

(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
2016 年 12 月 15 日(15.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/199845 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 49/10 (2006.01) *H02K 49/02* (2006.01)
F16H 49/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/067199
- (22) 国際出願日: 2016 年 6 月 9 日(09.06.2016)
- (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 2015-117776 2015 年 6 月 10 日(10.06.2015) JP
- (71) 出願人: ナブテスコ株式会社 (NABTESCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1020093 東京都千代田区平河町二丁目 7 番 9 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: フランクル ミヒヤエル (FLANKL Michael); 8092 チューリッヒ、フュズィークシュトラッセ、3、エーデーエル、ハー 2 2、エーデーハー、チューリッヒ、パワー、エレクトロニック、システムズ、ラボラトリー Zurich (CH). トウスズ アルダ (TUEYSUEZ Arda); 8092 チューリッヒ、フュズィークシュトラッセ、3、エーデーエル、ハー 2 2、エーデーハー、チューリッヒ、パワー、エレクトロニック、システム

ズ、ラボラトリー Zurich (CH). コラー ヨハン、ベー (KOLAR Johann W.); 8092 チューリッヒ、フュズィークシュトラッセ、3、エーデーエル、ハー 2 2、エーデーハー、チューリッヒ、パワー、エレクトロニック、システムズ、ラボラトリー Zurich (CH). 塚田 裕介 (TSUKADA Yusuke); 〒6512271 兵庫県神戸市西区高塚台 7 丁目 3 番地の 3 ナブテスコ株式会社 神戸工場内 Hyogo (JP). 中村 和人 (NAKAMURA Kazuhito); 〒6512271 兵庫県神戸市西区高塚台 7 丁目 3 番地の 3 ナブテスコ株式会社 神戸工場内 Hyogo (JP).

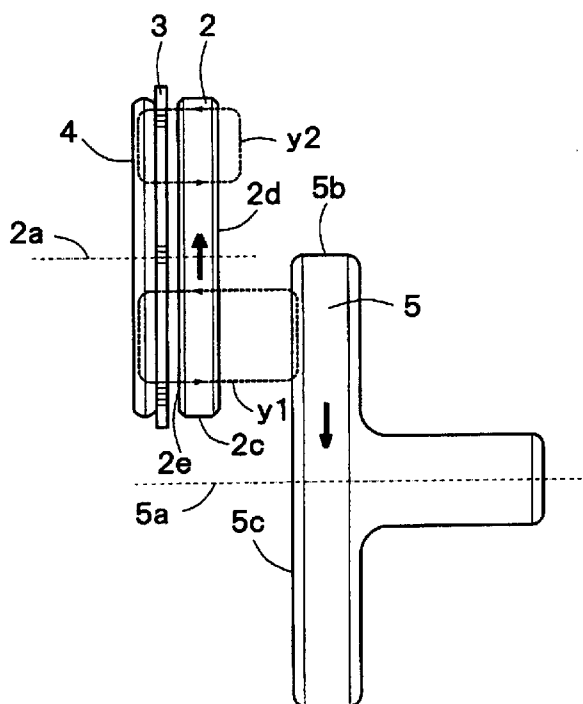
(74) 代理人: 永井 浩之, 外 (NAGAI Hiroshi et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内 1 丁目 6 番 6 号 日本生命丸の内ビル 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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, 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,

[続葉有]

(54) Title: ROTARY ELECTRIC MACHINE AND NON-CONTACT POWER GENERATOR

(54) 発明の名称: 回転電機および非接触発電機



(57) Abstract: [Problem] To provide a rotary electric machine and a non-contact power generator that have a good magnetic efficiency and little leak of magnetic flux. [Solution] A rotary electric machine 1 is provided with a permanent magnet 2 that is disposed, so as to be rotatable around a first rotary shaft, opposite to and apart from one main surface of a moving body that moves or rotates, wherein at least a portion of one side surface extending to the outer peripheral surface is disposed opposite the one main surface of the moving body. The permanent magnet 2 has: a plurality of magnetic poles 2b that are disposed so as to be separated in the circumferential direction, and are magnetized in alternating orientations along the circumferential direction; and a magnetic flux concentration member 2g that is disposed between the magnetic poles and, by concentrating the magnetic flux from two magnetic poles that are adjacent in the circumferential direction, is oriented in the direction of the moving body 5 or the direction opposite thereto. By means of a reactive force acting on the magnetic flux concentration member on the basis of an eddy current generated in a direction hindering a change in the magnetic flux from the magnetic flux concentration member on the one main surface of the rotary body, the permanent magnet 2 rotates around a first rotary shaft member, and the surface speed of the one side surface of the permanent magnet disposed opposite the moving body is lower than the surface speed of the opposing one main surface of the moving body.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/199845 A1



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.

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).

- (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,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】磁気効率がよく、磁束の漏れも少ない回転電機および非接触発電機を提供する。【解決手段】回転電機 1 は、第 1 回転軸周りに回転自在で、回転または移動する移動体の一主面から離隔して対向配置され、かつ外周面に連なる一側面の少なくとも一部が移動体の一主面に対向して配置される永久磁石 2 を備える。永久磁石 2 は、周状に離隔して配置され、周方向に沿って交互に異なる向きに磁化された複数の磁極 2 b と、複数の磁極の間に配置され、周方向に隣接する 2 つの磁極からの磁束を集中させて、移動体 5 の方向またはその反対方向に向ける磁束集中部材 2 g と、を有する。永久磁石 2 は、移動体の一主面上に磁束集中部材からの磁束の変化を妨げる方向に発生される渦電流に基づいて磁束集中部材に働く反力により、第 1 回転軸周りに回転し、永久磁石の前記移動体に対向配置される前記一側面の表面速度は、対向配置される移動体の一主面の表面速度よりも遅い。

明 細 書

発明の名称： 回転電機および非接触発電機

技術分野

[0001] 本発明は、非接触で回転する回転電機と、非接触で発電する非接触発電機とに関する。

背景技術

[0002] 米国特許公開公報 2 0 1 4 / 0 1 3 2 1 5 5 号には、非接触で発電する自転車用ダイナモが開示されている。上述した公知文献の自転車用ダイナモは、自転車のホイールの回転軸と直交する方向に延びる回転軸周りに回転する円環状の永久磁石の外周面を、ホイールの外周面に連なる一側面から離隔して配置している。

[0003] 永久磁石は、複数の磁極を周方向に並べて配置したものであり、隣接する磁極では、磁化方向が逆になっている。例えば、永久磁石のN極がホイールの一側面に対向配置された状態でホイールが回転すると、永久磁石からの磁束の変化を妨げる方向に、ホイールの一側面に渦電流が発生する。この渦電流による磁束と永久磁石からの磁束との反発力および誘引力により、永久磁石は、ホイールの回転方向に回転する。

[0004] よって、永久磁石の周囲をコイルで巻回して、永久磁石からの磁束がコイルを鎖交するようにすれば、コイルから誘導電力を取り出すことができる。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上述した公知文献に開示された自転車用ダイナモには、以下の課題がある。

[0006] 1. ホイールの一側面に対向配置される永久磁石の面積が限られているため、ホイールと永久磁石との磁気結合量を大きくできない。よって、ホイールに発生する渦電流が小さくなり、永久磁石の回転力も弱くなる。

[0007] 2. 上述した公知文献では、永久磁石に単一相のコイルを巻回しているが

、単一相のコイルでは、コイルが巻回していない部分の永久磁石の磁束を有効利用できないため、鎖交磁束量を増やすことはできない。また、コイルが巻回している部分の永久磁石の極性の向きが、回転軸を中心に対称である場合、常にコイルを鎖交する磁束の総量が打ち消し合ってしまうため、発電できないという問題がある。

[0008] 3. 永久磁石からの磁束は、空气中を伝搬するため、大きな磁気抵抗を受けることになり、磁気効率がよいとはいえない。

[0009] 4. ヨークを用いていないため、磁束の漏れが生じやすく、また周囲に導電材料があると、磁路が変化してしまい、発電量に影響を与えてしまうおそれがある。

[0010] 本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、磁気効率がよく、磁束の漏れも少ない回転電機および非接触発電機を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様では、第1回転軸周りに回転自在で、回転または移動する移動体の一主面から離隔して対向配置され、かつ外周面に連なる一側面の少なくとも一部が前記移動体の一主面に対向して配置される永久磁石を備え、

前記永久磁石は、

周状に離隔して配置され、周方向に沿って交互に異なる向きに磁化された複数の磁極と、

前記複数の磁極の間に配置され、周方向に隣接する2つの前記磁極からの磁束を集中させて、前記移動体の方向またはその反対方向に向ける磁束集中部材と、を有し、

前記永久磁石は、前記移動体の前記一主面上に前記磁束集中部材からの磁束の変化を妨げる方向に発生される渦電流に基づいて前記磁束集中部材に働く反力により、前記第1回転軸周りに回転し、

前記永久磁石の前記移動体に対向配置される前記一側面の表面速度は、対

向配置される前記移動体の前記一主面の表面速度よりも遅い回転電機が提供される。

[0012] 前記永久磁石は、前記移動体が一方向に移動する場合、前記一方向に交差する方向に配置される前記第1回転軸周りに、前記一方向に応じた回転方向に回転してもよい。

[0013] 前記永久磁石は、前記移動体が第2回転軸周りに回転する場合、前記第2回転軸と平行な前記第1回転軸周りに、前記移動体の回転方向に応じた方向に回転してもよい。

[0014] 前記永久磁石の外周面に連なる一側面の少なくとも一部と、前記移動体の外周面に連なる一側面の少なくとも一部とが離隔して対向配置されてもよく、

前記永久磁石は、前記移動体の外周面に連なる一側面上に前記永久磁石からの磁束の変化を妨げる方向に発生される渦電流に基づいて前記永久磁石に働く反力により、前記移動体の回転方向に応じた方向に回転してもよい。

[0015] 前記永久磁石は、前記移動体側の総面積のうち、半分以下の面積で、前記移動体に対向配置されてもよい。

[0016] 前記第1回転軸は、前記第2回転軸の延長線上にあり、
前記永久磁石は、前記移動体側の一側面の全体で前記移動体に対向配置され、

前記永久磁石は、前記移動体と同じ方向に回転してもよい。

[0017] 前記永久磁石からの磁束が鎖交する位置に配置され、鎖交した磁束の変化量に応じた誘導電流を発生するコイルを備えてもよい。

[0018] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面とは反対の側面側に配置されてもよい。

[0019] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面と前記移動体の一主面との間に配置されてもよい。

[0020] 前記永久磁石から前記コイルを鎖交して前記永久磁石に戻る磁束の磁路内の少なくとも一部に配置される磁束ガイド部材を備えてもよい。

[0021] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面とは反対の側面側に配置され、

前記磁束ガイド部材は、前記コイルの前記永久磁石に対向する面とは反対の面側に配置されてもよい。

[0022] 前記磁束ガイド部材は、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面側の前記移動体と前記永久磁石とが対向配置されていない箇所に配置されてもよい。

[0023] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面とは反対の側面側に配置され、

前記磁束ガイド部材は、

前記コイルの前記永久磁石に対向する面とは反対の面側に配置される第1磁束ガイド部材と、

前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面側の前記移動体と前記永久磁石とが対向配置されていない箇所に配置される第2磁束ガイド部材と、を有してもよい。

