

(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
2019年3月14日(14.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/049575 A1

(51) 国際特許分類:

F16C 41/00 (2006.01) *F16C 33/58* (2006.01)
F16C 19/06 (2006.01) *G01P 3/44* (2006.01)
F16C 19/52 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/029225

(22) 国際出願日: 2018年8月3日(03.08.2018)

(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 2017-173877 2017年9月11日(11.09.2017) JP

(71) 出願人: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP). 国立大学法人東北大学 (TOHOKU UNIVERSITY) [JP/

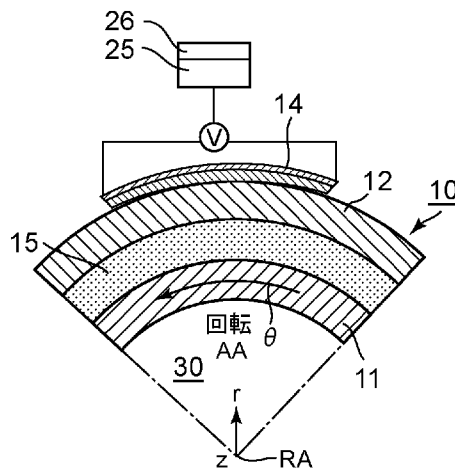
JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).

(72) 発明者: 桐原 明宏 (KIRIHARA, Akihiro); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 石田 真彦 (ISHIDA, Masahiko); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 寺島 浩一 (TERASHIMA, Koichi); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 澤田 亮人 (SAWADA, Ryohto); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 齊藤 英治 (SAITOH, Eiji); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 追川 康之 (OIKAWA, Yasuyuki); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 井口 亮 (IGUCHI,

(54) Title: BEARING WITH MEASUREMENT FUNCTION

(54) 発明の名称: 計測機能付き軸受

[図1B]



AA... ROTATION

(57) Abstract: In order to determine information about the generation of heat in a bearing (10) in a simple manner, a bearing (10) includes an outer ring (12) secured to a securing member, and an inner ring (11) provided on the inside of the outer ring (12) and secured to a shaft that rotates in the circumferential direction relative to the securing member. A thermal flow sensor (14) is coated onto a securing-side surface that includes the outer ring (12), and generates a thermoelectric force including information about frictional heat generated with the rotation of the shaft.



WO 2019/049575 A1

Ryo); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 小野 正雄(**ONO, Masao**); 〒3191195 茨城県那珂郡東海村白方 2 番地 4 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 池田 憲保, 外(**IKEDA, Noriyasu et al.**); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 1 9 番 4 号 難波ビル Tokyo (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 軸受 (10) における発熱の情報を、簡潔に把握する。軸受 (10) は、固定部材に固定された外輪 (12) と、この外輪 (12) の内側に設けられて、固定部材に対して円周方向に回転する軸に固定された内輪 (11) と、を含む。熱流センサ (14) は、外輪 (12) を含む固定側の表面にコーティングされて、軸の回転に伴って生じる摩擦熱の情報を含む熱起電力を生成する。

明 細 書

発明の名称：計測機能付き軸受

技術分野

[0001] 本発明は、計測機能付き軸受に関する。

背景技術

[0002] 軸受（ベアリング）は、風力発電や車両など、回転運動する機械システムに用いられる要素部材であり、回転運動時の摩擦を減らして高効率な機械運動を実現する上で極めて重要な役割を果たす。同時に、仮に軸受の性能劣化や破損が生じた場合、機械システムの駆動にも大きな悪影響をもたらす。このため、最近では軸受の異常発見や予防保全のために、軸受に様々なセンサを取り付けて、状態を監視する取り組みが広がっている。

[0003] このうち、軸受の発熱計測は予防保全に極めて重要である。軸受での摩擦による発熱をリアルタイムで計測できれば、グリスの投入量制御や軸受の異常・性能劣化検知が可能となり、事業者にとって大きなメリットとなる。実際、熱電対型の温度センサを備えた軸受（特許文献1）や、回転センサを備えた軸受（特許文献2、特許文献3）などが報告されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-57659号公報

特許文献2：特開2013-61030号公報

特許文献3：特許第4639282号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、このような周知の軸受における発熱や回転数の検知技術には、以下の3つの課題がある。

[0006] 第一に、温度センサで本当に計測したいのは軸と軸受（または玉と保持輪）の接触部である。しかしながら、接触部に直接センサを取り付けることは

できないため、摩擦部分の正確な温度を計測することはできない。

[0007] 第二に、温度センサの信号は外部温度や周囲の熱容量に依存する。このため、軸受部での発熱量をリアルタイムで計測することはできない。

[0008] そして第三に、取り付けた温度センサが熱流を阻害したり機械的なバランスを崩したりして、軸受自体の性能に悪影響をもたらす可能性がある。

[0009] 本発明の目的は、上述した課題のいずれかを解決する、計測機能付き軸受を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一実施の形態に係る計測機能付き軸受は、固定部材に固定された外輪と、該外輪の内側に設けられて、前記固定部材に対して円周方向に回転する軸に固定された内輪と、を含む軸受を備え、前記外輪を含む固定側の表面にコーティングされて、前記軸の回転に伴って生じる摩擦熱の情報を含む熱起電力を生成する熱流センサを備える。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、軸受における発熱の情報を簡潔に把握することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1A]本発明の第一の実施例に係る発熱計測機能付き転がり軸受の部分縦断面図である。

[図1B]図 1 A に示す発熱計測機能付き転がり軸受の部分横断面図である。

[図2A]本発明の第一の実施例の変形例に係る発熱計測機能付き転がり軸受の部分縦断面図である。

[図2B]図 2 A に示す発熱計測機能付き転がり軸受の部分横断面図である。

[図3A]本発明の第二の実施例に係る軸受内部温度計測機能付き転がり軸受において、熱流（温度勾配）測定モード時での状態を示す部分縦断面図である。

[図3B]図 3 A に示す軸受内部温度計測機能付き転がり軸受において、温度測定モード時での状態を示す部分縦断面図である。

[図4]図3 Aおよび図3 Bに示す軸受内部温度計測機能付き転がり軸受を用いて、内部温度を推定する方法を説明するための図である。

[図5A]本発明の第二の実施例の別のセンシング方式を説明するための、軸受内部温度計測機能付き転がり軸受を示す部分縦断面図である。

[図5B]図5 Aに示す軸受内部温度計測機能付き転がり軸受における、出力電圧の変動を示す波形図である。

[図6A]本発明の第三の実施例に係る回転数・発熱計測機能付き転がり軸受の部分縦断面図である。

[図6B]図6 Aに示す回転数・発熱計測機能付き転がり軸受の部分横断面図である。

[図7]図6 Aおよび図6 Bに示した回転数・発熱計測機能付き転がり軸受の動作原理を説明するための図である。

[図8A]第三の実施例の変形例に係る、複数の熱流センサを用いた場合の回転数・発熱計測機能付き転がり軸受の部分縦断面図である。

[図8B]図8 Aに示す回転数・発熱計測機能付き転がり軸受の部分横断面図である。

[図9]図8 Aおよび図8 Bの回転数・発熱計測機能付き転がり軸受における第1および第2のスピン熱流センサの出力を示す波形図である。

[図10A]本発明の第四の実施例に係る自立駆動型発熱計測機能付き転がり軸受の部分縦断面図である。

[図10B]図10 Aに示す自立駆動型発熱計測機能付き転がり軸受の部分横断面図である。

[図11A]本発明の変形例に係る発熱計測機能付き滑り軸受の概略斜視図である。

[図11B]図11 Aに示す発熱計測機能付き滑り軸受に設けられるスピン熱電型熱流センサを拡大して示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施形態について説明する。

