

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-259309

(P2010-259309A)

(43) 公開日 平成22年11月11日(2010.11.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02K 1/14 (2006.01)	H02K 1/14 Z	5H601
H02K 16/00 (2006.01)	H02K 16/00	5H621
H02K 1/22 (2006.01)	H02K 1/22 A	
H02K 21/16 (2006.01)	H02K 21/16	
H02K 21/24 (2006.01)	H02K 21/24	
審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 31 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2009-133918 (P2009-133918)	(71) 出願人	000005234
(22) 出願日	平成21年6月3日 (2009.6.3)		富士電機ホールディングス株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2008-252599 (P2008-252599)		神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(32) 優先日	平成20年9月30日 (2008.9.30)	(74) 代理人	100091281
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 森田 雄一
(31) 優先権主張番号	特願2008-325635 (P2008-325635)	(72) 発明者	鳥羽 章夫
(32) 優先日	平成20年12月22日 (2008.12.22)		東京都日野市富士町1番地 富士電機アド
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		バンストテクノロジー株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2009-89230 (P2009-89230)	Fターム(参考)	5H601 AA06 AA09 AA24 CC01 CC02
(32) 優先日	平成21年4月1日 (2009.4.1)		CC13 CC15 CC17 CC21 DD01
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		DD09 DD11 DD12 EE03 EE12
			EE27 EE38 EE39 GA02 GA11
			GB05 GB13 GB20 GB22 GB34
			GB48 GD02 GD08 GD09 GD12
			GD13 GD23
			5H621 BB01 BB02 BB10 GA04 GA07

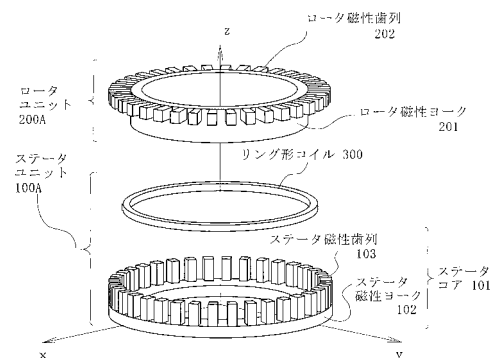
(54) 【発明の名称】 電磁ユニット及びリングコイルモータ

(57) 【要約】

【課題】 全体的に扁平化が可能であって組立も容易な電磁ユニット、及び、この電磁ユニットを複数連結したリングコイルモータを提供する。

【解決手段】 電磁ユニットは、ステータユニット100Aとロータユニット200Aとからなる。ステータユニット100Aは、ステータ磁性ヨーク102と、その周方向に沿って配置された複数のステータ磁性歯列103と、を有するリング状のステータコア101を備える。更にステータユニット100Aは、ステータコア101と同軸上に近接して配置されるリング形コイル300を備える。ロータユニット200Aは、ロータ磁性歯列202またはロータ磁極を有し、ステータユニット100Aと同軸上に配置される。ステータ磁性歯列103の各歯は、ステータ磁性ヨーク102の軸方向に沿って形成されており、ロータ磁性歯列202またはロータ磁極が、ステータ磁性歯列103に対向配置される。

【選択図】 図1A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リング状のステータ磁性ヨークと、前記ステータ磁性ヨークの周方向に沿って規則的に配置された複数のステータ磁性歯列と、を有するリング状のステータコアと、

前記ステータコアと同軸上に近接して配置されるリング形コイルと、

からなるステータユニット、

及び、

ロータ磁性歯列またはロータ磁極の少なくとも一方を有し、かつ、前記ステータユニットと同軸上に配置されるロータユニット、

を備えた電磁ユニットにおいて、

前記ステータ磁性歯列の各歯は、前記ステータ磁性ヨークから軸方向に沿って形成されており、

前記ロータ磁性歯列または前記ロータ磁極が、前記ステータ磁性歯列に対向して配置されることを特徴とする電磁ユニット。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載した電磁ユニットにおいて、

前記ロータ磁性歯列または前記ロータ磁極と前記ステータ磁性歯列との対向面が、前記ステータ磁性歯列の半径方向内側または外側に存在することを特徴とする電磁ユニット。

【請求項 3】

請求項 1 に記載した電磁ユニットにおいて、

前記ステータ磁性歯列が同心円状に 2 列形成され、

前記 2 列のステータ磁性歯列の間に前記リング形コイルが配置されており、

前記 2 列のステータ磁性歯列に挟まれるように前記ロータ磁性歯列または前記ロータ磁極を配置することを特徴とする電磁ユニット。

20

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載した電磁ユニットを、3 個以上備えてなるモータにおいて、

各電磁ユニットを構成するステータユニットは互いに連結されてステータを形成し、各電磁ユニットを構成するロータユニットは、前記ステータ磁性ヨークの軸を中心として回転可能に互いに連結されてロータを形成すると共に、

各電磁ユニットにおいて互いに対向する前記ステータ磁性歯列と前記ロータ磁性歯列との位置関係が、各電磁ユニットの間で等間隔にずれていることを特徴とするリングコイルモータ。

30

【請求項 5】

請求項 1 または 2 に記載した電磁ユニットであって、ロータ磁極を有する前記ロータユニットを備えた電磁ユニットを、2 個備えてなるモータにおいて、

各電磁ユニットを構成するステータユニットは互いに連結されてステータを形成し、各電磁ユニットを構成するロータユニットは、前記ステータ磁性ヨークの軸を中心として回転可能に互いに連結されてロータを形成すると共に、

各電磁ユニットにおいて互いに対向する前記ステータ磁性歯列と前記ロータ磁極との位置関係が、各電磁ユニットの間で、前記ステータ磁性歯列の歯ピッチのほぼ $1/4$ ずれていることを特徴とするリングコイルモータ。

40

【請求項 6】

請求項 1 ～ 3 の何れか 1 項に記載した電磁ユニットにおいて、

前記ステータユニットまたは前記ロータユニットを構成する磁性材料として、圧粉磁心を用いることを特徴とする電磁ユニット。

【請求項 7】

請求項 4 または 5 に記載したリングコイルモータにおいて、

前記ステータユニットまたは前記ロータユニットを構成する磁性材料として、圧粉磁心を用いることを特徴とするリングコイルモータ。

【請求項 8】

50

請求項 3 に記載した電磁ユニットにおいて、

前記 2 列のステータ磁性歯列はそれぞれ同数の磁性歯を有し、

前記ロータ磁極は、回転方向に複数の永久磁石部と軟磁性部とを交互に配置して構成され、

前記軟磁性部の総数は前記 2 列のステータ磁性歯列の磁性歯の総数に等しく、かつ、前記軟磁性部は前記 2 列のステータ磁性歯列に空隙を介して対向配置され、

前記複数の永久磁石部は、回転方向に交互に逆向きに磁化されており、

一つの軟磁性部の一端が一方のステータ磁性歯列の磁性歯に対向し、かつ他端が他方のステータ磁性歯列の間隙に対向しているときに、

前記一つの軟磁性部の隣の軟磁性部については、前記一端と同じ側の一端が前記一方のステータ磁性歯列の間隙に対向し、かつ、前記他端と同じ側の他端が前記他方のステータ磁性歯列の磁性歯に対向することを特徴とする電磁ユニット。

10

【請求項 9】

請求項 3 に記載した電磁ユニットにおいて、

前記 2 列のステータ磁性歯列はそれぞれ同数の磁性歯を有し、

前記ロータ磁極は、回転軸方向に磁化された永久磁石部と、この永久磁石部を回転軸方向に挟む二つの軟磁性部とにより構成され、

前記二つの軟磁性部は、前記 2 列のステータ磁性歯列に空隙を介して対向配置された第 1 列、第 2 列の磁性歯列をそれぞれ有しており、

一方の軟磁性部の第 1 列の磁性歯が一方のステータ磁性歯列の磁性歯に対向し、かつ第 2 列の磁性歯が他方のステータ磁性歯列の間隙に対向しているときに、

20

他方の軟磁性部については、前記第 1 列と同じ側の第 1 列の磁性歯が一方のステータ磁性歯列の間隙に対向し、かつ前記第 2 列と同じ側の第 2 列の磁性歯が他方のステータ磁性歯列の磁性歯に対向することを特徴とする電磁ユニット。

【請求項 10】

請求項 5 または 7 に記載したリングコイルモータにおいて、

各電磁ユニットを構成する 2 つのステータユニットを一体的に形成したことを特徴とするリングコイルモータ。

【請求項 11】

請求項 1, 2, 3, 8 または 9 の何れか 1 項に記載した電磁ユニットにおいて、

30

前記ステータコアが、その周方向に沿って分割された複数の分割コアからなることを特徴とする電磁ユニット。

【請求項 12】

請求項 11 に記載した電磁ユニットにおいて、

隣り合う前記分割コアの間に隙間を設けたことを特徴とする電磁ユニット。

【請求項 13】

請求項 1, 2, 3, 8, 9, 11 または 12 の何れか 1 項に記載した電磁ユニットにおいて、

前記ステータ磁性歯列の隣り合う歯同士を、前記ロータとの対向面から離れた位置において磁性体により連結したことを特徴とする電磁ユニット。

40

【請求項 14】

請求項 8 に記載した電磁ユニットにおいて、

前記永久磁石部の着磁方向に直交する面が前記ロータユニットの中心軸と交差しないように、前記永久磁石部を、前記ロータユニットの中心軸を通る径線に対し傾斜させて配置したことを特徴とする電磁ユニット。

【請求項 15】

請求項 3 に記載した電磁ユニットにおいて、

前記 2 列のステータ磁性歯列はそれぞれ同数の磁性歯を有し、

前記ロータユニットは、円環状に形成されて前記永久磁石部が埋め込まれる孔を有する銅板を軸方向に多数積層してなる軟磁性部と、前記孔に埋め込まれる永久磁石部と、から

50

なるロータ磁極を有することを特徴とする電磁ユニット。

【請求項 16】

請求項 15 に記載した電磁ユニットにおいて、

前記ロータユニットは、前記孔を形成する前記軟磁性部の内周部または外周部の少なくとも一方が存在しない間隙を保有していることを特徴とする電磁ユニット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステータユニット内にリング形コイルを備えた電磁ユニット、及び、この電磁ユニットを複数用いて構成されるリングコイルモータに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

ロボット、産業機械などの技術分野に適用される小型モータでは、コイルの巻回や装着を容易化し、コイルの実装密度を向上させて高効率化やトルク特性を向上させることが求められている。

ここで、図 28A、図 28B は特許文献 1 に記載されたリングコイルモータの例を示しており、図 28A はアウターロータ型、図 28B はインナーロータ型のステップモータである。

【0003】

図 28A において、1 は固定軸、2, 3 は軸受、4 はロータケース、5 はロータヨーク、6, 7 はステータヨーク、8, 9 はリング形コイル、10 はマグネット板である。

20

また、図 28B において、11 は回転軸、12, 13 は軸受、15 はロータヨーク、16, 17 はステータヨーク、18, 19 はリング形コイル、20 はマグネット板である。

ロータヨーク 5, 15 及びステータヨーク 6, 7, 16, 17 の対向面には歯が形成されており、これらの歯の間には永久磁石がそれぞれ配置されている。

【0004】

上記モータでは、ロータの回転に伴い、内蔵された前記永久磁石の作用によってリング形コイル 8, 9, 18, 19 に鎖交する磁束が変化する、すなわち、これらのコイルに無負荷誘起電圧が生じるように構成されている。このため、コイルに交番電流を通流することにより、モータにトルクが発生する仕組みとなっている。

30

これらのリングコイルモータでは、通常のモータのようにスロット内にコイルを配置する必要がなく、リング形コイルの製造も容易であると共に、ステータとロータとの相互作用によって高トルクを発生可能であるという特徴を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 10-23732 号公報（段落 [0006] ～ [0009]、図 1, 図 8 等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