[0024] 前記第2磁束ガイド部材は、前記永久磁石と前記移動体とが対向配置された領域内の一部に配置されてもよい。

[0025] 前記コイルの内部に挿入され、前記コイルを通過する磁束の密度を増大させる芯部材を備えてもよい。

[0026] 前記永久磁石からの磁束を通過させる環状の磁束ガイド部材を備え、
前記コイルは、前記磁束ガイド部材に巻回されていてもよい。

[0027] 前記第1回転軸の回転力により駆動される駆動体を備えてもよい。

[0028] 前記駆動体は、モータであってもよい。

[0029] 前記永久磁石は、ハルバッハ配列構造であってもよい。

[0030] 本発明の他の一態様では、第1回転軸周りに回転自在で、回転または移動する移動体の一主面から離隔して配置され、かつ外周面に連なる一側面の少なくとも一部が前記移動体の一主面に対向して配置される永久磁石と、

前記永久磁石からの磁束が鎖交する位置に配置され、鎖交した磁束の変化

量に応じた誘導電流を発生するコイルと、を備え、

前記永久磁石は、

周状に離隔して配置され、周方向に沿って交互に異なる向きに磁化された複数の磁極と、

前記複数の磁極の間に配置され、周方向に隣接する２つの前記磁極からの磁束を集中させて、前記移動体の方向に向ける磁束集中部材と、を有し、

前記永久磁石は、前記移動体の前記一主面上に前記磁束集中部材からの磁束の変化を妨げる方向に発生される渦電流に基づいて前記磁束集中部材に働く反力により、前記第１回転軸周りに回転し、

前記永久磁石の前記移動体に対向配置される前記一側面の表面速度は、対向配置される前記移動体の前記一主面の表面速度よりも遅い非接触発電機が提供される。

発明の効果

[0031] 本発明によれば、磁気効率がよく、磁束の漏れも少ない回転電機および非接触発電機を提供できる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]本発明の第１の実施形態による非接触発電機の正面図。

[図2]本発明の第１の実施形態による非接触発電機の斜視図。

[図3]永久磁石の斜視図。

[図4]永久磁石の磁化方向を示す図。

[図5]回転体の一側面に発生する渦電流に基づいて永久磁石が回転する原理を説明する図。

[図6]永久磁石の回転軸の延長線上に回転体の回転軸を設けた図。

[図7]本実施形態による非接触発電機の分解斜視図。

[図8]永久磁石とコイルの位置を逆にした分解斜視図。

[図9A]コイルの両側面にヨークを対向配置した場合の斜視図。

[図9B]コイルの両側面にヨークを対向配置した場合の正面図。

[図9C]図９Ｂとはフロントヨークの位置を変えた正面図。

[図10]回転体の代わりに移動体を用いた非接触発電機の正面図。

[図11]コイルにティースを挿入する場合の分解斜視図。

[図12]環状のヨーク4に複数のコイル3を巻回した場合の分解斜視図。

[図13]非接触発電機1の制御系の機能ブロック図。

[図14A]本発明の第2の実施形態による回転電機の斜視図。

[図14B]本発明の第2の実施形態による回転電機の正面図。

[図15]ハルバッハ配列構造の概念図。

[図16]磁束集中部材が永久磁石である場合のハルバッハ配列構造を示す図。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の実施形態では、回転電機および非接触発電機内の特徴的な構成および動作を中心に説明するが、回転電機および非接触発電機には以下の説明で省略した構成および動作が存在しうる。ただし、これらの省略した構成および動作も本実施形態の範囲に含まれるものである。

[0034] (第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態による非接触発電機1の正面図、図2は斜視図である。図1の非接触発電機1は、円環状の永久磁石2と、コイル3と、ヨーク（磁束ガイド部材）4とを備えている。永久磁石2の一側面2dは、移動体5の一側面5cに対向して配置されている。

[0035] 永久磁石2は、回転軸2a周りに回転自在とされている。永久磁石2は、図3および図4に示すように、周方向に離隔して配置された複数の磁極2bと、周方向に隣接する2つの磁極2bの間に配置される磁束集中部材2gとを有する。図3では、4つの磁極2bと4つの磁束集中部材2gとを有する例を示すが、磁極2bと磁束集中部材2gの数には特に制限はない。

[0036] 周方向に隣接する2つの磁極2bは、磁化方向が互いに逆である。各磁極2bの磁化方向は、図4に矢印で示すように、周方向を向いている。磁束集中部材2gは、周方向に隣接する2つの磁極2bからの磁束を集中させ、集中させた磁束を移動体5の方向またはその反対方向に向けている。

[0037] より詳細には、周方向に隣接する2つの磁束集中部材2gの一方は、移動体5の一側面5cの方向に磁束を向け、他方は、移動体5の一側面5cとは反対の方向に磁束を向ける。

[0038] このように、永久磁石2中に磁束集中部材2gを設けることで、移動体5の一側面5cの法線方向への磁束密度を高めることができ、後述するように、移動体5の一側面5c上に発生される渦電流を増やすことができるとともに、コイル3を鎖交する磁束密度も増やすことができる。コイル3は、磁束集中部材2gからの磁束が通過する場所に設ければよいので、コイル3の径を小さくすることができる。

[0039] 永久磁石2から離隔して配置される回転体5は、その回転軸5a周りに回転する。回転体5は、回転軸5a周りに一方向にのみ回転してもよいし、両方向に回転してもよい。

[0040] 図1に示すように、永久磁石2の回転軸2aと、回転体5の回転軸5aとは平行に配置されており、永久磁石2の外周面2cに連なる一側面2dの少なくとも一部は、回転体5の外周面5bに連なる一側面5cに対向配置されている。より具体的には、永久磁石2が有する複数の磁束集中部材2gのうち、2つ以上の磁束集中部材2gが回転体5の一側面5cに対向配置されている。これにより、後述するように、永久磁石2と回転体5との磁気結合量を増やすことができ、回転体5の一側面5c上に生じる渦電流を増大させることができる。

[0041] 回転体5は、例えば車両の車輪やホイールなどである。回転体5は、永久磁石2に対向配置された一側面5cに渦電流を発生させる。渦電流を発生できるように、回転体5の少なくとも一側面5cは、金属などの導電材料で形成されている必要がある。

[0042] 本実施形態では、永久磁石2の各磁束集中部材2gからの磁束により、回転体5の一側面5cに渦電流を発生させる。よって、永久磁石2の一側面2dと回転体5の一側面5cとの間の間隔は、永久磁石2の各磁束集中部材2gからの磁束が回転体5に到達可能な範囲内に制限される。

[0043] 永久磁石 2 の各磁束集中部材 2 g は、対向する永久磁石 2 の一側面 2 d に向かう方向またはその反対方向に磁化されている。また、永久磁石 2 の隣接する磁束集中部材 2 g 同士の磁化方向は逆である。図 4 では、永久磁石 2 の各磁束集中部材 2 g の磁化方向を矢印で示している。図 4 に示すように、永久磁石 2 の一側面 2 d には、周状に N 極と S 極が交互に並んでいる。また、永久磁石 2 の回転体 5 に対向する一側面 2 d とは反対側の側面 2 e は、一側面とは逆極性になる。

[0044] 図 5 は回転体 5 の一側面 5 c に発生する渦電流 6 a, 6 b により永久磁石 2 が回転する原理を説明する図である。永久磁石 2 の一側面 2 d 上に周状に離隔して配置された複数の磁束集中部材 2 g のうち、回転体 5 の一側面 5 c に対向配置された磁束集中部材 2 g からの磁束は、回転体 5 の一側面 5 c 方向に伝搬する。永久磁石 2 の一側面 2 d と回転体 5 の一側面 5 c との間は、エアギャップであり、永久磁石 2 からの磁束はこのエアギャップを伝搬する。

[0045] 回転体 5 が回転すると、回転体 5 の一側面 5 c には、永久磁石 2 の磁束集中部材 2 g からの磁束の変化を妨げる方向に渦電流が生じ、この渦電流による磁束と永久磁石 2 の磁束集中部材 2 g からの磁束との相互作用（反発力および誘引力）により、永久磁石 2 は回転する。ただし、永久磁石 2 の一側面 2 d の表面速度は、対向する回転体 5 の一側面 5 c の表面速度よりも遅くなる。

[0046] 例えば、永久磁石 2 の N 極が回転体 5 の一側面 5 c に対向配置されている場合、N 極の回転方向前方のエッジ e 1 からの磁束が到達する回転体 5 の一側面 5 c 部分に発生する渦電流 6 a の向きと、N 極の回転方向後方のエッジ e 2 からの磁束が到達する回転体 5 の一側面 5 c 部分に発生する渦電流 6 b の向きとは相違している。N 極の回転方向後方のエッジ e 2 からの磁束により発生する渦電流 6 b は、N 極からの磁束とは反対方向の磁束を発生させる向きに流れる。一方、N 極の回転方向前方のエッジ e 1 からの磁束が到達する回転体 5 の一側面 5 c 部分に発生する渦電流 6 a は、N 極からの磁束と同

方向の磁束を発生させる向きに流れる。いずれの渦電流 6 a, 6 b も、回転体 5 の回転に伴う永久磁石 2 からの磁束の変化を妨げる方向に流れる。

[0047] 上述したように、永久磁石 2 の N 極の回転方向前方のエッジ e 1 側では、渦電流 6 a による磁束と永久磁石 2 の N 極からの磁束との方向が同じになることから、互いに引き寄せ合う誘引力が働く。一方、永久磁石 2 の N 極の回転方向後方のエッジ e 2 側では、渦電流 6 b による磁束と永久磁石 2 の N 極からの磁束とは反対方向になることから、互いに反発し合う反発力が働く。永久磁石 2 の一側面 2 d の表面速度が、対向する回転体 5 の一側面 5 c の表面速度より遅い場合には、上述した、永久磁石 2 と渦電流 6 a、6 b の関係が常に成り立つ。これにより、永久磁石 2 は、対向する回転体 5 の一側面 5 c の移動表面を追いかけるようにして、対向する回転体 5 の一側面 5 c の表面速度よりも遅い表面速度で回転することになる。

[0048] なお、上述した永久磁石 2 の回転の原理は、ローレンツ力による反力にて説明することもできる。上述したように、永久磁石 2 の N 極の回転方向前方のエッジ e 1 からの磁束による発生する渦電流 6 a と、永久磁石 2 の回転方向後方のエッジ e 2 からの磁束による発生する渦電流 6 b とは、電流の向きが逆になっていて、N 極の直下には常に一定方向の電流が流れる。これら渦電流 6 a, 6 b による電流は、回転体 5 が図 5 の矢印の向きに回転する場合には、回転体 5 の回転方向とは反対方向のローレンツ力を受ける。よって、これら渦電流 6 a, 6 b による磁束を受ける永久磁石 2 は、回転体 5 の回転方向への、ローレンツ力の反力を受けて回転する。

[0049] このように、永久磁石 2 と回転体 5 は、両者の対向面同士では同一方向に移動する。よって、図 5 のように、永久磁石 2 が回転体 5 の回転軸からずれて対向配置されている場合には、永久磁石 2 の回転方向は回転体 5 の回転方向とは逆になる。

[0050] 図 1 に示すように、永久磁石 2 の回転体 5 に対向する一側面 2 d とは反対側の側面 2 e には、コイル 3 が対向配置されている。コイル 3 と、対向する永久磁石 2 の側面 2 e との間には、エアギャップが設けられている。コイル

3は固定されており、回転する永久磁石2からの磁束がコイル3を鎖交する。永久磁石2の周状に配置された複数の磁束集中部材2gの極性は、交互に変化するため、コイル3を鎖交する磁束はその向きが周期的に変化する交番磁束である。よって、コイル3には、永久磁石2からの磁束の変化を妨げる方向に誘導電流が発生し、この誘導電流を抽出することで、交流からなる誘導電力を生成することができる。