- [0014] 本発明の実施形態に係る計測機能付き軸受は、軸受外部にスピンゼーベック熱電素子をコーティングし、軸の回転に伴って生じる摩擦熱の情報を熱起電力（電圧）信号によってモニタリングすることを特徴とする。
- [0015] 本発明の第一の実施形態に係る計測機能付き軸受は、軸受外部に熱流センサをコーティングした構造を有している。軸受部の摩擦発熱によって生じる熱流を、熱流センサによって膜面方向の起電力（電圧）信号に変換して計測する。熱流センサは、例えば、磁性膜と金属膜との積層構造から成る。
- [0016] 本発明の第二の実施形態に係る計測機能付き軸受は、上記金属膜を抵抗温度計として活用することで、熱流に加えて温度計測をも行う。熱流（温度勾配）と温度とを同時に把握することで、軸受外部にコーティングした熱流センサから、軸受内部の摩擦発熱部の温度をより正確に把握することができる。
- [0017] 本発明の第三の実施形態に係る計測機能付き軸受は、回転する軸の側に、磁化方向が異なる永久磁石を回転方向に沿って交互に配置した磁気エンコーダを配置する。磁気エンコーダが発する磁場で、熱流センサを構成する磁性膜を磁化反転させる。これにより、発熱情報に加えて、軸の回転数の情報をも取得する。

実施例 1

- [0018] 図1 Aおよび図1 Bは、本発明の第一の実施例に係る発熱計測機能付き転がり軸受10を示す図である。図1 Aは発熱計測機能付き転がり軸受10の部分縦断面図であり、図1 Bは発熱計測機能付き転がり軸受10の部分横断面図である。
- [0019] ここでは、図1 Aおよび図1 Bに示されるように、円柱座標系（ r 、 θ 、 Z ）を使用している。図1 Aおよび図1 Bに示した状態では、円柱座標系（ r 、 θ 、 Z ）において、 r は回転軸RAを原点（中心）とした半径方向であり、 θ は回転軸RAを中心として回転する回転方向（円周方向）であり、 Z は回転軸RAが延在する軸方向である。
- [0020] 本実施例の発熱計測機能付き転がり軸受10は、内輪11、外輪12、玉

(転動体) 13、スピン熱流センサ14、および一对のシール部15とからなる。

[0021] 本実施例では外輪12は固定部材(図示せず)に固定されており、内輪11が回転する仕組みとなっている。すなわち、内輪11は、固定部材に対して円周方向に回転する回転部材(軸)30に固定されている。回転部材(軸)30は、回転軸RAの方向である軸方向Zに延在する。

[0022] 玉(転動体)13は、内輪11と外輪12との間に複数個配置される。

[0023] 一对のシール部15は合成ゴム材料などからなる。一对のシール部15は、玉(転動体)13の外周側で内輪11と外輪12との間に配置されて、各々が環状をしている。各シール部15の片側(外周端側)は外輪12に固定され、もう片側(内周端側)は弾性力で内輪11に押し付けられるように密着されている。このような構造を採用することで、一对のシール部15は軸受内部を密封している。

[0024] スピン熱流センサ14は、面内方向の磁化を有する磁性膜を有する層状デバイスである。スピン熱流センサ14は、磁性体における熱の流れをスピンの流れに変換する熱磁気効果に基づき、面直方向に流れる熱流量に比例して、面内方向の起電力を生成することを特徴とする。

[0025] 図1Aおよび図1Bに示す実施例では、スピン熱流センサ14は磁性体膜14aと導電膜14bとからなる。スピン熱流センサ14は、これらが外輪12の表面に半径方向rに積層されてコーティングされた配置となっている。詳述すると、磁性体膜14aは外輪12の表面にコーティングされている。導電膜14bは磁性体膜14aの表面にコーティングされている。

[0026] ここで、軸受内部(具体的には玉13と外輪12、および玉13と内輪11との間)の摩擦に起因して発熱が生じると、熱流が外輪12を通してスピン熱流センサ14へと流れる。この熱流から誘起されるスピントラップ効果(熱流をスピン流に変換する熱磁気効果の一つ)によって磁性体膜14aにおいてスピン流が生じる。このスピン流が導電膜14bに到達すると、導電膜14bにおける逆スピントラップ効果(スピン流を電流へと変換する効果

）によって起電力へと変換される。こうして生じる起電力を導電膜 14 b の両端間の出力電圧 V として計測することで、軸受 10 において生じる発熱を検知することができる。

[0027] 上記磁性体膜 14 a としては、イットリウム鉄ガーネット (YIG , $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$) や Bi 等の希土類元素をドーブしたイットリウム鉄ガーネット (Bi:YIG , $\text{BiY}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 等)、Co フェライト (CoFe_2O_4)、マグネタイト (Fe_3O_4) などの酸化物磁性材料を用いることができる。また、導電膜 14 b としては Pt や W 等の金属材料や、Fe Pt、CoPt、NiPt、FeW、CoW、NiW 合金、もしくは RuO_2 等の導電性酸化物材料など、スピン軌道相互作用が大きい導電性材料を用いることが望ましい。

[0028] 磁性体膜 14 a は、有機金属分解法 (MOD 法) 等の塗布法やフェライトめっき法、スパッタ、液相エピタキシー法 (LPE)、化学気相堆積法 (CVD) 等で形成することができる。また、導電膜 14 b は、スパッタ法、パルスレーザ堆積法 (PLD 法)、電子ビーム蒸着法、めっき法等で形成することができる。

[0029] さらに軸受 10 の外部には制御回路 25 および送受信装置 26 が備えられており、無線で外部との通信が可能となっている。制御回路 25 の動作モードは外部から無線で設定できるようになっている。したがって、制御回路 25 と送受信装置 26 との組み合わせは、スピン熱流センサ 14 に接続されて、無線で外部との通信を行う通信手段として働く。

[0030] 次に、通信手段の動作モードの一例について説明する。平時は熱流測定の結果 (観測した電圧 V のデータ) を制御回路 25 内に一時的に保存して、送受信装置 26 はその保存したデータを 5 分おきに外部に送信する。一方、熱流 (出力電圧) が一定の閾値を超えた場合には、制御回路 25 は異常発生とみなして、送受信装置 26 を介して即座に無線を飛ばして異常を管理者に伝える。なお、これら制御回路 25 と送受信装置 26、および動作方法については、後の実施例でも同様のものを用いるものとする。

