

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年12月11日 (11.12.2008)

PCT

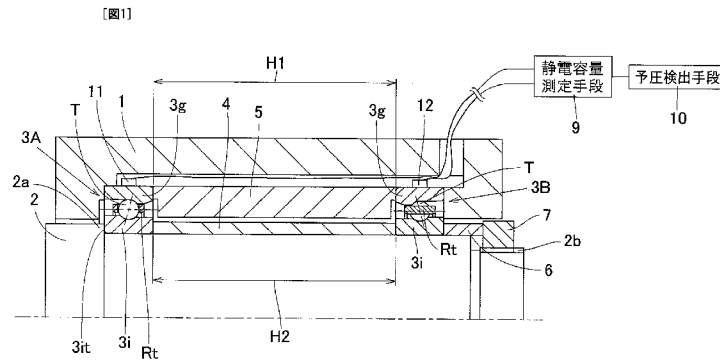
(10) 国際公開番号
WO 2008/149520 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 41/00 (2006.01) F16C 25/06 (2006.01)
F16C 19/14 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/001340
- (22) 国際出願日: 2008年5月29日 (29.05.2008)
- (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2007-147766 2007年6月4日 (04.06.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): NTN株式会社 (NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 水谷政敏 (MIZUTANI, Masatoshi) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 杉本修司, 外(SUGIMOTO, Shuji et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目10番2号 肥後橋ニッタイビル Osaka (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LI, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: BEARING DEVICE

(54) 発明の名称: 軸受装置



9 CAPACITANCE MEASUREMENT MEANS
10 PRELOAD DETECTION MEANS

(57) Abstract: A bearing device in which a preload acting on bearings can be obtained without causing electrodes to come into contact with a rotation body, production cost is reduced, and the life of a device component is extended. The bearing device is adapted such that spacers (4 (5)) are placed between raceway rings (3i, 3i (3g, 3g)) of axially arranged rolling bearings (3A, 3B) that receive a preload. The bearing device has an electrode (11) electrically connected to the stationary ring (3g) of the rolling bearing (3A) and also has an electrode (12) provided on a member fixed to the stationary ring (3g) and electrically connected to the rotation ring (3i) via the capacitance forming section (3B) that is a different part from the rolling bearing (3A). The bearing device further has capacitance measurement means (9) for measuring the capacitance (C) between the pair of the electrodes (11, 12) and preload detection means (10) for detecting a preload on the rolling bearings (3A, 3B) based on values measured by the capacitance measurement means (9).

(57) 要約: 回転体に電極を接触させることなく軸受にかかる予圧を求めることができ、製造コストの低減を図ると共に、装置部品の長寿命化を図ることができる軸受装置を提供する。軸方向に並ぶ複数の転がり軸受3A、3Bの軌道輪3i、3i(3g、3g)間に間座4(5)が介在し転がり軸受3A、3Bが予圧を受ける軸受装置であって、いずれかの転がり軸受3Aにおける固定輪3gに電氣的に接続された電極11、および固定輪3gに対して固定状態の部材に設けられ回転輪3iに対し一の転がり軸受3Aとは別の静電容量発生部3Bを

[続葉有]

WO 2008/149520 A1



SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

介して電氣的に接続された電極 1 2 を設け、これら一対の電極 1 1, 1 2 間の静電容量 C を測定する静電容量測定
手段 9 を設け、この静電容量測定手段 9 の測定値から転がり軸受 3 A, 3 B の予圧を検出する予圧検出手段 1 0 を
設けた。

明 細 書

軸受装置

関連出願

- [0001] 本願は2007年6月4日出願の特願2007-147766の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本願出願の一部をなすものとして引用する。

技術分野

- [0002] この発明は、工作機械の主軸スピンドルなどに使用される軸受装置に関する。

背景技術

- [0003] 工作機械のスピンドル装置では、加工精度および効率の向上のため、軸受の予圧管理が求められており、そのため軸受予圧検出の要求がある。従来、例えば、軸受の予圧荷重を検出するセンサとして、内外輪間の抵抗値から予圧を検出するものが提案されている（特許文献1参照）。

特許文献1：特開2003-206925号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] 上記特許文献1では、内外輪間の抵抗を測定するために、電極を測定対象物に接触させる必要がある。その際、測定対象物の一方は回転体であるため、回転中に予圧を測定するには、ブラシやスリップリング等の電気接点が必要である。そのため、この特許文献1の技術を高速回転のものに適用するには、コストがかかる。また、ブラシやスリップリングが短寿命になる等の問題がある。

- [0005] この発明の目的は、回転体に電極を接触させることなく軸受にかかる予圧を求めることができ、製造コストの低減を図ると共に、装置部品の長寿命化を図ることができる軸受装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] この発明の軸受装置は、軸方向に並ぶ複数の転がり軸受の軌道輪間に間座が介在し前記転がり軸受が予圧を受ける軸受装置であって、いずれか一の転がり軸受における固定輪に電氣的に接続された電極、および前記固定輪に対して固定状態の部材に設けられ回転輪に対し前記一の転がり軸受とは別の静電容量発生部を介して電氣的に接続された電極を設け、これら一対の電極間の静電容量を測定する静電容量測定手段を設け、この静電容量測定手段の測定値から前記転がり軸受の予圧を検出する予圧検出手段を設けている。

[0007] この構成によると、静電容量測定手段は、いずれか一の転がり軸受における外輪と転動体の間、転動体と内輪の間に潤滑油膜により形成されるコンデンサ相当部による静電容量を測定する。前記潤滑油膜の厚さは、軸受にかかる荷重により変化し、予圧の値が変わると、油膜厚さの変化から上記各コンデンサ相当部の静電容量が変わる。そのため、前記静電容量測定手段の測定値から、予圧検出手段は、転がり軸受の予圧を検出することができる。

この場合に、一方の電極は固定輪に接続し、他方の電極は回転輪に対して前記一の転がり軸受とは別の静電容量発生部を介して接続したため、固定側に設けながら、スリップリングやブラシ等を使用せずに、回転輪等の回転体に対して非接触で電極に接続できる。なお、上記静電容量発生部の静電容量については、上記静電容量測定手段による測定値に加味することで、内外輪と転動体間の静電容量を検出することができる。

このように、スリップリングやブラシ等を使用せずに、回転輪や転動体に非接触で、軸受の軌道輪と転動体の間に形成されるコンデンサ相当部の静電容量を測定することができるので、構造を単純化して製造コストの低減を図ることができる。さらにスリップリングやブラシの寿命の問題がなくなる。また、この軸受装置を、高速回転のもの、つまり主軸スピンドルなどに適用することができる。したがって、軸受回転中に軸受の予圧荷重を確実に検出することができる。

[0008] この発明において、前記静電容量発生部は、前記一の転がり軸受とは別の転がり軸受からなり、前記一の転がり軸受における固定輪、前記別の転がり

軸受における固定輪間を電氣的に絶縁し、前記静電容量測定手段は、各固定輪に電氣的に接続された電極間の静電容量を測定するものであっても良い。この場合、各電極は、固定輪に直接接続しても良いし、固定輪に導電性を有する部材を介して間接的に接続しても良い。

この場合、測定専用の静電容量発生部が不要となるため、軸受装置の構造を簡単化することができ、装置の小形化を図ることが可能となる。また、両転がり軸受の平均化された予圧を求めることができ、これにより、回転軸を所望の回転精度に安定して維持することが可能となる。また、回転軸の剛性を安定して管理することが可能となる。

