

(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 7 月 30 日(30.07.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/111625 A1

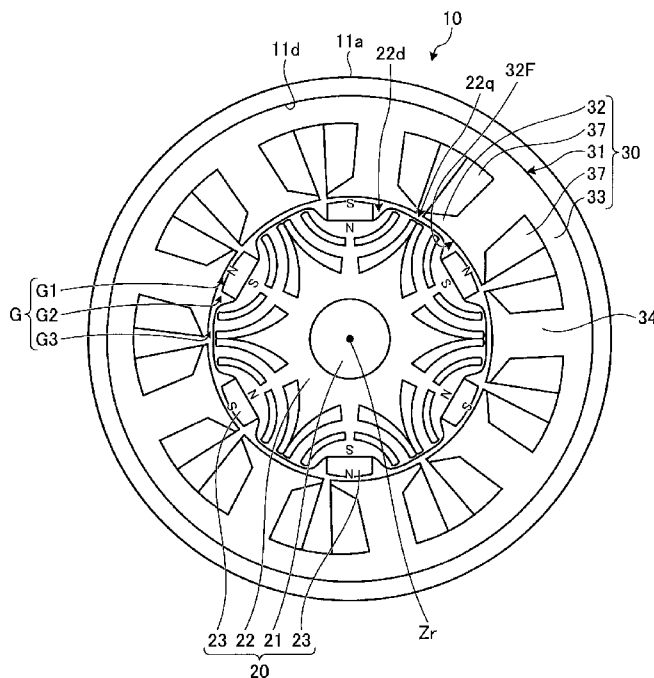
- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) *H02K 1/28* (2006.01)
H02K 1/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/051551
- (22) 国際出願日: 2015 年 1 月 21 日(21.01.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-009855 2014 年 1 月 22 日(22.01.2014) JP
特願 2014-117112 2014 年 6 月 5 日(05.06.2014) JP
- (71) 出願人: 日本精工株式会社 (NSK Ltd.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 菊地 祐介 (KIKUCHI, Yusuke); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵜沼神明 1-5-50 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 木村 玄 (KIMURA, Gen); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵜沼神明 1-5-50 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 塗志鵬 (TU, Zhipeng); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵜沼神明 1-5-50 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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).

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC MOTOR, ELECTRIC POWER STEERING DEVICE, AND VEHICLE

(54) 発明の名称: 電動機、電動パワーステアリング装置及び車両



(g 2) の少なくとも 1 つを備える。

(57) Abstract: An electric motor (10) is provided with a motor rotor (20) and a motor stator (30). The outer circumference of a rotor yoke (22) includes protrusions (22q) protruding in a radially outside direction of the rotor yoke (22), and recesses (22d) formed between the protrusions (22q) adjacent in a circumferential direction. Magnets (23) are disposed on attachment surfaces (22a) that are surfaces of the recesses (22d), and the protrusions (22q) are provided with at least one of magnetic gap portions (g1, g2) penetrating the inside of the rotor yoke (22) in an axial direction and providing magnetic gaps having a permeability lower than that of the rotor yoke (22).

(57) 要約: 電動機 (10) は、モーターロータ (20) と、モータステータ (30) と、を備える。ロータヨーク (22) の外周は、ロータヨーク (22) の径方向外側に突出する凸部 (22q) と、周方向に隣り合う凸部 (22q) 間の凹部 (22d) と、を含む。マグネット (23) は、凹部 (22d) 表面である貼付面 (22a) に配置されており、凸部 (22q) には、軸方向に、ロータヨーク (22) の内部を貫通して、ロータヨーク (22) よりも透磁率が低く磁氣的ギャップとなる磁氣的ギャップ部 (g 1)、磁氣的ギャップ部



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：電動機、電動パワーステアリング装置及び車両

技術分野

[0001] 本発明は、電動機、電動パワーステアリング装置及び車両に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献1には、ロータ内部に永久磁石を埋め込む構造であり、マグネットトルクと、このマグネットトルクより小さいリラクタンストルクとを足しあわせたトルクを利用する永久磁石埋め込みモータ、いわゆるIPM (Interior Permanent Magnet) モータが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平8－331783号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年、磁石の使用量を低減した電動機または磁石の希土類磁石成分を低減した電動機が求められるようになってきている。磁石の使用量を低減した電動機または磁石の希土類磁石成分を低減した電動機では、磁石が生じさせるマグネットトルクも低減する。そこで、ロータの表面に磁石を貼り合わせたSPM (Surface Permanent Magnet) モータにおいても、磁石の使用量や希土類成分含有量低減に伴うマグネットトルクを補うために、リラクタンストルクを利用できることが望まれている。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、ロータヨークの外周に設けられて、ロータヨークの周方向に向かって配列される複数のマグネットを備え、d軸インダクタンスと、q軸インダクタンスの比である突極比を高め、リラクタンストルクを利用することができる電動機、電動パワーステアリング装置及び車両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

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、電動機は、ロータヨークと、前記ロータヨークの外周に設けられて、前記ロータヨークの周方向に向かって配列される複数のマグネットと、を含むモータロータと、前記ロータヨークの径方向外側に、環状に配置されるステータコア及び前記ステータコアを励磁させる励磁コイルを含むモータステータと、を含み、前記ロータヨークの外周は、前記ロータヨークの径方向外側に突出する凸部と、周方向に隣り合う前記凸部間の凹部と、を含み、前記マグネットは、前記凹部表面に配置されている。

[0007] 上記構成により、 d 軸インダクタンスと、 q 軸インダクタンスの比である突極比を高め、リラクタンストルクを利用することができる。また、トルクリップルが抑制され、電動機は制御性が向上する。

[0008] 前記凸部には、前記モータロータの回転中心の軸と平行な軸方向に、前記ロータヨークの内部を貫通して、前記ロータヨークよりも透磁率が低く磁氣的ギャップ部が少なくとも1つあることが好ましい。これにより、 d 軸インダクタンスと、 q 軸インダクタンスの比である突極比を高めることができる。

[0009] 前記マグネットは、径方向外側の外径の曲率中心が前記モータロータの回転中心とずれていることが好ましい。この構造により、マグネットの径方向外側の外径磁束の流れをコントロールすることで、トルクリップルの低減に寄与する。

[0010] 本発明の望ましい態様として、前記磁氣的ギャップ部は、前記凸部の径方向外側寄りの端部の形状が軸方向からみて湾曲していることが好ましい。この構造により、凸部の q 軸としての磁束の流れが凸部の径方向外側寄りの端部を回り込むように制御される。

[0011] 本発明の望ましい態様として、前記凸部の磁氣的ギャップ部と、周方向に隣り合う前記凸部の磁氣的ギャップ部とは、径方向外側の端部よりも径方向内側の端部が近づくように延び、かつ当該径方向内側の端部同士が磁路となる間隔を有している。この構造により、マグネットより凸部の q 軸の径方向

外側まで磁束の流れが回り込むように制御される。

[0012] 本発明の望ましい態様として、前記凹部は、前記マグネットが配置される前記凹部表面と、前記凸部の最外周との間に、軸方向でみて直線状の傾斜部を備えていることが好ましい。この構造により、マグネット両端部の周方向に空隙を有することで、マグネットの磁束が凸部の q 軸への回り込みを制御することができ、トルク変動を低減できる。

[0013] 本発明の望ましい態様として、前記磁氣的ギャップ部は、前記軸方向でみた縁の少なくとも一部が、前記マグネットが配置される前記凹部表面よりも、前記ステータコア寄りにある仮想中心で描いた円弧を含むことが好ましい。

[0014] 本発明の望ましい態様として、前記磁氣的ギャップ部は、非磁性材料を含むことが好ましい。この構造により、ロータヨークの剛性を高めることができる。本発明の態様として、磁氣的ギャップ部が空隙であってもよいが、ロータヨーク内に多くの空隙を穿つことは、ロータヨークの剛性を低減させる可能性がある。このため、磁氣的ギャップ部は、磁気回路的に空気と等価な非磁性材料を内部に充填することで、ロータヨークの剛性を高めることができる。

[0015] 本発明の望ましい態様として、上述した電動機は、補助操舵トルクを得るための電動パワーステアリング用途に用いられることが好ましい。また、本発明の望ましい態様として、前記電動機により補助操舵トルクを得る電動パワーステアリング装置であることが好ましい。また、本発明の望ましい態様として、前記電動機を備える車両であることが好ましい。

[0016] 上記構成により、磁石の使用量を低減した電動機または磁石の希土類磁石成分を低減した電動機でも、十分なトルクを得ることができ、コストを抑制できる。また、ステータコアで生じる磁区が向きを変えるときヒステリシス損が緩和される。ヒステリシス損は、電動機が空回りした場合のロストトルクの増加の要因と考えられる。つまり、突発的な停止でも、電動機のロータが空回りした場合のロストトルクの増加（電磁ブレーキ）を抑制することがで

きる。ロストルクを抑制することができるので、電動パワーステアリング装置は、操舵者に補助操舵トルクが伝達されても違和感を抑制した状態で、動作することができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、ロータヨークの外周に設けられて、ロータヨークの周方向に向かって配列される複数のマグネットを備え、 d 軸インダクタンスと、 q 軸インダクタンスの比である突極比を高め、リラクタンストルクを利用することができる電動機及び電動パワーステアリング装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、本実施形態に係る電動機を備える電動パワーステアリング装置の構成図である。

[図2]図2は、本実施形態の電動パワーステアリング装置が備える減速装置の一例を説明する正面図である。

[図3]図3は、中心軸を含む仮想平面で本実施形態の電動機の構成を切って模式的に示す断面図である。

[図4]図4は、本実施形態の電動機の構成を中心軸に直交する仮想平面で切って模式的に示す断面図である。

[図5]図5は、本実施形態のモータロータの構成を模式的に示す説明図である。

[図6]図6は、本実施形態に係る電動機をダイレクトドライブモータとして適用した場合の説明図である。

[図7]図7は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図8]図8は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図9]図9は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図10]図 1 0 は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図11]図 1 1 は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図12]図 1 2 は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図13]図 1 3 は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図14]図 1 4 は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。

[図15]図 1 5 は、本実施形態に係る電動機を備える電動パワーステアリング装置を搭載した車両の模式図である。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。以下の実施形態に記載した内容により本発明が限定されるものではない。また、以下に記載した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0020] （電動パワーステアリング装置）

図 1 は、本実施形態に係る電動機を備える電動パワーステアリング装置の構成図である。本実施形態は、図 1 を用いて、電動機 1 0 を備える電動パワーステアリング装置 8 0 の概要を説明する。