[0051] 永久磁石2からの磁束は、図1の矢印y1, y2に示すように、コイル3を鎖交した後、空气中を伝搬して永久磁石2に戻る。磁束の通過する経路は磁路と呼ばれている。磁路の大部分が空気である場合、空气中の磁気抵抗は大きいことから、コイル3を通過する磁束密度が小さくなり、結果として誘導電流も小さくなる。また、磁束が空气中を伝搬している最中に磁束の漏れが生じたり、また、周辺の導電材料の影響で磁路が変化するおそれもある。そこで、図1に示すように、コイル3を鎖交した磁束が通過する磁路内にヨーク4を設けるのが望ましい。ヨーク4は、鉄などの透磁率の高い材料で形成されており、例えば、コイル3の永久磁石2に対向する面と反対側の面にヨーク4を密着配置することで、コイル3を鎖交した磁束を漏れなくヨーク4に導いて、ヨーク4内を通過して永久磁石2に戻ることができる。これにより、磁束の漏れを防止でき、磁気効率を高くすることができる。

[0052] 上述したように、回転体5の一側面5cのうち、永久磁石2の一側面2dに対向配置された部分に、渦電流が発生する。渦電流が発生する場所によっては、永久磁石2の回転を妨げることがありうる。このため、図1の永久磁石2は、回転体5方向の一側面の総面積のうち、半分未満の面積で、回転体5に対向配置されている。別の言い方をすると、図1において、永久磁石2の回転軸2aよりも上側では、回転体5の一側面5c上に渦電流が発生しないようにしている。これにより、回転体5の一側面5cには、永久磁石2の回転軸よりも下側部分からの磁束による渦電流が発生する。この渦電流は、永久磁石2を回転体5とは逆の方向に回転させることに寄与する。なお、永久磁石2が回転体5方向の一側面の総面積の半分以上の面積で対向配置され

ていると、永久磁石 2 の回転軸 2 a よりも上側部分からの磁束により、回転体 5 の一側面上に永久磁石 2 の回転を妨げるような渦電流が発生する。よって、永久磁石 2 と回転体 5 の一側面との対向面積は、永久磁石 2 の一側面の総面積の半分未満が望ましい。

[0053] なお、図 6 に示すように、回転体 5 の回転軸 5 a の延長線上に永久磁石 2 の回転軸 2 a が設けられている場合、永久磁石 2 の一側面 2 d の全体が回転体 5 の一側面 5 c に対向配置されていても、回転体 5 の一側面 5 c に発生した渦電流は回転体 5 を同一方向に回転させることに寄与する。よって、図 6 のように、回転体 5 の回転軸 5 a と永久磁石 2 の回転軸 2 a とが同一延長線上にある場合は、永久磁石 2 の一側面 2 d からの磁束すべてにより発生される渦電流を、永久磁石 2 の回転のために有効利用できる。

[0054] 図 7 は本実施形態による非接触発電機 1 の分解斜視図である。図 7 に示すように、コイル 3 は、永久磁石 2 の周方向に沿って密集して複数個配置されている。各コイル 3 は、対応する磁束集中部材 2 g からの磁束のほぼすべてが鎖交するように、各磁束集中部材 2 g の外形サイズに合わせた形状を有する。これにより、永久磁石 2 の各磁束集中部材 2 g からの磁束を、1 つ以上のコイル 3 に鎖交させることができ、コイル 3 を鎖交しない漏れ磁束をほとんどなくすることができる。

[0055] 図 7 では、永久磁石 2 の磁束集中部材 2 g からの磁束のほぼすべてが鎖交するように、磁束集中部材 2 g の外形サイズに合わせたコイル 3 を密集して円環状に配置しているが、コイル 3 が必ずしも密集して配置される必要はない。具体的には、コイル 3 が円環の半分の領域のみに配置されてもよいし、3 分の 1 の領域のみに配置されてもよいし、周方向に任意の間隔を空けて複数のコイル 3 が配置されてもよい。コイル 3 を均一に配置しないことにより、コイル 3 と磁束集中部材 2 g の磁気結合が強い回転位置では永久磁石 2 にかかる負荷トルクが大きくなり、コイル 3 と磁束集中部材 2 の磁気結合が弱い回転位置では永久磁石 2 にかかる負荷トルクが小さくなる。すなわち、永久磁石 2 の各回転位置での負荷トルクを制御することが可能となる。この永

永久磁石 2 の各回転位置で負荷トルクを制御可能とすることで、永久磁石 2 の回転方向に生じるリラクタンス力を低減することができる。

[0056] コイル 3 にて発生される誘導起電力 E は、以下のようにして求めることができる。各コイル 3 の巻き数を n [ターン]、コイル 3 を鎖交する磁束を ϕ [Wb]、磁束の最大値を $\phi_{\max}$ 、磁束 ϕ が変化する周波数を f [Hz]、角周波数を $\omega = 2\pi f$ とすると、磁束 ϕ は以下の (1) 式で求められる。

$$[0057] \quad \phi = \phi_{\max} \times \sin \omega t \quad \cdots (1)$$

[0058] コイル 3 に誘起される電圧 e [V] は、以下の (2) 式で表される。

$$[0059] \quad e = -n (d\phi / dt) \quad \cdots (2)$$

[0060] (2) 式に (1) 式を代入すると、以下の (3) 式が得られる。

$$[0061] \quad e = -n \omega \phi_{\max} \cos \omega t \quad \cdots (3)$$

[0062] (3) 式の $n \omega \phi_{\max}$ は、誘起電圧 e の最大値 (振幅) を表す。電圧の実効値 E は、以下の (4) 式で表される。

$$[0063] \quad E = n (2\pi f) \phi_{\max} / \sqrt{2} \quad \cdots (4)$$

[0064] (4) 式において、 $2\pi / \sqrt{2} \div 4.44$ である。

よって、(4) 式は (5) 式で表される。

$$[0065] \quad E \div 4.44 f n \phi_{\max} \quad \cdots (5)$$

[0066] (5) 式の周波数 f は、永久磁石 2 の回転速度に依存する。よって、(5) 式からわかるように、コイル 3 による誘導起電力 E は、永久磁石 2 の回転速度と、コイル 3 の巻き数 n と、コイル 3 を鎖交する磁束 ϕ との乗算に比例する。

[0067] 永久磁石 2 の回転速度は、回転体 5 の一側面 5c に発生する渦電流に依存するため、永久磁石 2 の回転に寄与する渦電流をできるだけ多く回転体 5 の一側面 5c に発生させるのが望ましい。そのためには、永久磁石 2 の一側面 2d と回転体 5 の一側面 5c との間隔をできるだけ狭めるのが望ましいが、間隔を狭めすぎると、何らかの原因で回転体 5 の回転が回転軸の延在方向にぶれたときに、回転体 5 と永久磁石 2 とが接触するおそれがあるため、両者のトレードオフで、上記間隔を設定するのが望ましい。

- [0068] 図7では、回転体5に近い側から、永久磁石2、コイル3およびヨーク4の順に配置しているが、図8に示すように、回転体5に近い側から、コイル3、永久磁石2およびヨーク4の順に配置してもよい。
- [0069] コイル3は、典型的には、巻線を複数回巻回した構造を有するが、例えばプリント基板上に、導電パターンにより、平面状のコイル3を形成してもよい。平面状のコイル3は、軽薄短小化が可能で、製造コストも抑制できる。
- [0070] 図1等では、ヨーク4をコイル3の片側の側面だけに対向配置しているが、図9Aおよび図9Bに示すように、コイル3の両側面にヨーク4、7を対向配置してもよい。図9Aは斜視図、図9Bは正面図である。
- [0071] 図9Aおよび図9Bでは、永久磁石2の回転体5側の一側面2dで、回転体5に対向配置されていない箇所に別個のヨーク7を配置している。以下では、このヨーク7をフロントヨーク（第2磁束ガイド部材）7と呼び、図1等にも設けられているヨーク（第1磁束ガイド部材）4をバックヨーク4あるいはメインヨーク4と呼ぶ。
- [0072] フロントヨーク7は、図9Aに示すように、永久磁石2の一側面2dの外形輪郭の上側半分を覆う形状である。永久磁石2の上側半分からの磁束は、磁束集中部材2gの磁化方向によって、コイル3、バックヨーク4、コイル3、永久磁石2、およびフロントヨーク7を通過して永久磁石2に戻る磁路か、またはフロントヨーク7、永久磁石2、コイル3、バックヨーク4、およびコイル3を通過して永久磁石2に戻る磁路を通過する。
- [0073] フロントヨーク7を設けることで、永久磁石2の上側半分の磁気抵抗を低下させて、コイル3での誘導起電力を向上させることができる。また、フロントヨーク7を設けることで、永久磁石2の上側半分からの漏洩磁束が回転体5の一側面5c上での渦電流の発生の妨げになるおそれを防止できる。このように、フロントヨーク7は、誘導起電力の向上と磁気シールドという両方の機能を持っている。
- [0074] 永久磁石2の上側半分での誘導起電力をさらに向上させたい場合は、永久磁石2とフロントヨーク7の間に、フロントヨーク7とほぼ同サイズのコイ

ルを別個に配置してもよい。

[0075] なお、図 9 A および図 9 B では、永久磁石 2 と回転体 5 とが対向配置された領域にはフロントヨーク 7 を配置していないが、永久磁石 2 と回転体 5 とが対向配置された領域のエッジ部分に条件によっては制動力が働き、この制動力は永久磁石 2 の回転を妨げる作用を行うため、運動エネルギーの抽出にとって好ましくない。よって、フロントヨーク 7 を、永久磁石 2 と回転体 5 とが対向配置された領域のエッジ部にまで延在させ、永久磁石 2 と回転体 5 とが対向配置された領域の一部（特にエッジ部分）にフロントヨーク 7 を配置してもよい。このように、フロントヨーク 7 は、永久磁石 2 と回転体 5 とが対向配置されていない領域のみに配置されとは限らない。

[0076] 一方、図 9 C は、永久磁石 2 の一側面 2 d の全体を回転体 5 の一側面 5 c の半周面内に対向配置させるとともに、フロントヨーク 7 を永久磁石 2 の回転軸 2 a よりも下側に配置した例を示している。図 9 C の場合、永久磁石 2 からフロントヨーク 7 を通る磁束は、回転体 5 には到達せず、フロントヨーク 7 が配置されていない永久磁石 2 の上半分の領域内の磁束が回転体 5 に到達して、渦電流の発生に寄与する。図 9 C の場合は、永久磁石 2 と回転体 5 の回転方向が同一になり、回転トルクの点では図 9 B よりも優れている。ところが、フロントヨーク 7 は、永久磁石 2 と回転体 5 とのギャップ中に配置されるため、ギャップの短縮化の観点では、図 9 B の方が優れている。

[0077] また、フロントヨーク 7 がない場合でも、回転体 5 の外周に近い部分では、中心に近い部分よりも渦電流による反力が大きくなるため、永久磁石 2 は回転体 5 の外周部分と対向する面が同じ向きに移動するように回転可能である。

[0078] 図 1 等では、コイル 3 に密着配置されるバックヨーク 4 を永久磁石 2 の外形に合わせて円板あるいは円筒状にしているが、永久磁石 2 の回転方向に生じるリラクタンس力を低減するために、バックヨーク 4 の形状を最適化してもよい。すなわち、バックヨーク 4 は、必ずしも永久磁石 2 の外形に合わせた形状であるとは限らない。バックヨーク 4 の形状を最適化することで、リ

ラクタンス力が渦電流によるトルクより大きくなって永久磁石 2 が回転不能となるおそれなくなる。

[0079] また、バックヨーク 4 の任意の位置での磁束の強さを制御するために、バックヨーク 4 に別個の永久磁石を固定してもよい。このような永久磁石を設けることで、発電量を大きくできるだけでなく、回転方向に生じるリラクタンス力を最小化することができる。