[0009] この発明において、前記複数の転がり軸受を嵌合するハウジングを設け、各転がり軸受における固定輪およびハウジングのいずれか一つの接触面または両方の接触面に絶縁コーティングを施し、かつ固定輪間に介在する間座の接触面に、絶縁コーティングを施しても良い。この場合、部品点数を増やすことなく、一方の固定輪、他方の固定輪間を電氣的に絶縁することができる。したがって、軸受装置の組立てを簡単化することができるうえ、製造コストの低減を図ることができる。

[0010] この発明において、前記静電容量発生部は、いずれか一の転がり軸受における回転輪と一体に回転する回転体を有し、前記静電容量測定手段は、この回転体に隙間を隔てて対向する電極、前記転がり軸受における固定輪に電氣的に接続された電極間の静電容量を測定するものであっても良い。

この場合、軌道輪とハウジング間、軌道輪と間座間、間座とハウジング間の絶縁は不要であり、導通状態であっても良い。静電容量測定手段は、両電極により、固定輪と転動体、転動体と回転輪、および回転体と電極間に形成されるコンデンサを合成した静電容量を測定する。軸受にかかる荷重により、固定輪と転動体、転動体と回転輪の間の静電容量が変化するので、この軸受にかかる予圧荷重を求めることができる。また、検出したい転がり軸受の予圧が検出できる。前記軌道輪とハウジング間等の絶縁を不要とした場合、その分、製造コストの低減を図ることができる。また、ハウジングに形成さ

れる、電極からの配線を通すための孔を短くすることができるため、ハウジング剛性の低下を抑制することができるうえ、配線長を短縮することができる。

[0011] この発明において、前記静電容量発生部が回転輪と一体に回転する回転体を有し、静電容量測定手段が、回転体に隙間を隔てて対向する電極、固定輪に電氣的に接続された電極間の静電容量を測定する場合に、前記複数の転がり軸受を取り付ける軸を有し、前記回転輪の端面に前記回転体を介して当接する当接部材を、前記軸に螺着して設け、この当接部材を締め付けることにより、転がり軸受に予圧を付与可能に構成しても良い。このように、予圧荷重を付与するための部品、当接部材を、コンデンサの一部として兼用することができる。したがって、部品の兼用性を高めることができる。

[0012] この発明において、前記静電容量測定手段は、交流電流を用いてインピーダンスを測定することにより前記静電容量を推定するものとしても良い。インピーダンス測定によると、簡単にかつ精度良く静電容量を推定することができる。

図面の簡単な説明

[0013] この発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施例の説明から、より明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施例および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の範囲を定めるために利用されるべきものではない。この発明の範囲は添付の請求の範囲によって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の部品番号は、同一部分を示す。

[0014] [図1] この発明の第1の実施形態に係る軸受装置等の断面図である。

[図2] 同軸受装置の要部の拡大断面図である。

[図3] 同軸受装置の要部の拡大断面図である。

[図4] (A) は転がり軸受の半部断面図、(B) は(A)の軸受構造を電気回路として表現した場合の模式図である。

[図5] 軸受装置の電氣的な等価回路図である。

[図6] この発明の第 2 の実施形態に係る軸受装置等の断面図である。

[図7] 同軸受装置の要部の拡大断面図である。

[図8] 同軸受装置の電氣的な等価回路図である。

[図9] 軸受装置における静電容量測定手段の一例を示すブロック図である。

[図10] 軸受装置における静電容量測定手段の他の例を示す回路図である。

[図11] 軸受装置における静電容量測定手段のさらに他の例を示す回路図である。

発明を実施するための最良の形態

[0015] この発明の第 1 の実施形態を図 1 ないし図 5 と共に説明する。この第 1 の実施形態にかかる軸受装置は、ハウジング 1 に軸 2 を複数の軸受 3 A, 3 B で回転自在に支持したものである。この軸受装置は、例えば、工作機械のスピンドル装置に応用され、その場合、軸 2 はスピンドル装置の主軸 2 となる。

[0016] 主軸 2 には、軸方向に離隔した複数の軸受 3 A, 3 B を締め込み状態で嵌合し、内輪 3 i, 3 i 間に内輪間座 4 を、外輪 3 g, 3 g 間に外輪間座 5 を介在させている。軸受 3 A (3 B) は、内輪 3 i と外輪 3 g の間に複数の転動体 T を介在させた転がり軸受であり、これら転動体 T は保持器 R t で保持されている。軸受 3 A, 3 B は、軸方向の予圧を付与することが可能な軸受であり、アンギュラ玉軸受、深溝玉軸受、またはテーパころ軸受等が用いられる。図示の例ではアンギュラ玉軸受が用いられ、2 個の軸受 3 A, 3 B が背面組合わせで設置されている。

[0017] 一方の軸受 3 A の内輪 3 i は、主軸 2 の外周に突出する肩部 2 a にこの内輪端面 3 i t を係合させ、他方の軸受 3 の端面を、円筒部材であるスペーサ 6 を介してナット 7 で締め付けることで、両軸受 3 A, 3 B の内輪 3 i, 3 i が主軸 2 に固定されている。前記ナット 7 は、主軸 2 の雄ねじ部 2 b に螺合したものである。両軸受 3 A, 3 B の外輪 3 g, 3 g は、ハウジング 1 の内径面 1 a に嵌合させ、ハウジング 1 の内周側に突出した対面する一对の肩部 1 b, 1 c に、各軸受 3 A, 3 B の外輪 3 g の端面を係合させてある。外

輪 3 g は、ハウジング 1 の内径面 1 a に対して緩み嵌めとし、両外輪 3 g、3 g 間に一つの外輪間座 5 を介在させてある。

[0018] これら外輪間座 5、内輪間座 4 は、いずれもリング状の部材である。外輪間座 5 の幅寸法 H 1 は、内輪間座 4 の幅寸法 H 2 と異なっており、図 1 の右側の軸受 3 B の内輪端面に、スペーサ 6 を介して当接する当接部材としてのナット 7 を締め付けることにより、これら外輪間座 5、内輪間座 4 の幅寸法差に応じて軸受に予圧が付与される。

[0019] 両軸受 3 A、3 B の内輪 3 i、3 i は、主軸 2 および内輪間座 4 により電氣的に導通している。外輪間座 5 およびハウジング 1 も金属製であるので導電部材である。これらの導電部材と外輪 3 g とを電氣的に絶縁するために、図 2 および図 3 に示すように、外輪 3 g とハウジング 1 との径方向の嵌合面に絶縁部材 8 を挟み、外輪 3 g とハウジング 1 との軸方向の接触面に絶縁部材 8 を挟んでいる。さらに、外輪 3 g と外輪間座 5 との軸方向の接触面に絶縁部材 8 を挟んでいる。これら絶縁部材 8 は、軸受予圧および嵌め合いに影響を及ぼさない薄板状でかつ絶縁材料からなる。また、これら絶縁部材 8 の代替手段として、外輪外径面、外輪端面、およびハウジング 1 の内周面 1 a に絶縁コーティング Z C を施し、かつ外輪間座 5 の接触面に絶縁コーティング Z C を施しても良い。

[0020] 前記外輪 3 g に施す絶縁コーティング Z C およびハウジング 1 に施す絶縁コーティング Z C のうちいずれか一方を省略することも可能である。前記絶縁部材 8 の少なくともいずれか一つと前記絶縁コーティング Z C とを必要に応じて組み合わせて実施することも可能である。このように導電部材と外輪 3 g とを電氣的に絶縁する形態は種々あり、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で任意の形態を適用し得る。