[0031] なお、上記スピン熱流センサとしては、磁性体膜 14 a と導電膜 14 b とからなる構成の代わりに、磁性と導電性とを兼ね備えた磁性導電膜を用いて

もよい。この磁性導電膜を用いる場合も、上記熱流が磁性導電膜に流れ込むことによる異常ネルンスト効果（熱流をスピン偏極電流に変換する熱磁気効果の一つ）によって、同様に起電力が生じる。この磁性導電膜の両端間の出力電圧信号を計測することで、軸受 10 において生じる発熱を検知することができる。

- [0032] 磁性導電膜の材料としては、Fe、Ni、Coのほか、FePt、CoPt、NiPt、FeW、CoW、NiW合金等を用いることができる。
- [0033] 本第一の実施例によれば、出力電圧Vを計測することで、軸受内部の摩擦発熱をモニタリングできるという効果がある。
- [0034] 尚、第一の実施例では、通信手段を使用して無線で外部と通信を行っているが、本発明では通信を必ずしも無線で行う必要はない。何故なら、スピン熱流センサ 14 を固定側（本例では、外輪 12 の表面）に配置しているので、スピン熱流センサ 14 から有線を介して外部と通信することが可能だからである。
- [0035] 図 2 A および図 2 B は、本実施例の変形例に係る熱計測機能付き転がり軸受 10 A を示す図である。図 2 A は発熱計測機能付き転がり軸受 10 A の部分縦断面図であり、図 2 B は発熱計測機能付き転がり軸受 10 A の部分横断面図である。
- [0036] 図 2 A および図 2 B においても、図 1 A および図 1 B と同様に、円柱座標系（ r 、 θ 、 Z ）を使用している。
- [0037] 構成要素は図 1 A および図 1 B の軸受 10 と同じだが、図 2 A および図 2 B の軸受 10 A ではスピン熱流センサ 14 を外輪 12 の表面ではなく、シール部 15 の表面に取り付けている点異なる。
- [0038] 本変形例では、フェライトめっき法などを用いることで、磁性体膜 14 a と導電膜 14 b をシール部 15 の表面上に軸方向 Z に積層してコーティングしている。
- [0039] 本変形例でも、出力電圧Vを計測することで、軸受内部の摩擦発熱をモニタリングできるという効果がある。

実施例 2

- [0040] 図3Aおよび図3Bは、本発明の第二の実施例に係る軸受内部温度計測機能付き転がり軸受10Bを示す図である。図3Aは熱流（温度勾配）測定モード時での軸受内部温度計測機能付き転がり軸受10Bの状態を示す部分縦断面図であり、図3Bは温度測定モード時での軸受内部温度計測機能付き転がり軸受10Bの状態を示す部分縦断面図である。
- [0041] 図3Aおよび図3Bにおいても、図1Aおよび図1Bと同様に、円柱座標系（ r 、 θ 、 Z ）を使用している。
- [0042] 本発明の第二の実施例では、前記導電膜14bを抵抗温度計として活用することで、熱流に加えて温度計測も行う。熱流（温度勾配）と温度を同時に把握することで、軸受内部の摩擦発熱部の温度をより正確に評価することができる。
- [0043] 基本構成は図1Aおよび図1Bに示す第一の実施例の発熱計測装置付き転がり軸受10と同じだが、この軸受内部温度計測機能付き転がり軸受10Bでは新たに直流電流源21とスイッチ22とが導入されている。
- [0044] 直流電流源21とスイッチ22とは、スピン熱流センサ14に直列に接続されている。
- [0045] 図3Aに示されるように、スイッチ22がOFFの場合は第一の実施例と同様に、軸受10Bの摩擦発熱によって生じた熱流量を、スピン熱流センサ14を構成する導電膜14bの両端間の出力電圧を通して計測する（熱流測定モード）。
- [0046] 一方、図3Bに示されるように、スイッチ22がONの状態になると、直流電流源21からスピン熱流センサ14の導電膜14bに一定電流が流れ込むことから、前記出力電圧 V が変化する。この変化分は、前記一定電流と導電膜14bの抵抗との積に比例する。このことから、この変化分を観測することで導電膜14bの抵抗変化を評価することができる。多くの導電性材料では、抵抗率は温度に単調に依存することから、これによって導電膜14bの部分の温度を計測することができる（温度測定モード）。

[0047] この熱流測定モードと温度測定モードとを交互に繰り返せば、摩擦発熱部の温度のより正確な評価が可能となる。

[0048] 一般的に、軸受では、主に外輪 12 と玉 13 の摩擦部などで発熱が生じるが、この箇所に温度センサを直接取り付けことは機械設計上難しい。このことから、一般的な通常知られている方法では、摩擦発熱部の温度を直接評価することはできない。

[0049] これに対して、図 3 A および図 3 B に示す軸受内部温度計測機能付き転がり軸受 10 B によって、外輪 12 の表面の絶対温度とそこで流れている熱流量（温度勾配に比例）とを評価することができる。

[0050] 図 4 は、その 2 つのパラメータから内部温度を推定する方法を説明するための図である。図 4 において、横軸は軸受内部位置を示し、縦軸は温度を示す。図 4 は、外輪表面温度と温度勾配とから摩擦発熱部での内部温度を推定できることを示している。

[0051] このように、第二の実施例によれば、軸受内部の摩擦発熱部（外輪 12 と玉 13 との接触部）の温度を評価することが可能となるという効果を奏する。

[0052] 図 5 A および図 5 B は、第二の実施例の別のセンシング方式を説明するための図である。図 5 A は軸受内部温度計測機能付き転がり軸受 10 C を示す部分縦断面図であり、図 5 B は出力電圧の変動を示す波形図である。

[0053] 本方式では、図 5 A に示されるように、図 3 の直流電流源 21 を用いる代わりに交流電流源 23 を用いて、スイッチ 22 を削除している。

[0054] このような構成を採用すれば、図 5 B に示されるように、出力電圧 V は、熱流（温度勾配）に比例する直流電圧成分と、絶対温度から決まる抵抗に依存する交流電流成分との和として生成される。このことから、これらを分離して評価することで、熱流（温度勾配）計測と絶対温度計測とを同時に行うことができる。

[0055] 図 5 A および図 5 B に示した別のセンシング方式によれば、上記第二の実施例の効果に加えて、図 3 A および図 3 B に示す軸受内部温度計測機能付き

転がり軸受 10B で測定モードを切り替えるために必要だったスイッチ 22 が不要となり、素子構成が簡素化されるという効果をも奏する。

実施例 3

[0056] 図 6A および図 6B は、本発明の第三の実施例に係る回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10D を示す図である。図 6A は回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10D の部分縦断面図であり、図 6B は回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10D の部分横断面図である。

[0057] 図 6A および図 6B においても、図 1A および図 1B と同様に、円柱座標系 (r 、 θ 、 Z) を使用している。

[0058] 本発明の第三の実施例では、軸受 10D の内輪 11 側に、磁極が交互に異なる複数の永久磁石を回転方向 θ に沿って配置し、それが発する磁場で軸受側のスピントラップ素子の磁性体膜を磁化反転させる。これにより、第三の実施例では、発熱情報に加えて軸の回転情報も取得する。