一般に、狭いスペースにモータを配置して装置全体の小型化を図りたい場合には、軸方向の長さが短い扁平モータを使用することが望ましい。

しかし、図 28A、図 28B に示したモータは、ラジアルギャップ、すなわちステータとロータとの対向面が形成するギャップが円筒形状であるモータを想定している。この種のモータは軸方向に長くなりがちのため、モータを扁平に形成することが難しい。特に、三相のコイルを軸方向に並べる場合には、モータの扁平化は一層実現しにくくなる。

【0007】

更に、図 28B に示したインナーロータ型のモータでは、リング形コイル 18, 19 の側部及び外周部をステータヨーク 16, 17 によって囲む構造であるため、コイル 18,

50

19の構造が簡単であるにも関わらず、コイル18, 19をステータヨーク16, 17に組み込む場合に複雑な組立作業を要するという問題もある。

この組立作業を容易にするために、ステータヨーク16, 17をそれぞれ軸方向中央部付近で2分割し、コイルを挟んだ後に結合するという方法が考えられるが、その場合にはステータコアにおける磁路が分断されるため、磁気抵抗が大きくなり、結果としてトルク低下を招くという問題がある。

一方、図28Aに示したアウターロータ型のモータによれば、ステータヨーク6, 7の周囲にリング形コイル8, 9を配置するため組立作業は容易であるものの、この種のアウターロータ型のモータを適用できる製品分野は必ずしも多くはない。

【0008】

そこで、本発明の目的は、全体的に扁平化が可能であって組立も容易な電磁ユニットを提供することにある。

また、本発明の他の目的は、上記電磁ユニットを複数用いた薄型のリングコイルモータを提供することにある。

また、本発明の別の目的は、ステータとロータとの磁気的な相互作用によって高トルクを発生可能な電磁ユニット及びリングコイルモータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するため、請求項1に係る電磁ユニットは、ステータユニットとロータユニットとから構成されている。

ここで、ステータユニットは、リング状のステータ磁性ヨークと、ステータ磁性ヨークの周方向に沿って規則的に配置された複数のステータ磁性歯列と、を有するリング状のステータコアを備えている。更にステータユニットは、前記ステータコアと同軸上に近接して配置されるリング形コイルを備えている。

また、ロータユニットは、ロータ磁性歯列またはロータ磁極の少なくとも一方を有し、かつ、ステータユニットと同軸上に配置される。

そして、本発明では、ステータ磁性歯列の各歯が、ステータ磁性ヨークから軸方向に沿って形成されており、ロータ磁性歯列またはロータ磁極が、ステータ磁性歯列に対向して配置される。

【0010】

請求項2に係る電磁ユニットは、請求項1に記載した電磁ユニットにおいて、ロータ磁性歯列またはロータ磁極とステータ磁性歯列との対向面が、ステータ磁性歯列の半径方向内側または外側に存在することを特徴とする。具体的には、ステータ磁性歯列の半径方向内側または外側に、ロータ磁性歯列またはロータ磁極が配置されるものである。

【0011】

請求項3に係る電磁ユニットは、請求項1に記載した電磁ユニットにおいて、ステータ磁性歯列が同心円状に2列形成されている。そして、これら2列のステータ磁性歯列の間に形成される隙間にリング形コイルが配置されており、この隙間にロータ磁性歯列またはロータ磁極を配置することを特徴としている。

【0012】

請求項4に係るリングコイルモータは、請求項1または2に記載した電磁ユニットを、3個以上備えたモータに関するものである。

ここで、各電磁ユニットを構成するステータユニットは互いに連結されて1個のステータを形成し、各電磁ユニットを構成するロータユニットは、ステータ磁性ヨークの軸を中心として回転可能に互いに連結されて1個のロータを形成している。

また、各電磁ユニットにおいて互に対向するステータ磁性歯列とロータ磁性歯列との位置関係が、各電磁ユニットの間で等間隔にずれていることを特徴とする。

【0013】

請求項5に係るリングコイルモータは、請求項1または2に記載した電磁ユニットであって、ロータ磁極を有するロータユニットを備えた電磁ユニットを、2個備えたモータに

10

20

30

40

50

関するものである。

本発明でも、請求項 4 と同様に、各電磁ユニットを構成するステータユニットは互いに連結されて 1 個のステータを形成し、各電磁ユニットを構成するロータユニットは、ステータ磁性ヨークの軸を中心として回転可能に互いに連結されて 1 個のロータを形成する。

そして、各電磁ユニットにおいて互に対向するステータ磁性歯列とロータ磁極との位置関係が、各電磁ユニットの間で、ステータ磁性歯列の歯ピッチのほぼ $1/4$ ずれていることを特徴とする。

【0014】

なお、請求項 6 または 7 に記載したように、ステータユニットまたはロータユニットを構成する部材（ステータ磁性ヨーク、ステータ磁性歯列、ロータ磁性ヨーク、ロータ磁性歯列等）の磁性材料としては、加工の容易性や透磁率の増大、損失の低減等の観点から、圧粉磁心を用いることが望ましい。

【0015】

また、請求項 8 に係る電磁ユニットは、請求項 3 に記載した電磁ユニットにおいて、2 列（内側及び外側）のステータ磁性歯列はそれぞれ同数の磁性歯を有し、ロータ磁極は、回転方向に複数の永久磁石部と軟磁性部とを交互に配置して構成されている。軟磁性部の総数は 2 列のステータ磁性歯列の磁性歯の総数に等しく、かつ、軟磁性部は 2 列のステータ磁性歯列に空隙を介して対向配置されると共に、複数の永久磁石部は、回転方向に交互に逆向きに磁化されている。

そして、一つの軟磁性部の、ロータユニットの半径方向の一端が一方（例えば外側）のステータ磁性歯列の磁性歯に対向し、かつ他端が他方（内側）のステータ磁性歯列の間隙に対向しているときに、前記軟磁性部の隣の軟磁性部については、前記一端と同じ側の一端が一方のステータ磁性歯列の間隙に対向し、かつ、前記他端と同じ側の他端が他方のステータ磁性歯列の磁性歯に対向するものである。

すなわち、永久磁石部を介して隣り合う二つの軟磁性部に着目すると、2 列のステータ磁性歯列の磁性歯と間隙とに対向する端部の位置関係が、逆になっていることを特徴とする。

【0016】

更に、請求項 9 に係る電磁ユニットは、請求項 3 に記載した電磁ユニットにおいて、

2 列（内側及び外側）のステータ磁性歯列はそれぞれ同数の磁性歯を有し、ロータ磁極は、回転軸方向に磁化された永久磁石部と、この永久磁石部を回転軸方向に挟む二つの軟磁性部とにより構成されている。これら二つの軟磁性部は、2 列のステータ磁性歯列に空隙を介して対向配置された第 1 列、第 2 列（内側及び外側）の磁性歯列をそれぞれ有している。

そして、一方の軟磁性部の第 1 列（例えば外側）の磁性歯が一方のステータ磁性歯列の磁性歯に対向し、かつ第 2 列（内側）の磁性歯が他方のステータ磁性歯列の間隙に対向しているときに、他方の軟磁性部については、前記第 1 列と同じ側（外側）の第 1 列の磁性歯が一方のステータ磁性歯列の間隙に対向し、かつ前記第 2 列と同じ側（内側）の第 2 列の磁性歯が他方のステータ磁性歯列の磁性歯に対向するものである。

すなわち、永久磁石部を挟む二つの軟磁性部に着目すると、2 列のステータ磁性歯列の磁性歯と間隙とに対向する磁性歯の位置関係が、逆になっていることを特徴とする。

【0017】

請求項 10 に係るリングコイルモータは、請求項 5 または 7 に記載したリングコイルモータにおいて、各電磁ユニットを構成する 2 つのステータユニットを一体化したものである。

【0018】

なお、請求項 11 に記載するように、請求項 1, 2, 3, 8 または 9 の何れか 1 項に記載した電磁ユニットにおいて、ステータコアを、その周方向に沿って分割された複数の分割コアから構成しても良い。

この場合、請求項 12 に記載するごとく、隣り合う分割コアの間に隙間を設けても良い

10

20

30

40

50

。

【0019】

更に、請求項13に記載するように、請求項1, 2, 3, 8, 9, 11または12の何れか1項に記載した電磁ユニットにおいて、ステータ磁性歯列の隣り合う歯同士を、ロータとの対向面から離れた位置において磁性体により連結しても良い。

【0020】

請求項14に記載するように、請求項8に記載した電磁ユニットにおいて、永久磁石部の着磁方向に直交する面がロータユニットの中心軸と交差しないように、永久磁石部を、ロータユニットの中心軸を通る径線に対し傾斜させて配置しても良い。

【0021】

また、請求項15に記載するように、請求項3に記載した電磁ユニットにおいて、2列のステータ磁性歯列はそれぞれ同数の磁性歯を有すると共に、ロータユニットが、円環状に形成されて永久磁石部が埋め込まれる孔を有する鋼板を軸方向に多数積層した軟磁性部と、前記孔に埋め込まれる永久磁石部と、からなるロータ磁極を備えても良い。

【0022】

請求項16に記載するように、請求項15に記載した電磁ユニットにおいて、ロータユニットには、永久磁石部が埋め込まれる孔を形成する軟磁性部の内周部または外周部の少なくとも一方が存在しないような間隙を設けても良い。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、リング状のステータコアとリング形コイルとからなるステータユニットと、ロータ磁性歯列またはロータ磁極を有するリング状のロータユニットとを、同軸上に積層配置することにより、ステータ磁性歯列とロータ磁性歯列またはロータ磁極とが対向する電磁ユニットが構成される。また、この電磁ユニットを軸方向に複数連結することで、リング形コイルを有するリングコイルモータが構成される。

これにより、軸方向の長さが短い扁平な電磁ユニット及びリングコイルモータを、簡単な組立作業によって製造することができる。また、ステータ磁性歯列とロータ磁性歯列またはロータ磁極との磁気的な相互作用により、大きなトルクを発生させることが可能である。

更に、永久磁石部と軟磁性部とからなるロータユニットを備えた電磁ユニットを用いれば、リング状の永久磁石を用いる必要がなくなり、コストの低減が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1A】本発明の第1実施形態における主要部の分解斜視図である。

【図1B】本発明の第1実施形態における主要部の組立後の斜視図である。

【図2A】本発明の第2実施形態における主要部の分解斜視図である。

【図2B】本発明の第2実施形態における主要部の組立後の斜視図である。

【図3A】本発明の第3実施形態における主要部の分解斜視図である。

【図3B】本発明の第3実施形態における主要部の組立後の斜視図である。

【図4A】本発明の第2実施形態におけるトルク発生原理を説明するための図である。

【図4B】本発明の第2実施形態におけるトルク発生原理を説明するための図である。

【図4C】本発明の第2実施形態におけるトルク発生原理を説明するための図である。

【図5】図4A～図4Cに示した電磁ユニットの発生トルクの説明図である。

【図6A】本発明の第4実施形態におけるトルク発生原理を説明するための図である。

【図6B】本発明の第4実施形態におけるトルク発生原理を説明するための図である。

【図6C】本発明の第4実施形態におけるトルク発生原理を説明するための図である。

【図7】本発明の第4実施形態における発生トルクの説明図である。

【図8A】本発明の第5実施形態における主要部の分解斜視図である。

【図8B】本発明の第5実施形態における主要部の組立後の斜視図である。

【図9】本発明の第6実施形態を示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 10】本発明の第 6 実施形態における各電磁ユニットの発生トルク及び合成トルクの説明図である。