[0021] 静電容量測定手段 9 および予圧検出手段 10 について説明する。

この軸受装置は、後述する電極 11、12 により、各転がり軸受 3 における外輪 3 g と転動体 T との間、および転動体 T と内輪 3 i との間の静電容量の合計値を測定する静電容量測定手段 9 と、この静電容量測定手段 9 の測定

値から転がり軸受の予圧を検出する予圧検出手段10とを備えている。

[0022] 図4(A)は前記各転がり軸受3A, 3Aの半部断面図を示し、図4(B)は、図4(A)の軸受構造を電気回路として表現したときの模式図を示す。図4(A)において、外輪3gと転動体Tの接触面には1 μ m以下の厚さの潤滑膜13つまり油膜が形成され、外輪3と転動体Tは直接接触することなく潤滑膜13を介して荷重を伝えることが知られている。内輪3iと転動体Tの接触面にも同様の潤滑膜14が形成される。この潤滑膜厚さは、軸受にかかる荷重により変化するので、後述する電極11, 12間の静電容量は軸受にかかる荷重により変化する。

[0023] 外輪3と転動体Tの関係において、潤滑膜13を誘電体と考え、外輪3と転動体Tを電極を考えると、ここに1つのコンデンサ相当部、すなわちコンデンサ15が形成される。同様に内輪3iと転動体Tの関係においても、もう1つ別のコンデンサ16が形成される。

これを模式的に表現すると、図4(B)のように2つのコンデンサ15, 16が直列に接続された回路構成となる。ここで、両コンデンサ15, 16の静電容量 C_a , C_b が等しいとすると、2つのコンデンサ15, 16の合計の静電容量は $C_a/2$ となる。また、軸受1個あたりの転動体Tの個数を n として、それぞれの転動体Tでのコンデンサの静電容量が等しいとすると、それらの等しい静電容量のコンデンサが並列に接続された回路構成とみなすことができるので、軸受1個での全体の静電容量は $n C_a/2$ となる。

[0024] したがって、1つの転がり軸受3A(3B)において、外輪3gから内輪3iまでの経路の静電容量を測定すれば、1箇所の潤滑膜13(14)での静電容量 C_a を推定することができる。ただし、軸受1個に対して、上記した経路の静電容量を測定するのでは、内外輪3i, 3gのいずれかが回転している(図1の場合は内輪3iが回転している)ため、上記特許文献1に開示の方法の場合と同様に、被測定箇所以外の部分でスリップリング等の電気接点が必要となり、測定誤差が生じたり測定結果が不安定になる要因となる。

[0025] そこで、この実施形態の軸受装置では、2つの転がり軸受3A、3Bの固定輪である各外輪3g、3gに、静電容量測定手段9の入力端子である電極11、12が接続される。この場合、前述したように両外輪3g、3gの間は、絶縁部材等で適切に絶縁されており、互いに電氣的に非導通状態とされる。この場合の軸受装置の電氣的な等価回路は図5のようになる。すなわち、この場合の電気回路は、静電容量測定手段9の電極11から一方の軸受3Aの外輪3g→転動体T→内輪3i→主軸2→他方の軸受3Bの内輪3i→転動体T→外輪3g→静電容量測定手段9の電極12の経路で形成される。本実施形態では、2つの転がり軸受3A、3Bの任意の一方が特許請求の範囲で言う静電容量発生部に相当する。なお、図5では、各転がり軸受3A、3Bの転動体Tの個数nを6としている。ただし、個数nは「6」に限定されるものではない。この場合、各転動体Tと内外輪3i、3gの間に形成されるコンデンサの静電容量が同じ値Caとすると、2つの転がり軸受3A、3Bの全体の静電容量Cは、

$$C = n C a / 4$$

となる。

したがって、全体の静電容量Cを測定すれば、

$$C a = 4 C / n$$

として、転動体Tと内外輪3i、3g間に介在する潤滑膜13、14の1箇所当たりの平均静電容量Caを求めることができる。前記静電容量測定手段9において、全体の静電容量Cの測定には、電気容量計などの計測器を用いることができる。

[0026] 前記予圧検出手段10は、前記静電容量測定手段9で測定した全体の静電容量Cから、平均静電容量Caを求め、この平均静電容量Caに比例する予圧量を算出する電子回路等からなる。この予圧検出手段10は、平均静電容量と予圧量の関係を演算式またはテーブル等で設定した図示外の関係設定手段を有し、求めた平均静電容量を前記関係設定手段に照らし予圧量を算出する。予圧検出手段10は、独立して設けられた電子回路であっても、またス

スピンドル装置を制御する制御装置の一部であっても良い。

[0027] 上記構成の作用、効果を説明する。スピンドル装置の図示外の駆動源により主軸 2 が回転し、軸受 3 の温度が上昇して内輪 3 i が膨張すると、内輪 3 i と転動体 T の接触面における潤滑膜厚さが減少する。これと共に、外輪 3 g と転動体 T の接触面における潤滑膜厚さも減少する。したがって、軸受全体の静電容量が増加する。この状態において、軸受にかかる予圧は、初期設定値よりも大きくなっている。予圧検出手段 10 は、静電容量測定手段 9 で測定した静電容量に基づく平均静電容量と前記関係設定手段に照らし、この初期設定値よりも大きくなった予圧量を算出する。

[0028] 以上説明したように、前記潤滑油膜の厚さは、軸受 3 A, 3 B にかかる荷重により変化し、予圧の値が変わると、油膜厚さの変化から各コンデンサ相当部の静電容量が変わる。そのため、静電容量測定手段 9 の測定値から、予圧検出手段 10 は軸受 3 A, 3 B の予圧を検出することができる。

この場合に、一方の電極 12 は軸受 3 B の固定輪である外輪 3 g に接続し、他方の電極 11 は軸受 3 A の固定輪である外輪 3 g に接続したため、固定側に設けながら、スリップリングやブラシ等を使用せずに、内輪 3 i や転動体 T に非接触で電極に接続できる。このように、スリップリングやブラシ等を使用せずに、内輪 3 i や転動体 T に非接触で、軸受 3 A, 3 B の軌道輪 3 g (3 i) と転動体 T の間に形成されるコンデンサ相当部の静電容量を測定することができるので、上記特許文献のものよりも、軸受装置の構造を単純化して製造コストの低減を図ることができる。さらに、スリップリングやブラシの寿命の問題がなくなる。よって、この軸受装置を、高速回転の主軸スピンドルに適用することができる。したがって、軸受回転中に軸受の予圧荷重を確実に検出することができる。この検出される予圧荷重によって、工作機械の主軸を所望の回転精度に維持すると共に、主軸の剛性を適度に管理することが可能となる。

[0029] 前記導電部材と外輪 3 g とを電氣的に絶縁する絶縁部材 8 を適用する場合、外輪外径面、外輪端面、ハウジング 1 の内周面、および外輪間座に、絶縁

コーティングZ Cを例えば、スプレー塗付、浸漬塗付した後、乾燥させる等の手間を省略することができ、その分、製造工程を簡略化することができる。また、絶縁コーティングZ Cを施すものより、軸受に予圧荷重を安定して付与することができる。

前記導電部材と外輪3 gとを電氣的に絶縁する絶縁コーティングZ Cを適用する場合、部品点数を増やすことなく、導電部材と外輪3 gとを電氣的に絶縁することができる。したがって、軸受装置の組立てを簡単化することができるうえ、製造コストの低減を図ることができる。

