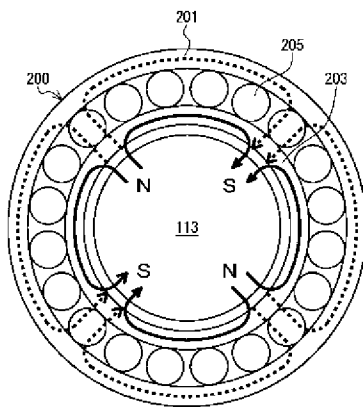
[図19]



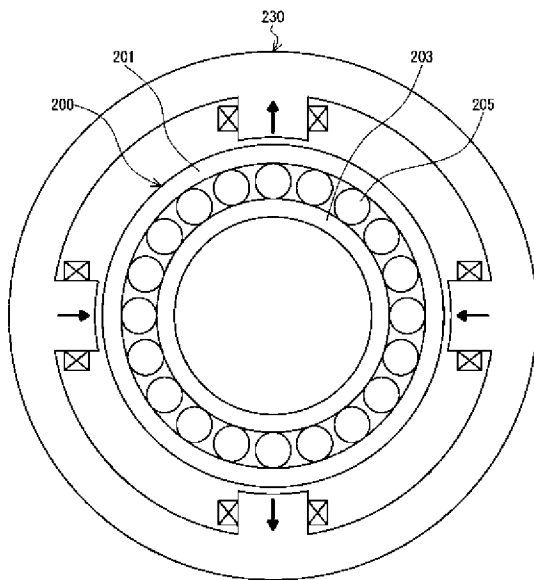
[図20]



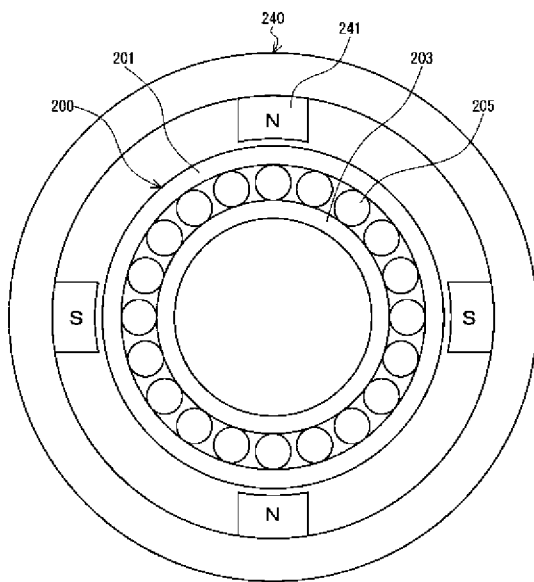
[図21]



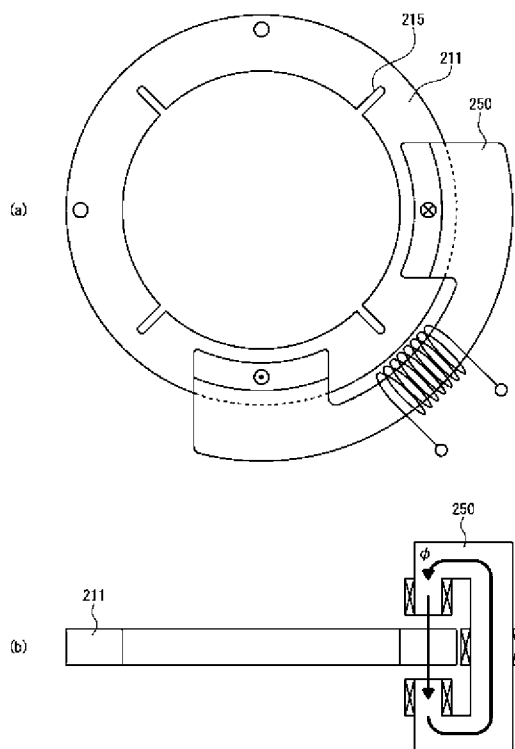
[図22]



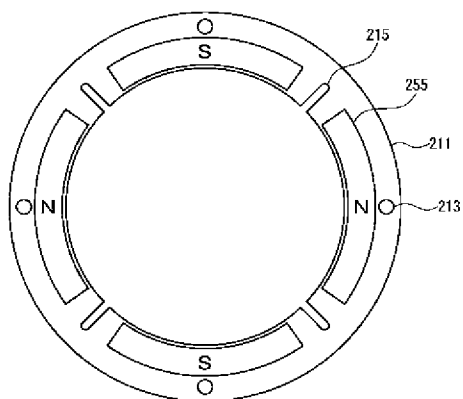
[図23]