[0021] 電動パワーステアリング装置 8 0 は、操舵者から与えられる力が伝達する順に、ステアリングホイール 8 1 と、ステアリングシャフト 8 2 と、操舵力アシスト機構 8 3 と、ユニバーサルジョイント 8 4 と、ロアシャフト 8 5 と、ユニバーサルジョイント 8 6 と、ピニオンシャフト 8 7 と、ステアリングギヤ 8 8 と、タイロッド 8 9 とを備える。また、電動パワーステアリング装置 8 0 は、ECU (Electronic Control Unit) 9 0 と、トルクセンサ 9 1

aと、車速センサ91bとを備える。

- [0022] ステアリングシャフト82は、入力軸82aと、出力軸82bとを含む。入力軸82aは、一方の端部がステアリングホイール81に連結され、他方の端部がトルクセンサ91aを介して操舵力アシスト機構83に連結される。出力軸82bは、一方の端部が操舵力アシスト機構83に連結され、他方の端部がユニバーサルジョイント84に連結される。本実施形態では、入力軸82a及び出力軸82bは、鉄等の磁性材料から形成される。
- [0023] ロアシャフト85は、一方の端部がユニバーサルジョイント84に連結され、他方の端部がユニバーサルジョイント86に連結される。ピニオンシャフト87は、一方の端部がユニバーサルジョイント86に連結され、他方の端部がステアリングギヤ88に連結される。
- [0024] ステアリングギヤ88は、ピニオン88aと、ラック88bとを含む。ピニオン88aは、ピニオンシャフト87に連結される。ラック88bは、ピニオン88aに噛み合う。ステアリングギヤ88は、ラックアンドピニオン形式として構成される。ステアリングギヤ88は、ピニオン88aに伝達された回転運動をラック88bで直進運動に変換する。タイロッド89は、ラック88bに連結される。
- [0025] 操舵力アシスト機構83は、減速装置92と、電動機10とを含む。減速装置92は、出力軸82bに連結される。電動機10は、減速装置92に連結され、かつ、補助操舵トルクを発生させる電動機である。なお、電動パワーステアリング装置80は、ステアリングシャフト82と、トルクセンサ91aと、減速装置92とによりステアリングコラムが構成されている。電動機10は、ステアリングコラムの出力軸82bに補助操舵トルクを与える。すなわち、本実施形態の電動パワーステアリング装置80は、コラムアシスト方式である。
- [0026] コラムアシスト方式の電動パワーステアリング装置80は、操作者と電動機10との距離が比較的近く、電動機10のトルク変化又は摩擦力が操舵者に影響を与えるおそれがある。このため、電動パワーステアリング装置80

では、電動機 10 の摩擦力の低減が求められる。

[0027] 図 2 は、本実施形態の電動パワーステアリング装置が備える減速装置の一例を説明する正面図である。図 2 は、一部を断面として示してある。減速装置 92 はウォーム減速装置である。減速装置 92 は、減速装置ハウジング 93 と、ウォーム 94 と、玉軸受 95 a と、玉軸受 95 b と、ウォームホイール 96 と、ホルダ 97 とを備える。

[0028] ウォーム 94 は、電動機 10 のシャフト 21 にスプライン、または弾性カップリングで結合する。ウォーム 94 は、玉軸受 95 a と、ホルダ 97 に保持された玉軸受 95 b とで回転自在に減速装置ハウジング 93 に保持されている。ウォームホイール 96 は、減速装置ハウジング 93 に回転自在に保持される。ウォーム 94 の一部に形成されたウォーム歯 94 a は、ウォームホイール 96 に形成されているウォームホイール歯 96 a に噛み合う。

[0029] 電動機 10 の回転力は、ウォーム 94 を介してウォームホイール 96 に伝達されて、ウォームホイール 96 を回転させる。減速装置 92 は、ウォーム 94 及びウォームホイール 96 によって、電動機 10 のトルクを増加する。そして、減速装置 92 は、図 1 に示すステアリングコラムの出力軸 82 b に補助操舵トルクを与える。

[0030] 図 1 に示すトルクセンサ 91 a は、ステアリングホイール 81 を介して入力軸 82 a に伝達された運転者の操舵力を操舵トルクとして検出する。車速センサ 91 b は、電動パワーステアリング装置 80 が搭載される車両の走行速度を検出する。ECU 90 は、電動機 10 と、トルクセンサ 91 a と、車速センサ 91 b とが電氣的に接続される。

[0031] ECU 90 は、電動機 10 の動作を制御する。また、ECU 90 は、トルクセンサ 91 a 及び車速センサ 91 b のそれぞれから信号を取得する。すなわち、ECU 90 は、トルクセンサ 91 a から操舵トルク T を取得し、かつ、車速センサ 91 b から車両の走行速度 V を取得する。ECU 90 は、イグニッションスイッチ 98 がオンの状態で、電源装置（例えば車載のバッテリー）99 から電力が供給される。ECU 90 は、操舵トルク T と走行速度 V と

に基づいてアシスト指令の補助操舵指令値を算出する。そして、ECU90は、その算出された補助操舵指令値に基づいて電動機10へ供給する電力値Xを調節する。ECU90は、電動機10から誘起電圧の情報又は後述するレゾルバからロータの回転の情報を動作情報Yとして取得する。

[0032] ステアリングホイール81に入力された操舵者（運転者）の操舵力は、入力軸82aを介して操舵力アシスト機構83の減速装置92に伝わる。この時に、ECU90は、入力軸82aに入力された操舵トルクTをトルクセンサ91aから取得し、かつ、走行速度Vを車速センサ91bから取得する。そして、ECU90は、電動機10の動作を制御する。電動機10が作り出した補助操舵トルクは、減速装置92に伝えられる。

[0033] 出力軸82bを介して出力された操舵トルクT（補助操舵トルクを含む）は、ユニバーサルジョイント84を介してロアシャフト85に伝達され、さらにユニバーサルジョイント86を介してピニオンシャフト87に伝達される。ピニオンシャフト87に伝達された操舵力は、ステアリングギヤ88を介してタイロッド89に伝達され、操舵輪を転舵させる。次に、電動機10について説明する。

[0034] （電動機）

図3は、中心軸を含む仮想平面で本実施形態の電動機の構成を切って模式的に示す断面図である。図4は、本実施形態の電動機の構成を中心軸に直交する仮想平面で切って模式的に示す断面図である。図3に示すように、電動機10は、ハウジング11と、軸受12と、軸受13と、レゾルバ14と、モータロータ20と、ブラシレスモータ用としてのモータステータ30とを備える。

[0035] ハウジング11は、筒状ハウジング11aと、フロントブラケット11bとを含む。フロントブラケット11bは、略円板状に形成されて筒状ハウジング11aの一方の開口端部を閉塞するように筒状ハウジング11aに取り付けられる。筒状ハウジング11aは、フロントブラケット11bとは反対側の端部に、この端部を閉塞するように底部11cが形成される。底部11

cは、例えば、筒状ハウジング11aと一体に形成される。筒状ハウジング11aを形成する材料としては、例えばSPCC (Steel Plate Cold Commercial) 等の一般的な鋼材や、電磁軟鉄、アルミニウム等が適用できる。また、フロントブラケット11bは、電動機10を所望の機器に取り付ける際のフランジの役割を果たしている。

[0036] 軸受12は、筒状ハウジング11aの内側であって、フロントブラケット11bの略中央部分に設けられる。軸受13は、筒状ハウジング11aの内側であって、底部11cの略中央部分に設けられる。軸受12は、筒状ハウジング11aの内側に配置されたモータロータ20の一部であるシャフト21の一端を回転可能に支持する。軸受13は、シャフト21の他端を回転可能に支持する。これにより、シャフト21は、回転中心Zrの軸を中心に回転する。

[0037] レゾルバ14は、シャフト21のフロントブラケット11b側に設けられる端子台15によって支持される。レゾルバ14は、モータロータ20（シャフト21）の回転位置を検出する。レゾルバ14は、レゾルバロータ14aと、レゾルバステータ14bとを備える。レゾルバロータ14aは、シャフト21の円周面に圧入等で取り付けられる。レゾルバステータ14bは、レゾルバロータ14aに所定間隔の空隙を介して対向して配置される。

[0038] モータステータ30は、筒状ハウジング11aの内部にモータロータ20を包囲するように筒状に設けられる。モータステータ30は、筒状ハウジング11aの内周面11dに例えば嵌合されて取り付けられる。モータステータ30の中心軸は、モータロータ20の回転中心Zrと一致する。モータステータ30は、筒状のステータコア31と、励磁コイル37とを含む。モータステータ30は、ステータコア31に励磁コイル37が巻きつけられる。

[0039] 図4に示すように、ステータコア31は、複数のティース34を含む。本実施形態のティース34は、周方向に9ある。ステータコア31は、略同形状に形成された複数のコア片が回転中心Zrの軸と平行な軸方向に積層されて束ねられることで形成される。ティース34の内周側には、ティース先端

３２が周方向に突出しており、ティース３４の内周表面３２Ｆがロータヨーク２２の外周とギャップＧの間隔を介して対向する。ステータコア３１は、電磁鋼板などの磁性材料で形成される。ステータコア３１は、バックヨーク３３と、ティース３４とを有する。バックヨーク３３は、円弧状の部分を含む。バックヨーク３３は、環状形状である。ティース３４は、バックヨーク３３の内周面からモータロータ２０に向かって延びる部分である。

[0040] 複数のティース３４は、回転中心Ｚｒを中心とした周方向（図３、図４に示す筒状ハウジング１１ａの内周面１１ｄに沿う方向）に等間隔で並んで配置される。以下、回転中心Ｚｒを中心とした周方向を単に周方向という。そして、ステータコア３１が筒状ハウジング１１ａ内に圧入されることで、モータステータ３０は、環状の状態です筒状ハウジング１１ａの内部に設けられる。なお、ステータコア３１と筒状ハウジング１１ａとは、圧入の他に接着、焼き嵌め又は溶接等によって固定されてもよい。

[0041] 図４に示す励磁コイル３７は、線状の電線である。励磁コイル３７は、ティース３４の外周にインシュレータ３７ａ（図３参照）を介して集中巻きされる。この構成により、磁極数を低減でき、かつ分布巻きに比較してコイルエンドが短くなることからコイル量を低減できる。その結果、コストを低減でき、電動機１０をコンパクトにすることができる。

[0042] 励磁コイル３７は、ティース３４の複数の外周に分布巻きされていてもよい。この構成により、磁極数が増え、磁束の分布が安定することからトルクリップルを抑制することができる。

[0043] 励磁コイル３７は、バックヨーク３３の外周にトロイダル巻きされていてもよい。この構成により、分布巻きと同等の磁束分布を発生すると共に、分布巻きに比較してコイルエンドが短くなることからコイル量を低減できる。その結果、トルクリップルを抑制すると共に、電動機１０をコンパクトにすることができる。

[0044] 図３に示すインシュレータ３７ａは、励磁コイル３７とステータコア３１とを絶縁するための部材であり、耐熱部材で形成される。また、モータステ

ータ30は、モータロータ20を包囲できる形状となる。つまり、ステータコア31は、後述するロータヨーク22の径方向外側に所定の間隔（ギャップ）Gを有して環状に配置される。