[0030] 次に、この発明の第2の実施形態を図6ないし図8と共に説明する。以下の説明において、第1の実施形態で説明している事項に対応している部分には同一の参照符を付し、重複する説明を略する場合がある。構成の一部のみを説明している場合、構成の他の部分は、先行して説明している形態と同様とする。実施の各形態で具体的に説明している部分の組合せばかりではなく、特に組合せに支障が生じなければ、実施の形態同士を部分的に組合せることも可能である。

[0031] この第2の実施形態に係る軸受装置は、図6の右側の軸受3 Bの外輪3 gに、静電容量測定手段9の入力端子である一方の電極1 2が接続され、他方の電極1 1 Aをこの軸受3 Bの右端面に、絶縁体であるスペーサ部材1 7、1 8を介して設けている。前記他方の電極1 1 Aは、ハウジング1の内周面1 aから半径方向内方に伸び、この電極1 1 Aの先端部が、図7のように、回転体であるスペーサ6と僅かな隙間 δ を隔てて対向するように設けている。このスペーサ6と電極1 1 Aの間にはコンデンサが形成され、この軸受3 Bの内輪3 iとスペーサ6は電氣的に導通している。このスペーサ6によって静電容量発生部6 Aが形成される。この第2の実施形態の軸受装置では、外輪3 g、ハウジング1、および外輪間座5の絶縁は不要であり、導通状態であっても良い。このように、外輪間座5、外輪3 g間が電氣的に導通していれば、前記軸受3 Bの外輪3 gに取付ける電極1 2は、外輪間座5に取付けても良い。この場合、ハウジング1の設計の自由度を高めることができる。

。また、前記他方の電極 11A は、スペーサ部材 17, 18 により挟持され、他の部材と電氣的に絶縁されている。

[0032] 前記電極 12, 11A により、外輪 3g と転動体 T、転動体 T と内輪 3i、およびスペーサ 6 と電極 11A の間に形成されるコンデンサを合成した静電容量を測定することができる。したがって、軸受にかかる荷重により、外輪 3g と転動体 T、転動体 T と内輪 3i の間の静電容量が変化するので、前述の第 1 の実施形態と同様に、軸受にかかる予圧荷重を求めることができる。

この場合の軸受装置の電氣的な等価回路は図 8 のようになる。すなわち、軸受 3A と軸受 3B とは並列接続され、さらに、これら軸受 3A, 3B に対して静電容量発生部 6A が直列接続されている。この等価回路において、外輪 3g、ハウジング 1、および外輪間座 5 の絶縁を設けておらず、導通状態の場合を示している。この場合、軸受 3A, 3B の測定値に静電容量発生部 6A の静電容量を加味することで、内外輪 3i, 3g と転動体 T 間の静電容量を検出することができる。これによって、両軸受 3A, 3B の平均化された予圧を求めることができる。これに対して、外輪 3g、ハウジング 1、および外輪間座 5 の絶縁を設け、非導通状態にした場合、軸受 3B のみに対して静電容量発生部 6A が直列接続された状態となる。この場合、一方の軸受 3B の予圧だけを求めることができる。

[0033] 第 2 の実施形態に係る軸受装置では、外輪 3g、ハウジング 1、および外輪間座 5 の絶縁が不要であるため、その分、絶縁部材、絶縁コーティング等が不要となり、装置構造を単純化することができ、製造コストの低減を図ることができる。図 6 における左側の軸受 3A の外輪 3g に電極を設ける必要がないため、ハウジング 1 にその電極からの配線を通すための孔を形成する必要がなくなり、ハウジング剛性の低下を抑制することができる。

電極 12, 11A、スペーサ部材 17, 18、スペーサ 6 を、右側の軸受 3B 周りに集約することができ、それ故、メンテナンス性を高め、配線長を短縮することができる。

また、予圧荷重を付与するための部品であるスペーサ 6 を、静電容量発生部 6 A の一部として兼用することができるため、部品の兼用性を高めることができる。したがって、製造コストの低減を図ることができる。その他第 1 の実施形態と同様の効果を奏する。

[0034] 図 9 は、第 1、第 2 の実施形態における静電容量測定手段 9 が、直列接続した発振器 19 と電流測定手段 20 とでなり、軸受装置 21 に交流電流を流すことによって、軸受装置 21 における両転がり軸受 3 A、3 B の全体の静電容量 C をインピーダンスに換算して測定するようにした例を示す。この場合、測定したインピーダンスから平均静電容量 C_a を求めることもできる。

この場合、油膜で形成される静電容量が一般に数十 pF と小さいことから、発振器 19 による発振周波数を 100 kHz から 10 MHz 程度とすると、高い検出精度が得られる。また、油膜の厚みは極めて小さいことから、軸受装置 21 の両外輪 3 g、3 g 間に印加する印加電圧は概ね 1 V 以下にする必要がある。

[0035] 図 10 は、上記静電容量測定手段 9 が OP アンプ 22 で構成した発振器 23 と、この発振器 23 の発振周波数から静電容量を推定する周波数対応容量推定手段 24 とでなり、測定した発振器 23 の周波数から軸受装置における両転がり軸受 3 A、3 B の全体の静電容量 C を推定するようにした例を示す。この場合の発振器 23 は、relaxation oscillator と呼ばれ、OP アンプ 22 に抵抗 25 R_a、25 R_b、25 R_t、およびコンデンサ 25 C_t を接続して構成される。抵抗 25 R_a、25 R_b、25 R_t の抵抗値を R_a、R_b、R_t、コンデンサ 25 C_t の静電容量を C_t とすると、発振周波数 f は、およそ、

$$f = 1 / (2 R_t C_t)$$

となることが知られている。

ここでは、前記発振器 23 のコンデンサ 25 C_t が軸受装置における両転がり軸受 3 A、3 B の全体の静電容量 C に置き換えられることで、その静電容量 C が推定される。

[0036] 図 11 は、軸受装置の静電容量測定手段 9 が、充放電手段 26 と、その充電および放電の繰り返しにおける過度現象によって生じる充放電時間より静電容量を推定する充放電時間対応静電容量推定手段 27 とでなる例を示す。充放電手段 26 は充電抵抗 28 と充電スイッチ 29 の直列回路部を被測定静電容量 C_t に直列接続すると共に、放電スイッチ 30 と放電抵抗 31 の直列回路部を被測定静電容量 C_t に並列接続した回路である。充放電時間対応静電容量推定手段 27 は、充放電手段 26 での充放電電圧を監視する電圧測定手段 32 と、この電圧測定手段 32 が監視する電圧が規定電圧になるまでの時間を測定することにより、被測定静電容量 C_t を推定する判断手段 33 とでなる。

[0037] この場合、例えば、充電スイッチ 29 をオンにして充電を開始し、被測定静電容量 C_t の充電電圧を電圧測定手段 32 で監視して、その充電電圧が規定電圧になるまでの充電時間を判断手段 33 で測定することにより、被測定静電容量 C_t を推定できる。または、予め所定電圧まで充電させた被測定静電容量 C_t に対して、放電スイッチ 30 をオンにして放電を開始し、被測定静電容量 C_t の放電電圧を電圧測定手段 32 で監視して、その放電電圧が規定電圧になるまでの放電時間を判断手段 33 で測定することにより、被測定静電容量 C_t を推定できる。

ここでは、前記被測定静電容量 C_t が軸受装置における両転がり軸受 3A、3B の全体の静電容量 C に置き換えられることで、その静電容量 C が推定される。

[0038] 以上説明した軸受装置を、スピンドル装置以外の装置、ロボット等に適用することも可能である。本実施形態では、2 個の軸受を背面組み合わせで設置したが、正面組み合わせで設置する場合もあり得る。また、軸受の個数は 2 個に必ずしも限定されるものではない。