[0080] 上述した図 1 ～図 9 では、永久磁石 2 の一側面 2 d に回転体 5 の一側面 5 c が離隔して対向配置される例を説明したが、本実施形態は、回転体 5 の代わりに、移動体を用いた場合にも適用可能である。

[0081] 図 10 は回転体 5 の代わりに移動体 8 を用いた非接触発電機 1 の正面図である。移動体 8 の一主面 8 a と永久磁石の一側面 2 d とが離隔して配置されている。移動体 8 は、例えば、図 10 の矢印の向きに移動する。あるいは、移動体 8 は、矢印の向きとその反対側の向きとの双方向に移動してもよい。移動体 8 の少なくとも一主面 8 a は、渦電流を発生させる導電材料で形成されている。

[0082] 図 10 の場合の動作原理は、図 5 と同じである。永久磁石 2 の一側面 2 d に対向配置された移動体 8 の一主面 8 a 上に、磁束集中部材 2 g からの磁束の変化を妨げる向きに渦電流が発生する。この渦電流による磁束と磁束集中部材 2 g からの磁束との相互作用（反発力および誘引力）により、永久磁石 2 は移動体 8 の移動方向に応じた方向に回転する。

[0083] 移動体 8 は、それ自身が移動する場合だけでなく、永久磁石 2 に対して相対的に移動するものでもよい。例えば、移動体 8 を列車が走行するレールとし、回転自在の永久磁石 2 と、固定されたコイル 3 およびヨーク 4 とを備えた列車をレール上で走行させ、レールの一側面に永久磁石 2 の一側面 2 d を対向配置させる場合にも本実施形態を適用可能である。このように、移動体 8 は、永久磁石 2 に対して相対的に移動するものでもよい。

[0084] 上述した (5) 式に示すように、コイル 3 を鎖交する磁束 ϕ が大きいほど、誘導起電力 E は大きくなる。コイル 3 の巻数を変えずに磁束密度 ϕ を増大

させる一手法として、コイル 3 の内部に積層鋼板などの芯部材 11 を挿入することが考えられる。図 11 は、コイル 3 に密着配置されるヨーク 4（バックヨーク 4）に、コイル 3 の内部に挿入される凸形状のティース（芯部材）11 を一体成形した例を示す。このティース 11 は、ヨーク 4 と一体成形してもよく、ティース 11 とヨーク 4 の材料は、透磁率が高い材料、例えば積層鋼板などを用いることができる。

[0085] また、ヨーク 4 とコイル 3 とを一体化した構造も考えられる。例えば、図 12 は、環状のヨーク 4 に複数のコイル 3 を巻回したものである。環状のヨーク 4 が回転しないように、平板状の透磁率の低い材料からなるキャリア 12 をヨーク 4 の内周側に配置して、このキャリア 12 の外周面の突起部 12a にてコイル 3 を固定している。

[0086] このように、コイル 3 やヨーク 4 の形状には、種々のものが考えられ、本実施形態に適用可能なコイル 3 やヨーク 4 は上述したものには限定されない。

[0087] 図 13 は本実施形態による非接触発電機 1 の制御系の機能ブロック図である。図 13 の機能ブロック図では、図 1 のように回転する回転体 5 と図 10 のように移動する移動体 8 とを総称して、移動体 8 としている。図 13 に示すように、本実施形態による非接触発電機 1 の制御系は、回転または移動する移動体 8 と、回転自在な永久磁石 2 と、コイル 3 と、コンバータ 21 と、コントローラ 22 と、を備えており、コンバータ 21 には各種の負荷 23 が接続可能である。

[0088] 移動体 8 は、上述したように、永久磁石 2 に対して相対的に移動することで、永久磁石 2 に対向配置された一主面上に渦電流を発生させる。これはすなわち、移動体 8 の運動エネルギーの一部を磁気エネルギーに変換することを意味する。

[0089] 永久磁石 2 は、永久磁石 2 からの磁束と渦電流による磁束との磁氣的相互作用で、移動体 8 から運動エネルギーを抽出する。永久磁石 2 の回転速度 $\omega 1$ は、移動体 8 の一側面の表面速度 $v 2$ に依存する。

- [0090] コイル 3 は、永久磁石 2 からの磁束が鎖交することで、永久磁石 2 の運動エネルギーを電気エネルギーに変換する。コイル 3 の誘導起電力周波数 f_{e1} は、永久磁石 2 の回転速度 ω_1 に依存する。コイル 3 の数と永久磁石 2 中の磁束集中部材 2 g の数が、永久磁石 2 の回転速度 ω_1 とコイル 3 の誘導起電力周波数 f_{e1} とに影響を与える。
- [0091] コンバータ 2 1 は、電気エネルギーの電力変換を行う。コンバータ 2 1 は、交流電圧を直流電圧に変換する AC/DC コンバータでもよいし、単に整流器でもよい。コンバータ 2 1 の出力電力は、コントローラ 2 2 に供給されるとともに、負荷 2 3 の駆動にも用いられる。
- [0092] コントローラ 2 2 は、コンバータ 2 1 の出力電力 P'_{e1} と、コイル 3 の誘導起電力 P_{e1} と、周波数 f_{e1} と、の少なくとも一つをモニタして、コンバータ 2 1 の制御を行う。また、コントローラ 2 2 は、コイル 3 の誘導起電力周波数 f_{e1} に基づいて、移動体 8 の回転速度または移動速度を推定する。あるいは、コントローラ 2 2 は、コイル 3 の誘導起電力周波数 f_{e1} と、コンバータ 2 1 の出力電力 P'_{e1} と、コイル 3 の出力電圧 P_{e1} と、の少なくとも一つに基づいて、移動体 8 の回転速度または移動速度を推定する。
- [0093] 移動体 8 の一側面の表面速度 v_2 と永久磁石 2 の回転速度 ω_1 との間には、滑りによる速度差が生じるため、コントローラ 2 2 は、この速度差を補正した推定演算を行う。
- [0094] なお、コンバータ 2 1 の出力電力 P'_{e1} で負荷 2 3 を駆動する場合、負荷 2 3 の種類により滑りの量が変化する。一般には、負荷 2 3 が小さいほど滑り量は小さくなり、負荷 2 3 が大きいほど滑り量は大きくなる。
- [0095] この他、コントローラ 2 2 は、推定した移動体 8 の回転速度や移動速度、発電量のピーク値、平均発電量などの履歴（ログ）情報を記憶してもよい。
- [0096] このように、本実施形態による非接触発電機 1 で生成した誘導電力は、移動体 8 が車両の場合には、車両の電装機器類の電源電力として使用することができる。車両以外にも、導電性の移動体があれば、電源配線を引き回さなくても、移動体の近傍で発電し、電力を各種電気機器に供給することができ

る。

[0097] ところで、本実施形態のように、永久磁石 2 が移動体 8 に対して回転する場合、永久磁石 2 と移動体 8 との間隔の非対称性に基づくリラクタンス力が発生する。リラクタンス力は、コギングトルクを引き起こす。コギングトルクは、永久磁石 2 の回転速度の変動や、始動トルクの増加につながるため、できるだけ低減することが望ましい。コギングトルク T_{cog} は、下記の (6) 式で表される。

[0098] [数1]

$$T_{cog} = -\frac{\partial W_{mag}}{\partial \theta} \quad \dots (6)$$

[0099] (6) 式の W_{mag} は磁気エネルギー、 θ は永久磁石 2 の回転角度である。

[0100] 本実施形態は、上述したように、回転体 5 (移動体 8) の回転 (移動) に基づく運動エネルギーを永久磁石 2 にて抽出し、この運動エネルギーをコイル 3 にて電気エネルギーに変換している。回転軸の周囲に設けられるベアリングや、空気抵抗などの機械的損失を無視すると、本実施形態による電力バランスは、以下の (7) 式で表される。

[0101] $P_2 - P_{LM} + P_1 = 0 \quad \dots (7)$

[0102] P_2 は、回転体 5 (移動体 8) に働く制動力である。 P_2 が正の値であれば、回転体 5 (移動体 8) の表面に制動力が働いている、すなわち回転 (移動) 速度を低下させる方向に力が働いていることを意味する。 P_2 が負の値であれば、回転体 5 (移動体 8) の回転 (移動) 速度を上昇させる方向に力が働いていることを意味する。回転体 5 (移動体 8) から運動エネルギーを抽出する場合は、 P_2 は正の値になる。 P_2 の値が正の場合は、回転体 (移動体 8) の方が永久磁石 2 よりも対向する面の表面速度が速い状態になり、 P_2 の値が負の場合は、回転体 (移動体 8) の方が永久磁石 2 よりも対向する面の表面速度が遅い状態になる。 P_2 の正負によらず、永久磁石 2 の移動方向は、回転体 5 (移動体 8) と同じ方向である。

[0103] P_{LM} は、回転体 5 (移動体 8) での電磁気的な損失であり、具体的には渦

電流やヒステリシスによる損失などである。PLMは常に正の値である。

[0104] P1は、抽出される機械的な力であり、上述した永久磁石2を回転させる運動エネルギーである。永久磁石2を回転させる運動エネルギーは負の値である。

P1は、以下の(8)式で表される。

[0105] $P1 = \omega_{MW} \times T_{MW}$... (8)

[0106] (8)式において、 ω_{MW} は永久磁石2の回転速度、 T_{MW} は永久磁石2のトルクである。

また、P1は、以下の(9)式でも表される。

[0107] $P_{EL} = P_{GL} + P1$... (9)

[0108] P_{EL} は、抽出される電力である。永久磁石2で運動エネルギーを抽出する場合には、 P_{EL} は負の値になる。 P_{GL} は、コイル3の銅損などの発電機の損失である。 P_{GL} は常に正の値である。

[0109] (第1の実施形態の変形例)

図1では、回転体5に対して1個の永久磁石2を設けているが、1個の回転体5(移動体8)に対して複数の永久磁石2を設けてもよい。この場合、複数の永久磁石2のサイズや形状は、同じでもよいし、少なくとも一部が相違していてもよい。

[0110] 例えば、径サイズの大きい永久磁石2の回転始動を補助するために、径サイズの小さい永久磁石2を用いることができる。具体的には、径サイズの大きい永久磁石2と、径サイズの小さい永久磁石2とを、1個の回転体5の主面に対して近接配置させた場合、径サイズの大きい永久磁石2は、径サイズの小さい永久磁石2よりも回転始動に必要なトルクが大きいため、回転体5(移動体8)が低速域である場合、径サイズの小さい永久磁石2は回転するものの、径サイズの大きい永久磁石2は回転しないことが考えられる。そこで、例えば、径サイズの大きい永久磁石2の回転軸と径サイズの小さい永久磁石2の回転軸とにそれぞれ、発電機としても使用可能なモータを接続し、先に回転する径サイズの小さい永久磁石2の回転軸に接続された発電機で発電された電力を、径サイズの大きい永久磁石2の回転軸に接続されたモータ

タの駆動電源として用いて、径サイズの大きい永久磁石 2 に始動トルクを付与してもよい。これにより、径サイズの大きい永久磁石 2 を低速域から回転させて発電することができる。図 1 に示す非接触発電機もモータとして駆動可能であるため、同様の構成が可能である。

[0111] また、本実施形態の非接触発電機で使用される永久磁石 2 には最適なサイズがある。最適なサイズの永久磁石 2 にて得られる誘導起電力よりも大きな誘導起電力が必要な場合に、必要な誘導起電力が得られるように永久磁石 2 を大きくすると、非接触発電機の全体サイズが極端に大きくなるおそれがある。よって、永久磁石 2 のサイズを大きくする代わりに、最適なサイズの永久磁石 2 を複数設けて、必要な誘導起電力を確保するようにした方が、非接触発電機の全体サイズを小さくできて望ましい場合もありうる。