[0045] モータロータ20は、筒状ハウジング11aに対して回転中心Zrを中心に回転できるように、筒状ハウジング11aの内部に設けられる。モータロータ20は、シャフト21と、ロータヨーク22と、マグネット23とを含む。シャフト21は、筒状に形成される。ロータヨーク22は、筒状に形成される。なお、ロータヨーク22は、外周が円弧状である。この構成により、ロータヨーク22は、外周が複雑形状である場合に比較して、打ち抜き加工の加工工数を低減できる。

[0046] ロータヨーク22は、電磁鋼板、冷間圧延鋼板などの薄板が、接着、ボス、カシメなどの手段により積層されて製造される。ロータヨーク22は、順次金型の型内で積層され、金型から排出される。ロータヨーク22は、例えばその中空部分にシャフト21が圧入されてシャフト21に固定される。なお、シャフト21とロータヨーク22とは、一体で成型されてもよい。

[0047] マグネット23は、ロータヨーク22の周方向に沿って表面に固定され、複数設けられている。マグネット23は、永久磁石であり、S極及びN極がロータヨーク22の周方向に交互に等間隔で配置される。これにより、図4に示すモータロータ20の極数は、ロータヨーク22の外周側にN極と、S極とがロータヨーク22の周方向に交互に配置された6極である。

[0048] 図5は、本実施形態のモータロータの構成を模式的に示す説明図である。図4及び図5に示すように、ロータヨーク22の外周は、ロータヨーク22の径方向外側に突出する凸部22qと、周方向に隣り合う凸部22q間の凹部22dと、を含む。このように、ロータヨーク22の外周は、凸部22qと、凹部22dとが周方向に交互に配置されている。

[0049] 凸部22qには、モータロータ20の回転中心Zrと平行な軸方向（以下、軸方向という。）に、ロータヨーク22に空けられた貫通孔が磁氣的ギャップ部g1、磁氣的ギャップ部g2として備えられている。磁氣的ギャップ

部 g 1、磁氣的ギャップ部 g 2は、ロータヨーク 2 2を貫通して、ロータヨーク 2 2の透磁率よりも透磁率の低い、空隙である。磁氣的ギャップとして、磁氣的ギャップ部 g 1、磁氣的ギャップ部 g 2は、磁束の通過を抑制又は遮断できる。磁氣的ギャップ部 g 1、磁氣的ギャップ部 g 2は、熱硬化性樹脂などの非磁性材料を充填して、非磁性材料を含むようにしてもよい。この構造により、ロータヨーク 2 2の剛性を確保することができる。

[0050] マグネット 2 3は、ロータヨーク 2 2の凹部 2 2 dに収容され、例えば、磁力により取り付けられる。本実施形態では、マグネット 2 3は、ロータヨーク 2 2の周方向に沿って表面に固定され、複数設けられている分割形状（セグメント構造）のセグメント磁石である。

[0051] マグネット 2 3は、軸方向の断面が、いわゆるカマボコ形状である。ロータヨーク 2 2の凹部 2 2 dは、マグネット 2 3が配置される貼付面 2 2 aと、貼付面 2 2 aと凸部 2 2 qとの間にあって軸方向の断面に直線状の部分を有する傾斜部 2 2 bとを備える。マグネット 2 3の軸方向の断面が、径方向内側の内側面 2 3 aと、周方向の端面 2 3 b、2 3 cと、径方向外側の外側面 2 3 pである場合、径方向内側の内側面 2 3 aは、貼付面 2 2 aと面接触する。貼付面 2 2 aは、凸部 2 2 qの最外径表面の周方向円弧が有する曲率半径 r_{23} よりも回転中心 Z rを中心とした曲率半径 r_{22} が小さい。径方向外側の外側面 2 3 pは、凸部 2 2 qの最外径表面の周方向円弧と同程度の曲率半径 r_{23} を有している。また、ティース 3 4の内周表面 3 2 Fとロータヨーク 2 2の外周とのギャップ Gの間隔のうち、ギャップ G 2が周方向の端面 2 3 b、2 3 cと、傾斜部 2 2 bと、ティース 3 4の内周表面 3 2 Fとで囲まれる空間となる。

[0052] 図 4 及び図 5 に示すように、ロータヨーク 2 2の外周側に N 極が着磁されているマグネット 2 3と、ロータヨーク 2 2の外周側に S 極が着磁されているマグネット 2 3とは、ロータヨーク 2 2の周方向に交互に等間隔で配置される。そして、マグネット 2 3は、径方向外側の外側面 2 3 pの曲率が凹部 2 2 dの貼付面 2 2 aの曲率とは異なるようになっている。

[0053] 本実施形態に係る電動機10は、ロータヨーク22の凸部22qに、磁氣的ギャップ部g1、磁氣的ギャップ部g2を備えることで、ロータヨーク22の外周に磁氣抵抗の差が生じる。凸部22qの磁氣的ギャップ部g1と、周方向に隣り合う凸部22qの磁氣的ギャップ部g1とは、径方向外側の端部g1eb同士よりも径方向内側の端部g1ea同士が近づくように延び、かつ当該径方向内側の端部g1ea間には磁路となる間隔md1、md2を有している。凸部22qの磁氣的ギャップ部g2と、周方向に隣り合う凸部22qの磁氣的ギャップ部g2とは、径方向外側の端部g2eb同士よりも径方向内側の端部g2ea同士が近づくように延び、かつ当該径方向内側の端部g2eaが磁路となる間隔md3を有している。回転中心Zrと、マグネット23の一部、例えば、外側面23pの周方向の仮想基準点grとを結ぶ仮想線gs上には、磁氣的ギャップ部g1、磁氣的ギャップ部g2がなく、磁束が通り易くなっている。凸部22qの磁氣的ギャップ部g2と、周方向に隣り合う凸部22qの磁氣的ギャップ部g2とは、仮想線gsに対して線対称の形状である。同様に、凸部22qの磁氣的ギャップ部g1と、周方向に隣り合う凸部22qの磁氣的ギャップ部g1とは、仮想線gsに対して線対称の形状である。上述した間隔md1、md2、md3は、間隔md1、md2、md3の順に狭くなっている。

[0054] 磁氣的ギャップ部g1は、軸方向でみた縁の少なくとも一部が、マグネット23が配置される内側面23a（凹部表面）よりも、ステータコア31寄りにある仮想中心（本実施形態では仮想基準点gr）、曲率半径gr1で描いた円弧を含む。磁氣的ギャップ部g2は、軸方向でみた縁の少なくとも一部が、マグネット23が配置される内側面23a（凹部表面）よりも、ステータコア31寄りにある仮想中心（本実施形態では仮想基準点gr）、曲率半径gr2で描いた円弧を含む。このため、ロータヨーク22は、磁氣的ギャップ部g1と磁氣的ギャップ部g2との間の距離gdがほぼ一定となり、磁氣的ギャップ部g1と磁氣的ギャップ部g2との間のロータヨーク22に磁束が流れるようになる。

- [0055] モータロータ20は、磁氣的ギャップ部g1、磁氣的ギャップ部g2の径方向外側で磁束を通すブリッジ部22fを備えている。磁氣的ギャップ部g1、磁氣的ギャップ部g2は、径方向外側寄りの端部g1eb、g2ebの形状が軸方向からみて湾曲している。
- [0056] ブリッジ部22fの径方向の厚み Δf は、磁氣的ギャップ部g1の径方向外側寄りの端部g1ebの幅g1wbよりも小さい。同様に、ブリッジ部22fの径方向の厚み Δf は、磁氣的ギャップ部g2の径方向外側寄りの端部g2ebの幅g2wbよりも小さい。この構造により、凸部22qの外縁の磁気抵抗が、ブリッジ部22fで高くなり、ブリッジ部22fは、凸部22qの外周の磁束の流れを制限することができる。ブリッジ部22fの径方向の厚み Δf での磁気抵抗を高めることで、隣合う、磁氣的ギャップ部g1と磁氣的ギャップ部g2との間のロータヨーク22（距離gd）内を流れる磁束の短絡を抑制できる。また、ブリッジ部22fの径方向の厚み Δf での磁気抵抗を高めることで、隣合うティース34間で磁束を短絡させる経路となるのを抑制できる。
- [0057] 磁氣的ギャップ部g1は、磁氣的ギャップ部g2よりも、回転中心Zr寄りに配置されている。磁氣的ギャップ部g2において、径方向外側の端部g2ebの幅g2wbは、径方向内側の端部g2eaの幅g2waと同程度である。これに対して、磁氣的ギャップ部g1において、径方向内側の端部g1eaの幅g1waは、径方向外側の端部g1ebの幅g1wbよりも広くなっている。
- [0058] 磁氣的ギャップ部g1は、径方向外側の端部同士が幅geの磁路を残して、回転中心Zrから径方向外側へ向かって併走するように延びている。このように、磁氣的ギャップ部g1は、径方向外側の端部同士が幅geの磁路を残して、磁氣的ギャップ部g1間にロータヨーク22の磁性体が残っている状態である。本実施形態の磁氣的ギャップ部g1は、この態様に限られず、隣合う磁氣的ギャップ部g1の径方向外側の端部で隣合う磁氣的ギャップ部g1間のロータヨーク22の磁性体がなくなり磁氣的ギャップ部が一体化し

ていてもよい。

[0059] このため、ロータヨーク22の外周には、凸部22qとマグネット23とが交互に配置されている。マグネット23は、形状としてロータヨーク22の径方向外側に突出する凸部であり、磁気抵抗が大きくインダクタンスが小さい磁氣的凸部である。磁氣的凸部であるマグネット23がd軸と呼ばれ、これと磁氣的に電気角で90°位相が異なる位置をq軸と呼び、マグネット23より周方向両側の磁路形成により、凸部22qが、磁気抵抗が小さくインダクタンスが大きい磁氣的凹部となる。ステータコア31と、ロータヨーク22との所定の間隔であるギャップGは、ロータヨーク22の回転に伴い、ギャップG1、G2、G3、G2、G1の順に入れ替わり変化する。

[0060] マグネット23がロータヨーク22の表面に固定され、凸部22qに、磁氣的ギャップ部g1、磁氣的ギャップ部g2による磁路回路を構成することにより、下記式(1)に示すように、モータロータ20の平均トルク T_t は、マグネット23のマグネットトルク T_m に加え、ロータヨーク22の外周に生じる磁氣的凹凸によるリラクタンストルク T_r が生じる。その結果、ロータヨーク22からステータコア31へ鎖交する磁束が低減してもモータロータ20に生じる平均トルク T_t は向上する。

[0061] $T_t = T_r + T_m \cdots (1)$

[0062] 本実施形態に係る電動機10は、モータロータ20と、モータステータ30と、を備える。モータロータ20は、ロータヨーク22と、ロータヨーク22の外周に設けられて、ロータヨーク22の周方向に向かって配列される複数のマグネット23と、を含む。モータステータ30は、ロータヨーク22の径方向外側に、環状に配置されるステータコア31及びステータコア31を励磁させる励磁コイル37を含む。そして、ロータヨーク22の外周は、ロータヨーク22の径方向外側に突出する凸部22qと、周方向に隣り合う凸部22q間の凹部22dと、を含む。マグネット23は、凹部22d表面である貼付面22aに配置されており、凸部22qには、軸方向に、ロータヨーク22の内部を貫通して、ロータヨーク22よりも透磁率が低く磁気