【図 11】本発明の第 7 実施形態を示す斜視図である。

【図 12】本発明の第 7 実施形態における各電磁ユニットの発生トルク及び合成トルクの説明図である。

【図 13】本発明の各実施形態に使用可能な圧粉磁心の概要図である。

【図 14】本発明の第 8 実施形態における電磁ユニットの主要部の斜視図である。

【図 15 A】第 8 実施形態の作用を説明するための図である。

【図 15 B】第 8 実施形態の作用を説明するための図である。

【図 15 C】第 8 実施形態の作用を説明するための図である。

10

【図 16】本発明の第 9 実施形態における電磁ユニットの主要部の斜視図である。

【図 17】ロータユニットのトポロジー変形を示す概念図である。

【図 18】本発明の第 10 実施形態におけるロータユニットの主要部の構成図である。

【図 19】本発明の第 11 実施形態を示す斜視図である。

【図 20】本発明の第 12 実施形態におけるステータコアの斜視図である。

【図 21】本発明の第 13 実施形態におけるステータコアの主要部の斜視図である。

【図 22 A】第 13 実施形態の変形例を示す斜視図である。

【図 22 B】第 13 実施形態の変形例を示す斜視図である。

【図 23】図 14 及び図 15 A におけるロータユニットの平面図である。

【図 24】本発明の第 14 実施形態におけるロータユニットの平面図である。

20

【図 25 A】図 23 における主要部の平面図である。

【図 25 B】図 24 における主要部の平面図である。

【図 26】本発明の第 15 実施形態におけるロータユニットの平面図である。

【図 27】本発明の第 16 実施形態におけるロータユニットの平面図である。

【図 28 A】従来技術の構成図である。

【図 28 B】従来技術の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明を実施するための形態を、図面を参照しつつ説明する。

図 1 は、電磁ユニットに係る本発明の第 1 実施形態を示しており、図 1 A は主要部の分解斜視図、図 1 B は各部品を組み立てた状態の斜視図である。

30

図 1 A において、100 A はステータユニットであり、ステータコア 101 とリング形コイル 300 とから構成されている。なお、コイルは、一般には導線を複数回、巻回して構成するが、図では一つのリングとして表記してある。ステータコア 101 は、リング状のステータ磁性ヨーク 102 と、各歯が、前記ステータ磁性ヨーク 102 からその中心軸（z 軸）に沿って形成され、かつ周方向に等間隔に配置された多数のステータ磁性歯列 103 と、を備えている。なお、図中の x 軸、y 軸は、z 軸に直交してステータ磁性ヨーク 102 の半径方向の軸を示す。

【0026】

また、200 A はロータユニットであり、z 軸方向に若干の長さを持つ円筒状のロータ磁性ヨーク 201 と、その外周面に沿って多数配置されたロータ磁性歯列 202 とを備えている。これらのロータ磁性歯列 202 は、ロータユニット 200 A の半径方向（x 軸、y 軸方向）に突設されている。

40

ここで、ステータユニット 100 A 及びロータユニット 200 A の最大外径はほぼ等しい長さに形成されている。

【0027】

図 1 B は、前記ステータユニット 100 A 及びロータユニット 200 A を z 軸に沿って積層し、組み立てた状態の斜視図である。この図 1 B では、見やすくするために一部を省略して表示している。

図 1 B に示すように、ステータ磁性歯列 103 の内側に位置するように、ステータ磁性

50

ヨーク 102 と同軸上にリング形コイル 300 が載置され、更に、ロータユニット 200 A のロータ磁性ヨーク 201 が同軸上に載置されて全体が形成される。

これにより、ロータ磁性歯列 202 とステータ磁性歯列 103 とは、 z 軸に直交する面 ($x-y$ 軸上の平面) が互いに対向することになる。

【0028】

次に、図 2 は、電磁ユニットに係る本発明の第 2 実施形態を示しており、図 2 A は主要部の分解斜視図、図 2 B は各部品を組み立てた状態の全体の斜視図である。

図 2 A において、ステータユニット 100 A の構成は図 1 A と同様である。ロータユニット 200 B は、図 1 A におけるロータユニット 200 A とほぼ同様にロータ磁性ヨーク 203 とロータ磁性歯列 204 とから構成されているが、ロータユニット 200 B の最大外径はステータ磁性歯列 103 の内径よりも短くなっている。

【0029】

図 2 B は、前記ステータユニット 100 A 及びロータユニット 200 B を z 軸に沿って積層し、組み立てた状態の斜視図である。この図 2 B でも、見やすくするために一部を省略して表示している。

図 2 B に示す如く、ステータ磁性歯列 103 の内側に位置するように、ステータ磁性ヨーク 102 と同軸上にリング形コイル 300 が載置され、更に、ロータユニット 200 B が同軸上に載置されて全体が形成される。この実施形態では、ロータユニット 200 B の最大外径がステータ磁性歯列 103 の内径よりも短いため、ステータ磁性歯列 103 の内側にロータユニット 200 B が収容される。これにより、ステータ磁性歯列 103 の内周面とロータ磁性歯列 204 の外周面 (何れの面も、 z 軸に平行な面である) とが対向することになる。

【0030】

図 3 は、電磁ユニットに係る本発明の第 3 実施形態を示しており、図 3 A は主要部の分解斜視図、図 3 B は各部品を組み立てた状態の斜視図である。

図 3 A において、ステータユニット 100 A の構成は図 1 A、図 2 A と同様である。ロータユニット 200 C は、リング状のロータ磁性ヨーク 205 とその外周面に多数配置されたロータ磁性歯列 206 とから構成されているが、ロータ磁性歯列 206 の内径はステータ磁性歯列 103 の外径よりも長くなっている。

【0031】

図 3 B は、前記ステータユニット 100 A 及びロータユニット 200 C を z 軸に沿って積層し、組み立てた状態の斜視図である。この図 3 B でも、見やすくするために一部を省略して表示している。

図 3 B に示す如く、ステータ磁性歯列 103 の内側に位置するように、ステータ磁性ヨーク 102 と同軸上にリング形コイル 300 が載置され、更に、ステータ磁性歯列 103 をロータ磁性歯列 206 が包囲するようにロータユニット 200 C が同軸上に載置されて全体が形成される。この実施形態では、ロータ磁性歯列 206 の内径がステータ磁性歯列 103 の外径よりも長いため、ロータ磁性歯列 206 の内側にステータユニット 100 A が収容される。これにより、ステータ磁性歯列 103 の外周面とロータ磁性歯列 206 の内周面 (何れの面も、 z 軸に平行な面である) とが対向することになる。

【0032】

上記の各実施形態は、ロータユニット 200 A、200 B、200 C がロータ磁性歯列 202、204、206 を有する場合のものであるが、本発明に係る電磁ユニットは、ロータユニット 200 A、200 B、200 C がロータ磁極を有する場合も含むものである。

ここで、ロータ磁性歯列とは、例えば鉄のような磁性体の凸凹部が周方向に規則的に並んでいるものをいい、また、ロータ磁極とは、磁石によって形成される N 極、S 極が周方向に規則的に並んでいるものをいう。なお、ステータ磁性歯列とは、ロータ磁性歯列と同様に磁性体の凸凹部が周方向に規則的に並んでいるものをいう。

【0033】

ここで、これらの電磁ユニットにおけるトルク発生の原理を説明する。図4A～図4Cはトルク発生原理を説明するための図であり、これらの図では図2A、図2Bに示した第2実施形態の電磁ユニットを例示してある。

第2実施形態の電磁ユニットでは、ステータ磁性歯列103がステータ磁性ヨーク102の周方向に沿って等間隔に配置されている。このステータ磁性歯列103の内側に、ロータ磁性歯列204が対向配置される。また、リング形コイル300は、図4AのA-A断面図や図4BのA'-A'断面図に示される如く、ステータ磁性歯列103に沿って、ステータ磁性歯列103、ステータ磁性ヨーク102、ロータ磁性歯列204及びロータ磁性ヨーク203に挟まれた空間に配置されている。ここで、ステータ磁性歯列103及びロータ磁性歯列204の歯数は等しい。

10

なお、リング形コイル300の巻数にトルク発生原理上の制約はなく、コイル300に印加される電源の電圧に応じて適切に定めれば良い。

【0034】

図4Aは、ステータ磁性歯列103及びロータ磁性歯列204の位置が揃っている状態を示している。A-A断面図に示すように、この状態ではステータ磁性歯列103及びロータ磁性歯列204を含む磁性体がリング形コイル300の電流通流方向を囲んでおり、この磁性体内部に、コイル300の電流によって発生する磁路aが形成される。この状態は、ロータの位置としては最も磁氣的に安定な状態（低磁気エネルギー状態）であり、コイル300に電流を通流してもトルクは発生しない。

【0035】

20

図4Bは、ステータ磁性歯列103及びロータ磁性歯列204の位置が完全にずれている状態を示している。この状態では、A'-A'断面図に示すように、リング形コイル300の電流通流方向を囲む磁路aに大きな空間が存在しており、図4Aに比べて磁路aの磁気抵抗が大きくなり、電流による発生磁束は図4Aよりも小さくなる。

この状態は、ロータの位置としては最も磁氣的に不安定な状態（高磁気エネルギー状態）であり、コイル300に電流を通流しても理論上はトルクが発生しない。しかし、実際には、ロータの位置が僅かにずれることにより、磁気エネルギーが小さくなって磁氣的に安定するような方向にトルクが発生する。

【0036】

ステータ磁性歯列103の隣合う歯のピッチを例えば1ピッチとすると、図4Cは、ステータ磁性歯列103とロータ磁性歯列204とが、 $(1/4)$ ピッチだけずれている状態である。この状態では、コイル300に電流を通流することで磁束が発生し、ステータ磁性歯列103とロータ磁性歯列204とが揃おうとするトルクが矢印b方向に発生する。換言すると、両歯列103、204が揃っている状態が磁氣的に最も安定な状態（低磁気エネルギー状態）であるため、その状態になろうとするトルクが発生する。

30

【0037】

次に、図5は、図4A～図4Cに示した電磁ユニットの発生トルクを説明するための図である。

コイル300を流れる電流が一定である時のステータ磁性歯列103とロータ磁性歯列204との位置ずれ角 θ （ステータ磁性歯列103及びロータ磁性歯列204の位置が揃っている状態を $\theta=0^\circ$ とし、歯の1ピッチを 360° とする。）によるトルクの変化は、概略、図5のようになる。図5ではトルクの変化を簡易的に正弦波で示しているが、実際には θ に対するトルクの変化は正弦波とは限らず、一般に高調波を含む歪み波形となる。図5では、ステータ磁性歯列103とロータ磁性歯列204との位置関係を模式的に併記してある。

40

なお、ステータ側、ロータ側が共に磁性歯列のみを有する場合には、電流の極性を変更しても、トルク- θ 特性は同じになる。

【0038】

次いで、図6A～図6Cは本発明の第4実施形態の電磁ユニットにおけるトルク発生原理を示している。この第4実施形態は、ロータユニットがロータ磁性歯列ではなくロータ

50

磁極（前述したように、磁石によって形成されるN極，S極が周方向に規則的に並んでいる構造）を有する場合のものである。

ステータユニット100Aの構成は、第2実施形態（図2A，図2B，図4A～図4C）と同様である。

【0039】

ロータユニットの構成は、第2実施形態におけるロータユニット200Bのロータ磁性歯列204をロータ磁極に置き換えたものに相当しており、図6A～図6Cに示すように、リング状のステータコア101の内側に同心円状にロータユニット200Dが配置されている。ロータユニット200Dは、リング状のロータ磁性ヨーク203と、このヨーク203の周方向に沿って多数、配置されたロータ磁極207とから構成されている。

ステータ磁性歯列103の内周面には、ロータ磁極207の外周面が対向している。また、図6A～図6Cに示す如く、ステータ磁性歯列103に沿って、このステータ磁性歯列103とステータ磁性ヨーク102、ロータ磁極207及びロータ磁性ヨーク203に挟まれた空間にリング形コイル300が配置されている。ここで、ステータ磁性歯列103とロータ磁極207のN極，S極の対（ロータ磁極対）数は等しい。

本実施形態におけるロータ磁極207の構成方法は様々考えられるが、最も単純なものは、N極，S極に対応した永久磁石を配置する構造である。

【0040】

図6Aは、ステータ磁性歯列103及びロータ磁極207のN極の位置が揃っている状態を示している。この場合、ロータ磁極207が作る磁束とコイル300の電流による磁束とが、共にB-B断面図に示す磁路aの方向に発生する。この状態はロータユニット200Dの位置及び電流極性について、磁氣的に最も安定な状態であり、トルクは発生しない。なお、電流極性が逆になると、ロータ磁極207が作る磁束とコイル300の電流による磁束との極性が相反するようになり、磁氣的には最も不安定な状態となる。