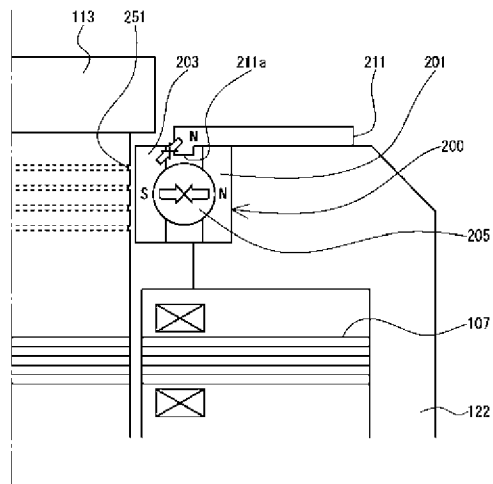
[図24]



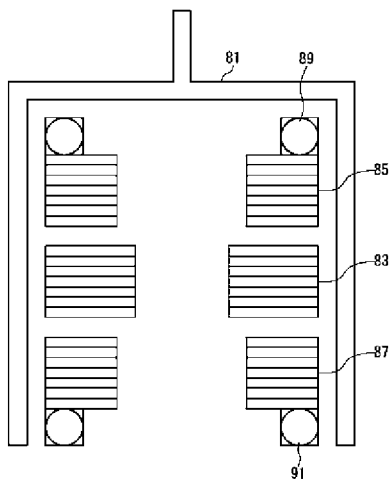
[図25]



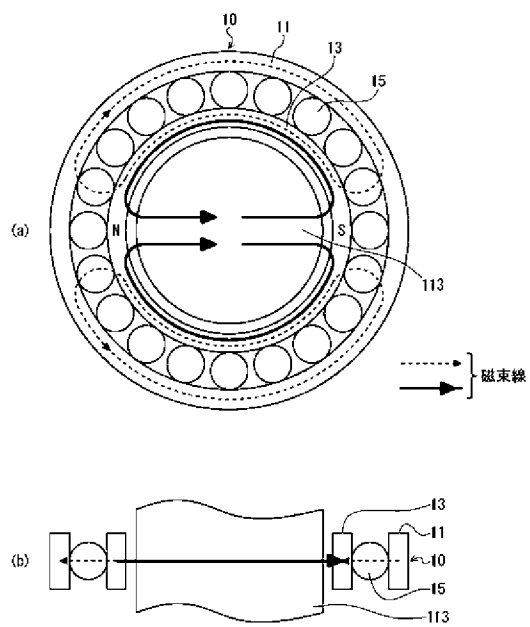
[図26]



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/073888

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C32/04(2006.01)i, F04D19/04(2006.01)i, F16C19/06(2006.01)i, F16C35/077(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16C32/04, F04D19/04, F16C19/06, F16C35/077

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2008-38935 A (BOC Edwards Japan Ltd.), 21 February 2008 (21.02.2008), paragraphs [0004] to [0009], [0011], [0031] to [0039]; fig. 1 to 3 & WO 2008/015849 A1	1-5, 8-14, 16-18, 20-21 6-7, 15, 19
Y A	JP 2010-190397 A (NSK Ltd.), 02 September 2010 (02.09.2010), paragraphs [0009], [0017] to [0020], [0023] to [0025], [0028], [0030], [0034]; fig. 1 to 4, 6 (Family: none)	1-5, 8-14, 16-18, 20-21 6-7, 15, 19
A	JP 2002-221226 A (NSK Ltd.), 09 August 2002 (09.08.2002), paragraphs [0004] to [0005] (Family: none)	1-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 December, 2014 (01.12.14)

Date of mailing of the international search report
16 December, 2014 (16.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F16C32/04(2006.01)i, F04D19/04(2006.01)i, F16C19/06(2006.01)i, F16C35/077(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F16C32/04, F04D19/04, F16C19/06, F16C35/077

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2008-38935 A (B O C エドワーズ株式会社) 2008.02.21, 段落【0004】-【0009】、【0011】、【0031】-【0039】、図1-3 & WO 2008/015849 A1	1-5, 8-14, 16-18, 20-21 6-7, 15, 19
Y A	JP 2010-190397 A (日本精工株式会社) 2010.09.02, 段落【0009】、【0017】-【0020】、【0023】-【0025】、【0028】、【0030】、【0034】、図1-4, 6 (ファミリーなし)	1-5, 8-14, 16-18, 20-21 6-7, 15, 19

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 6 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

久島 弘太郎

3 J

9 7 2 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-221226 A (日本精工株式会社) 2002. 08. 09, 段落【0004】 - 【0005】 (ファミリーなし)	1-21