[0112] 回転体 5（移動体 8）の少なくとも一側面（一主面）は、渦電流の発生に適した導電材料（鋼鉄、アルミニウム、銅など）で形成されている必要があるが、回転体 5（移動体 8）の母材を樹脂やプラスチック等の絶縁材料とし、母材の表面に導電材料を接合したものでもよい。

[0113] 図 1 等では、永久磁石 2 が複数の磁束集中部材 2 g を有する例を示したが、永久磁石 2 は、その回転位置によらず、回転体 5（移動体 8）に対向する面に向かって常に同じ極性の磁束集中部材 2 g が向くようにしてもよい。すなわち、磁束集中部材 2 g から、回転体 5（移動体 8）の一側面（一主面）に向かう磁束があれば、一側面（一主面）上の磁束集中部材 2 g に対向する領域に渦電流を発生させることができ、この渦電流による磁束と磁束集中部材 2 g からの磁束との相互作用（反発力および誘引力）により、永久磁石 2 を回転させることができる。ただし、この場合、永久磁石 2 は同極のみを有するため、永久磁石 2 の周囲にコイル 3 を配置しても、交番磁束は得られない。よって、コイル 3 により直接誘導電力を生成することはできない。ただし、永久磁石 2 の回転軸にモータなどの駆動体を取り付けることにより、駆動体を駆動することは可能である。

[0114] 上述した例では、回転体 5（移動体 8）の回転（移動）に応じて、永久磁

石 2 を回転させていたが、逆に、永久磁石 2 を回転させて、その回転に応じて、回転体 5（移動体 8）の一側面（一主面）上に渦電流を発生させ、磁束集中部材 2 g の磁束と渦電流による磁束との相互作用（反発力および誘引力）により、回転体 5（移動体 8）を回転（移動）させてもよい。すなわち、回転体 5（移動体 8）に運動エネルギーを供給してもよい。

[0115] このように、第 1 の実施形態では、第 1 回転軸 2 a 周りに回転自在で、回転または移動する移動体 8 から離隔して配置され、かつ外周面 2 c に連なる一側面 2 d の少なくとも一部が移動体 8 の一主面 8 a（例えば回転体 5 の一側面 5 c）に対向して配置される磁束集中部材 2 g を設けるため、磁束集中部材 2 g からの磁束により、移動体 8 の一主面 8 a 上に磁束集中部材 2 g からの磁束の変化を妨げる方向に渦電流を発生させることができる。永久磁石 2 は、この渦電流と磁束集中部材 2 g からの磁束との相互作用（反発力および誘引力）により、第 1 回転軸 2 a 周りに回転する。永久磁石 2 の回転方向は、移動体 8 の回転または移動方向に応じた方向である。

[0116] 第 1 の実施形態によれば、永久磁石 2 に磁束集中部材 2 g を設けることにより、永久磁石 2 からの磁束を集中させて移動体 5 の方向に向けることができ、移動体 5 の一側面 5 c に大きな渦電流を発生させることができるとともに、コイル 3 を鎖交する磁束密度を増やすことができる。これにより、移動体 5 の運動エネルギーを永久磁石 2 にて効率よく抽出でき、また、抽出した運動エネルギーをコイル 3 にて効率よく電気エネルギーに変換することができる。

また、本実施形態によれば、上述した公知文献等の従来の非接触発電機 1 の課題を解決することができる。すなわち、本実施形態では、移動体 8 の一主面に対向配置される永久磁石 2 の一側面 2 d の面積を広くすることができるため、移動体 8 の一主面に発生される渦電流を大きくすることができ、渦電流による磁束と永久磁石 2 からの磁束との相互作用（反発力および誘引力）を強めることができ、従来よりも永久磁石 2 の回転力を高めることができる。

[0117] また、本実施形態では、永久磁石 2 の周状に配置された複数の磁束集中部

材 2 g が移動する周上に密集して、1 つ以上のコイル 3 を配置するため、永久磁石 2 からの磁束を漏れなくコイル 3 に鎖交させることができ、磁気効率が向上する。

[0118] さらに、本実施形態では、永久磁石 2 にコイル 3 を近接配置させ、かつコイル 3 に密着してヨーク 4 を配置するため、磁気抵抗を低減でき、より磁気効率を向上できる。また、必要に応じて、ヨーク 4 を永久磁石 2 の両側面側に配置することで、漏れ磁束が周辺の導電材料に悪影響を及ぼすことを防止でき、かつ漏れ磁束が渦電流の発生に悪影響を及ぼすおそれも防止できる。

[0119] 上述した図 1 ～図 1 3 では、コイル 3 とヨーク 4 を備えた非接触発電機 1 について説明したが、多少の磁束の漏れや磁気抵抗の増加が生じても構わない場合は、ヨーク 4 を省略してもよい。また、永久磁石 2 を回転させることが目的で、誘導電力が特に必要ない場合は、コイル 3 も省略してよい。よって、本実施形態は、ヨーク 4 なしの回転電機や、コイル 3 とヨーク 4 を持たない回転電機にも適用可能である。

[0120] (第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態は、永久磁石 2 の回転力により駆動される駆動体を設けるものである。

[0121] 図 1 4 A は本発明の第 2 の実施形態による回転電機の斜視図、図 1 4 B は正面図である。図 1 4 A の回転電機は、図 1 の非接触発電機 1 からコイル 3 を省略する代わりに、永久磁石 2 の回転軸 2 a に接続された標準電気機械 (Standard electric machine) 2 4 を備えている。永久磁石 2 は、回転軸 2 a の軸端に接合された平板状のヨーク 4 に接合されている。永久磁石 2、ヨーク 4 および回転軸 2 a は、一体に回転自在とされている。

[0122] 標準電気機械 2 4 とは、回転軸の回転を利用して駆動される駆動体 2 4 である。駆動体 2 4 は、例えば、回転軸 2 a ととともに回転する不図示のロータと、不図示のステータとを有する。ロータの回転により、負荷 2 3 を駆動する。駆動体 2 4 は、より具体的には、発電機や減速機などでもよい。また、駆動体 2 4 を、回転軸の回転力を利用して空気を圧縮するコンプレッサと

して用いてもよい。このように、駆動体 24 には、回転軸の回転力を電気力に変換するものだけでなく、回転軸の回転力を機械力に変換するものも含まれる。

[0123] 図 14B では、回転電機の永久磁石 2 の外周面 2c に連なる一側面 2d を、回転体 5 の一側面 5c と対向配置させる例を示しているが、回転体 5 の代わりに移動体 8 の一主面を永久磁石 2 の一側面 2d と対向配置させてもよい。

[0124] 第 2 の実施形態では、永久磁石 2 は回転体 5（移動体 8）からの運動エネルギーの抽出だけに利用し、永久磁石 2 で生成した運動エネルギーを電気エネルギーに変換するのは標準電気機械 24 で行うようにして、運動エネルギーと電気エネルギーとを独立して生成することに特徴がある。これにより、回転電機の主要部である永久磁石 2 周辺の構造を簡略化できる。

[0125] 第 1 の実施形態では、永久磁石 2 からの磁束を鎖交させるコイル 3 が必要で、コイル 3 のサイズや設置場所を考慮する必要があったが、本実施形態では、永久磁石 2 で生成した運動エネルギーを電気エネルギーに変換するのは標準電気機械 24 で行うため、永久磁石 2 周辺の構造を第 1 の実施形態よりも大幅に簡略化できる。

[0126] すなわち、永久磁石 2 は、最も効率よく運動エネルギーを生成可能な形態に設計すればよい。同様に、標準電気機械 24 は、永久磁石 2 が生成した運動エネルギーを最も効率よく電気エネルギーに変換可能な形態に設計すればよい。このように、永久磁石 2 と標準電気機械 24 を別個に設計できるため、設計作業が容易になる。

[0127] 図 14A の例では、永久磁石 2 とともに回転する平板状ヨーク 4 を、永久磁石 2 の回転体 5 に対向する面の反対側の面に密着配置して、この平板状ヨーク 4 の中心に取り付けられた回転軸 2a を標準電気機械 24 に接続しているが、回転軸 2a を省略して、平板状ヨーク 4 を直接標準電気機械 24 に接続して、永久磁石 2 の回転力を回転軸なしで標準電気機械 24 に伝達してもよい。

[0128] なお、図 1 4 A 等に示した標準電気機械 2 4 は、上述した第 1 の実施形態における永久磁石 2 の回転軸 2 a に接続してもよい。

[0129] このように、第 2 の実施形態では、永久磁石 2 の磁束を用いて、永久磁石 2 が生成した運動エネルギーを電気エネルギーに変換するのではなく、永久磁石 2 が生成した運動エネルギーを標準電気機械 2 4 に伝達して、標準電気機械 2 4 で運動エネルギーを電気エネルギーに変換するため、最適化された運動エネルギーと電気エネルギーを有する回転電機を設計しやすくなる。

[0130] 上述した第 1 および第 2 の実施形態における永久磁石 2 は、周方向に配置された複数の磁極の向きを交互に変えることにより磁束を集中させるハルバッハ配列構造にすることができる。図 1 5 はハルバッハ配列構造の概念図である。ハルバッハ配列構造では、隣接する磁極の向きを 90 度ずつずらすことで、磁石の片側面に磁束を集中させることができる。これにより、例えば図 8 のように、永久磁石 2 と移動体 5 との間にコイル 3 が配置されている場合には、コイル 3 を鎖交する磁束量を増やすことができる。よって、ヨーク 4 を省略したとしても、磁束の漏れが少なくなり、磁束の有効利用が図れる。

[0131] 図 1 6 は第 1 および第 2 の実施形態の永久磁石 2 をハルバッハ配列構造にした例を示す図である。このように、ハルバッハ配列構造の永久磁石 2 であれば、ヨーク 4 を省略したとしても、永久磁石 2 の片側に磁束を集中させることができる。

[0132] 本発明の態様は、上述した個々の実施形態に限定されるものではなく、当業者が想到しうる種々の変形も含むものであり、本発明の効果も上述した内容に限定されない。すなわち、特許請求の範囲に規定された内容およびその均等物から導き出される本発明の概念的な思想と趣旨を逸脱しない範囲で種々の追加、変更および部分的削除が可能である。

符号の説明

[0133] 1 非接触発電機、2 永久磁石、2 b 磁極、2 g 磁束集中部材、3 コイル、4

ヨーク、5 回転体、7 フロントヨーク、8 移動体、11 ティース
、12 キャリア、21 コンバータ、22 コントローラ、23 負荷

請求の範囲

- [請求項1] 第1回転軸周りに回転自在で、回転または移動する移動体の一主面から離隔して対向配置され、かつ外周面に連なる一側面の少なくとも一部が前記移動体の一主面に対向して配置される永久磁石を備え、
前記永久磁石は、
周状に離隔して配置され、周方向に沿って交互に異なる向きに磁化された複数の磁極と、
前記複数の磁極の間に配置され、周方向に隣接する2つの前記磁極からの磁束を集中させて、前記移動体の方向またはその反対方向に向ける磁束集中部材と、を有し、
前記永久磁石は、前記移動体の前記一主面上に前記磁束集中部材からの磁束の変化を妨げる方向に発生される渦電流に基づいて前記磁束集中部材に働く反力により、前記第1回転軸周りに回転し、
前記永久磁石の回転速度は、対向配置される前記移動体の前記一主面の回転速度または移動速度よりも遅い回転電機。
- [請求項2] 前記永久磁石は、前記移動体が一方向に移動する場合、前記一方向に交差する方向に配置される前記第1回転軸周りに、前記一方向に応じた回転方向に回転する請求項1に記載の回転電機。
- [請求項3] 前記永久磁石は、前記移動体が第2回転軸周りに回転する場合、前記第2回転軸と平行な前記第1回転軸周りに、前記移動体の回転方向に応じた方向に回転する請求項1に記載の回転電機。
- [請求項4] 前記永久磁石の外周面に連なる一側面の少なくとも一部と、前記移動体の外周面に連なる一側面の少なくとも一部とが離隔して対向配置され、
前記永久磁石は、前記移動体の外周面に連なる一側面上に前記永久磁石からの磁束の変化を妨げる方向に発生される渦電流に基づいて前記永久磁石に働く反力により、前記移動体の回転方向に応じた方向に回転する請求項3に記載の回転電機。