【0041】

図6Bは、ステータ磁性歯列103及びロータ磁極207のS極の位置が揃っている状態を示している。この場合、図6Aと電流極性が同じならば、ロータ磁極207が作る磁束とコイル300の電流による磁束との極性が相反するため、磁氣的に最も不安定な状態となり、原理的にはトルクは発生しない。しかし、実際にはロータの位置が僅かにずれることによって、図6Aの状態になるようにトルクが発生する。

【0042】

図6Cは、ステータ磁性歯列103とロータ磁極207のN極，S極の境界部とが対向している状態を示している。この状態でコイル300に図6Aに示した極性の電流を流通すると、ステータ磁性歯列103とロータ磁極207のN極とが揃う方向（図6Cにおける矢印b方向）にトルクが発生する。逆に、図6Aと反対極性の電流をコイル300に流通すると、ステータ磁性歯列103とロータ磁極207のS極とが揃う方向（図6Cにおける矢印c方向）にトルクが発生する。

このように、ロータ磁極207が存在する場合には、コイル300に流通する電流の極性によって発生トルクの変化する点が、第2実施形態のようにロータ磁性歯列204を有する場合と異なる。なお、ロータユニットがロータ磁極207とロータ磁性歯列204との両方を備えている場合には、両特性を合成したトルク特性が現れることとなる。

【0043】

図7は、図6A～図6Cに示した電磁ユニットの発生トルクを説明するための図である。

コイル300を流れる電流が一定である時のステータ磁性歯列103とロータ磁極207との位置ずれ角 θ （ステータ磁性歯列103及びロータ磁極のN極の位置が揃っている状態を $\theta = 0^\circ$ とし、歯の1ピッチを 360° とする）によるトルクの変化は、概略、図7のようになる。図5の場合と同様に、 θ に対するトルクの変化は正弦波とは限らず、一般に高調波を含む歪み波形となる。図7では、ステータ磁性歯列103とロータ磁極207との位置関係を模式図的に併記してある。

この実施形態によれば、コイル 300 に通流する電流の極性を反転することにより、トルクの極性が反転する。

【0044】

以上のように、上述した各実施形態によれば、リング形コイル 300 を備えた電磁ユニットにおいて、電流とロータ磁性歯列またはロータ磁極の位置とに応じたトルクを発生することができる。ただし、各 1 個のステータユニット及びロータユニットからなる 1 個の電磁ユニットの発生トルクは脈動トルクであり、連続的かつ一方向にトルクを発生することができない。よって、連続的かつ一方向にトルクを発生させ、モータとして機能させるためには、後述するように前記電磁ユニットを複数個組合せて使用する必要がある。

【0045】

第 1～第 4 実施形態に示したように電磁ユニットを構成すれば、この電磁ユニットを用いるモータを全体的に扁平化、薄形化することができる。また、ステータ磁性ヨーク 102 の内側にリング形コイル 300 を嵌め込めば良いため、ステータユニット 100A の組立も極めて容易である。更に、ロータユニット 200A～200D とステータユニット 100A とを z 軸方向に嵌合させれば良いから、電磁ユニットの組立性も良好である。

なお、ロータユニット 200A～200D 及びステータユニット 100A の支持機構については図示していないが、z 軸方向及び x 軸、y 軸方向（半径方向）の位置を維持しつつ、周知の機構によって相対的に回転可能に保持すれば良い。

また、ステータ磁性歯列の数とロータ磁性歯列あるいはロータ磁極対の数とは、必ずしも等しくする必要はない。その理由は、前述したように、ロータの回転に応じて磁気エネルギーが変化すればトルクが発生するからである。

更に、ステータコア、ロータユニットは、いずれも周方向に分割可能とすることができる。すなわち、構造に周方向の周期性があるため、例えば 120° 毎、90° 毎に同形状のコア、磁極を周方向に並べて配置することによって、図 1A～図 3B 等に示すステータコア、ロータユニットを構成することができる。それらの結合は接着によってもよいし、または図示しない支持構造によってもよい。本発明に係る電磁ユニットまたはモータでは、磁束が主にリングコイルを囲むように流れ、周方向には殆ど流れないため、上記のようなコアの分割による影響が少ないという特徴がある。

【0046】

なお、一般的に平面よりも円筒面の方が加工上の観点からは高精度化が容易である。このため、第 1 実施形態のようにステータ磁性歯列とロータ磁性歯列またはロータ磁極との対向面が z 軸に直交する面である場合よりも、第 2～第 4 実施形態のように、ステータ磁性歯列とロータ磁性歯列またはロータ磁極との対向面を、ステータ磁性歯列の半径方向に沿って内側または外側に形成する方が良い。これにより対向面間の距離を短くことができ、コイル 300 から見た磁気抵抗を小さくすることができるため、発生磁束が増えてトルクを大きくし易くなる。

【0047】

図 8A、図 8B は、電磁ユニットに係る本発明の第 5 実施形態を示しており、図 8A は主要部の分解斜視図、図 8B は各部品を組み立てた状態の斜視図である。この図 8B でも、見やすくするために一部の図示を省略してある。

図 8A において、100B はステータユニットであり、ステータコア 104 とリング形コイル 300 とから構成されている。ステータコア 104 は、リング状のステータ磁性ヨーク 105 と、ヨーク 105 の端面（z 軸に直交する面）に、周方向に沿って互いに等間隔に配置された第 1 のステータ磁性歯列 106 と、その内側に所定の隙間において、周方向に沿って互いに等間隔に配置された第 2 のステータ磁性歯列 107 とからなっている。

【0048】

また、200E はロータユニットであり、リング状のロータ磁性ヨーク 208 と、その端面（z 軸に直交する面）に、周方向に沿って互いに等間隔に配置されたロータ磁性歯列 209 とから構成されている。このロータ磁性歯列 209 は、図 8B に示すように、ステータコア 104 側の第 1 のステータ磁性歯列 106 と第 2 のステータ磁性歯列 107 との

10

20

30

40

50

間の隙間に収容可能となっている。つまり、本実施形態は、同心円状に配置された 2 列のステータ磁性歯列 106, 107 に挟まれるように、ロータ磁性歯列 209 が配置される構造である。ここで、図示しないが、ロータユニットが、ロータ磁性歯列 209 の代わりにロータ磁極を備え、このロータ磁極が 2 列のステータ磁性歯列 106, 107 に挟まれるように配置しても良い。

本実施形態によれば、ロータ磁性歯列 209 またはロータ磁極が対向する 2 列のステータ磁性歯列 106, 107 のそれぞれに対してトルクを発生させることができるため、トルクを一層大きくすることができる。

【0049】

次に、図 9 はリングコイルモータに係る本発明の第 6 実施形態を示す斜視図である。この実施形態は、ロータユニットがロータ磁性歯列のみを有する電磁ユニット、例えば第 2 実施形態（図 2 A, 図 2 B）に係る電磁ユニット 401 を z 軸方向に 3 個連結して、リングコイルモータを構成したものである。なお、以下に述べるように電磁ユニット 401 を 4 個以上連結しても良い。

【0050】

前述したように、電磁ユニットは脈動トルクを発生するため、連続的にトルクを得るためには複数個の電磁ユニットを連結する必要がある。ここで、連結する電磁ユニットの数に関して考察すると、ロータユニットが、ロータ磁性歯列のみを有していてロータ磁極を有しない場合、前述した如く電流極性が反転しても発生トルクが変わらない。従って、原理的には 3 個以上の電磁ユニットを用いてモータを構成する必要がある。

図 9 には現れていないが、3 個のロータユニット及び 3 個のステータユニットは、それぞれ機械的に連結されて各 1 個のロータ及びステータを形成しており、ロータユニットとステータユニットとは相対的に回転可能に保持されている。

【0051】

なお、対向するロータユニットとステータユニットの組についての磁性歯列の相対的な位置関係（ロータ磁性歯列とステータ磁性歯列との相対的な位置関係）は、3 個の電磁ユニット 401 の間で互いに $(1/3)$ 歯ピッチずれているが、その理由については後述する。ここで、上記の歯ピッチとは、ステータ磁性歯列の隣り合う歯同士の間隔をいう。

図 9 には、一つの電磁ユニット 401 を基準とした上記位置関係を示すために、z 軸に平行な基準線 d を表示してある。

図 9 では、3 個の電磁ユニット 401 の間でステータ磁性歯列 103 の位置が基準線 d を基準としてずれており、ロータ磁性歯列に関しては揃っている。しかし、上述のようにロータ磁性歯列とステータ磁性歯列との相対的な位置関係がずれていれば良いので、例えば 3 個の電磁ユニット 401 の間でステータ磁性歯列の位置を揃え、ロータ磁性歯列の位置をずらしても良い。

【0052】

図 10 は、図 9 に示した第 6 実施形態における各電磁ユニットの発生トルクと合成トルクを説明するための図である。

図 10 において、(a) は、第 1 の電磁ユニット 401 における、電流一定の場合のトルク- θ 特性であり、図 5 に示したものと同じである。ここで、位置ずれ角 θ に応じて図 10 (b) に示す電流（間欠的な波形とする）をコイル 300 に通流すると、図 10 (c) に示すようなトルクが第 1 の電磁ユニット 401 に発生する。これは、図 10 (a) においてトルクが負となる期間に電流を通流すると、前述のとおり電流極性に依らず連続的に得たいトルクの方角とは逆方向のトルクが発生してしまうため、その期間は電流を通流していないことによる。

【0053】

図 9 に示した 3 個の電磁ユニット 401 は、それぞれステータ磁性歯列とロータ磁性歯列とが位置ずれ角 $\theta = 120^\circ$ ずつ、ずれるように配置される。これは、電磁ユニット 401 が 3 個であるため、 $\theta = 360^\circ$ で 1 周期となるトルク特性が均等に分散するように、 $360^\circ / 3 = 120^\circ$ としたものである。このように、モータを構成する電磁ユニッ

10

20

30

40

50

ト 4 0 1 の個数に応じて、各電磁ユニット 4 0 1 の配置（各電磁ユニット 4 0 1 間の位置ずれ角 θ ）を設定すれば良い。

【0054】

図 1 0 (d) は、3 個の電磁ユニット 4 0 1 のトルクとその合成トルクを示している。前述した如く、3 個の電磁ユニット 4 0 1 のロータユニット、ステータユニットはそれぞれ機械的に連結されてロータ、ステータを構成し、その全体によりモータが構成されているので、ロータに発生するトルクは 3 個の電磁ユニット 4 0 1 のトルクの合計値となる。これを示したのが、図 1 0 (d) の合成トルクである。

図 1 0 (d) に示した合成トルクは、一定のトルクに脈動成分が重畳した波形となっていることから、連続的なトルク発生が可能であることが分かる。これが、本発明に係るリングコイルモータのトルク発生の原理である。

10

【0055】

なお、合成トルクに重畳される脈動分は除去することが望ましい場合が多い。この脈動分を除去する方法としては、コイル 3 0 0 に通流する電流の波形を調整すれば、トルクの脈動成分を極小化することが可能である。なお、コイル 3 0 0 への電流通流は通常、インバータ等の電力変換器を用いて行うため、波形調整の自由度は一般に高い。

上記の説明は、請求項 4 に係る発明に関してロータユニットがロータ磁極を有さない場合のものである。しかし、ロータユニットがロータ磁極を有する場合も本発明は適用可能である。すなわち、電磁ユニットを 3 個以上用い、それぞれの電磁ユニットにおける無負荷誘導起電力が等間隔位相差となるように各電磁ユニット間の位置を決め、電磁ユニットの個数に応じた相数（例えば、電磁ユニット 3 個の場合には三相）の電流を各コイルに通流することによって、同様にモータとして機能させることができる。