的ギャップとなる磁氣的ギャップ部 g 1、磁氣的ギャップ部 g 2 の少なくとも 1 つを備える。

[0063] この構造により、リラクタンストルクが作用して q 軸インダクタンスが高まり、d 軸インダクタンスに対する q 軸インダクタンスの比である突極比が大きくなる。これにより、磁石の使用量を低減した電動機または磁石の希土類磁石成分を低減し、磁石が生じさせるマグネットトルクが小さくても、リラクタンストルクを利用して、モータロータ 20 の平均トルク T_t を確保することができる。このように、磁石の使用量を低減した電動機または磁石の希土類磁石成分を低減した電動機でも、十分なトルクを得ることができ、コストを抑制できる。また、ステータコアで生じる磁区が向きを変えるときヒステリシス損が緩和される。ヒステリシス損は、電動機が空回りした場合のロストトルクの増加の要因と考えられる。つまり、突発的な停止でも、電動機のロータが空回りした場合のロストトルクの増加（電磁ブレーキ）を抑制することができる。ロストトルクを抑制することができるので、電動パワーステアリング装置は、操舵者に補助操舵トルクが伝達されても違和感を抑制した状態で、動作することができる。

[0064] 電動パワーステアリング装置 80 は、上述した電動機 10 により補助操舵トルクを得る。電動パワーステアリング装置 80 は、電動機 10 がロストトルクを抑制しているので、操舵者が違和感を抑制した状態で、動作することができる。このため、電動パワーステアリング装置 80 は、コラムアシスト方式であっても、低振動とすることができる。なお、本実施形態の電動パワーステアリング装置 80 は、コラムアシスト方式を例にして説明しているが、ピニオンアシスト方式及びラックアシスト方式についても適用することができる。

[0065] (ダイレクトドライブモータ)

本実施形態の電動機は、モータロータ 20 と、モータロータ 20 が回転させる負荷体とを直結しているダイレクトドライブモータとしても使用できる。図 6 は、本実施形態に係る電動機をダイレクトドライブモータとして適用

した場合の説明図である。なお、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0066] 図6に示すように、電動機10Aは、ギヤ、ベルトまたはローラ等の伝達機構を介在させることなく負荷体52に回転力をダイレクトに伝達し、負荷体52を回転させることができる。電動機10Aは、いわゆるモータ回転軸60と負荷体52とをボルトなどの固定部材67で直結したダイレクトドライブモータである。

[0067] 電動機10Aは、静止状態に維持されるモータステータ30と、モータステータ30に対して回転可能に配置されたモータロータ20と、モータステータ30を固定して支持部材51に取り付けられるベース部材70と、モータロータ20に固定されてモータロータ20と共に回転可能なモータ回転軸60と、ベース部材70とモータ回転軸60との間に介在されてモータ回転軸60をベース部材70に対して回転可能に支持する軸受64と、を含む。

[0068] ベース部材70、モータ回転軸60、モータロータ20及びモータステータ30はいずれも環状の構造体である。モータ回転軸60、モータロータ20及びモータステータ30は、回転中心 Z_r を中心に同心状に配置されている。また、電動機10Aは、回転中心 Z_r から外側へモータロータ20、モータステータ30の順に配置されている。このような電動機10Aは、インナーロータ型と呼ばれ、モータロータ20がモータステータ30よりも回転中心 Z_r 寄りとなる。また、電動機10Aは、モータ回転軸60、モータロータ20及びモータステータ30がベース部材70の上に配置されている。

[0069] ベース部材70は、略円板状のハウジングベース71と、中空部61が貫通し、中空部61を囲むようにハウジングベース71から凸状に突出した軸心となるハウジングインナ72を備えている。ハウジングインナ72は、ハウジングベース71にボルト等の固定部材77を介して締結され固定されている。また、ベース部材70は、ボルト等の固定部材76を介してハウジングベース71に軸受64の内輪を固定するハウジングフランジ73を含む。

[0070] ハウジングベース71の外周縁には、モータステータ30がボルト等の固

定部材 78 によって締結されている。これにより、モータステータ 30 はハウジングベース 71 に対して位置決め固定されている。モータステータ 30 の中心軸は、モータロータ 20 の回転中心 Z_r と一致する。

[0071] モータステータ 30 は、筒状のステータコア 31 と、励磁コイル 37 とを含む。モータステータ 30 は、ステータコア 31 に励磁コイル 37 が巻きつけられる。モータステータ 30 には、電源からの電力を供給するための配線（図示しない）が接続されており、この配線を通じて励磁コイル 37 に対して電力が供給されるようになっている。

[0072] モータロータ 20 は、モータロータ 20 の外径がモータステータ 30 の内径寸法よりも小さな円筒状である。モータロータ 20 は、ロータヨーク 22 及びロータヨーク 22 の外周に貼り付けられたマグネット 23 を含む。

[0073] モータ回転軸 60 は、円環状の回転軸 62 と、ボルト等の固定部材 66 を介して回転軸 62 に軸受 64 の外輪を固定するロータフランジ 63 とを含む。モータロータ 20 は、円筒状のモータ回転軸 60 の回転軸 62 に一体的に固定されている。モータロータ 20 は、円筒状のモータ回転軸 60 の回転軸 62 に固定部材により固定されてもよい。回転軸 62 は、円環の中心軸が電動機 10A の回転中心 Z_r と同軸に形成されている。

[0074] また、軸受 64 は、外輪がロータフランジ 63 に固定され、内輪がハウジングフランジ 73 に固定されている。これにより、軸受 64 は、ハウジングベース 71 に対して、回転軸 62 及びモータロータ 20 を回転自在に支持することができる。このため、電動機 10A は、回転軸 62 及びモータロータ 20 をハウジングベース 71 及びモータステータ 30 に対して回転させることができる。

[0075] なお、軸受 64 は、転動体をクロスローラとしたクロスローラ軸受としてもよい。なお、軸受 64 は、クロスローラ軸受に限定されず、例えば転動体を玉やころ（円筒ころ、円錐ころ、球面ころなど）とした玉軸受やころ軸受としてもよい。これらの転動体は、環状を成す保持器のポケットに 1 つずつ所定間隔、例えば等間隔で配列し、このポケット内で回転自在に保持された

状態で軌道面間に組み込んでもよい。これにより、各転動体は所定間隔を保った状態で、その転動面が相互に接触することなく、上記軌道面間を転動することができる。また、各転動体は、相互に接触して摩擦が生じることによる回転抵抗の増大や、焼付きなどを防止することができる。

[0076] また、電動機 10A は、回転検出器を備える。回転検出器は、例えばレゾルバであって、モータロータ 20 及びモータ回転軸 60 の回転位置を高精度に検出することができる。回転検出器は、静止状態に維持されるレゾルバステータ 14b と、レゾルバステータ 14b と所定のギャップを隔てて対向配置され、レゾルバステータ 14b に対して回転可能なレゾルバロータ 14a を備えており、軸受 64 の上方に配設されている。

[0077] レゾルバステータ 14b は、複数のステータ磁極が円周方向に等間隔に形成された環状の積層鉄心を有し、各ステータ磁極にレゾルバコイルが巻回されている。本実施形態の電動機 10A では、レゾルバステータ 14b は、ハウジングインナ 72 に固定されている。

[0078] レゾルバロータ 14a は、中空環状の積層鉄心により構成されており、モータ回転軸 60 の内側に固定されている。回転検出器の配設位置は、モータロータ 20 (モータ回転軸 60) の回転を検出することが可能であれば特に限定されず、モータ回転軸 60 及びベース部材 70 の形状に応じて任意の位置へ配設することができる。

[0079] モータロータ 20 が回転すると、モータロータ 20 と共にモータ回転軸 60 が回転し、連動してレゾルバロータ 14a も回転する。これにより、レゾルバロータ 14a と、レゾルバステータ 14b との間のリラクタンスが連続的に変化する。レゾルバステータ 14b は、リラクタンスの変化を検出し、レゾルバ制御回路によって電気信号(デジタル信号)に変換する。電動機 10A を制御する制御装置は、レゾルバ制御回路の電気信号に基づいて、単位時間当たりのレゾルバロータ 14a と連動するモータ回転軸 60 及びモータロータ 20 の位置や回転角度を演算処理することができる。その結果、電動機 10A を制御する制御装置は、モータ回転軸 60 の回転状態(例えば、回転

速度、回転方向あるいは回転角度など）を計測することが可能となる。

[0080] このように、電動機 10A は、モータロータ 20 の 1 回転につき、リラクタンス変化の基本波成分の周期が異なる複数の回転検出器を備えることにより、モータ回転軸 60 の絶対位置を把握することができ、また、モータ回転軸 60 の回転状態（例えば、回転速度、回転方向あるいは回転角度など）を計測する精度を高めることができる。

[0081] 電動機 10A は、ハウジングベース 71 が支持部材 51 に取り付けられることで、支持部材 51 に対して位置決め固定される。ハウジングベース 71 は、支持部材 51 に取り付けられた状態において、支持部材 51 の取付面と接する一連の連続面を少なくとも 1 つ有している。この連続面は、電動機 10A の自重や回転時の振動などを支持部材 51 に分散して作用させることができる。このため、ハウジングベース 71 に歪み（撓み）が生ずるおそれを防止することができる。

[0082] 以上説明したように、電動機 10A は、伝達機構を介在させることなく負荷体 52 に回転力をダイレクトに伝達できる。このため、負荷体 52 を回転させる場合、電動機 10A は、モータトルクを高めることができる。

[0083] （評価例）

以下、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れについて、図 7 から図 14 を用いて、比較例と比較しながら説明する。図 7 から図 14 には、上述した実施形態で説明したものと同一構成要素には同一の符号を付して、磁束分布と重ね合わせて表示し、同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0084] 図 7 は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。図 8 は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。本実施形態に係るロータヨーク 22 は、図 7 に示すように、マグネット 23 の径方向外側の外側面 23p の曲率中心がモータロータ 20 の回転中心 Z_r とずれている。これに対して、比較例に係るロータヨーク 22 は、図 8 に示すように、マグネット 23 の径方向外側の外側面 23p の曲率中心がモータロータ 20 の回転中心 Z_r と一致している。図 7 に示す

ティース 3 4 の内周表面 3 2 F とマグネット 2 3 の径方向外側の外側面 2 3 p との対向領域 m f 1 と、図 8 に示すティース 3 4 の内周表面 3 2 F とマグネット 2 3 の径方向外側の外側面 2 3 p との対向領域 m f 2 とを比較する場合、領域 m f 1 は、領域 m f 2 よりも磁束の分布が均一化される。このため、本実施形態に係るロータヨーク 2 2 は、図 7 に示すように磁束を制御し、マグネット 2 3 の径方向外側の外側面 2 3 p の磁束の流れをコントロールすることでトルクリップルの低減に寄与する。