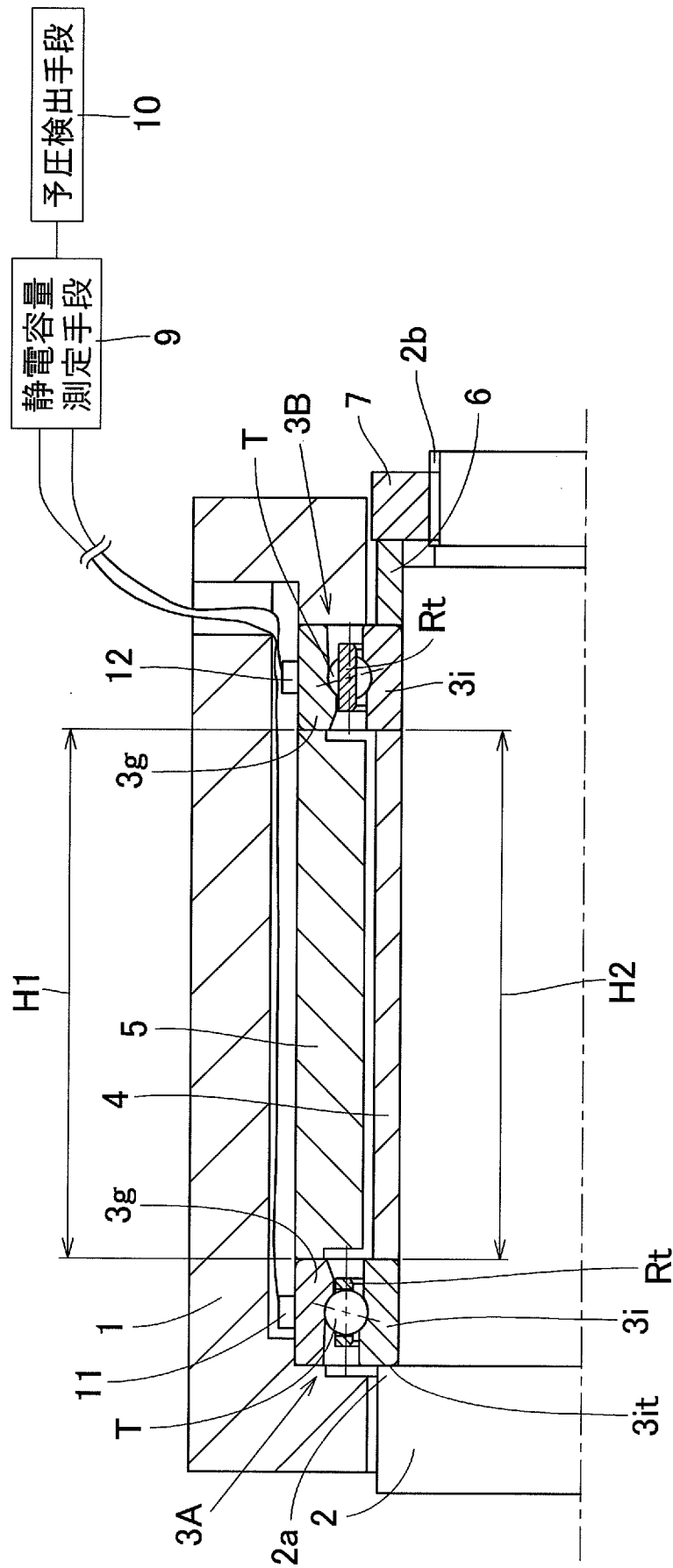
[0039] 以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施形態を説明したが、当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、添付のク

レームから定まるこの発明の範囲内のものと解釈される。

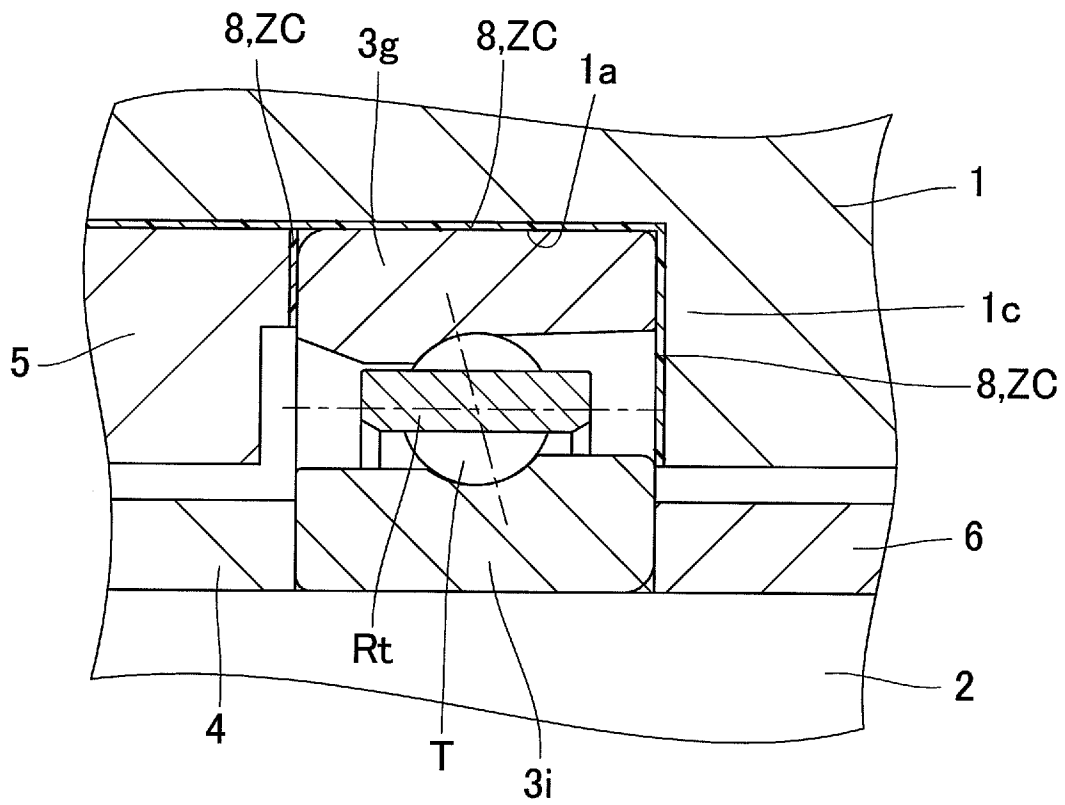
請求の範囲

- [1] 軸方向に並ぶ複数の転がり軸受の軌道輪間に間座が介在し前記転がり軸受が予圧を受ける軸受装置であって、
- いずれか一の転がり軸受における固定輪に電氣的に接続された電極、および前記固定輪に対して固定状態の部材に設けられ回転輪に対し前記一の転がり軸受とは別の静電容量発生部を介して電氣的に接続された電極を設け、これら一対の電極間の静電容量を測定する静電容量測定手段を設け、この静電容量測定手段の測定値から前記転がり軸受の予圧を検出する予圧検出手段を設けた軸受装置。
- [2] 請求項 1 において、前記静電容量発生部は、前記一の転がり軸受とは別の転がり軸受からなり、前記一の転がり軸受における固定輪、前記別の転がり軸受における固定輪間を電氣的に絶縁し、前記静電容量測定手段は、各固定輪に電氣的に接続された電極間の静電容量を測定する軸受装置。
- [3] 請求項 2 において、前記複数の転がり軸受を嵌合するハウジングを設け、各転がり軸受における固定輪およびハウジングのいずれか一つの接触面または両方の接触面に絶縁コーティングを施し、かつ固定輪間に介在する間座の接触面に、絶縁コーティングを施した軸受装置。
- [4] 請求項 1 において、前記静電容量発生部は、いずれか一の転がり軸受における回転輪と一体に回転する回転体を有し、前記静電容量測定手段は、この回転体に隙間を隔てて対向する電極、前記転がり軸受における固定輪に電氣的に接続された電極間の静電容量を測定する軸受装置。
- [5] 請求項 4 において、前記複数の転がり軸受を取り付ける軸を有し、前記回転輪の端面に前記回転体を介して当接する当接部材を、前記軸に螺着して設け、この当接部材を締め付けることにより、転がり軸受に予圧を付与可能に構成した軸受装置。
- [6] 請求項 1 において、前記静電容量測定手段は、交流電流を用いてインピーダンスを測定することにより前記静電容量を推定するものとした軸受装置。