20

よって、請求項 4 に係る発明は、ロータ磁極を有するロータユニットを備え、電磁ユニットが無負荷誘導起電力を有するリングコイルモータも包含している。

【0056】

次いで、図 1 1 はリングコイルモータに係る本発明の第 7 実施形態を示す斜視図である。

この実施形態は、ロータユニットがロータ磁極 2 1 0 を有しており、このロータユニットとステータユニットからなる電磁ユニット 4 0 2 を 2 個、z 軸方向に背中合わせに連結して扁平なモータを構成したものである。

30

各ロータユニットにおいては、N 極、S 極のロータ磁極 2 1 0 が周方向に交互に配置されており、これらのロータ磁極 2 1 0 の外周面がステータ磁性歯列 1 0 3 の内周面に対向している。

【0057】

図 1 1 においては、図 6 A ~ 図 6 C に示した電磁ユニットとほぼ同様の構造の電磁ユニット 4 0 2 を 2 個、ステータ磁性ヨーク 1 0 2 が背中合わせになるように z 軸に沿って背中合わせに連結してある。図 1 1 には現れていないが、各電磁ユニット 4 0 2 を構成する 2 つのロータユニット及び 2 つのステータユニットは、それぞれ機械的に連結されており、周知の機構によって相対的に回転可能に保持されている。

【0058】

40

対向するロータユニットとステータユニットの組についての相対的な位置関係（ロータ磁極とステータ磁性歯列との相対的な位置関係）は、2 個の電磁ユニット 4 0 2 の間で（ $1/4$ ）歯ピッチずれているが、その理由については後述する。図 1 1 において、e は 2 個の電磁ユニット 4 0 2 の間の、ロータ磁極 2 1 0 とステータ磁性歯列 1 0 3 との相対的な位置関係を示すための基準線である。

図 1 1 では、2 個の電磁ユニット 4 0 2 の間でステータ磁性歯列 1 0 3 の位置が基準線 e を基準としてずれており、ロータ磁極 2 1 0 に関しては揃っている。しかし、上述のようにロータ磁極とステータ磁性歯列との相対的な位置関係がずれていれば良いので、例えば 2 個の電磁ユニット 4 0 2 の間でステータ磁性歯列の位置を揃え、ロータ磁極の位置をずらしても良い。

50

【0059】

次いで、図12は、図11に示した第7実施形態における各電磁ユニット402の発生トルクと合成トルクを説明するための図である。

図12において、(a)は、第1の電磁ユニット402における、電流一定の場合のトルク- θ 特性であり、図10(a)に示したものと同一である。ここで、位置ずれ角 θ に応じて図12(b)に示す電流をコイル300に通流すると、図12(c)に示すようなトルクが第1の電磁ユニット402に発生する。図10の場合と異なり、電流としては交番電流を与えるものとし、その結果、図12(c)のように正側にバイアスのある脈動トルクが得られる。図12(a)において、トルクが負となる期間には電流極性を反転させることで、所望の方向にトルクを発生することができる。

電磁ユニット402が2個の場合、ステータ磁性歯列とロータ磁極との位置関係は、位置ずれ角 $\theta = 90^\circ$ となるように配置されている。2個の電磁ユニット402の発生トルクは図12(d)のようになり、これらの合計値がモータとしての合成トルクとなる。

【0060】

図12では、(a)のトルク- θ 特性と(b)の通流電流波形が共に正弦波である場合について示してあり、この場合には、図12(d)に示すように合成トルクがほぼ一定値になる。これは、2つの電磁ユニット402の発生する脈動トルクがお互いに相殺し合うためであり、一つの理想状態である。

実際には、トルク- θ 特性は高調波を含むことが多く、その場合には、コイル300に正弦波電流を通流すると高調波に応じた脈動トルクが重畳することになる。一定のトルクを得るためには、モータの磁気設計によってトルク- θ 特性における高調波を極力減らすこと、及び、高調波による脈動トルクを打ち消すような電流波形とすることが有効である。図10について説明したのと同様に、コイル300に通流する電流波形の調整は、インバータによって高い自由度で実現可能である。

【0061】

図13は、上記各実施形態におけるステータユニットまたはロータユニットの磁性材料に適した圧粉磁心の概要図である。

本発明を実現する場合、ステータユニットまたはロータユニットの磁性材料として通常の積層鋼板を使用するのは明らかに困難である。積層鋼板は電気機器の鉄心材料として多用されているが、基本的には同じ形状の板を重ねて構成するため、断面形状が均一な機器用の材料と言える。従って、断面形状に均一性のないステータユニット等を有する電磁ユニットを実現するためには、積層鋼板以外の材料を用いる必要がある。

【0062】

上記の課題は、圧粉磁心を用いることによって解決可能である。圧粉磁心は、図13に示す如く、数10～数100 μm 程度の径を有する磁性粉（例えば鉄粉）501を絶縁物502によりコーティングしたものを硬化させて使用される。具体的には、所望の形状を有する型を用意し、この型に圧粉磁心を注入して成形し、硬化させれば良い。

このように磁性材料として磁性粉501を用いることで透磁率を高めると共に、絶縁物502を用いたコーティングによって磁束変化に伴う渦電流を抑制し、損失を低減させることができる。

以上のように、圧粉磁心を用いれば形状の自由度が向上するので、本発明に係る電磁ユニットやリングコイルモータを構成する磁性材料として好適である。

【0063】

次に、図14は、本発明の第8実施形態における電磁ユニットの主要部の斜視図である。なお、この図は電磁ユニットの回転方向（周方向）に沿った一部を示したものであり、図14と同一の構造が電磁ユニットの全周にわたり周期的に形成されている。

ロータ磁極の構成方法としては、図11に示したように、リング状の永久磁石を用い、その周方向に沿ってN極、S極を交互に着磁することが考えられる。また、他の方法としては、リング状の磁性ヨークの内周部及び外周部に大小二つのリング状の永久磁石を貼り付けることもできる。

しかし、一般に、リング状の永久磁石は高価であるため、より安価で同等の作用を果たすロータ磁極の提供が望まれており、本発明の第8実施形態はこの課題に応えるものである。

【0064】

すなわち、図14において、100Fはステータユニット、120は外側のステータ磁性歯列を構成する磁性歯、130は内側のステータ磁性歯列を構成する磁性歯であり、外側の磁性歯120の総数と内側の磁性歯130の総数とは等しくなっている。125は外側のステータ磁性歯列の間隙、135は内側のステータ磁性歯列の間隙である。

また、200Fはリング状のロータユニットであり、上述した内外2列のステータ磁性歯列の間に僅かな空隙を介して配置されている。このロータユニット200Fは、回転方向にネオジム磁石等からなる永久磁石部221と鉄系の合金等からなる軟磁性部222とを交互に配置して構成されている。永久磁石部221の総数は磁性歯120、130の総数に等しく、軟磁性部222の総数も磁性歯120、130の総数に等しい。

これらの永久磁石部221及び軟磁性部222により、ロータ磁極が構成されている。

前記同様に105はステータ磁性ヨーク、300はリング形コイルを示す。

【0065】

図15A～図15Cは、この第8実施形態の作用を説明するための図である。

まず、図15Aはロータユニット200Fの一部を示したものであり、永久磁石部221a、221b、221c、……は、符号▲で示すようにロータユニット200Fの回転方向に沿って交互に逆向きに着磁されている。このため、二つの永久磁石部に挟まれる軟磁性部222a、222b、222c、……は、順番にS極、N極、S極、……の磁極を形成することになる。

【0066】

図15Bは、ロータユニット200F側の永久磁石部221a、221b、221c及び軟磁性部222a、222b、222c、222dと、ステータユニット100Fの外側の磁性歯120a、120b（図14の磁性歯120に相当）及び内側の磁性歯130a、130b（同じく磁性歯130に相当）との位置関係を示している。符号120X、130Xは、外側、内側のステータ磁性歯列をそれぞれ示す。

なお、図15B（図15A、図15Cも同様）では、便宜的に、永久磁石部221a、221b、221c、軟磁性部222a、222b、222c、222d及びステータ磁性歯列120X、130Xが直線上に配置されるように図示してあるが、これらは、図14から明らかなように、実際には回転軸を中心とした同心円上にそれぞれ配置されるものである。

【0067】

図15Bに示すように、例えば、ロータユニット200Fの半径方向に沿った軟磁性部222aの一端面が外側のステータ磁性歯列120Xの磁性歯120aに対向しているとき、軟磁性部222aの他端面は内側のステータ磁性歯列130Xの間隙135に対向しており、その時、隣の軟磁性部222bの一端面は外側のステータ磁性歯列120Xの間隙125に対向し、軟磁性部222bの他端面は内側のステータ磁性歯列130Xの磁性歯130aに対向している。このような位置関係が、ロータユニット200Fの回転方向に繰り返されている。

【0068】

いま、図15Bの状態では、永久磁石部221a、221bによる磁束は、軟磁性部222b→磁性歯130a→ステータ磁性ヨーク105（図15Bでは図示を省略）→磁性歯120a、120b→軟磁性部222a、222c→永久磁石部221a、221b→軟磁性部222bという経路hを通して還流するので、この経路hが図14のリング形コイル300に鎖交する。

【0069】

この状態から、ロータユニット200Fがステータ磁性歯列120X、130Xの歯ピッチの1/2だけ図の上方に回転すると、図15Cのような位置関係となる。

すなわち、永久磁石部 2 2 1 b, 2 2 1 c による磁束は、軟磁性部 2 2 2 b, 2 2 2 d → 磁性歯 1 2 0 a, 1 2 0 b → ステータ磁性ヨーク 1 0 5 → 磁性歯 1 3 0 a → 軟磁性部 2 2 2 c → 永久磁石部 2 2 1 b, 2 2 1 c → 軟磁性部 2 2 2 b, 2 2 2 d という経路 h' (図 1 5 B の経路 h とは逆の経路) を通って還流するので、この経路 h' がリング形コイル 3 0 0 に鎖交する。

【0070】

以上の説明から明らかなように、ロータユニット 2 0 0 F の回転によって永久磁石部に起因するリング形コイル 3 0 0 の鎖交磁束が交番することになり、図 6 A ~ 図 6 C, 図 7 等を用いて既に説明したように、リング形コイル 3 0 0 に適切な電流を通流することによりモータとしてのトルクが発生する。

本実施形態によれば、永久磁石部のみからなる高価なリング状の永久磁石が不要になり、永久磁石部と軟磁性部とを交互に配置することで、リング状の永久磁石と同形であって同様の作用を果たすロータユニットを形成することができる。このため、電磁ユニットまたはリング形コイルモータの製造コストの低減が可能である。

【0071】

また、永久磁石部の磁束が軟磁性部との相互作用により無駄なく用いられるので、トルク密度の増加という観点からも有利な構成である。すなわち、リング状の永久磁石を用いて磁極を構成する場合、ステータ磁性歯列の間隙に対向している磁極は、トルク発生に何ら寄与しないばかりか、ステータ磁性歯列の磁性歯に対向している隣の磁極の磁束が漏れる原因となり、むしろトルクを低下させてしまう。しかし、本実施形態によれば、図 1 5 A ~ 図 1 5 C から明らかなように、永久磁石部の磁束は軟磁性部により集められてステータ磁性歯列に導かれることになり、そのような問題は生じないものである。

【0072】

さて、上述した第 8 実施形態では、永久磁石部及び軟磁性部の数が多いため、ロータユニットの組立作業が煩雑になる恐れがあり、ロータユニットの構造を更に簡略化したいという課題がある。

図 1 6 に示す第 9 実施形態は、上記の課題を解決するものである。すなわち、図 1 6 において、ロータユニット 2 0 0 G は、回転軸方向に磁化されたリング形の永久磁石部 2 2 3 と、この永久磁石部 2 2 3 を回転軸方向の両側から挟むように配置されたリング状の軟磁性部 2 2 4, 2 2 5 とを備えている。そして、これらの軟磁性部 2 2 4, 2 2 5 には、半径方向の外側及び内側に各々 2 列の磁性歯 2 2 4 A, 2 2 4 B, 2 2 5 A, 2 2 5 B がそれぞれ突設されている。