[0085] 図 9 は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。図 10 は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。図 9 に示すように、本実施形態に係るロータヨーク 2 2 は、図 9 に示すように、磁氣的ギャップ部 g 1、g 2 の凸部 2 2 q の径方向外側寄りの端部 m f 3 の形状が軸方向からみて湾曲している。これに対して、比較例に係るロータヨーク 2 2 は、図 10 に示すように、磁氣的ギャップ部 g 1、g 2 の凸部 2 2 q の径方向外側寄りの端部 m f 4 の形状が軸方向からみて直線状である。図 9 に示す本実施形態に係る、磁氣的ギャップ部 g 1、g 2 の凸部 2 2 q の径方向外側寄りの端部 m f 3 は、図 10 に示す比較例に係る磁氣的ギャップ部 g 1、g 2 の凸部 2 2 q の径方向外側寄りの端部 m f 4 よりも磁束が磁氣的ギャップ部 g 1、g 2 に沿ってロータヨーク 2 2 からティース 3 4 へ回り込むように制御される。

[0086] 図 11 は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。図 12 は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。本実施形態に係るロータヨーク 2 2 は、図 11 に示すように、凸部の磁氣的ギャップ部 g 1 (g 2) と、周方向に隣り合う凸部の磁氣的ギャップ部 g 1 (g 2) とが、径方向外側の端部よりも径方向内側の端部が近づくように延び、かつ径方向内側の端部同士が磁路となる領域 m f 5 で間隔を有している。これに対して、比較例に係るロータヨーク 2 2 は、図 12 に示すように、凸部の磁氣的ギャップ部 g 1 (g 2) と、周方向に隣り合う凸部の磁氣的ギャップ部 g 1 (g 2) とが、径方向外側の端部より

も径方向内側の端部が近づくように延び、かつ径方向内側の端部同士が領域 m f 6 で近接している。領域 m f 6 は、領域 m f 5 よりも磁気抵抗が大きく、マグネット 2 3 より凸部の q 軸の径方向外側まで磁束の流れが回り込みにくい。本実施形態に係るロータヨーク 2 2 は、凸部 2 2 q の磁氣的ギャップ部 g 1、g 2 と、周方向に隣り合う凸部 2 2 q の磁氣的ギャップ部 g 1、g 2 とは、径方向外側の端部よりも径方向内側の端部が近づくように延び、かつ当該径方向内側の端部同士が磁路となる間隔を有しているので、マグネット 2 3 より凸部の q 軸の径方向外側まで磁束がロータヨーク 2 2 からティース 3 4 へ回り込むように制御される。

[0087] 図 1 3 は、本実施形態に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。図 1 4 は、比較例に係る電動機に係る磁束の流れの評価例を説明する説明図である。本実施形態に係るロータヨーク 2 2 は、図 1 3 に示すように、凹部 2 2 d が、マグネット 2 3 が配置される貼付面 2 2 a と、貼付面 2 2 a と凸部 2 2 q との間であって軸方向の断面に直線状の部分有する傾斜部 2 2 b とを備える。これに対して、比較例に係るロータヨーク 2 2 は、傾斜部 2 2 b に相当する構造がない。本実施形態に係るロータヨーク 2 2 は、マグネット 2 3 の周方向の領域 m f 7 に、比較例に係るマグネット 2 3 の周方向の領域 m f 8 よりも空隙を有することで、凸部の q 軸としての磁束の密度を高め、かつマグネット 2 3 端部の磁束の短絡を抑制し、磁束の流れを制御することができる。

[0088] 図 1 5 は、本実施形態に係る電動機を備える電動パワーステアリング装置を搭載した車両の模式図である。図 1 5 に示すように、車両 1 0 0 は、上述した本実施形態に係る電動機を備える電動パワーステアリング装置 8 0 を搭載している。車両 1 0 0 は、上述した本実施形態に係る電動機を電動パワーステアリング装置 8 0 以外の用途で搭載してもよい。

符号の説明

[0089] 1 0、1 0 A 電動機
1 1 ハウジング

- 1 1 a 筒状ハウジング
- 1 1 d 内周面
- 1 4 レゾルバ
- 2 0 モータロータ
- 2 1 シャフト
- 2 2 ロータヨーク
- 2 2 a 貼付面
- 2 2 b 傾斜部
- 2 2 d 凹部
- 2 2 f ブリッジ部
- 2 2 q 凸部
- 2 3 マグネット
- 2 3 a 内側面
- 2 3 b、2 3 c 端面
- 2 3 p 外側面
- 3 0 モータステータ
- 3 1 ステータコア
- 3 2 ティース先端
- 3 3 バックヨーク
- 3 4 ティース
- 3 7 励磁コイル
- 3 7 a インシュレータ
- 5 2 負荷体
- 6 0 モータ回転軸
- 6 1 中空部
- 6 2 回転軸
- 6 3 ロータフランジ
- 6 4 軸受

- 7 0 ベース部材
- 7 1 ハウジングベース
- 7 2 ハウジングインナ
- 7 3 ハウジングフランジ
- 8 0 電動パワーステアリング装置
- g 1、g 2 磁氣的ギャップ部
- Z r 回転中心

請求の範囲

- [請求項1] ロータヨークと、前記ロータヨークの外周に設けられて、前記ロータヨークの周方向に向かって配列される複数のマグネットと、を含むモータロータと、
- 前記ロータヨークの径方向外側に、環状に配置されるステータコア及び前記ステータコアを励磁させる励磁コイルを含むモータステータと、
- を含み、
- 前記ロータヨークの外周は、前記ロータヨークの径方向外側に突出する凸部と、周方向に隣り合う前記凸部間の凹部と、を含み、
- 前記マグネットは、前記凹部表面に配置されている電動機。
- [請求項2] 前記凸部には、前記モータロータの回転中心の軸と平行な軸方向に、前記ロータヨークの内部を貫通して、前記ロータヨークよりも透磁率が低く磁氣的ギャップ部が少なくとも1つある、請求項1に記載の電動機。
- [請求項3] 前記マグネットは、径方向外側の外径の曲率中心が前記モータロータの回転中心とずれている、請求項1又は2に記載の電動機。
- [請求項4] 前記磁氣的ギャップ部は、前記凸部の径方向外側寄りの端部の形状が軸方向からみて湾曲している、請求項1から3のいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項5] 前記凸部の磁氣的ギャップ部と、周方向に隣り合う前記凸部の磁氣的ギャップ部とは、径方向外側の端部よりも径方向内側の端部が近くように延び、かつ当該径方向内側の端部同士が磁路となる間隔を有している、請求項1から4のいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項6] 前記凹部は、前記マグネットが配置される前記凹部表面と、前記凸部の最外周との間に、軸方向でみて直線状の傾斜部を備えている、請求項1から5のいずれか1項に記載の電動機。
- [請求項7] 前記磁氣的ギャップ部は、前記軸方向でみた縁の少なくとも一部が

、前記マグネットが配置される前記凹部表面よりも、前記ステータコア寄りにある仮想中心で描いた円弧を含む、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の電動機。

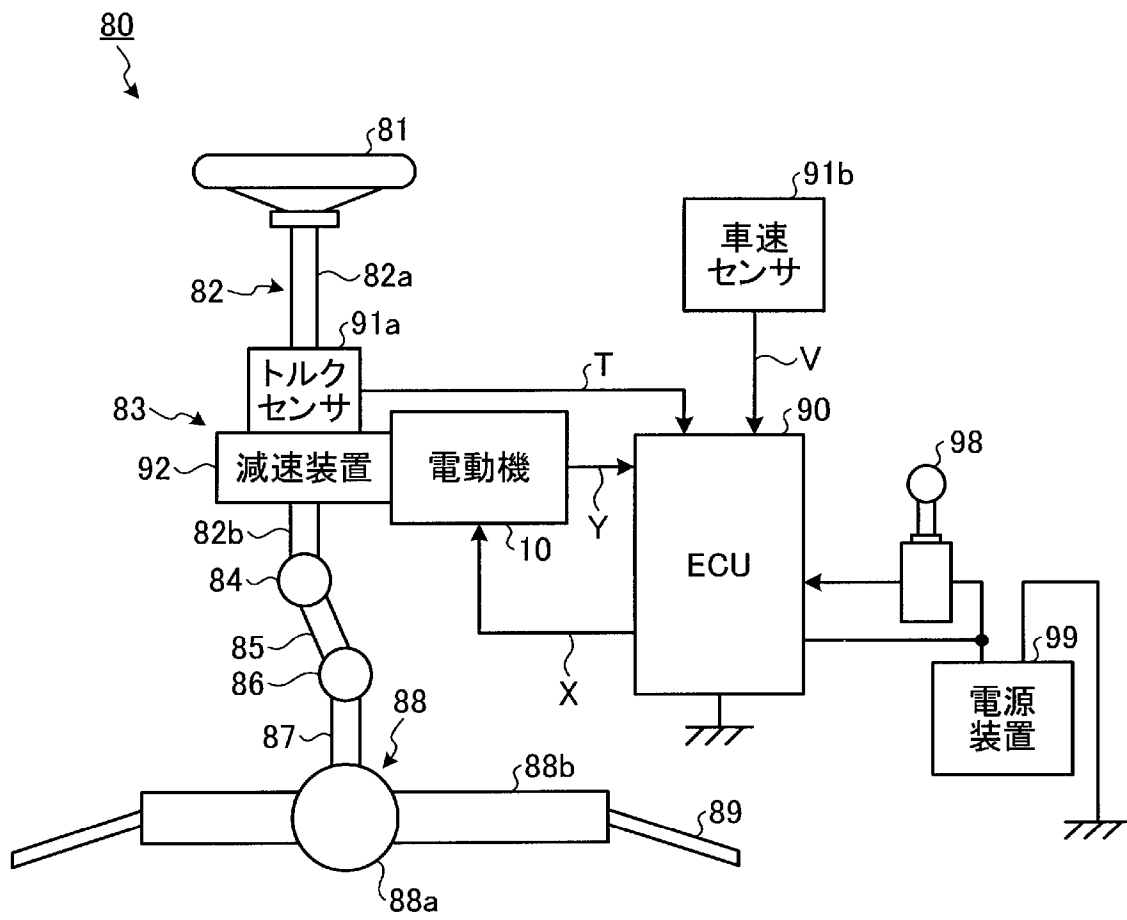
[請求項8] 前記磁氣的ギャップ部は、非磁性材料を含む、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の電動機。

[請求項9] 補助操舵トルクを得るための電動パワーステアリング用途に用いられる、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の電動機。