- [請求項5] 前記永久磁石は、前記移動体側の一側面の総面積のうち、半分以下の面積で、前記移動体に対向配置される請求項3または4に記載の回転電機。
- [請求項6] 前記第1回転軸は、前記第2回転軸の延長線上にあり、
前記永久磁石は、前記移動体側の一側面の全体で前記移動体に対向配置され、
前記永久磁石は、前記移動体と同じ方向に回転する請求項1に記載の回転電機。
- [請求項7] 前記永久磁石からの磁束が鎖交する位置に配置され、鎖交した磁束の変化量に応じた誘導電流を発生するコイルを備える請求項1乃至6のいずれか1項に記載の回転電機。
- [請求項8] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面とは反対の側面側に配置される請求項7に記載の回転電機。
- [請求項9] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面と前記移動体の一主面との間に配置される請求項7に記載の回転電機。
- [請求項10] 前記永久磁石から前記コイルを鎖交して前記永久磁石に戻る磁束の磁路内の少なくとも一部に配置される磁束ガイド部材を備える請求項7乃至9のいずれかに記載の回転電機。
- [請求項11] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面とは反対の側面側に配置され、
前記磁束ガイド部材は、前記コイルの前記永久磁石に対向する面とは反対の面側に配置される請求項10に記載の回転電機。
- [請求項12] 前記磁束ガイド部材は、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面側の前記移動体と前記永久磁石とが対向配置されていない箇所に配置される請求項10に記載の回転電機。
- [請求項13] 前記コイルは、前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面とは反対の側面側に配置され、
前記磁束ガイド部材は、

前記コイルの前記永久磁石に対向する面とは反対の面側に配置される第1磁束ガイド部材と、

前記永久磁石の前記移動体に対向する一側面側の前記移動体と前記永久磁石とが対向配置されていない箇所に配置される第2磁束ガイド部材と、を有する請求項10に記載の回転電機。

[請求項14] 前記第2磁束ガイド部材は、前記永久磁石と前記移動体とが対向配置された領域内の一部に配置される請求項13に記載の回転電機。

[請求項15] 前記コイルの内部に挿入され、前記コイルを通過する磁束の密度を増大させる芯部材を備える請求項7乃至14のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項16] 前記永久磁石からの磁束を通過させる環状の磁束ガイド部材を備え、
前記コイルは、前記磁束ガイド部材に巻回されている請求項7乃至9のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項17] 前記第1回転軸の回転力により駆動される駆動体を備える請求項1乃至16のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項18] 前記駆動体は、モータである請求項17に記載の回転電機。

[請求項19] 前記永久磁石は、ハルバッハ配列構造である請求項1乃至18のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項20] 第1回転軸周りに回転自在で、回転または移動する移動体の一主面から離隔して配置され、かつ外周面に連なる一側面の少なくとも一部が前記移動体の一主面に対向して配置される永久磁石と、

前記永久磁石からの磁束が鎖交する位置に配置され、鎖交した磁束の密度に応じた誘導電流を発生するコイルと、を備え、

前記永久磁石は、

周状に離隔して配置され、周方向に沿って交互に異なる向きに磁化された複数の磁極と、

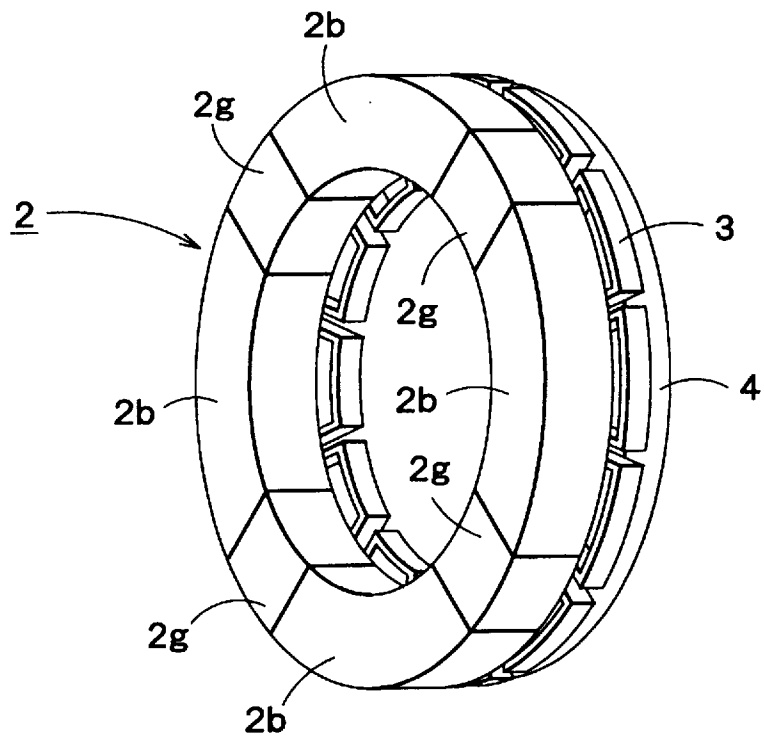
前記複数の磁極の間に配置され、周方向に隣接する2つの前記磁極

からの磁束を集中させて、前記移動体の方向に向ける磁束集中部材と、を有し、

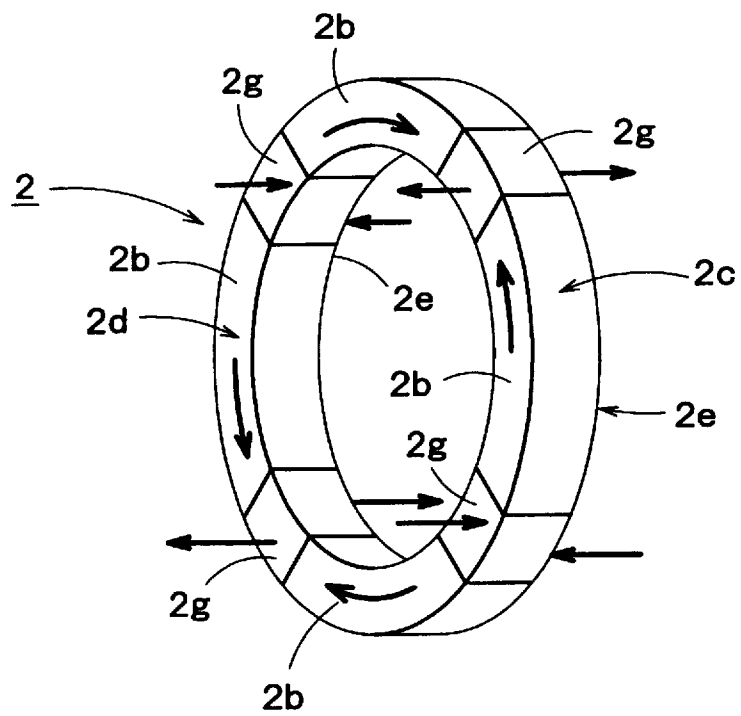
前記永久磁石は、前記移動体の前記一主面上に前記永久磁石からの磁束の変化を妨げる方向に発生される渦電流に基づいて前記永久磁石に働く反力により、前記第1回転軸周りに回転し、

前記永久磁石の回転速度は、対向配置される前記移動体の前記一主面の回転速度または移動速度よりも遅い非接触発電機。

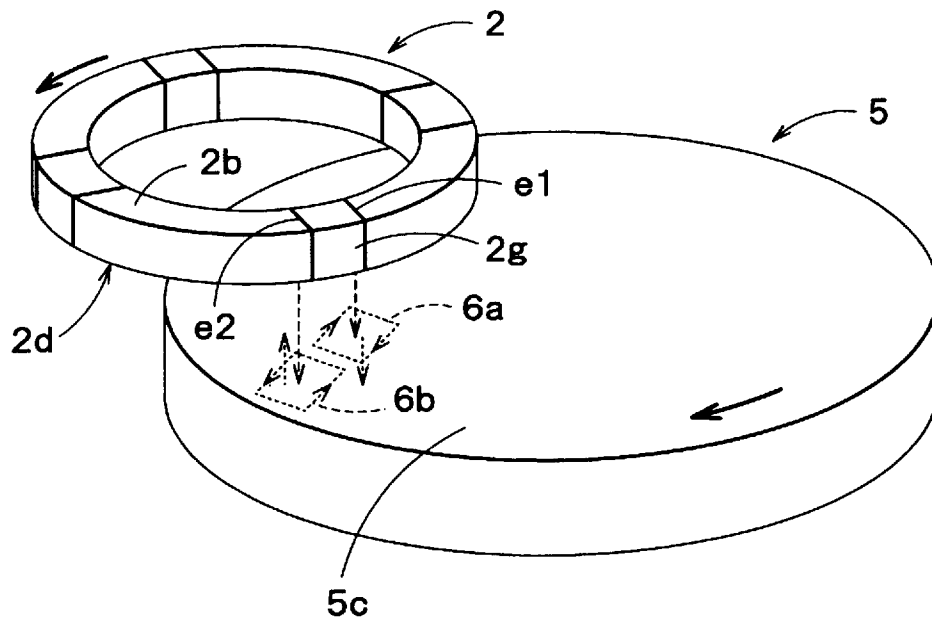
[図3]



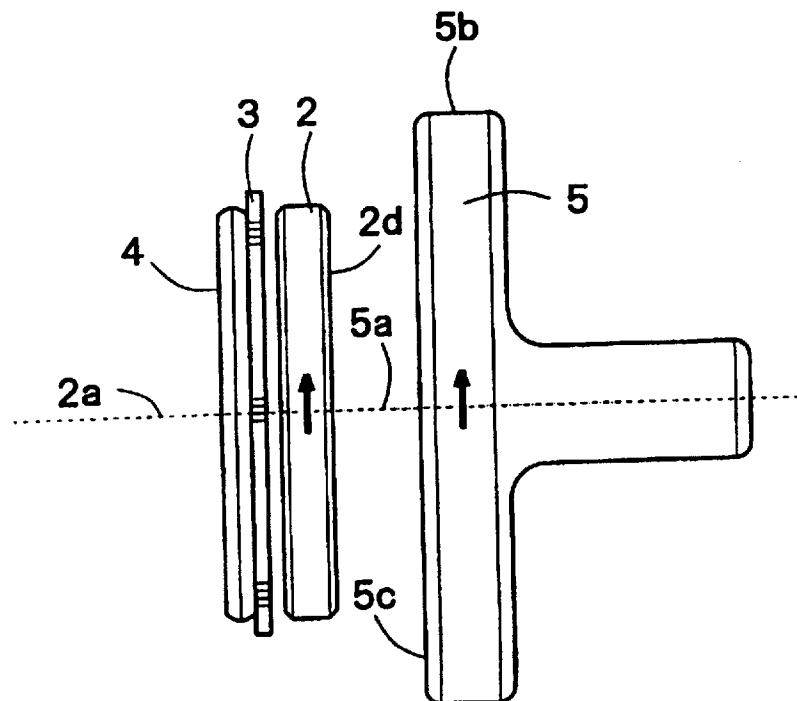
[図4]