ここで、軟磁性部 2 2 4 の磁性歯 2 2 4 A は、請求項 9 における第 1 列の磁性歯、磁性歯 2 2 4 B は第 2 列の磁性歯にそれぞれ相当し、同様に軟磁性部 2 2 5 の磁性歯 2 2 5 A は、請求項 9 における第 1 列の磁性歯、磁性歯 2 2 5 B は第 2 列の磁性歯にそれぞれ相当する。

【0073】

また、1 0 0 G はステータユニット、1 4 0 は外側のステータ磁性歯列を構成する磁性歯、1 5 0 は内側のステータ磁性歯列を構成する磁性歯であり、これらの磁性歯 1 4 0, 1 5 0、及び、ロータユニット 2 0 0 G の磁性歯 2 2 4 A, 2 2 4 B, 2 2 5 A, 2 2 5 B の各々の総数は、すべて等しくなっている。1 4 5 は外側のステータ磁性歯列の間隙、1 5 5 は内側のステータ磁性歯列の間隙である。

なお、図 1 4 と同様に、図 1 6 に示した構造は電磁ユニットの全周にわたり周期的に形成されている。

上述した構成において、リング形の永久磁石部 2 2 3 を用いる代わりに、複数の扇形の永久磁石を回転方向に連結しても良いし、直方体の小形の永久磁石を多数連結して全体としてリング形に形成しても良い。

【0074】

一方の軟磁性部 2 2 4 の磁性歯 2 2 4 A, 2 2 4 B と、他方の軟磁性部 2 2 5 の磁性歯 2 2 5 A, 2 2 5 B とは、それぞれ (1/2) ピッチずれて配置されている。これにより

、例えば、一方の軟磁性部 224 の外側の磁性歯 224 A がステータユニット 100 G の外側の磁性歯 140 に対向している（このとき、内側の磁性歯 224 B はステータユニット 100 G の内側の間隙 155 に対向している）とき、他方の軟磁性部 225 の外側の磁性歯 225 A は外側の間隙 145 に対向し、軟磁性部 225 の内側の磁性歯 225 B は内側の磁性歯 150 に対向している。

【0075】

図 16 に示した構造によれば、永久磁石部 223 及び軟磁性部 224、225 の個数が少なく済み、ロータユニット 200 G の組立作業や部品管理が容易になるという利点がある。なお、トルク発生の原理は基本的に第 8 実施形態と同様である。

すなわち、図 16 のロータユニット 200 G は、図 14 におけるロータユニット 200 F の永久磁石部 221 と軟磁性部 222 との相互作用によるトルク発生の原理を維持しつつ、永久磁石部の個数を減らすようにロータユニットの構造をトポロジー的に変形したものと理解することもできる。

【0076】

図 17 は、上記のトポロジー変形を示す概念図であり、図 14 のロータユニット 200 F から図 16 のロータユニット 200 G への変形過程を示したものである。

図 17 の最上段において、軟磁性部 222 の磁化の状態はロータユニット 200 F の回転方向に沿って一つおきに等しくなるため、これらを結合した場合でも、永久磁石部 221 による磁束のステータユニットへの経路を維持することができる。

この原理を利用すれば、図 17 の最上段に示すロータユニット 200 F を図示のごとく次第に変形し、最終的に図 17 の最下段に示すロータユニット 200 G のように簡略化することが可能である。なお、図 17 の最下段の図は、図 16 におけるロータユニット 200 G のみを半径方向の一点から見た状態を模式的に表したものであり、図 17 における 224 C は軟磁性部 224 の磁性歯（図 16 における磁性歯 224 A または 224 B）を示し、図 17 における 225 C は軟磁性部 225 の磁性歯（図 16 における磁性歯 225 A または 225 B）を示している。

【0077】

次に、図 18 は第 10 実施形態におけるロータユニット 200 H の主要部の構成図であり、（a）は正面図、（b）は側面図、（c）は平面図である。

この実施形態は、図 17 の最下段に示したロータユニット 200 G の磁性歯 224 C、225 C を、永久磁石部 223 側にそれぞれ拡張して磁性歯 224 D、225 D を形成したものである。この場合、磁性歯 224 D、225 D の N 極、S 極は回転方向に交互に存在するため、互いに干渉することなく面積を増加させることができる。

なお、図 18 では、軟磁性部 224 及びその磁性歯 224 D を一点鎖線により、軟磁性部 225 及びその磁性歯 225 D、並びに永久磁石部 223 を実線により表してある。ここで、磁性歯 224 D、225 D は、それぞれ異極の軟磁性部 225、224 との間に十分な間隔を保有させて、永久磁石部 223 からの磁束が極間で漏れないようにすることが必要である。

【0078】

このようにして磁性歯 224 D、225 D の面積を増加させることにより、永久磁石部 223 から発生する磁束の磁気抵抗を低下させることができるため、リング形コイル 300 の鎖交磁束数が増加し、トルクを一層増加させることができる。

ちなみに、図 18 の構成による磁束の経路は、永久磁石部 223 → 軟磁性部 224 → 外側のステータ磁性歯列の磁性歯（図 16 の磁性歯 140）→ ステータ磁性ヨーク 105 → 内側のステータ磁性歯列の磁性歯（図 16 の磁性歯 150）→ 軟磁性部 225 → 永久磁石部 223 となる。

【0079】

以上のように、図 16 の第 9 実施形態や図 18 の第 10 実施形態によれば、図 14 の第 8 実施形態に比べて、ロータユニットの構成部品の個数を大幅に減少させつつ第 8 実施形態と同等の作用効果を得ることができ、製造コストの低減が可能になる。

【0080】

次に、図19は本発明の第11実施形態を示す斜視図である。この実施形態は、図11の第7実施形態における2つのステータユニット（ステータコア）を一体的に形成したものである。

すなわち、図19に示す如く、1個のリング状のステータ磁性ヨーク108のZ軸方向の両側（ステータ磁性ヨーク108の表裏）に、基準線eを基準として周方向にずれるようにステータ磁性歯列103がそれぞれ形成されている。他の構成は図11と同一であるため、説明を省略する。

この実施形態によれば、ステータ磁性ヨーク108の表裏に形成されるステータ磁性歯列103同士の（1/4）歯ピッチの位置ずれを高精度に決めることができる。また、ステータ磁性ヨーク108が単一であるため、磁路を有効利用してステータ磁性ヨーク108の厚さを減少させることができ、使用材料を少なくすることが可能である。

10

【0081】

次いで、図20は、本発明の第12実施形態におけるステータコアの斜視図である。この実施形態は、図8A、図8Bの第5実施形態におけるステータコア104を周方向に複数に分割したものである。

図20では、図8A、図8Bのステータコア104を周方向に沿って4分割した例を示してあり、実際には、4分割された分割コア109をフレームへの焼き嵌め等の機械的手段により連結して使用する。

【0082】

20

ステータコアを圧粉磁心により構成する場合、ステータコアをリング状に一体的に製造すると、金型やプレス機が大型化してコスト高の原因となる。また、成形後のコアの一部に損傷があると、ステータコアの全体が不良品となりかねない。

これに対し、本実施形態のようにステータコアを複数に分割すれば、金型やプレス機の小型化を可能にしてコストの低減を図ることができる。

また、金型を小さくすると一般に寸法精度が向上すると共に、一部の分割コア109が損傷した場合にはその分割コア109だけを不良扱いすればよいので、歩留まりの向上も期待できる。

図20ではステータコアを4分割してあるが、ステータコアは任意の複数に分割可能である。但し、複数の分割コアがすべて同一形状となるように等分割すれば、部品を共用することができ、好都合である。

30

なお、図19に示したように、ステータ磁性ヨーク108の表裏にステータ磁性歯列103をそれぞれ形成してなる一体的なステータコアを、周方向に複数に分割しても良い。

【0083】

上記説明から明らかなように、ステータコアにおける主要な磁束の流れはリング形コイル300の電流通流方向を取り巻く方向に沿っている。従って、ステータコアの周方向の分割部を貫く磁束はごく少なく、ステータコアを分割することに伴う特性劣化が少ないことが、本発明に係るリングコイルモータの特徴の一つとなっている。

よって、ステータコアを分割した分割コア109の突き合わせ面に隙間を設けることができる。これにより、分割コア109の突き合わせ面の加工精度、隙間距離の精度を緩和することができ、金型加工コストの低減、ステータコアの歩留まりの向上が可能になる。

40

また、分割コア109の突き合わせ面に隙間を設けることにより、分割コア109の熱膨張に対応することができる。すなわち、分割コア109の熱膨張量を設計時に把握しておき、最大膨張時に分割コア109同士がぶつからないような隙間を設けておくことにより、応力を緩和しつつ、ステータ磁性歯列とロータとの距離を高精度に保つことができる。

【0084】

次に、図21は、本発明の第13実施形態におけるステータコア111の主要部の斜視図である。図21では、便宜的にステータコア111の周方向の一部のみを示してある。このステータコア111は、図8A、図8Bの第5実施形態におけるステータコア104

50

に結合ブリッジ 110 を付加した構造である。

前述したように、ステータ磁性歯列は、ロータ磁性歯列またはロータ磁極と対向して磁束の流れを変化させることにより、トルクを発生する。従って、ロータとの対向面から見たステータ磁性歯列の磁気抵抗が歯の有無に応じて変化することが重要である。つまり、歯が存在する部分の磁気抵抗が低く、歯が存在しない部分の磁気抵抗が高くなっていることが必要である。

【0085】

一方、図 21 に示すように、ステータ磁性歯列 106, 107 の各々の歯間におけるロータとの対向面から離れた位置（ステータ磁性歯列 106 については歯間における z 軸に近い側、ステータ磁性歯列 107 については歯間における z 軸に遠い側）については、仮に磁性体が存在しても、ロータとの対向面から見たステータ磁性歯列の磁気抵抗の変化に対する影響は小さい。よって、この箇所（ステータ磁性歯列 106 については歯間における z 軸に近い側、ステータ磁性歯列 107 については歯間における z 軸に遠い側）では、隣り合う歯同士を磁性体によって連結しても差し支えない。このような観点から、第 13 実施形態では、ステータ磁性歯列 106, 107 の各々の歯間に磁性体からなる結合ブリッジ 110 を配置することとした。

【0086】

本実施形態によれば、ステータ磁性歯列 106, 107 の歯部の機械的強度を増すことができる。

更に、ステータ磁性歯列 106, 107 では、先端部から根元部に向かって磁束密度が大きくなるため、根元部ほど磁気飽和しやすくなる。よって、隣合う歯同士を結合ブリッジ 110 によって連結することにより、結合ブリッジにも磁束が流れて磁束密度を低下させ、もって磁気飽和をしにくくすることが可能である。

なお、この第 13 実施形態は、前述したすべての実施形態の電磁ユニットに適用することができる。

【0087】

結合ブリッジ 110 を配置する場合の留意点としては、結合ブリッジをロータ磁性歯列や磁極に近付け過ぎると、結合ブリッジが漏れ磁束の経路になり、コイルに鎖交する磁束が減ってトルクが減るという問題がある。このため、結合ブリッジはロータ磁性歯列または磁極に近付け過ぎないように配慮することが必要である。

一方、結合ブリッジが太いほど機械的強度が増す。つまり、結合ブリッジの太さについては、磁気特性と機械特性のとの間でトレードオフの関係が存在するが、その最適点については、磁界解析や強度解析等によって見出すことができる。

【0088】

本実施形態の変形例としては、図 22 A, 図 22 B に示すように、基片部 112 a と、その根元側（ステータ磁性ヨーク 105 側）に設けた段部 112 b とによって結合ブリッジ 112 を形成することにより、根元側を太く（断面積を大きく）しても良い。なお、図 22 A はステータ磁性歯列 106, 107 の間にリング形コイル 300 を収納した状態であり、図 22 B はリング形コイル 300 を除去した状態である。