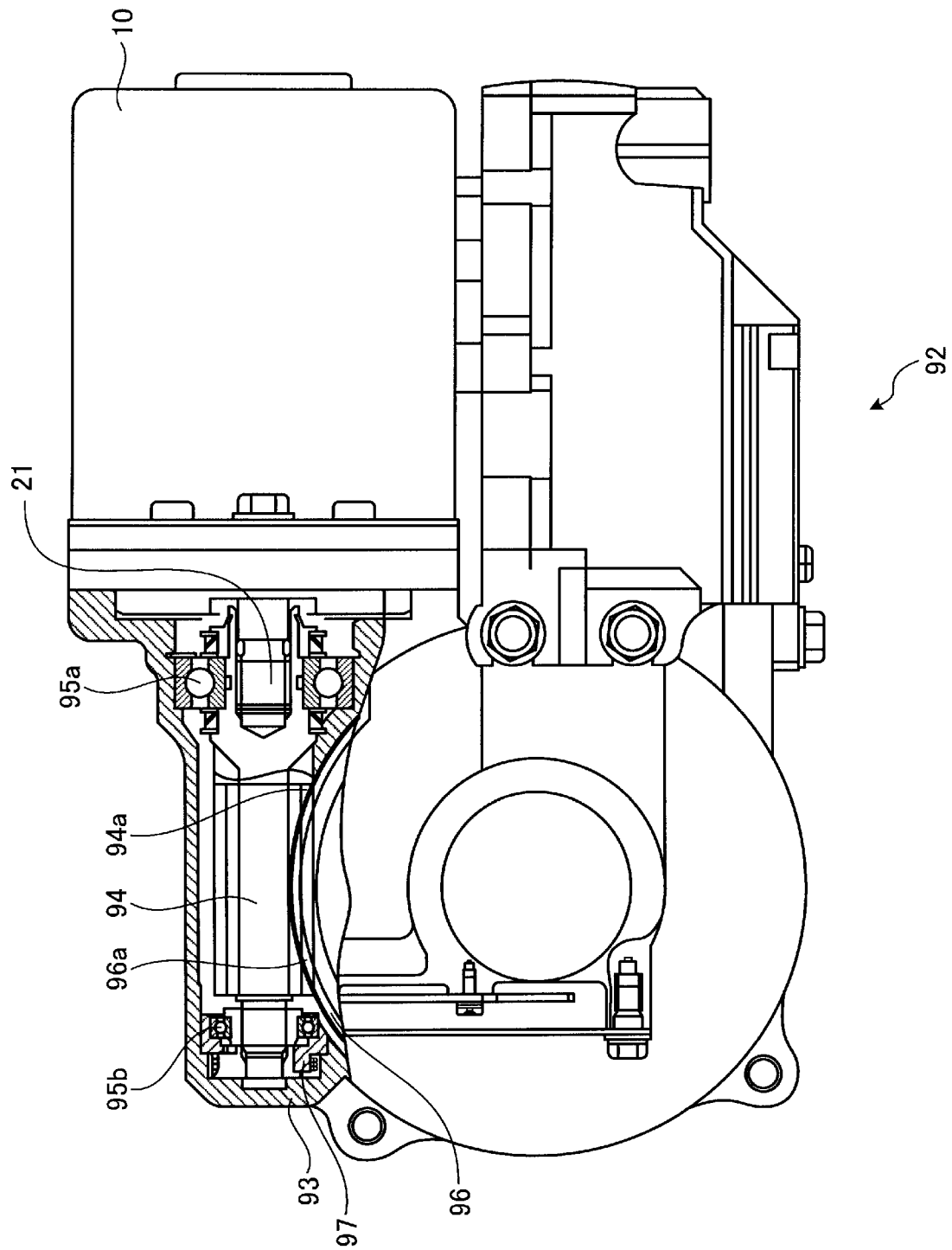
[請求項10] 請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の電動機により補助操舵トルクを得る電動パワーステアリング装置。

[請求項11] 請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の電動機を備える車両。

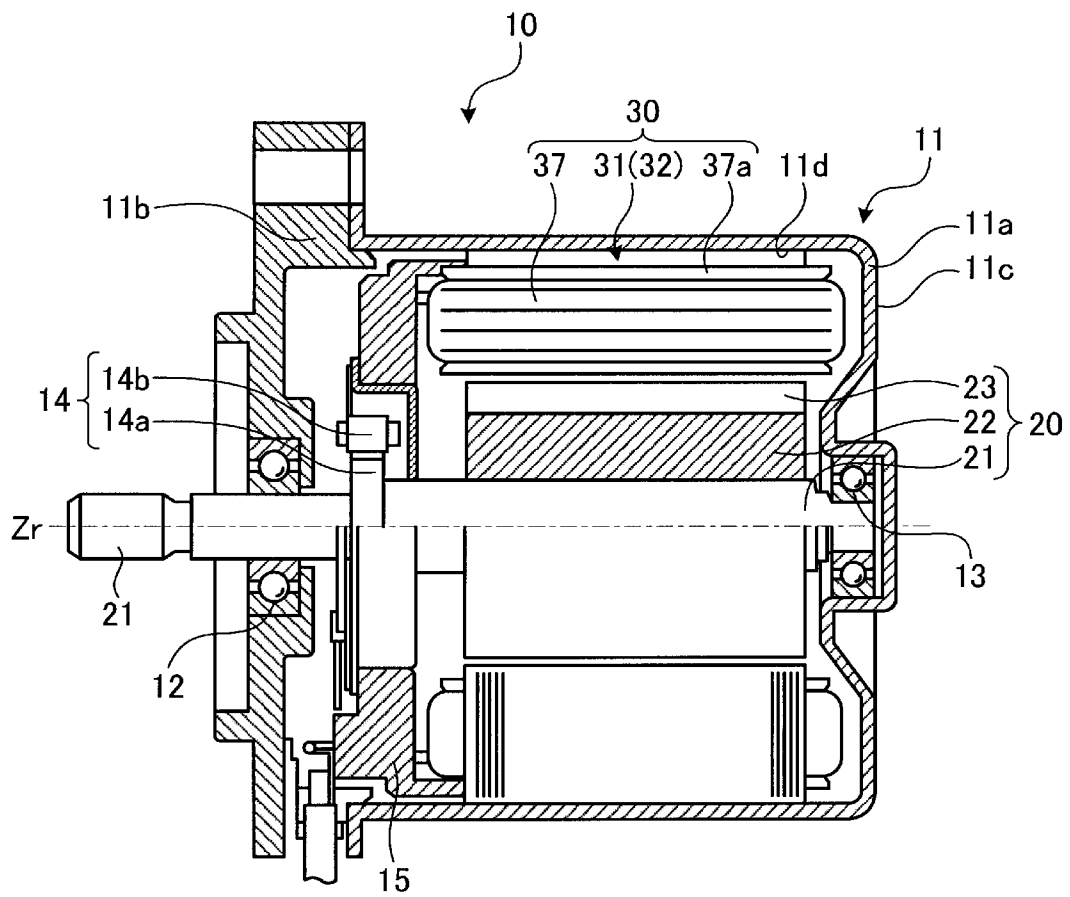
[図1]



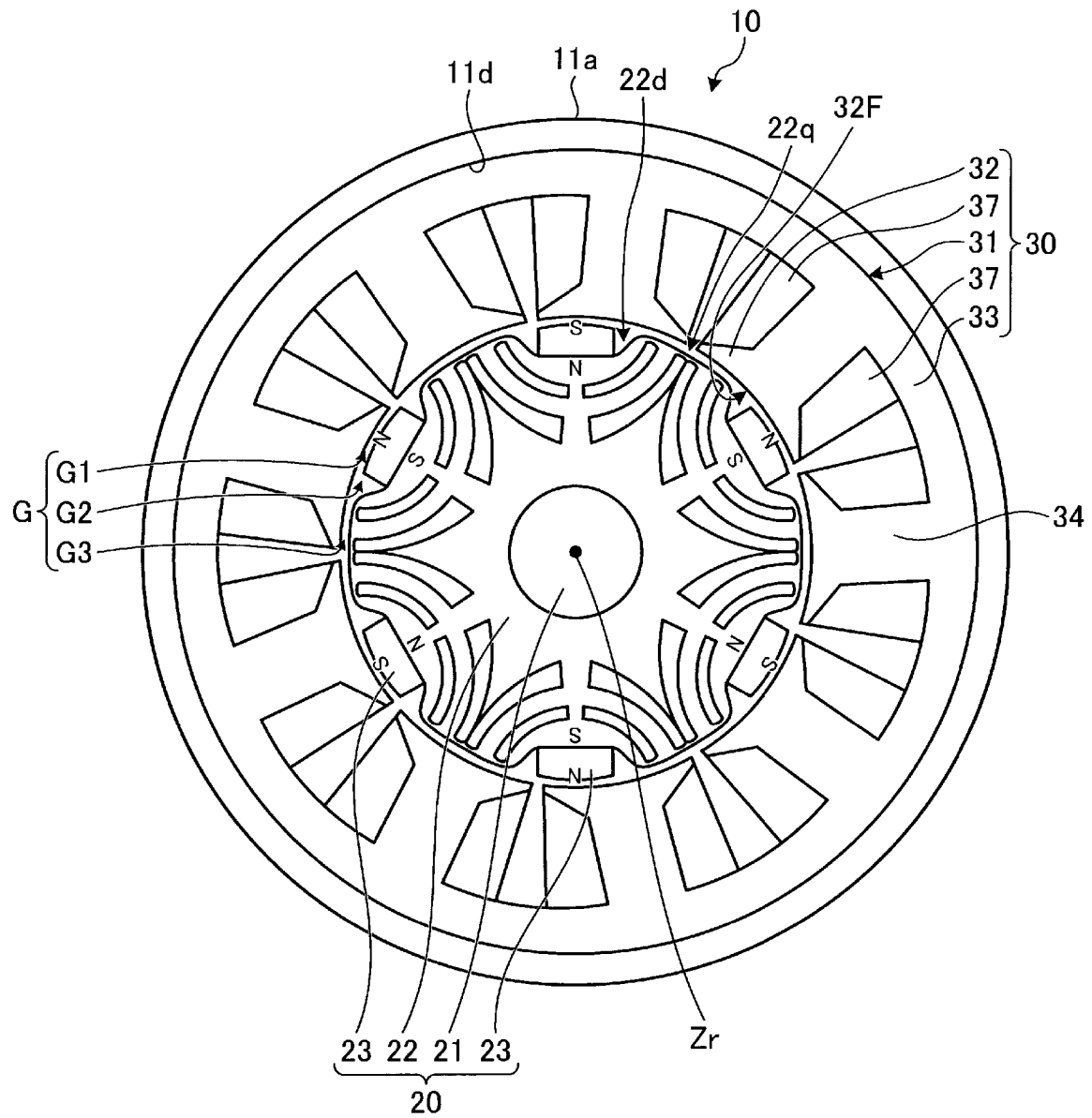
[図2]