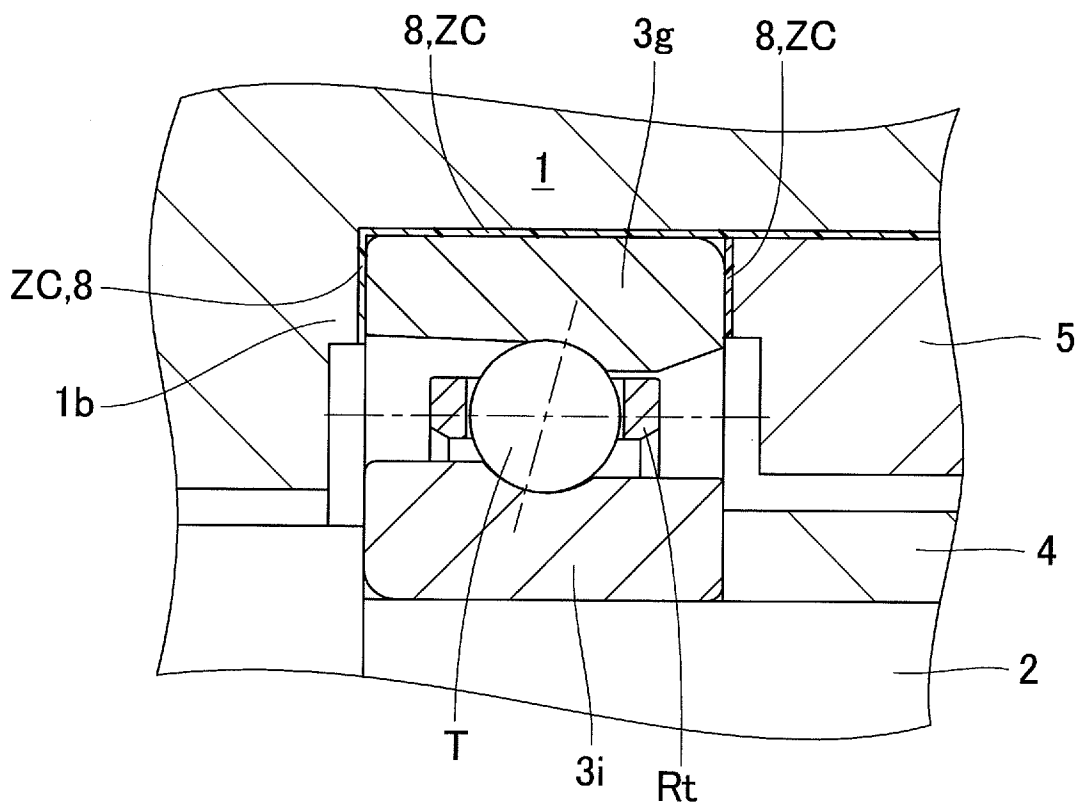
[図1]



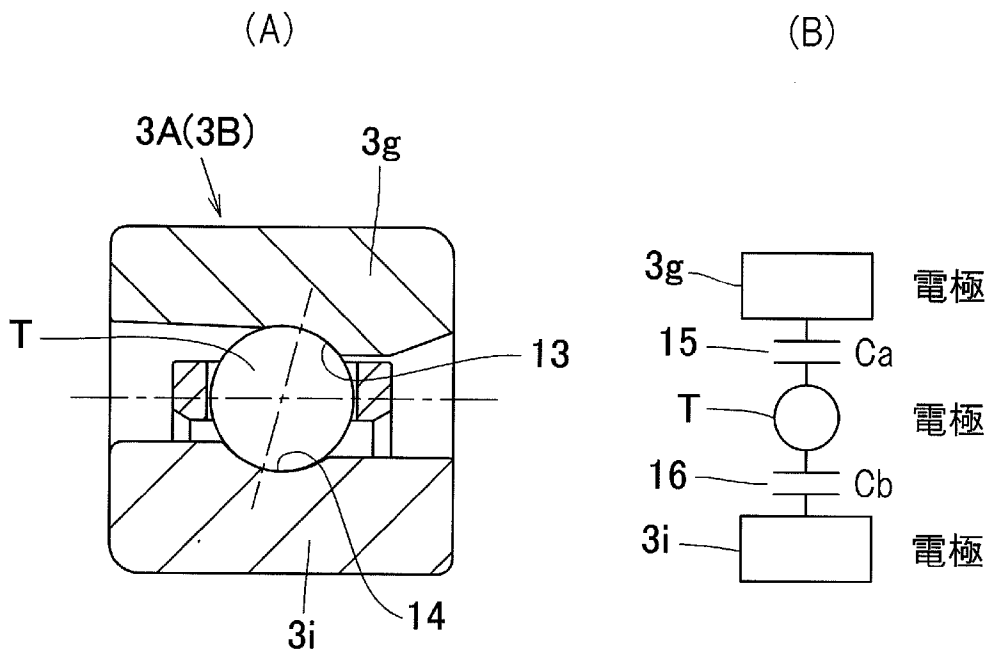
[図2]



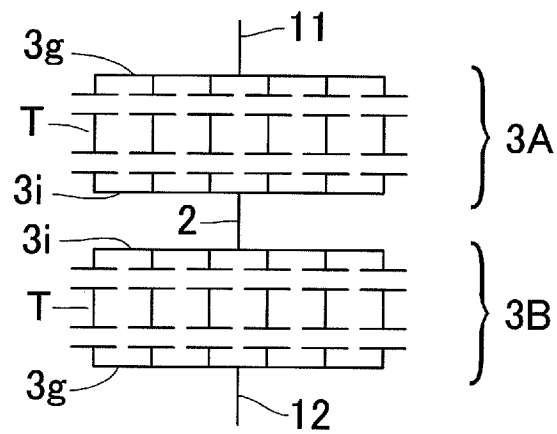
[図3]