ステータ磁性歯列 106, 107 の根元部にはコイル 300 が収納される分、ロータ磁性歯列や磁極から距離を確保できるため、結合ブリッジをロータ磁性歯列などに一層近接させることができ、図 22 A, 図 22 B に示す如く、根元の太い結合ブリッジ 112 を用いることができる。この結合ブリッジ 112 によって機械的強度を高め、磁束密度を更に低下させることができる。

結合ブリッジの詳細な形状、構造は種々考えられるが、原則的には、上述したように先端部側が比較的薄く、根元部、特にコイル 300 の収納部近傍は太く形成することが望ましい。

【0089】

ここで、図 23 は、図 14 及び図 15 A に示したロータユニット 200 F の平面図である。図 23 において、永久磁石部 221 が発生する磁束量は、磁束密度が一定である場合

、着磁方向に直交する面の断面積に比例する。モータのトルクは、永久磁石が発生する磁束量と正の相関があるので、着磁方向に直交する面の断面積が大きいほど、トルク増大の観点からは有利となる。

図23の例では、永久磁石部221の着磁方向がロータユニット200Fの周方向と一致しており、永久磁石部221の着磁方向に直交する面はロータユニット200Fの中心軸を含む（言い換えればロータユニット200Fの半径を含む）位置関係となっている。この場合、永久磁石部221の着磁方向に直交する面の断面積は、ロータユニット200Fの半径方向の永久磁石部221の幅 W_{mag} に依存する。なお、図23において、200rはロータユニット200Fの半径を含む径線を示し、221r'は永久磁石部221の着磁方向に直交する面を示しており、図23では面221r'に径線200rが含まれることとなる。

10

【0090】

永久磁石部221の幅 W_{mag} をロータユニット200Fの半径方向に長くすれば、着磁方向に直交する面の断面積が増加するので、トルクの増大が可能である。しかし、その場合には、永久磁石部221の相互間の軟磁性部222の体積も増加するので、ロータユニット200Fの重量が全体的に増加する等の問題がある。

【0091】

そこで、本発明の第14実施形態では、図24に示すような構造のロータユニット200Iを用いることとした。このロータユニット200Iは、永久磁石部221dの幅 W_{mag} を長くして着磁方向に直交する面の断面積を増加させると共に、永久磁石部221dの着磁方向に直交する面221rがロータユニット200Iの中心軸を含まないように、つまり、径線200rに対し所定角度 α で傾斜するように、永久磁石部221dを配置したものである。なお、図24において、226は軟磁性部である。

20

この第14実施形態によれば、永久磁石部221dの着磁方向に直交する面の断面積を増加させ、永久磁石部221dが発生する磁束量を増加させてモータのトルクを増大させることができる。

【0092】

図25Aは、図23の主要部をステータ磁性歯列120X、130Xと共に示した平面図であり、実質的に図15Cと同一の図である。これに対し、図25Bは、図24の主要部をステータ磁性歯列120X、130Xと共に示した平面図である。

30

なお、前述した角度 α の大きさにより、軟磁性部226の内周面及び外周面の周方向位置がずれる。従って、図25Bに示すごとく、軟磁性部226の内周面及び外周面にそれぞれ適切に対向するように、外側及び内側のステータ磁性歯列120X、130Xの位置を調整する必要がある。

【0093】

次に、図26は本発明の第15実施形態に係るロータユニット200Jの平面図である。

図23、図24等にしたロータユニット200F、200Iでは、軟磁性部222、226が個々に分離しているため、組立が難しいという問題がある。この点に鑑み、本発明の第15実施形態はロータユニットの組立を容易化したものである。

40

【0094】

すなわち、図26において、軟磁性部227は円環状の鋼板を軸方向に多数積層して形成されており、鋼板の周方向に等間隔で形成されたほぼ長方形の孔に角棒状の永久磁石部221eを埋め込むことにより、ロータユニット200Jが構成されている。

この構造によれば、軟磁性部227を一体化することができ、しかも永久磁石部221eを軟磁性部227により抱き込む形で固定できるため、ロータユニット200Jの組立作業を大幅に容易化することができる。なお、軟磁性部227を構成するために積層された多数の鋼板は、通しピンを用いたり、かしめ加工、接着等によって一体的に固定すればよい。

【0095】

50

この実施形態では、軟磁性部 227 の永久磁石部埋込用の孔の内外周部（図 26 におけるブリッジ部 221f）により、永久磁石部 221e が磁氣的に短絡される。つまり、永久磁石部 221e から発生した磁束が前記ブリッジ部 221f を介して環流するので、リング形コイルに鎖交する磁束が減り、モータのトルクが減少するおそれがある。

この問題を解消するため、軟磁性部 227 における永久磁石部埋込用の孔を径方向になるべく長く形成してブリッジ部 221f の幅を狭くし、このブリッジ部 221f を磁気飽和させて磁気抵抗を大きくする必要がある。

この種の技術は、例えば、特開 2002-281700 号公報（発明の名称：埋込み磁石型回転機の回転子）の段落 [0014]、図 1 等に記載されているように、通常の埋込磁石型同期モータにおいて永久磁石の漏れ磁束を低減するために採用されている技術と同様であるため、ここでは詳述を省略する。

10

【0096】

上述したように、図 26 のロータユニット 200J によれば、組立が容易になる反面、トルクが減少するという問題がある。

このため、本発明の第 16 実施形態では、ロータユニットの組立をある程度容易にしながら、前記ブリッジ部 221f に起因したトルクの減少を防止するようにした。

【0097】

図 27 は、この第 16 実施形態に係るロータユニット 200K の平面図である。図 26 において、228 はロータユニット 200K の周方向に沿って分割形成された複数の軟磁性部であり、これらの軟磁性部 228 は、間隙 221g によって互いに分離されている。すなわち、図 26 におけるブリッジ部 221f に代えて図 27 に示す如く間隙 221g を部分的に形成することにより、当該間隙 221g によって永久磁石部 221e からの磁束の短絡を防止し、結果的にリング形コイルとの鎖交磁束数を多くしてトルクの減少を抑制している。

20

【0098】

間隙 221g の形成方法としては、軟磁性部 228 を予め複数の分割形成してこれらを結合することにより、隣合う軟磁性部 228 の間に間隙 221g を形成するか、あるいは、図 26 のように円環状に形成された軟磁性部 227 のブリッジ部 221f を一部切断（除去）してその部分を間隙 221g とする、といった方法が考えられる。

前者の方法では、360°を複数の等分に所定数（例えば図 27 に示すように 6 個）の軟磁性部 228 を形成し、これらの軟磁性部 228 を円周上に等間隔に配置したうえで永久磁石部 221e を取り付け、固定すればよい。

30

一方、後者の方法では、ブリッジ部 221f を切断する工程が増えるものの、それ以前の工程については軟磁性部が一体化されているため組立が容易である。また、ブリッジ部 221f を切断する前に軟磁性部を強固に固定し、ブリッジ部 221f を切断した後も残りの部分が動かないようにしておくことで、切断後の軟磁性部 228 の相対位置を高精度に決めることができる。

【0099】

なお、図 27 では、同じ形状の軟磁性部 228 を 6 個用いてロータユニット 200K を形成しているが、本発明はこの実施形態に何ら限定されない。すなわち、軟磁性部の個数（言い換えれば 360°を複数の分割する際の角度）や間隙の位置、数などは必要に応じて任意に選定可能である。

40

【符号の説明】

【0100】

100A, 100B, 100F, 100G : ステータユニット
101, 104, 111 : ステータコア
102, 105, 108 : ステータ磁性ヨーク
103, 106, 107, 120X, 130X : ステータ磁性歯列
109 : 分割コア
110, 112 : 結合ブリッジ

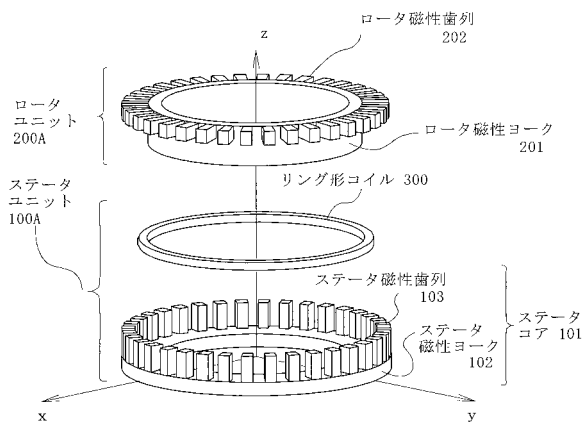
50

112a：基片部
 112b：段部
 120, 120a, 120b, 130, 130a, 130b, 140, 150：磁性歯
 125, 135, 145, 155：間隙
 200A, 200B, 200C, 200D, 200E, 200F, 200G, 200H, 200I, 200J, 200K：ロータユニット
 201, 203, 205, 208：ロータ磁性ヨーク
 202, 204, 206, 209, ：ロータ磁性歯列
 207, 210：ロータ磁極
 221, 221a, 221b, 221c, 221d, 221e, 223：永久磁石部
 221f：ブリッジ部
 221g：間隙
 222, 222a, 222b, 222c, 222d, 224, 225, 226, 227, 228：軟磁性部
 224A, 224B, 224C, 224D, 225A, 225B, 225C, 225D：磁性歯
 300：リング形コイル
 401, 402：電磁ユニット
 501：磁性粉
 502：絶縁物

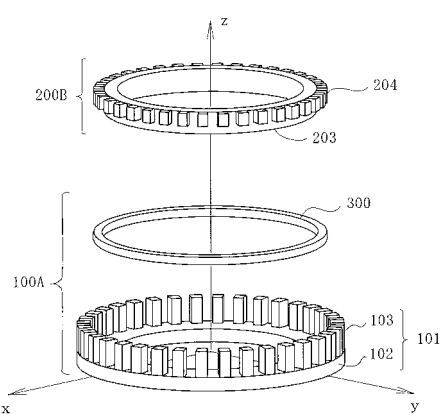
10

20

【図 1 A】

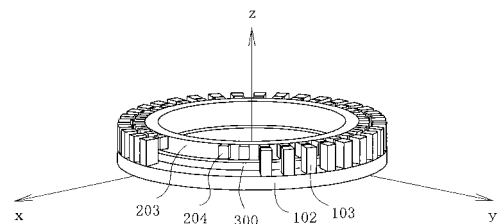
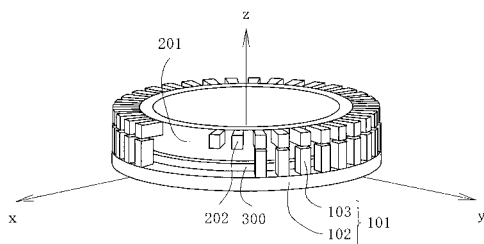