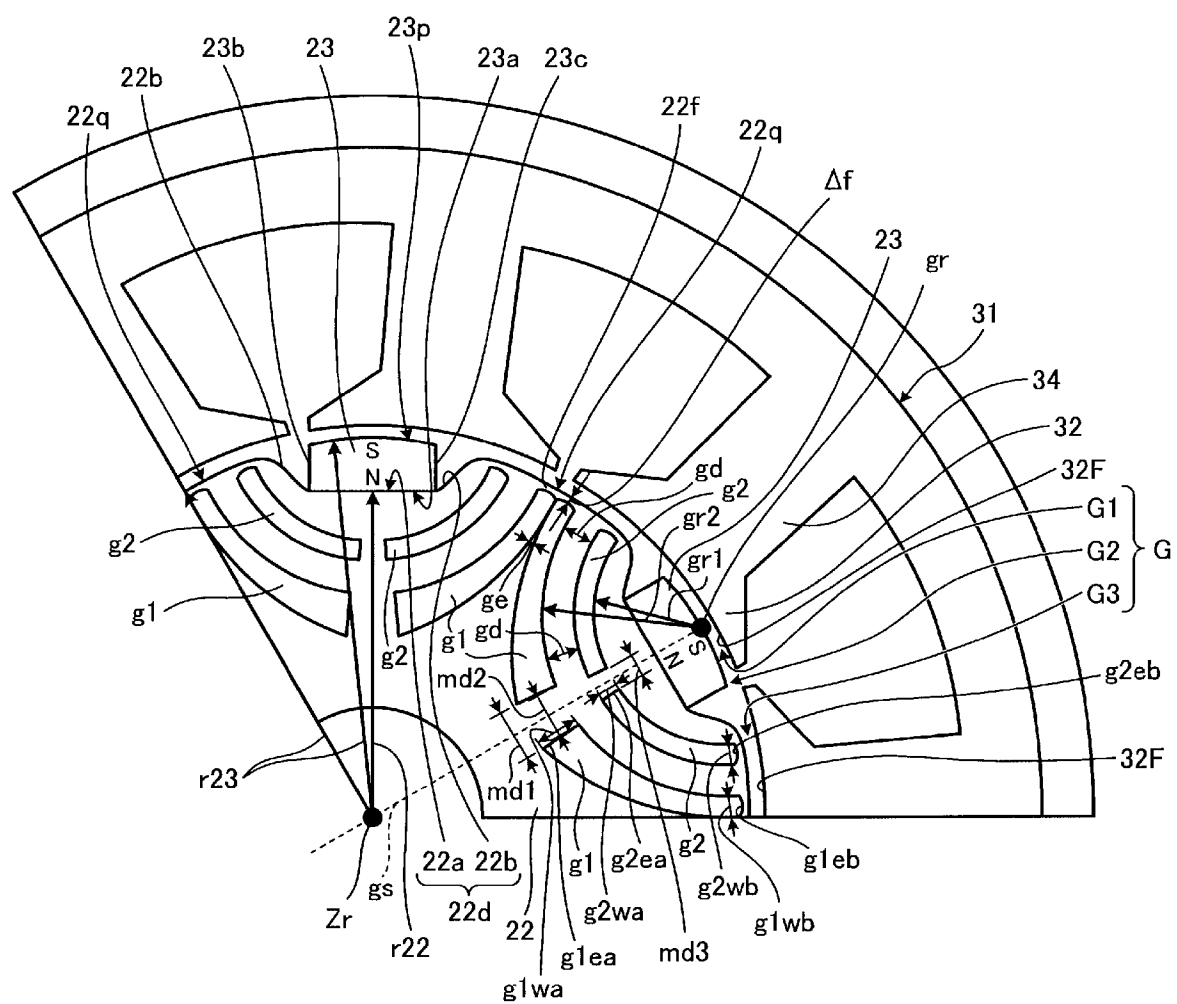


[図3]

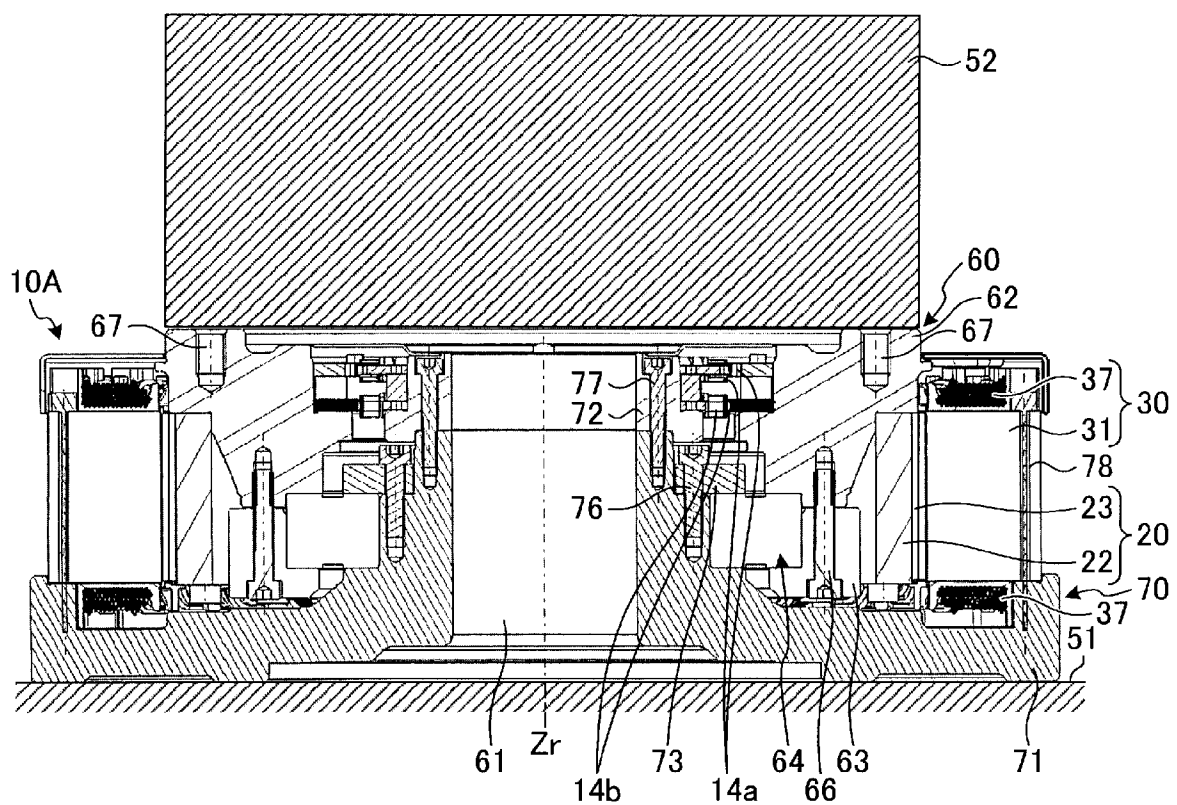


[図4]





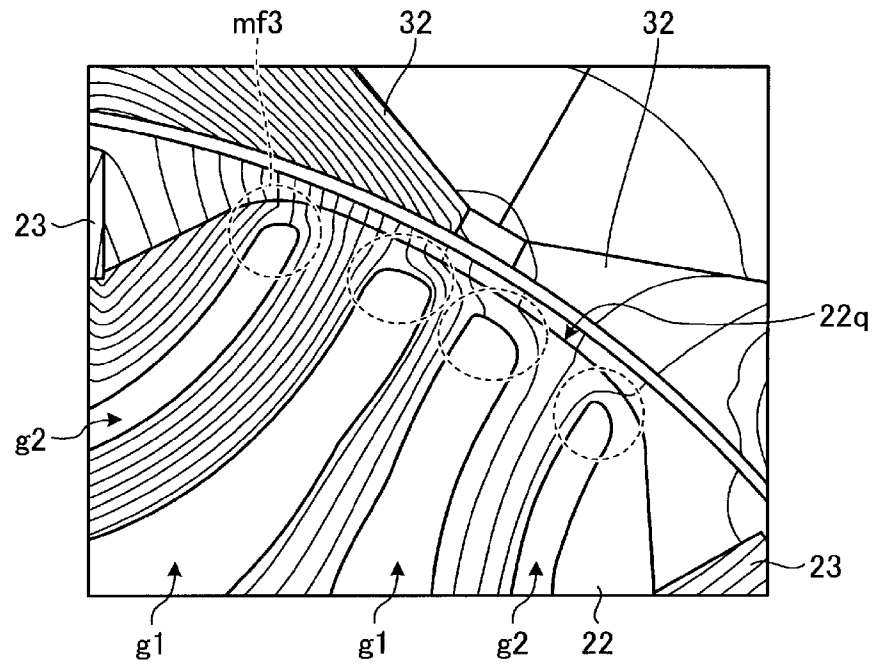
[図6]



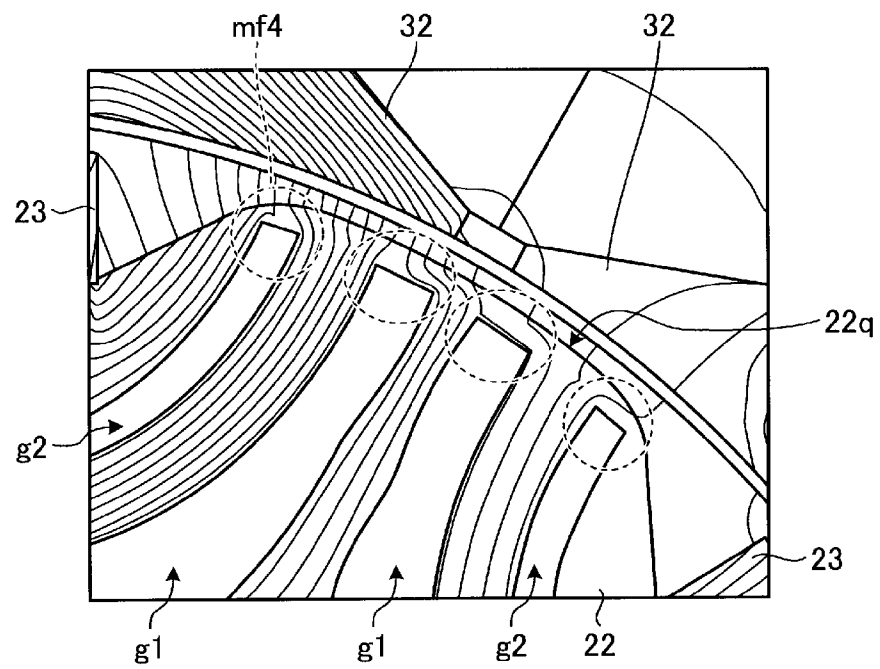
[illegible]

Figure 1 is a cross-sectional view of a composite structure. It shows a central layer 22 with a wavy pattern, flanked by layers 23 and 23p. A dashed box highlights a region containing mf2 and 32F. Arrows g2 point to the bottom surface of layer 22. Labels 32 and 22q are also present.