[0059] 図 6A および図 6B に示す回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10D では図 2A および図 2B で示した軸受 10A と同様の構成に加えて、内輪 11 側に磁気エンコーダ 16 が固定されている。磁気エンコーダ 16 は、回転方向 θ に沿って磁極 (N 極、S 極) が互い違いになった永久磁石が配置された構造を有している。

[0060] 図 7 は、図 6A および図 6B に示した回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10D の動作原理を説明するための図である。

[0061] このような構成をとれば、内輪 11 と外輪 12 との間の相対的な回転運動に伴い、磁気エンコーダ 16 の永久磁石からの発せられる磁場によってスピントラップセンサ 14 の磁化方向が回転の度に反転する。このことから、結果としてその出力電圧 V も符号反転する (図 7)。したがって、第三の実施例では、出力電圧 V の周波数から回転運動の回転周波数を評価することが可能となる。

[0062] このように、第三の実施例によれば、発熱情報に加えて軸 30 の回転数の情報も取得することができるという効果を奏する。

[0063] 上記第三の実施例では、スピン熱流センサ 14 を 1 個配置するだけで周波数の計測を可能としている。一方、スピン熱流センサを適切な位置（例えば回転角方向 θ に 90 度離れた位置）に 2 個配置することで、回転周波数だけでなく、回転の方向、およびある時間における内輪と外輪の間の相対位置（回転角度）も評価することができる。

[0064] 図 8 A および図 8 B は、第三の実施例の変形例に係る、複数の熱流センサを用いた場合の回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10 E を示す図である。図 8 A は回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10 E の部分縦断面図であり、図 8 B は回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10 E の部分横断面図である。

[0065] 図 8 A および図 8 B においても、図 1 A および図 1 B と同様に、円柱座標系（ r 、 θ 、 Z ）を使用している。

[0066] 図 8 B に示されるように、回転数・発熱計測機能付き転がり軸受 10 E は、シール部 15 の表面上に、互いに回転方向 θ に 90 度離れた位置に配置された、第 1 のスピン熱流センサ 14-1 と第 2 のスピン熱流センサ 14-2 とを有する。

[0067] 図 9 は、第 1 のスピン熱流センサ 14-1 の出力と第 2 のスピン熱流センサ 14-2 の出力とを示す波形図である。図 9 では、第 1 のスピン熱流センサ 14-1 の出力を実線で「スピン熱流センサ 1 出力」で示し、第 2 のスピン熱流センサ 14-2 の出力を点線で「スピン熱流センサ 2 出力」で示している。

[0068] 図 9 から明らかなように、複数のセンサ 14-1、14-2 の相対出力を見ることで、ある瞬間における回転の角度（位置）をより細かく検知することができる。

[0069] 本変形例では、図 9 から分かるように、複数のセンサ 14-1、14-2 の出力は、正弦波ではなく矩形波になる。（センサ 1 の符号、センサ 2 の符号）＝（＋，＋）、（＋，－）、（－，＋）、（－，－）の 4 通りを見分けることによって、その瞬間にどのエリアに位置しているかを見ることが可能

となる。また、センサの数を増やすとより精度を高めることができる。

[0070] 図 8 A および図 8 B に示した変形例によれば、上記第三の実施例の効果に加えて、回転の方向や相対位置（回転角度）をも検出できるという効果をも奏する。

実施例 4

[0071] 図 10 A および図 10 B は、本発明の第四の実施例に係る自立駆動型発熱計測機能付き転がり軸受 10 F を示す図である。図 10 A は自立駆動型発熱計測機能付き転がり軸受 10 F の部分縦断面図であり、図 10 B は自立駆動型発熱計測機能付き転がり軸受 10 F の部分横断面図である。

[0072] 図 10 A および図 10 B においても、図 1 A および図 1 B と同様に、円柱座標系（ r 、 θ 、 Z ）を使用している。

[0073] 第四の実施例では、図 1 A および図 1 B に示した第一の実施例の発熱計測機能付き転がり軸受 10 の上記構成に加えて、熱起電力を電力として蓄積するキャパシタ 24 を備える。すなわち、第四の実施例では、外部電池や外部からの給電無しに自立駆動し、センシングデータを無線で外部に送信することができる。

[0074] このように、第四の実施例によれば、外部からの給電無しに、センシングデータを無線で外部に送信できるという効果を奏する。

[0075] なお、上記の実施例では、様々な種類のある軸受の中でも、転がり軸受、特に玉軸受についての実装方法を記述したが、本発明は、他の軸受方式（滑り軸受やころ軸受）についても同様の実装が可能となる。

[0076] [変形例]

図 11 A および図 11 B は、本発明の変形例に係る発熱計測機能付き滑り軸受 40 を示す図である。図 11 A は発熱計測機能付き滑り軸受 40 の概略斜視図であり、図 11 B は発熱計測機能付き滑り軸受 40 に設けられるスピン熱流センサを拡大して示す斜視図である。

[0077] ここでは、図 11 A および図 11 B に示されるように、円柱座標系（ r 、 θ 、 Z ）を使用している。図 11 A および図 11 B に示した状態では、円柱座

標系（ r 、 θ 、 Z ）において、 r は回転軸RAを中心とした半径方向であり、 θ は回転軸RAの回りに回転する回転方向であり、 Z は回転軸RAが延在する軸方向である。

[0078] 本変形例の軸受40は、内輪41と、外輪42と、スピン熱流センサ44とから成る。外輪42は、固定部材（図示せず）に固定されている。内輪41は回転部材である軸30に固定されて、回転するようになっている。外輪42と内輪41とは滑り面43を介して相対回転するようになっている。

[0079] すなわち、内輪41と外輪42と滑り面43との組み合わせによって、滑り軸受（41，42，43）が構成されている。

[0080] 図11Aに示されるように、発熱計測機能付き滑り軸受40は、その一例として、滑り軸受（41，42，43）の外周部である外輪42の表面にスピン熱流センサ44を配置した構成をしている。

[0081] 図11Bに示されるように、スピン熱流センサ44は磁性膜44aと金属膜44bとからなり、これらを外輪42の表面上に半径方向 r に積層してコーティングされた配置となっている。磁性膜44aは、面内方向（軸方向 Z と平行な方向）に磁化を有する。スピン熱流センサ44は、面直方向（半径方向 r ）に流れる熱流量に比例して、面内方向（回転方向 θ ）の起電力を生成する。こうして生じる起電力を金属膜44bの両端間の出力電圧 V として計測することで、滑り軸受（41，42，43）において生じる発熱を検知することができる。

[0082] このように、変形例によれば、出力電圧 V を計測することで、滑り軸受（41，42，43）の内部の摩擦発熱をモニタリングできるという効果がある。

[0083] 以上、実施形態および実施例などを参照して本発明を説明したが、本発明は上記実施形態や実施例などに限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明の範囲内で当業者が理解しえる様々な変更をすることができる。