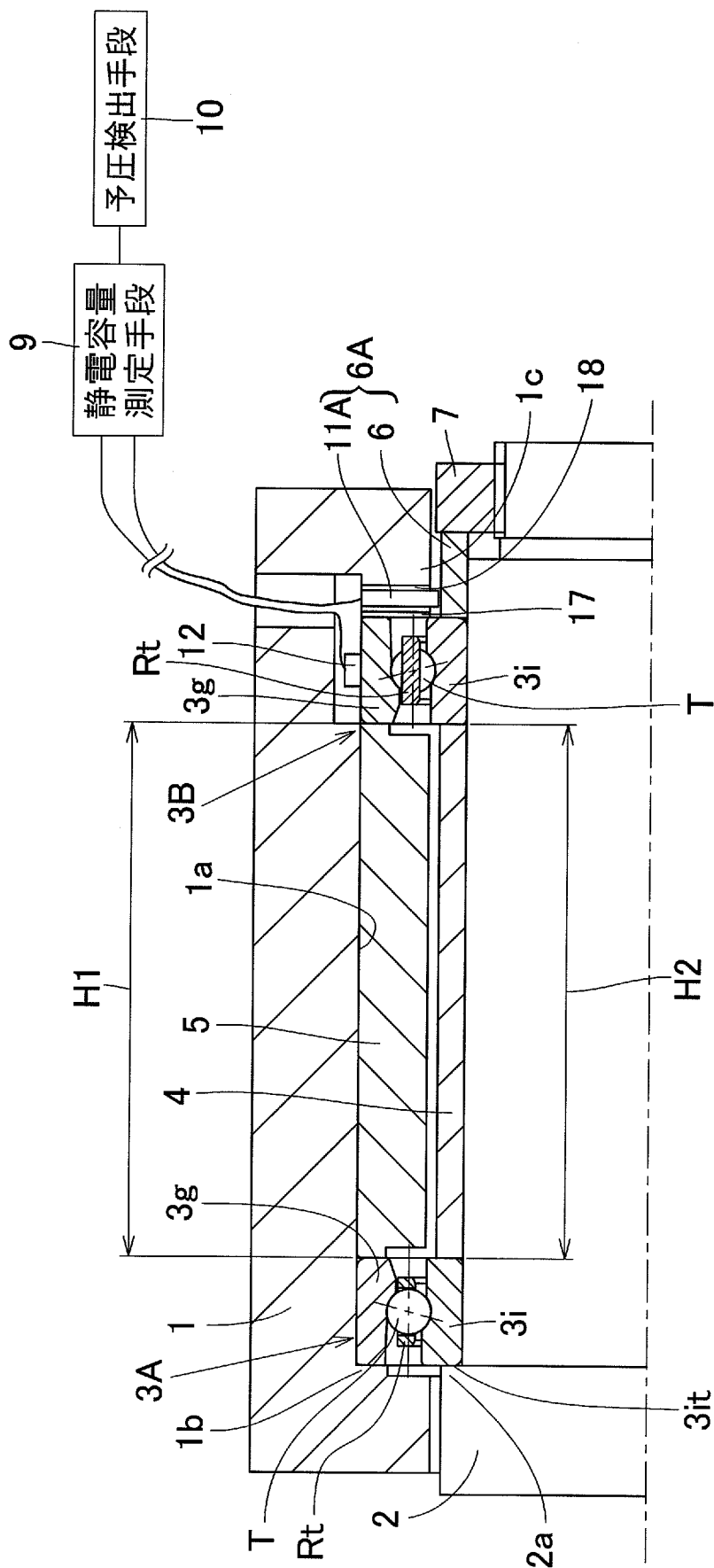
[図4]



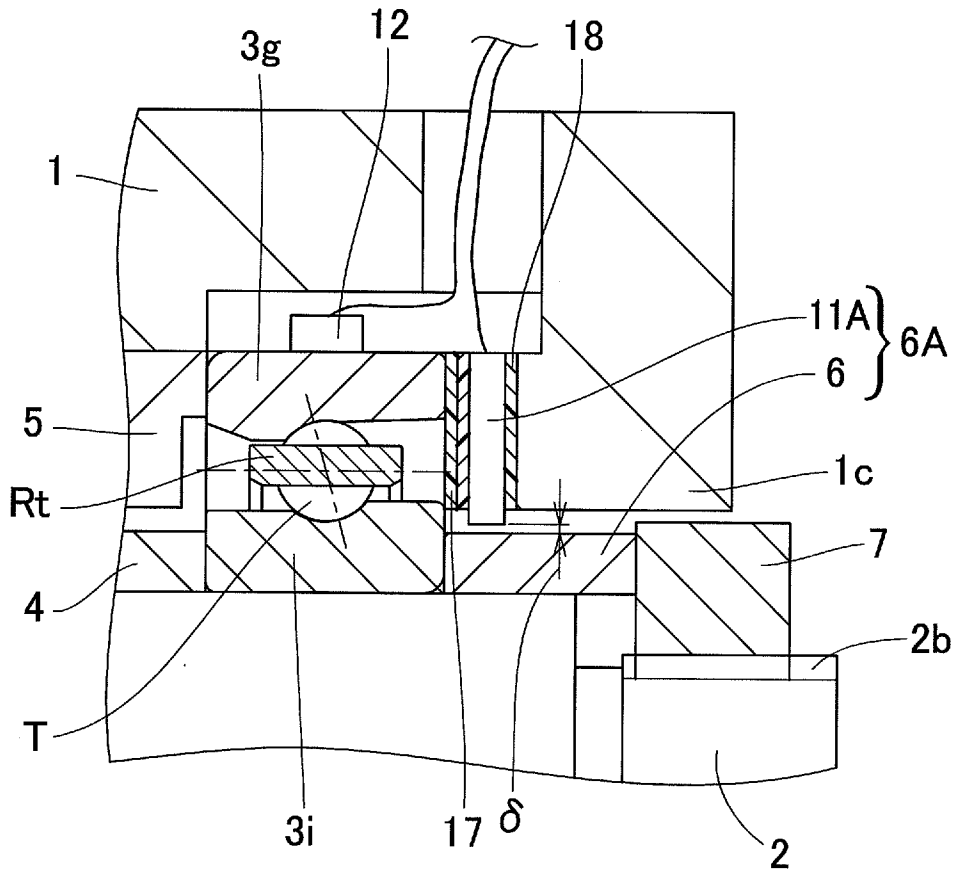
[図5]



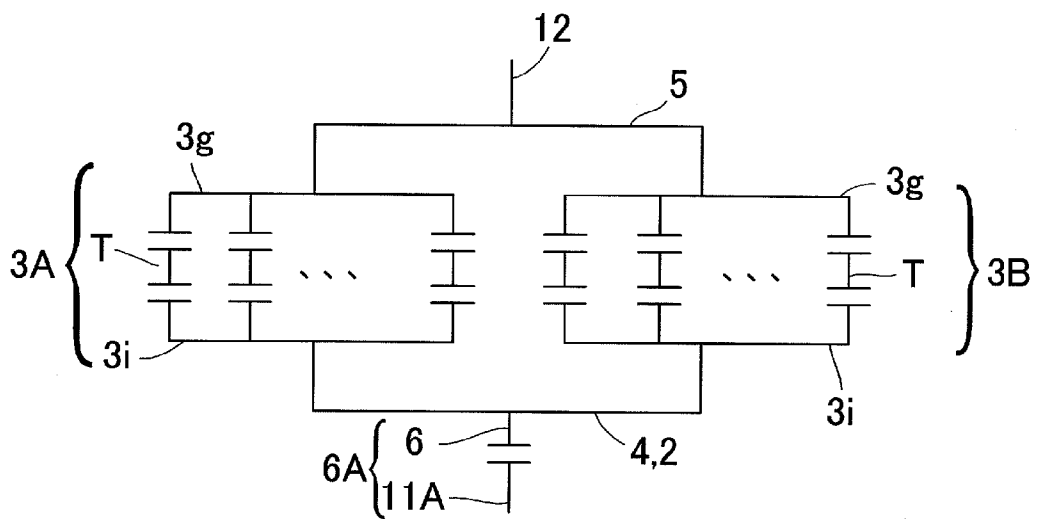
[図6]