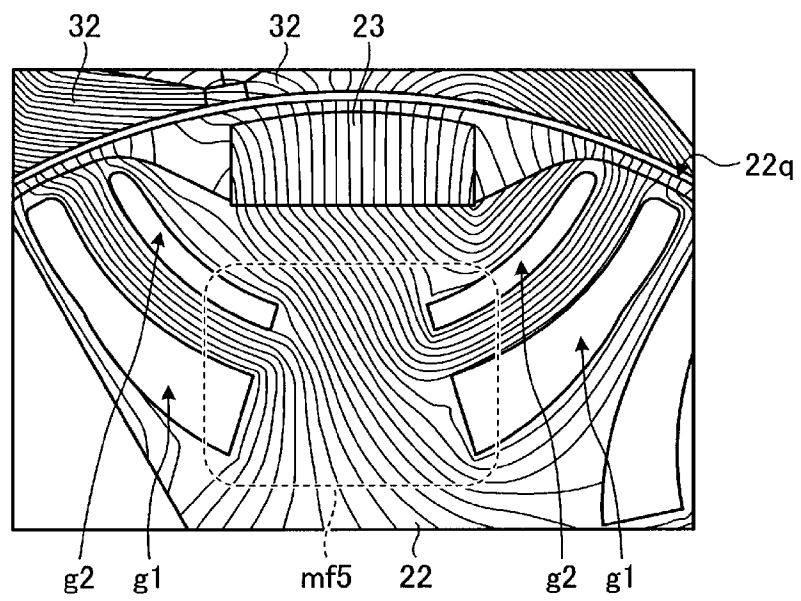
[図9]



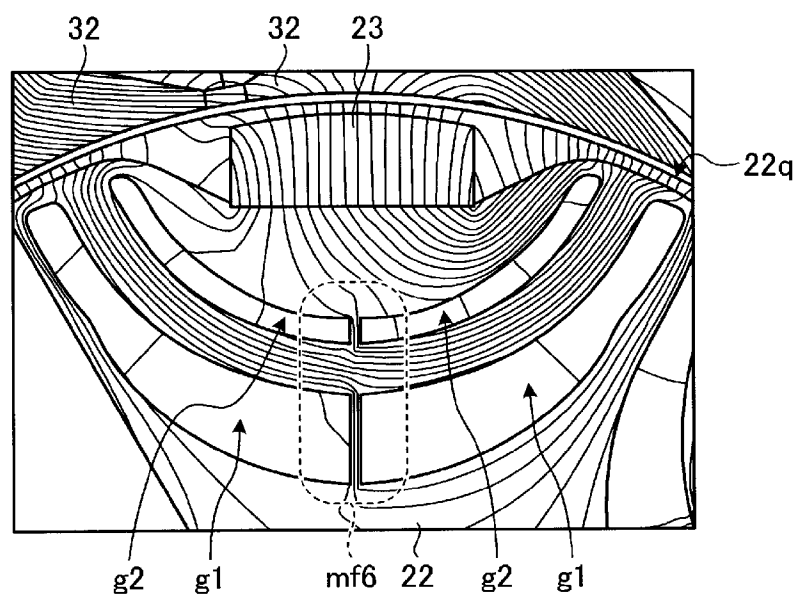
[図10]



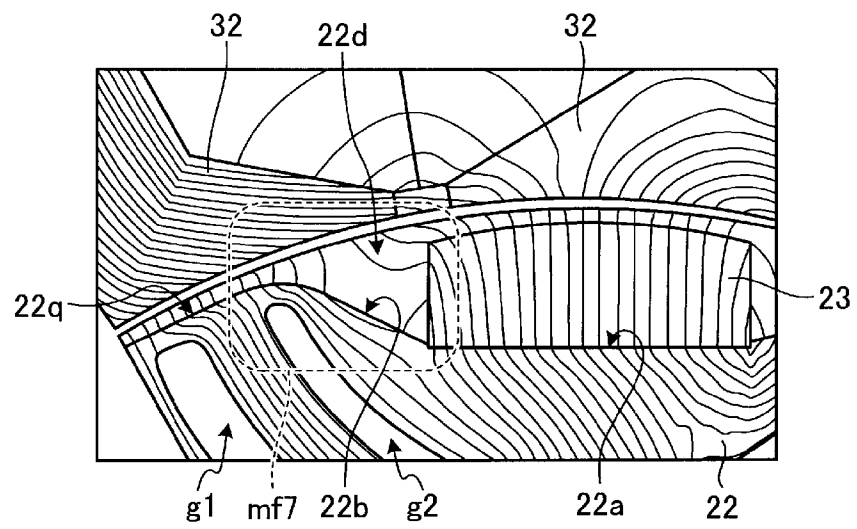
[図11]



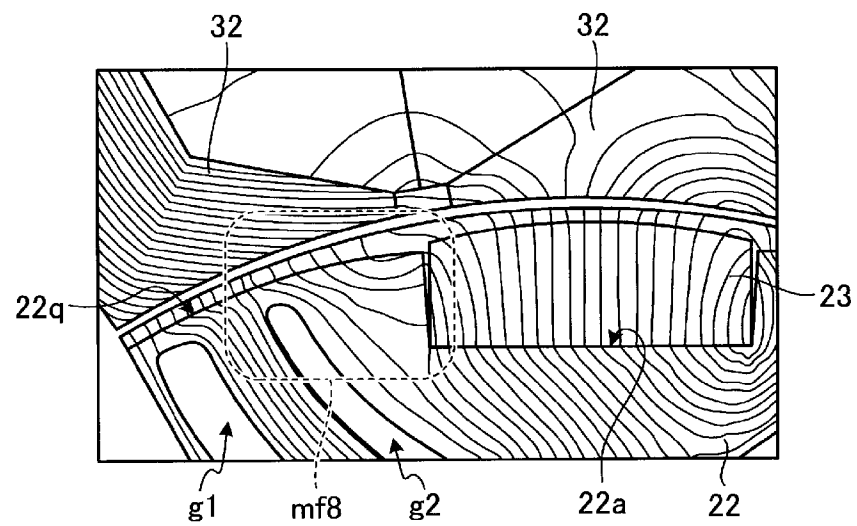
[図12]



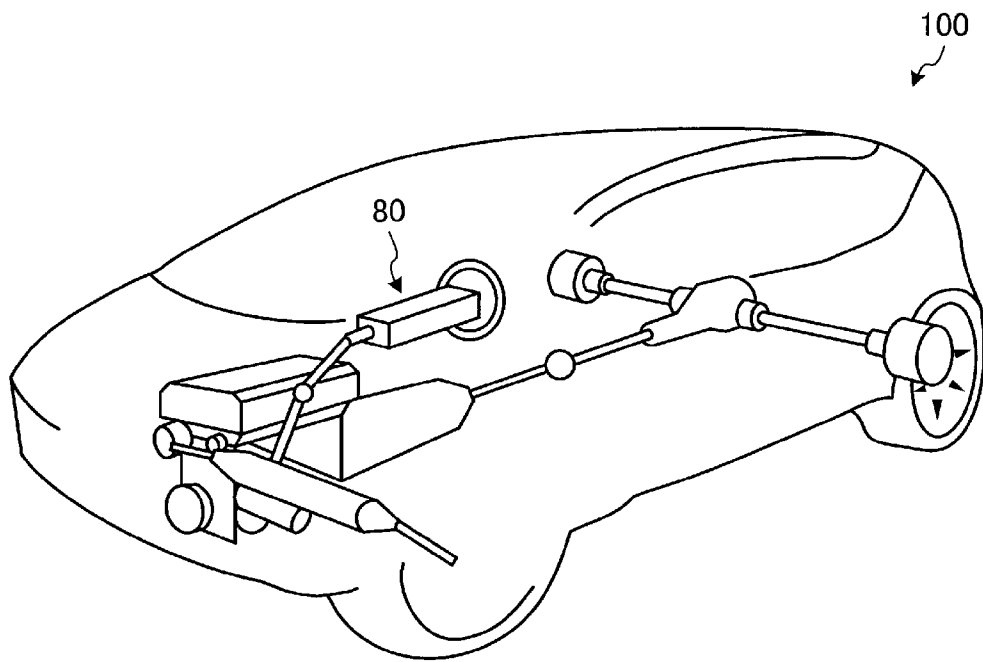
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/051551

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/27(2006.01)i, H02K1/22(2006.01)i, H02K1/28(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)

H02K1/27, H02K1/22, H02K1/28

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y	JP 2011-103759 A (Asmo Co., Ltd.), 26 May 2011 (26.05.2011), paragraphs [0035] to [0041]; fig. 5 & US 2010/0308680 A1 & DE 102010020850 A1 & CN 101895161 A	1-2, 6 3-5, 7-11
Y	JP 2004-015880 A (Hitachi, Ltd.), 15 January 2004 (15.01.2004), paragraphs [0013] to [0014]; fig. 5 (Family: none)	3-5, 7-11
Y	JP 2009-296685 A (Denso Corp.), 17 December 2009 (17.12.2009), paragraphs [0013], [0025]; fig. 1, 8 (Family: none)	4-5, 7-11

☒ 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 April 2015 (09.04.15)

Date of mailing of the international search report
21 April 2015 (21.04.15)

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/JP2015/051551

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-061280 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 28 February 2003 (28.02.2003), paragraphs [0014] to [0020]; fig. 1 & US 2003/0030343 A1 & EP 1283581 A2 & CN 1405948 A	1-2, 6 3-5, 7-11
A	JP 2014-007928 A (Daikin Industries, Ltd.), 16 January 2014 (16.01.2014), paragraph [0033]; fig. 2 (Family: none)	7-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K1/27(2006.01)i, H02K1/22(2006.01)i, H02K1/28(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. H02K1/27, H02K1/22, H02K1/28

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X Y	JP 2011-103759 A（アスモ株式会社）2011.05.26, 段落 [0035] - [0041] 及び [図5] & US 2010/0308680 A1 & DE 102010020850 A1 & CN 101895161 A	1 - 2、6 3 - 5、7 - 11
Y	JP 2004-015880 A（株式会社日立製作所）2004.01.15, 段落 [0013] - [0014] 及び [図5]（ファミリーなし）	3 - 5、7 - 11

☒ 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 9 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 4 . 2 0 1 5

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）

宮崎 基樹

3 V

5 5 6 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 7

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 2009-296685 A (株式会社デンソー) 2009.12.17, 段落 [0013] 及び [0025] 並びに [図1] 及び [図8] (ファミリーなし)	4-5、7-11
X Y	JP 2003-061280 A (ヤマハ発動機株式会社) 2003.02.28, 段落 [0014]-[0020] 及び [図1] & US 2003/0030343 A1 & EP 1283581 A2 & CN 1405948 A	1-2、6 3-5、7-11
A	JP 2014-007928 A (ダイキン工業株式会社) 2014.01.16, 段落 [0033] 及び [図2] (ファミリーなし)	7-11