[0084] 上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが

、以下には限られない。

[0085] (付記 1)

固定部材に固定された外輪と、
該外輪の内側に設けられて、前記固定部材に対して円周方向に回転する軸に固定された内輪と、
を含む軸受を備え、
前記外輪を含む固定側の表面にコーティングされて、前記軸の回転に伴って生じる摩擦熱の情報を含む熱起電力を生成する熱流センサを備える、計測機能付き軸受。

[0086] (付記 2)

前記熱流センサは、前記外輪の表面上にコーティングされている、付記 1 に記載の計測機能付き軸受。

[0087] (付記 3)

前記軸受は、前記外輪と前記内輪との間に配置された複数の転動体と、前記外輪に固定されて前記複数の転動体を密封するシール部とを備えた、転がり軸受からなり、

前記熱流センサは、前記シール部の表面上にコーティングされている、付記 1 に記載の計測機能付き軸受。

[0088] (付記 4)

前記熱流センサは、熱磁気効果を発現する少なくとも一層の膜から成る、付記 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載の計測機能付き軸受。

[0089] (付記 5)

前記熱流センサは、前記熱磁気効果としてスピンゼーベック効果を発現する磁性体膜と導電膜とから成る、付記 4 に記載の計測機能付き軸受。

[0090] (付記 6)

熱流計測と温度計測とを可能にする計測制御手段を更に有する、付記 5 に記載の計測機能付き軸受。

[0091] (付記 7)

前記計測制御手段は、前記熱流センサに直列に接続された、直流電流源とスイッチとから成る、付記 6 に記載の計測機能付き軸受。

[0092] (付記 8)

前記計測制御手段は、前記熱流センサに接続された交流電流源から成る、付記 6 に記載の計測機能付き軸受。

[0093] (付記 9)

前記熱流センサは、前記熱磁気効果として異常ネルンスト効果を発現する磁性と導電性とを兼ね備えた磁性導電膜から成る、付記 4 に記載の計測機能付き軸受。

[0094] (付記 10)

前記熱流センサと近接するように、前記内輪に取り付けられた磁気エンコーダを更に有する、付記 3 に記載の計測機能付き軸受。

[0095] (付記 11)

前記熱流センサが、前記シール部の表面上に、離間して複数個配置されている、付記 3 に記載の計測機能付き軸受。

[0096] (付記 12)

前記熱流センサに接続されて、無線で外部との通信を行う通信手段を更に備える、付記 1 乃至 11 のいずれか 1 つに記載の計測機能付き軸受。

[0097] (付記 13)

前記熱起電力を電力として蓄積するキャパシタを更に含む、付記 12 に記載の計測機能付き軸受。

[0098] この出願は、2017 年 9 月 11 日に提出された日本出願特願 2017-173877 を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

- [0099] 10、10A 発熱計測機能付き転がり軸受
10B、10C 軸受内部温度計測機能付き転がり軸受
10D、10E 回転数・発熱計測機能付き転がり軸受

- 1 0 F 自立駆動型発熱計測機能付き転がり軸受
- 1 1 内輪
- 1 2 外輪
- 1 3 玉（転動体）
- 1 4 スピン熱流センサ
 - 1 4 - 1 第 1 のスピン熱流センサ
 - 1 4 - 2 第 2 のスピン熱流センサ
 - 1 4 a 磁性体膜
 - 1 4 b 導電膜
- 1 5 シール部
- 1 6 磁気エンコーダ
- 2 1 直流電流源
- 2 2 スイッチ
- 2 3 交流電流源
- 2 4 キャパシタ
- 2 5 制御回路
- 2 6 送受信装置
- 3 0 回転部材（軸）
- 4 0 発熱計測機能付き滑り軸受
 - 4 1 内輪
 - 4 2 外輪
 - 4 3 滑り面
 - 4 4 スピン熱流センサ
 - 4 4 a 磁性膜
 - 4 4 b 金属膜
- R A 回転軸
- r 半径方向
- θ 回転方向（円周方向）

Z 軸方向

V 出力電圧

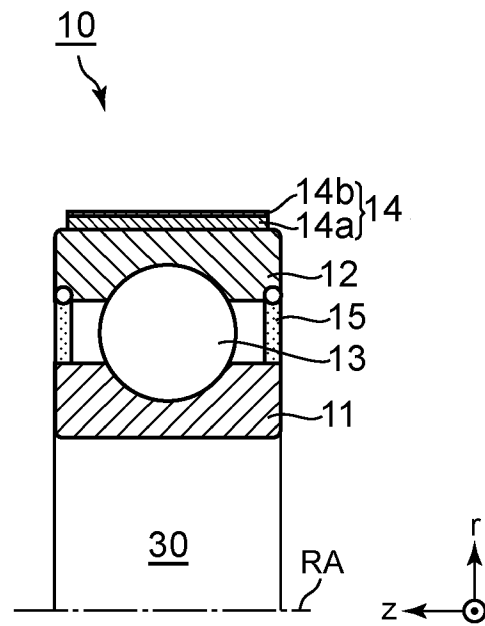
請求の範囲

- [請求項1] 固定部材に固定された外輪と、
 該外輪の内側に設けられて、前記固定部材に対して円周方向に回転する軸に固定された内輪と、
 を含む軸受を備え、
 前記外輪を含む固定側の表面にコーティングされて、前記軸の回転に伴って生じる摩擦熱の情報を含む熱起電力を生成する熱流センサを備える、計測機能付き軸受。
- [請求項2] 前記熱流センサは、前記外輪の表面上にコーティングされている、請求項1に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項3] 前記軸受は、前記外輪と前記内輪との間に配置された複数の転動体と、前記外輪に固定されて前記複数の転動体を密封するシール部とを備えた、転がり軸受からなり、
 前記熱流センサは、前記シール部の表面上にコーティングされている、請求項1に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項4] 前記熱流センサは、熱磁気効果を発現する少なくとも一層の膜から成る、請求項1乃至3のいずれか1つに記載の計測機能付き軸受。
- [請求項5] 前記熱流センサは、前記熱磁気効果としてスピンゼーベック効果を発現する磁性体膜と導電膜とから成る、請求項4に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項6] 熱流計測と温度計測とを可能にする計測制御手段を更に有する、請求項5に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項7] 前記計測制御手段は、前記熱流センサに直列に接続された、直流電流源とスイッチとから成る、請求項6に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項8] 前記計測制御手段は、前記熱流センサに接続された交流電流源から成る、請求項6に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項9] 前記熱流センサは、前記熱磁気効果として異常ネルンスト効果を発現する磁性と導電性とを兼ね備えた磁性導電膜から成る、請求項4に