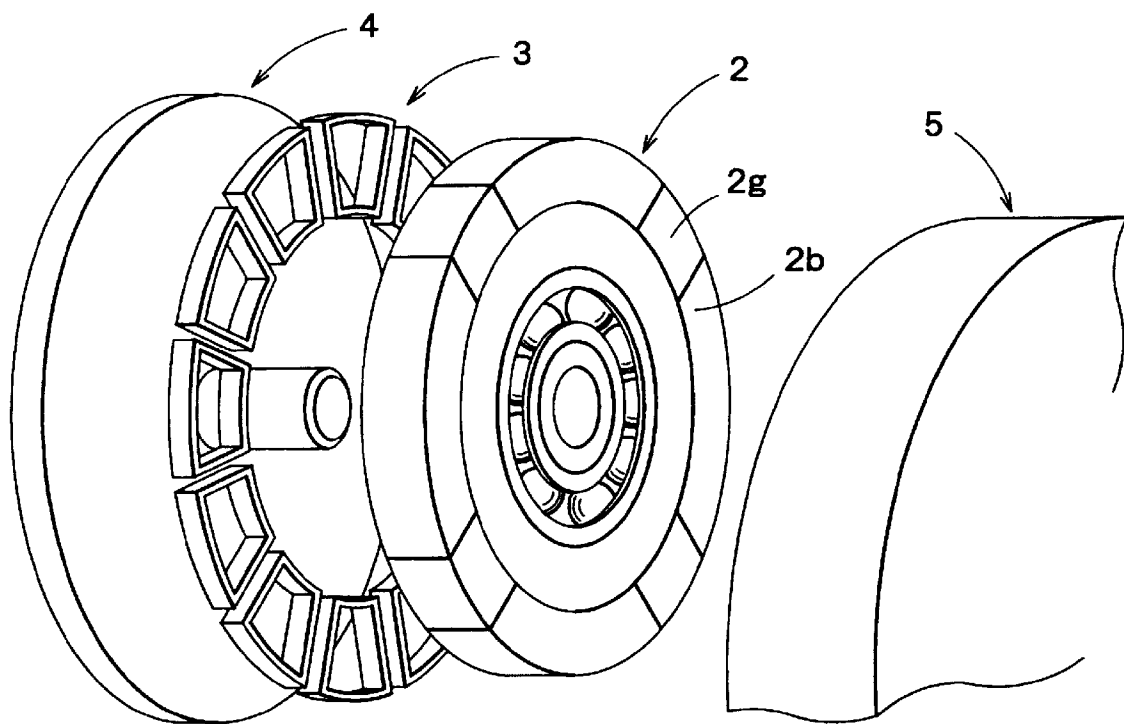
[図5]



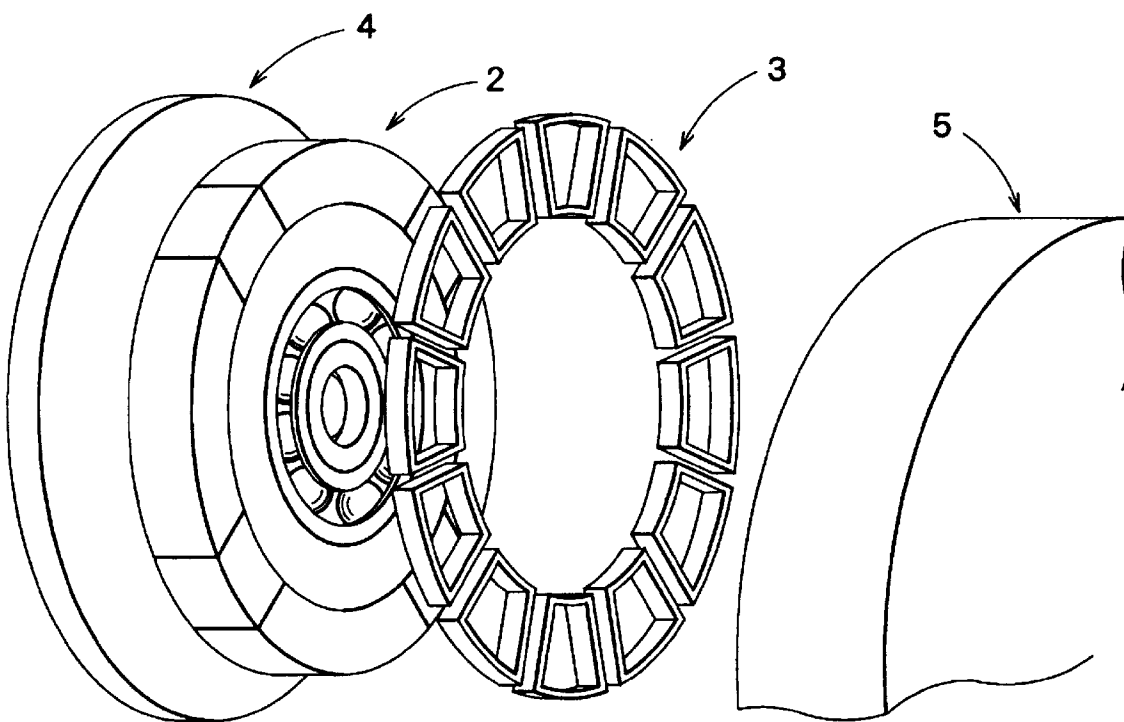
[図6]



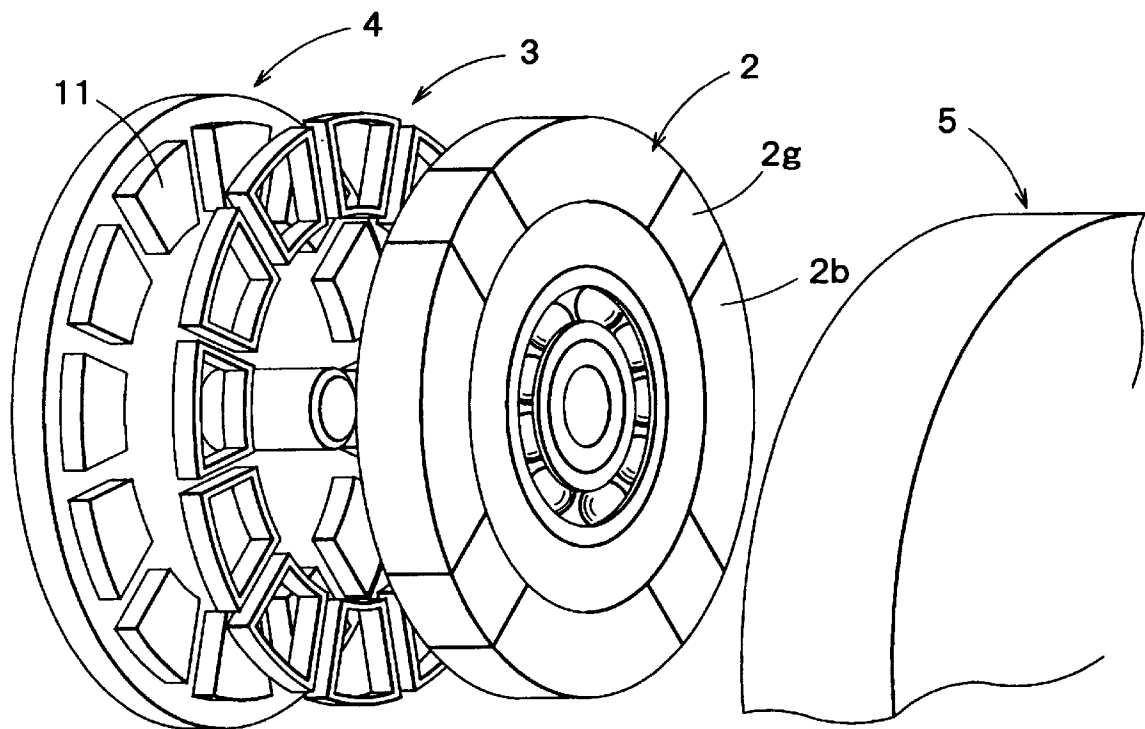
[図7]



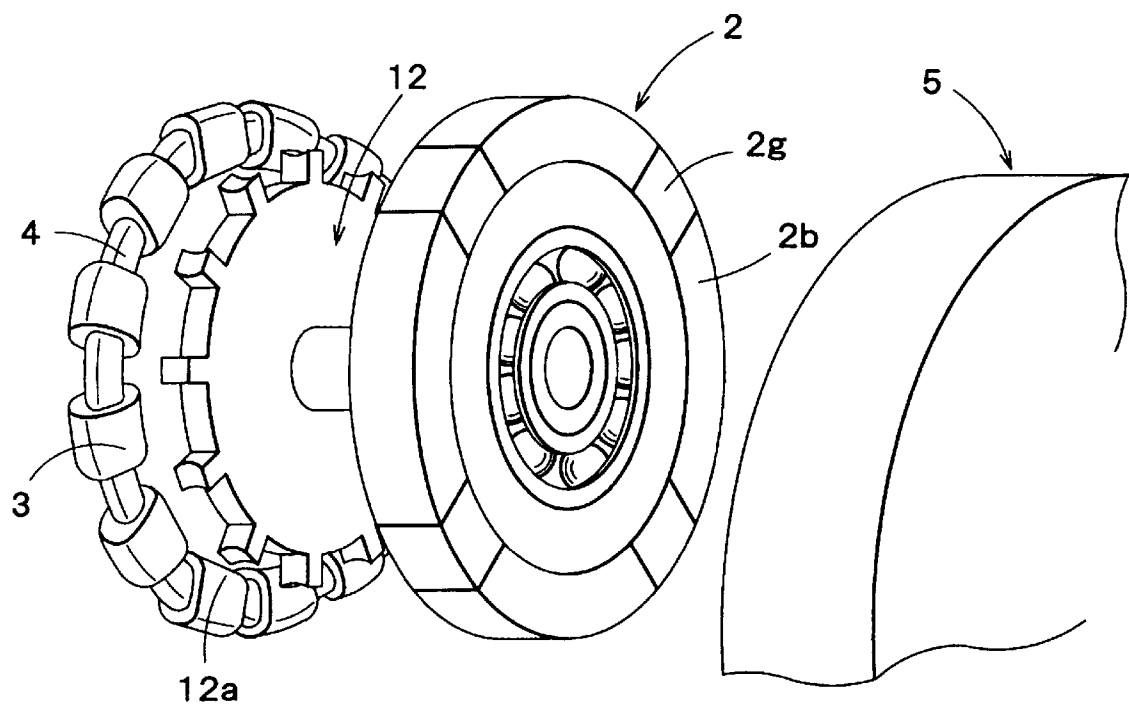
[図8]



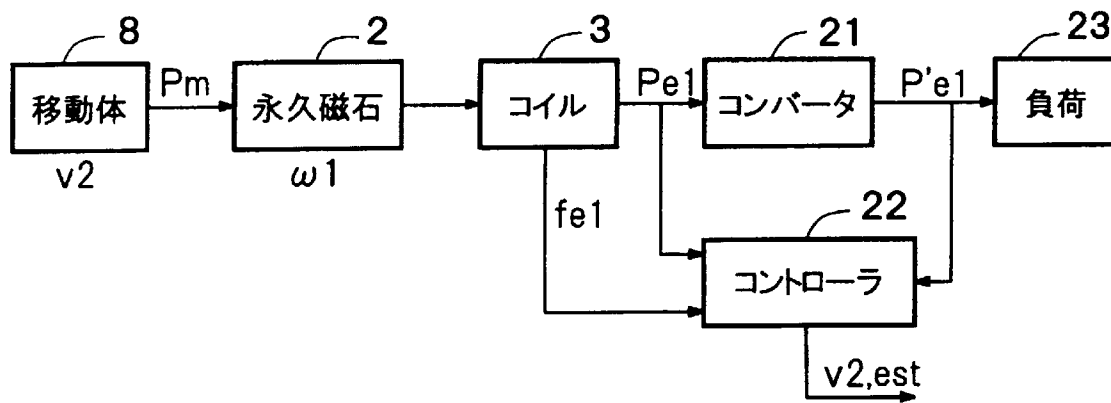
[図11]