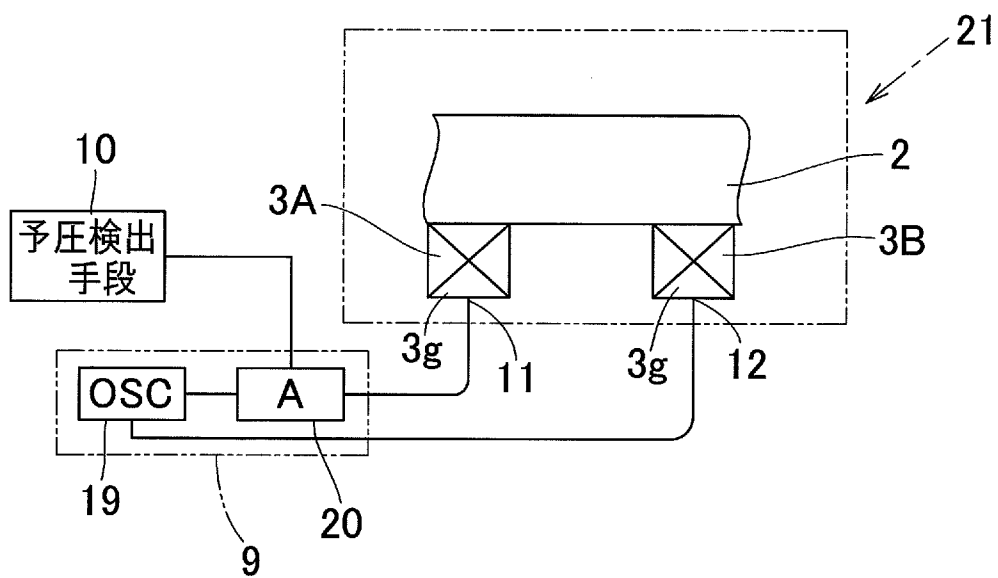
[圖7]



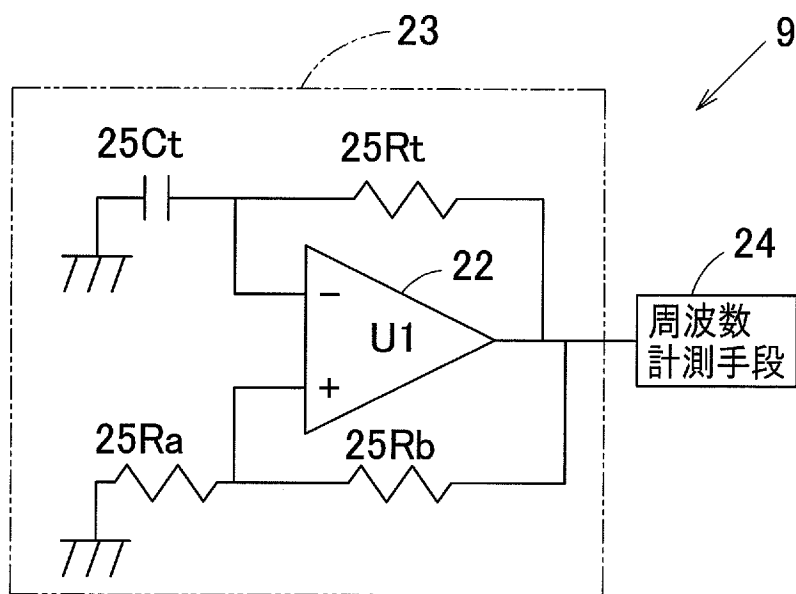
[圖8]



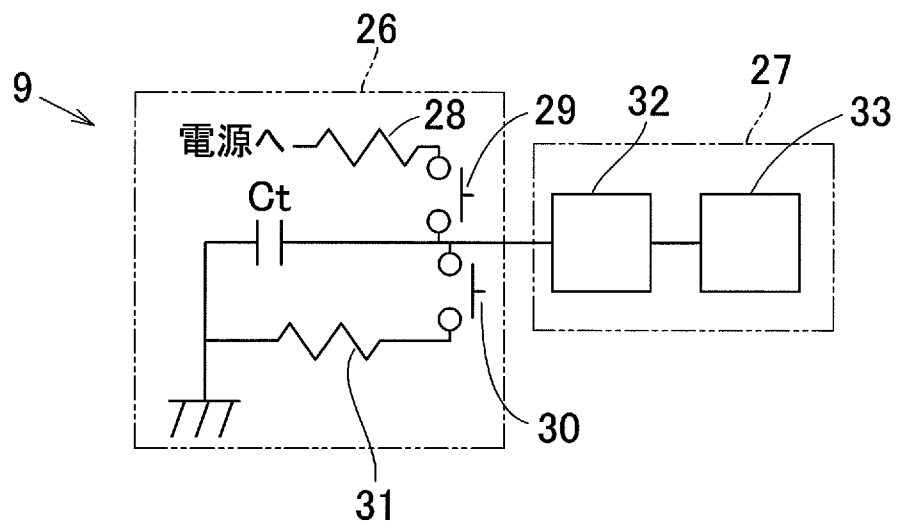
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/001340

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16C41/00(2006.01) i, *F16C19/14*(2006.01) i, *F16C25/06*(2006.01) i, *G01L5/00*
 (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)
F16C41/00, *F16C19/14*, *F16C25/06*, *G01L5/00*

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 1996-2008
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

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.
A	JP 2005-133891 A (NTN Corp.), 26 May, 2005 (26.05.05), Par. Nos. [0017] to [0019]; Fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 7-120334 A (NSK Ltd.), 12 May, 1995 (12.05.95), Par. Nos. [0020], [0022]; Fig. 3 (Family: none)	1-6
A	JP 2000-84702 A (Toshiba Machine Co., Ltd.), 28 March, 2000 (28.03.00), Abstract; Par. No. [0015]; Fig. 1 (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 August, 2008 (07.08.08)	Date of mailing of the international search report 19 August, 2008 (19.08.08)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/001340

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, A	JP 2007-239779 A (NTN Corp.), 20 September, 2007 (20.09.07), Abstract; Par. No. [0018]; Fig. 1 (Family: none)	1-6
E, A	JP 2007-240491 A (NTN Corp.), 20 September, 2007 (20.09.07), Full text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F16C41/00(2006.01)i, F16C19/14(2006.01)i, F16C25/06(2006.01)i, G01L5/00(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 (IPC))
 Int.Cl. F16C41/00, F16C19/14, F16C25/06, G01L5/00

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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2008年
 日本国実用新案登録公報 1996-2008年
 日本国登録実用新案公報 1994-2008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 請求の範囲の番号
A	JP 2005-133891 A (NTN株式会社) 2005.05.26, 段落 17-19、図 1 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 7-120334 A (日本精工株式会社) 1995.05.12, 段落 20, 22、図 3 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2000-84702 A (東芝機械株式会社) 2000.03.28, 要約、段落 15、図 1 (ファミリーなし)	1-6

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、一般的な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 07.08.2008	国際調査報告の発送日 19.08.2008
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 3 J 3 1 2 0 谿花 正由輝 電話番号 03-3581-1101 内線 3328

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 請求の範囲の番号
E, A	JP 2007-239779 A (NTN株式会社) 2007.09.20, 要約、段落 18、 図 1 (ファミリーなし)	1 - 6
E, A	JP 2007-240491 A (NTN株式会社) 2007.09.20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 6