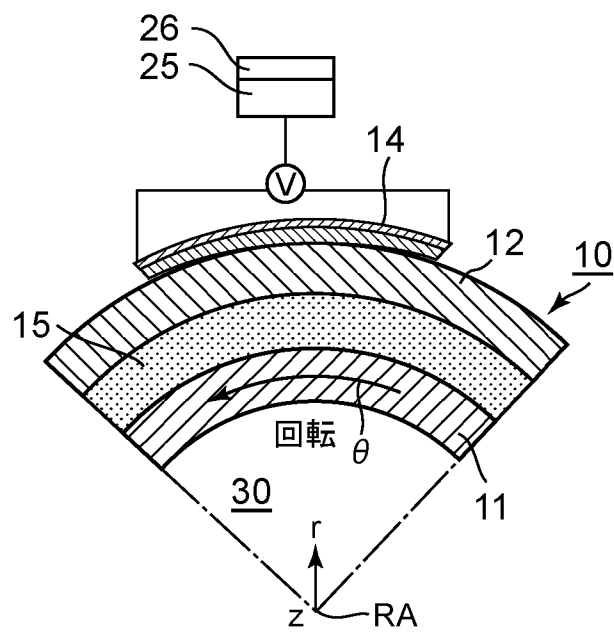
記載の計測機能付き軸受。

- [請求項10] 前記熱流センサと近接するように、前記内輪に取り付けられた磁気エンコーダを更に有する、請求項3に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項11] 前記熱流センサが、前記シール部の表面上に、離間して複数個配置されている、請求項3に記載の計測機能付き軸受。
- [請求項12] 前記熱流センサに接続されて、無線で外部との通信を行う通信手段を更に備える、請求項1乃至11のいずれか1つに記載の計測機能付き軸受。
- [請求項13] 前記熱起電力を電力として蓄積するキャパシタを更に含む、請求項12に記載の計測機能付き軸受。

[図1A]

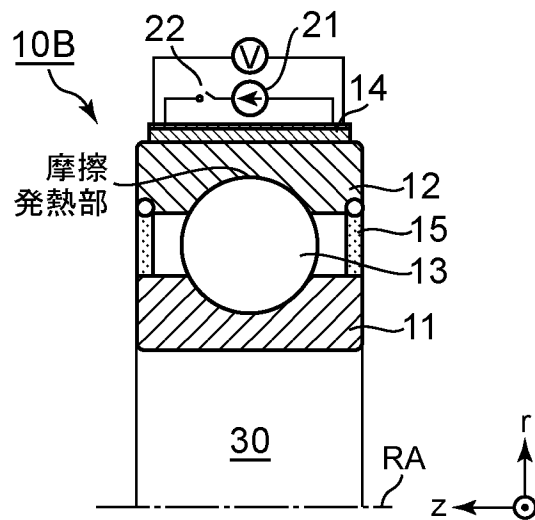


[図1B]



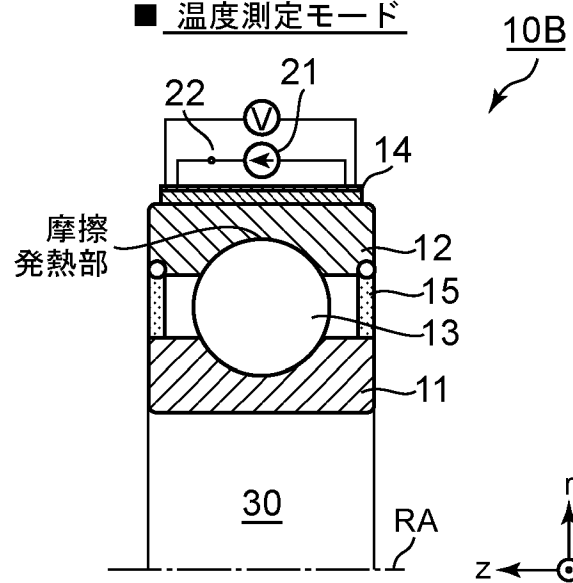
[図3A]

■ 熱流(温度勾配)測定モード

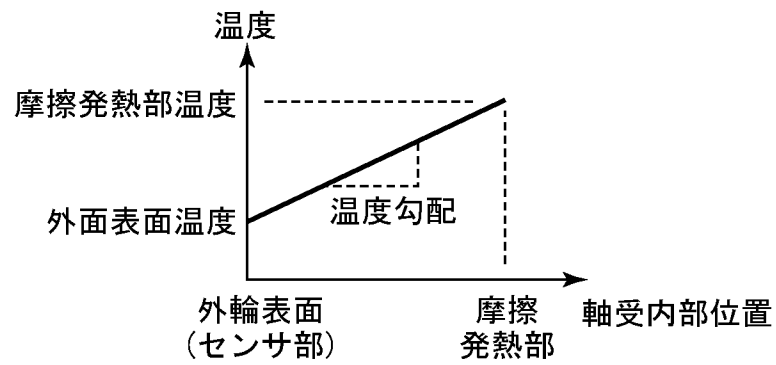


[図3B]

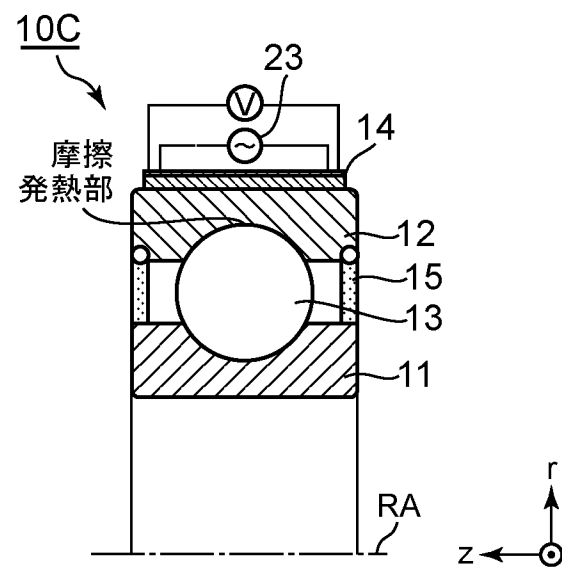
■ 温度測定モード



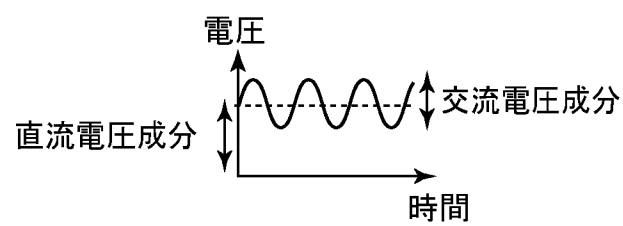
[図4]



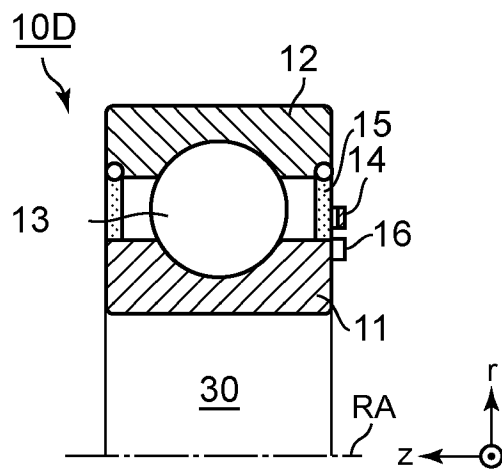
[図5A]