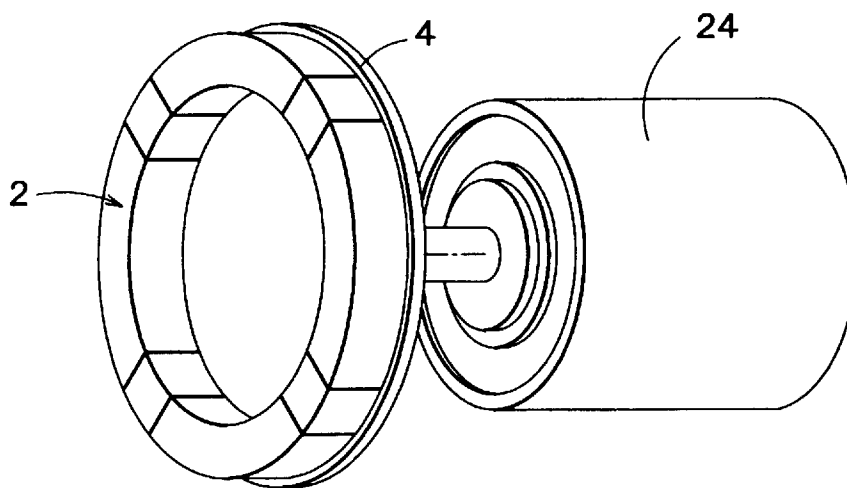
[図12]



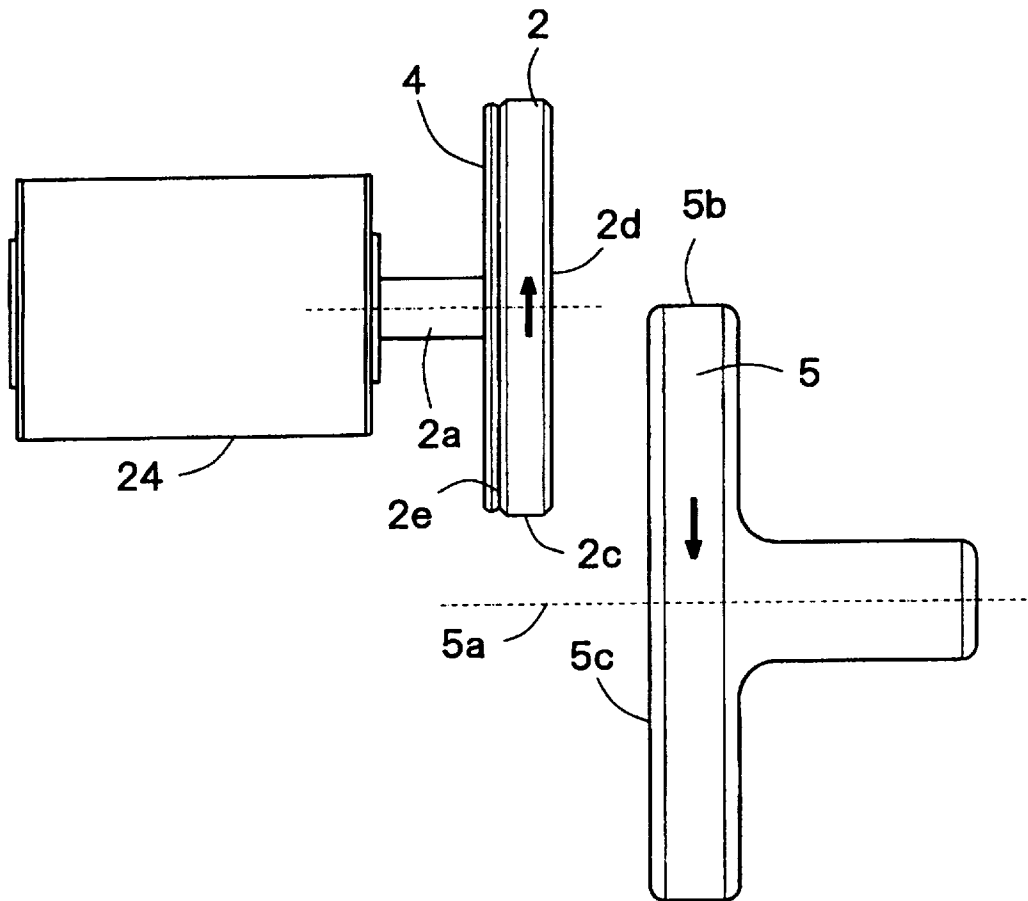
[図13]



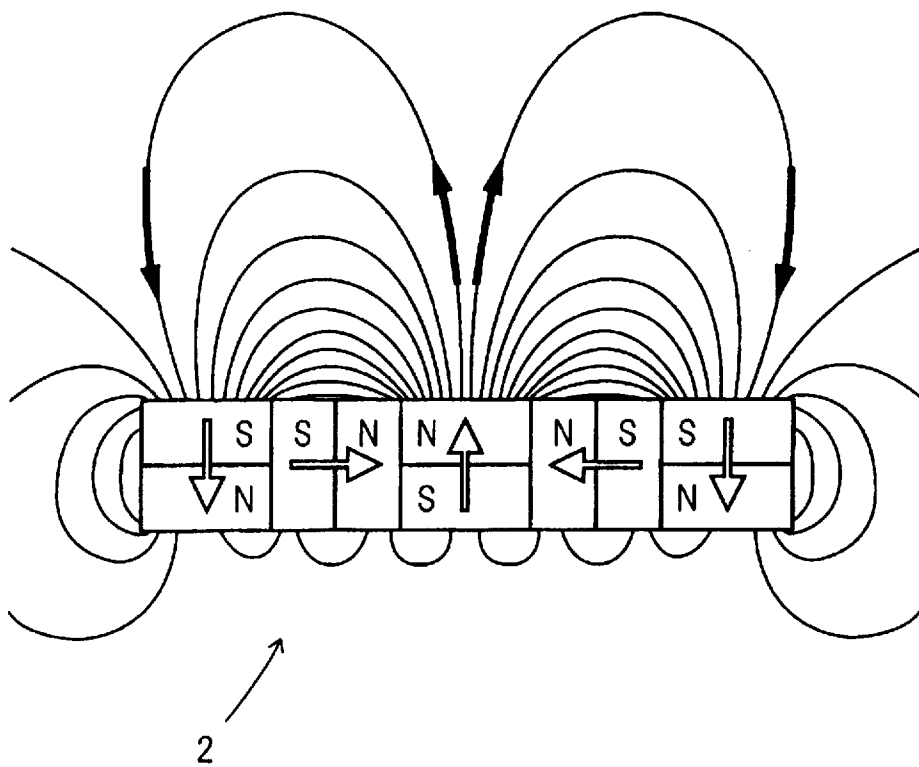
[図14A]



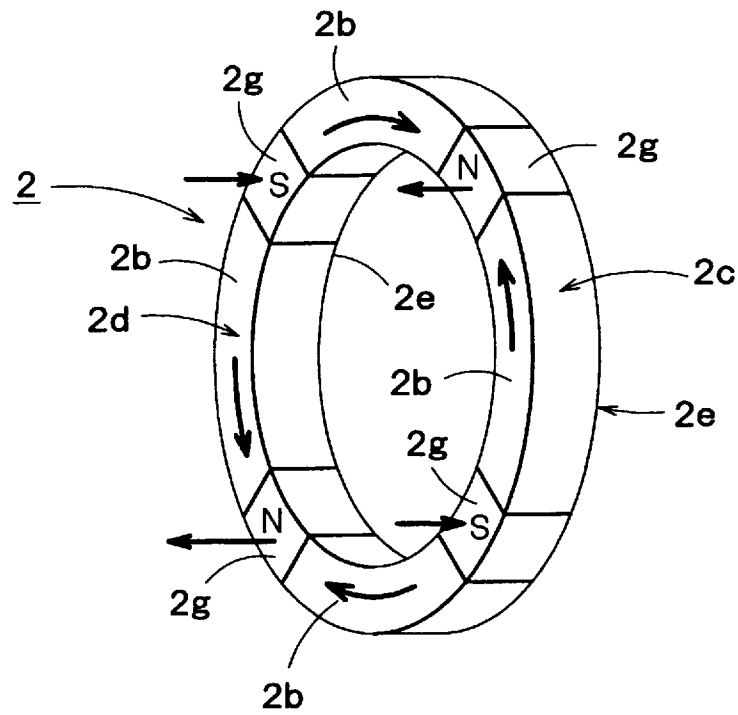
[図14B]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K49/10(2006.01)i, F16H49/00(2006.01)i, H02K49/02(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)

H02K49/10, F16H49/00, H02K49/02

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	US 2014/0085914 A1 (SUNRISING ECO-FRIENDLY TECHNOLOGY CO., LTD.), 27 March 2014 (27.03.2014), claim 1; fig. 8 to 9 & JP 2014-73076 A paragraphs [0013] to [0023]; fig. 1 to 4 & JP 3203050 U & EP 2713483 A2 & TW 201414143 A & TW 201429126 A & CN 103701252 A	1-20

☒ 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
09 August 2016 (09.08.16)

Date of mailing of the international search report
23 August 2016 (23.08.16)

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/JP2016/067199

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 5673899 B2 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 18 February 2015 (18.02.2015), paragraphs [0071] to [0077]; fig. 5 & US 2015/0300432 A1 paragraphs [0102] to [0108]; fig. 5 & WO 2014/027640 A1 & EP 2884640 A1 & CN 104488177 A & KR 10-2015-0032863 A	1-20
Y	JP 2008-271614 A (Nippon Steel Corp.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0014] to [0017]; fig. 1 (Family: none)	6-19
Y	JP 2002-10573 A (Miyata Industry Co., Ltd.), 11 January 2002 (11.01.2002), paragraphs [0015] to [0018]; fig. 1 to 4 (Family: none)	7-19
Y	JP 2007-6545 A (Yaskawa Electric Corp.), 11 January 2007 (11.01.2007), paragraphs [0002] to [0003]; fig. 9 (Family: none)	19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K49/10(2006.01)i, F16H49/00(2006.01)i, H02K49/02(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. H02K49/10, F16H49/00, H02K49/02

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	US 2014/0085914 A1(SUNRISING ECO-FRIENDLY TECHNOLOGY CO.,LTD.)2014.03.27,請求項1,図8-9 & JP 2014-73076 A,段落0013-0023,図1-4 & JP 3203050 U & EP 2713483 A2 & TW 201414143 A & TW 201429126 A & CN 103701252 A	1-20
Y	JP 5673899 B2(新日鐵住金株式会社)2015.02.18,段落0071-0077,図5 & US 2015/0300432 A1,段落0102-0108,図5 & WO 2014/027640 A1 & EP 2884640 A1 & CN 104488177 A & KR 10-2015-0032863 A	1-20

☒ 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

09.08.2016

国際調査報告の発送日

23.08.2016

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)

服部 俊樹

3 V

3736

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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 2008-271614 A(新日本製鐵株式会社)2008. 11. 06, 段落 0014-0017, 図 1(ファミリーなし)	6-19
Y	JP 2002-10573 A(宮田工業株式会社)2002. 01. 11, 段落 0015-0018, 図 1-4(ファミリーなし)	7-19
Y	JP 2007-6545 A(株式会社安川電機)2007. 01. 11, 段落 0002-0003, 図 9(ファミリーなし)	19