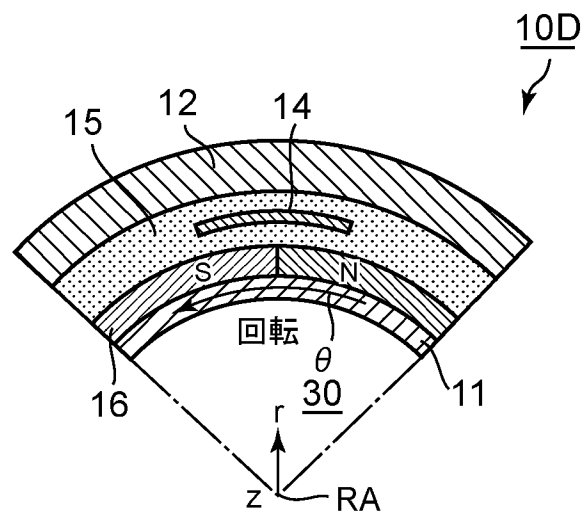
[図5B]



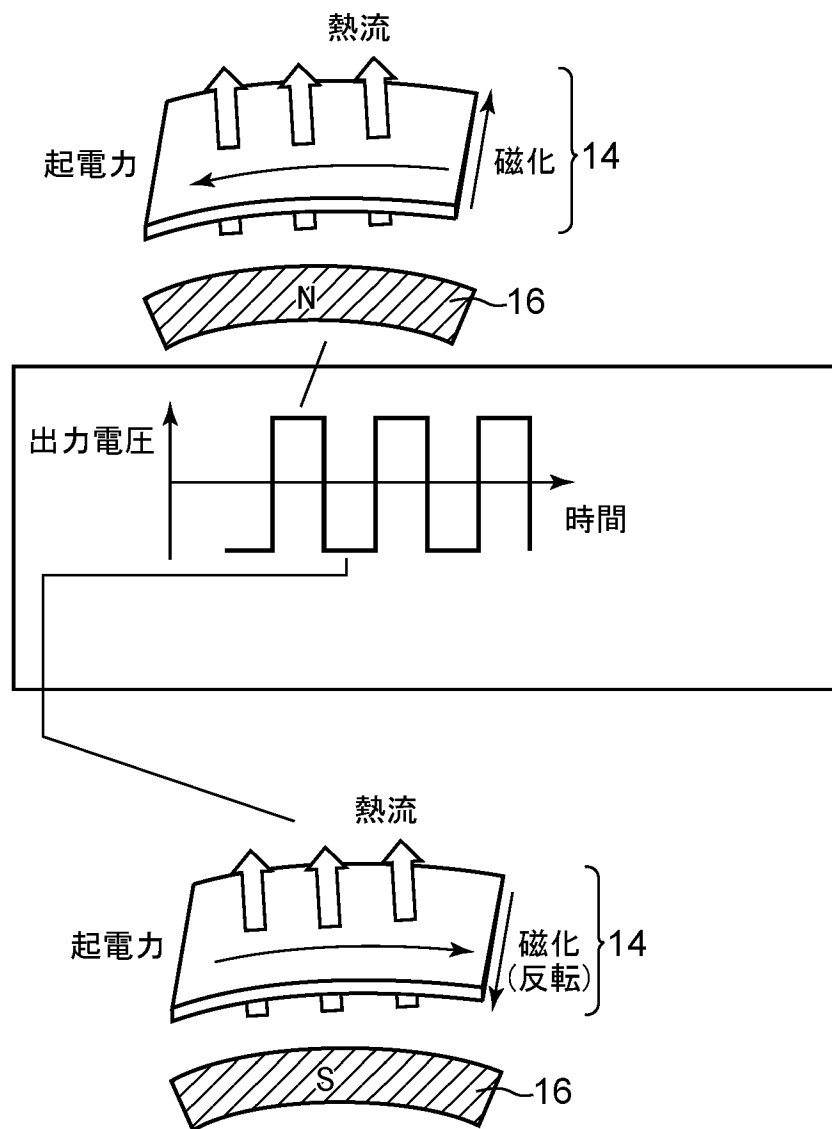
[図6A]



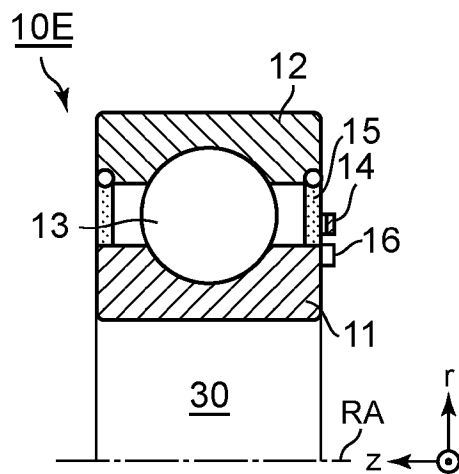
[図6B]



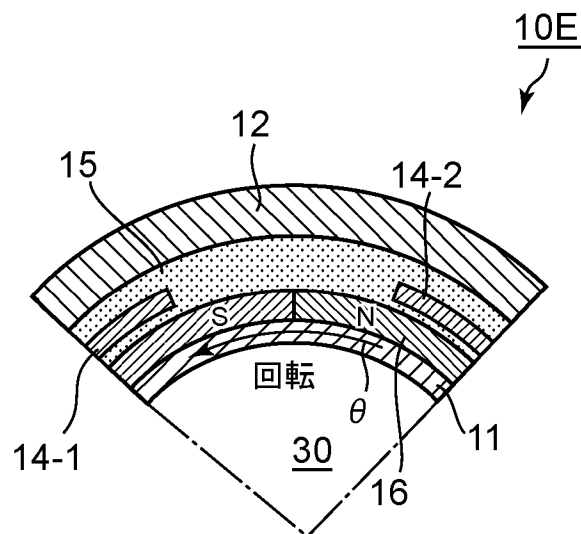
[図7]



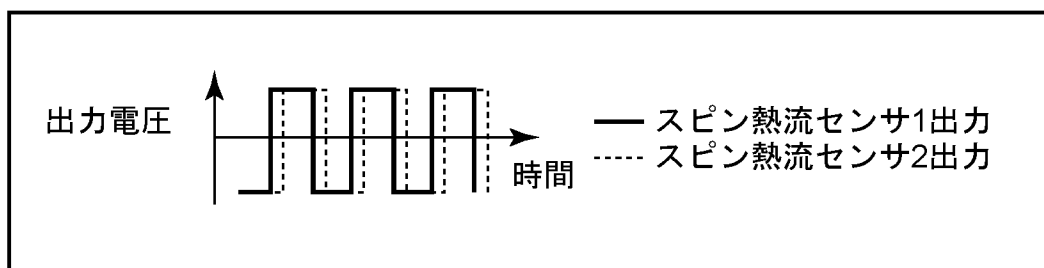
[図8A]



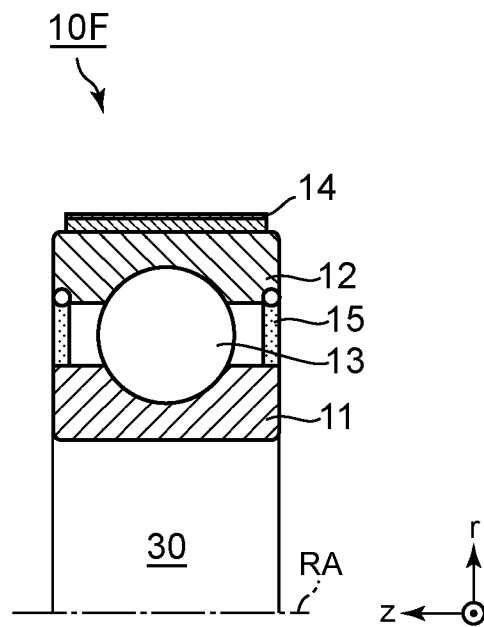
[図8B]



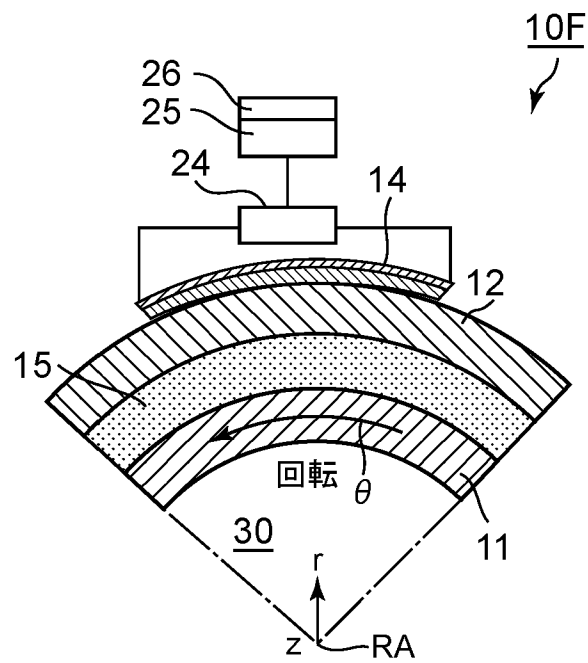
[図9]



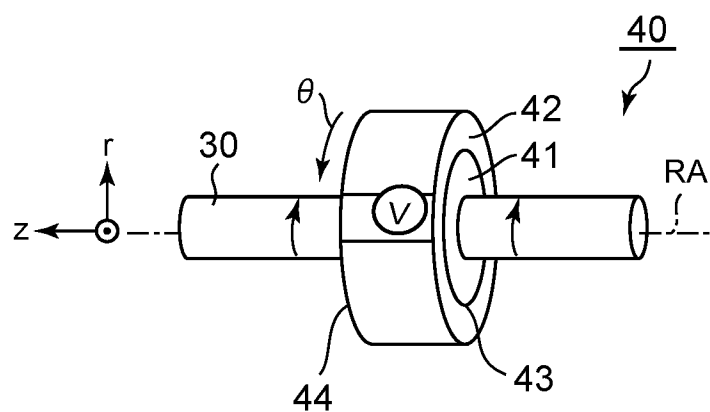
[図10A]



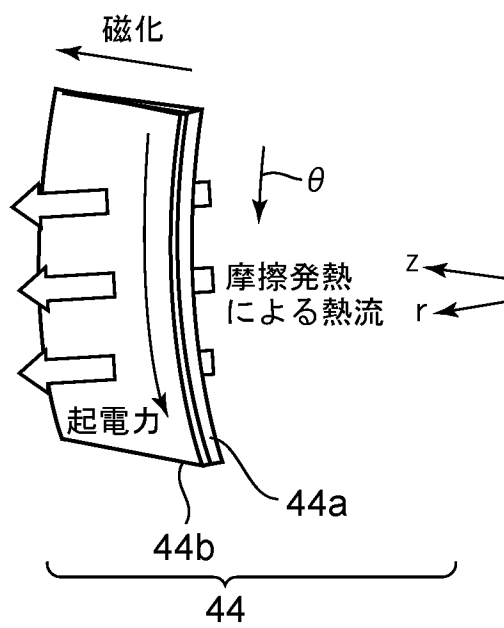
[図10B]



[図11A]



[図11B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029225

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F16C41/00 (2006.01) i, F16C19/06 (2006.01) i, F16C19/52 (2006.01) i, F16C33/58 (2006.01) i, G01P3/44 (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)

Int. Cl. F16C41/00, F16C19/06, F16C19/52, F16C33/58, G01P3/44

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 2003-113835 A (KOYO SEIKO CO., LTD.) 18 April 2003, paragraphs [0013]-[0025], fig. 1-5 (Family: none)	1-6, 9-13 7-8
Y A	JP 2013-072703 A (NEC CORP.) 22 April 2013, paragraphs [0050]-[0056], [0060], fig. 8, 9 (Family: none)	1-6, 10-13 7-8
Y	JP 2014-072256 A (TOHOKU UNIVERSITY) 21 April 2014, paragraphs [0011], [0012], [0033], [0034], fig. 5, 6 (Family: none)	1-4, 9-13
Y	JP 2009-174705 A (JTEKT CORP.) 06 August 2009, paragraphs [0014]-[0028], fig. 2-5 (Family: none)	10, 13



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
02.10.2018

Date of mailing of the international search report
23.10.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029225

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-223843 A (NSK LTD.) 25 September 2008, paragraphs [0012]-[0017], fig. 1-3 (Family: none)	13
A	JP 2007-040917 A (KAWASO ELECTRIC IND CO., LTD.) 15 February 2007, paragraphs [0016]-[0034], fig. 1-5 (Family: none)	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, F16C19/06(2006.01)i, F16C19/52(2006.01)i, F16C33/58(2006.01)i, G01P3/44(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, F16C19/06, F16C19/52, F16C33/58, G01P3/44

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 2003-113835 A (光洋精工株式会社) 2003.04.18, 段落 [0013] - [0025]、図1-5 (ファミリーなし)	1-6, 9-13 7-8
Y A	JP 2013-072703 A (日本電気株式会社) 2013.04.22, 段落 [0050] - [0056]、[0060]、 図8-9 (ファミリーなし)	1-6, 10-13 7-8

☑ 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

02.10.2018

国際調査報告の発送日

23.10.2018

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)

倉田 和博

3 J

9627

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 請求項の番号
Y	JP 2014-072256 A (国立大学法人東北大学) 2014.04.21, 段落 [0011] - [0012]、 [0033] - [0034]、図5-6 (ファミリーなし)	1-4, 9-13
Y	JP 2009-174705 A (株式会社ジェイテクト) 2009.08.06, 段落 [0014] - [0028]、図2-5 (ファミリーなし)	10, 13
Y	JP 2008-223843 A (日本精工株式会社) 2008.09.25, 段落 [0012] - [0017]、図1-3 (ファミリーなし)	13
A	JP 2007-040917 A (川惣電機工業株式会社) 2007.02.15, 段落 [0016] - [0034]、図1-5 (ファミリーなし)	6