【図 2 A】

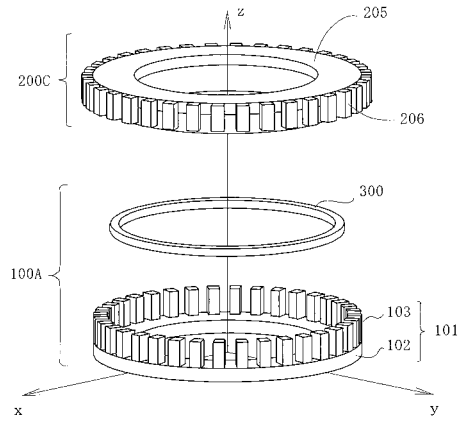


【図 2 B】

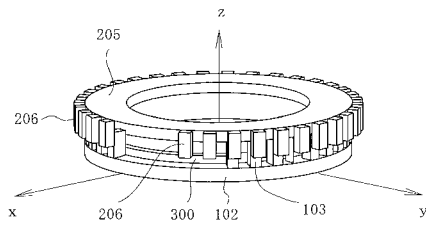
【図 1 B】



【図 3 A】

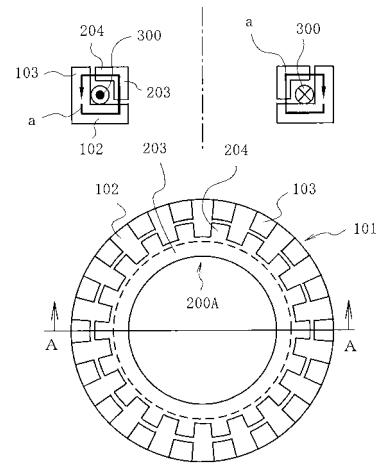


【図 3 B】



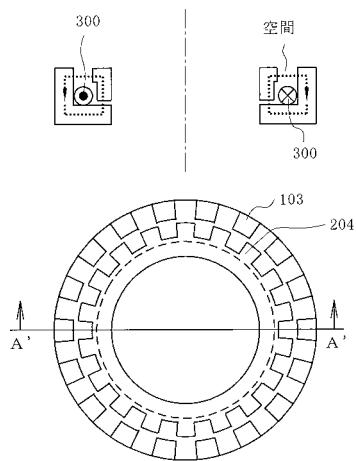
【図 4 A】

(A-A断面図)

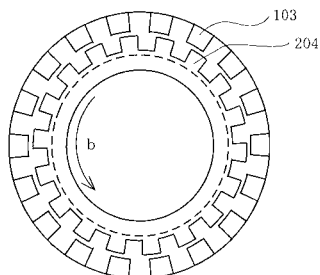


【図 4 B】

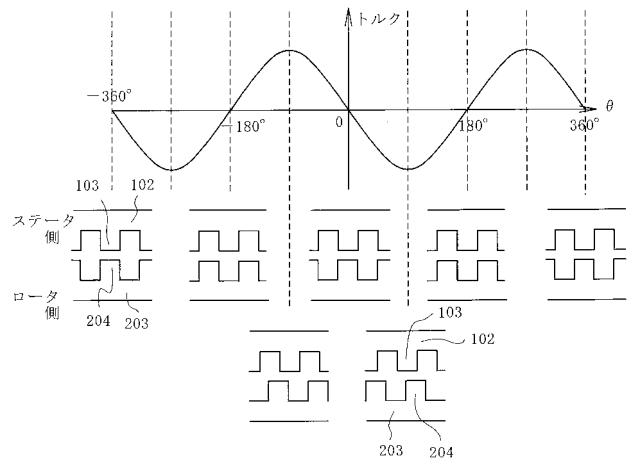
(A'-A'断面図)



【図 4 C】

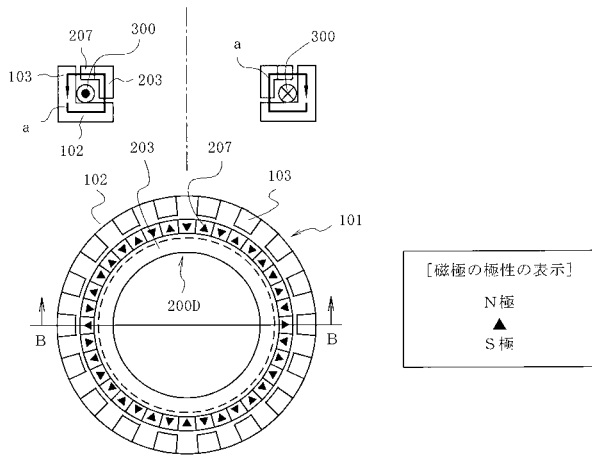


【図 5】

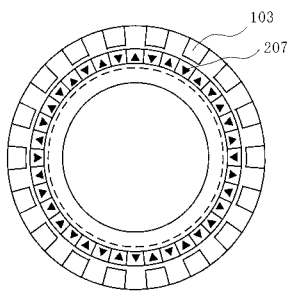


【図 6 A】

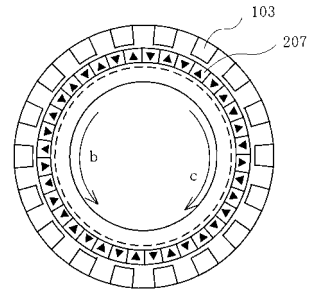
(B-B断面図)



【図 6 B】

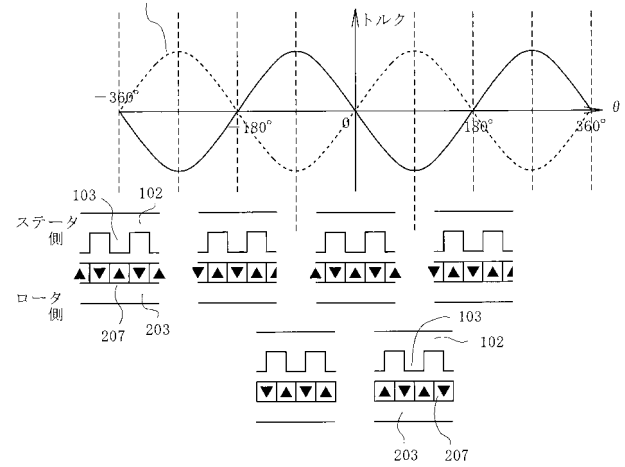


【図 6 C】

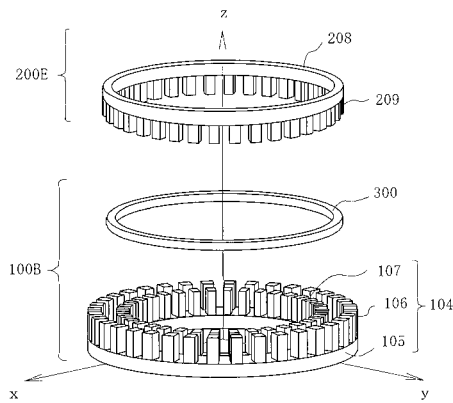


【図 7】

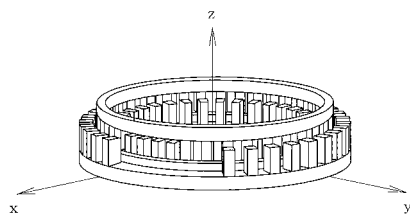
電流極性を反転させた場合



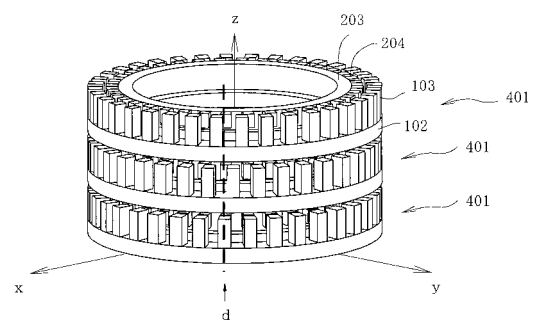
【図 8 A】



【図 8 B】

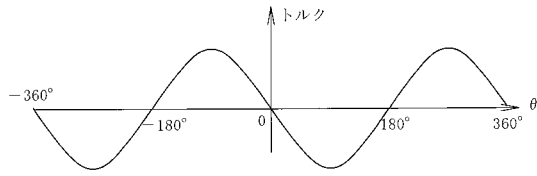


【図 9】

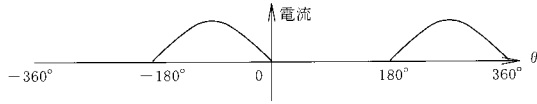


【図 10】

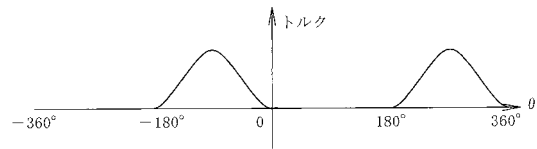
(a) 電流一定の場合の第1の電磁ユニットのトルク



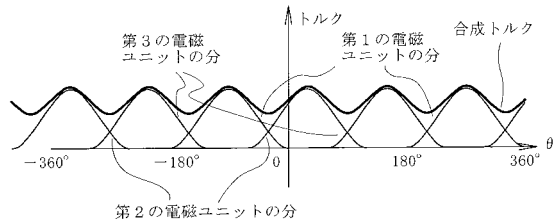
(b) 通流電流



(c) 上記通流電流下の第1の電磁ユニットのトルク

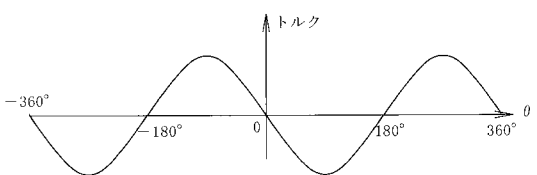


(d) 3個の電磁ユニットのトルクと合成トルク

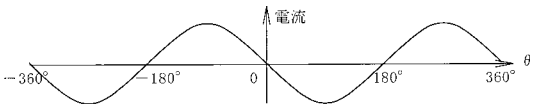


【図 12】

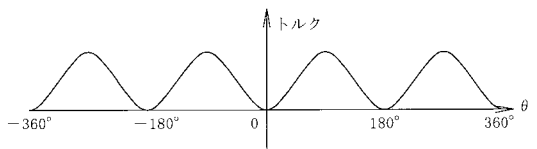
(a) 電流一定の場合の第1の電磁ユニットのトルク



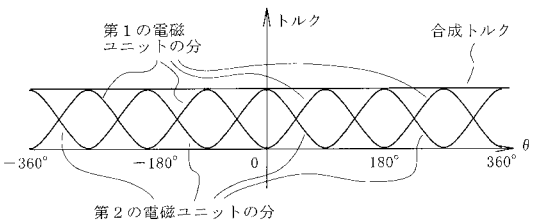
(b) 通流電流



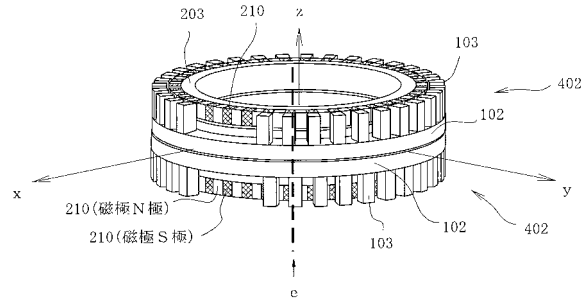
(c) 上記通流電流下の第1の電磁ユニットのトルク



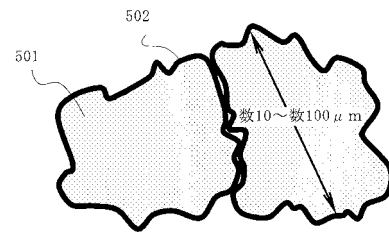
(d) 2個の電磁ユニットのトルクと合成トルク



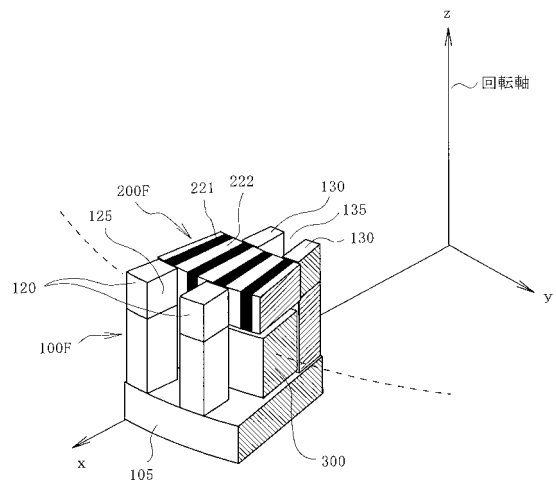
【図 11】



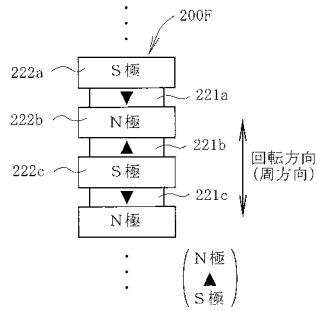
【図 13】



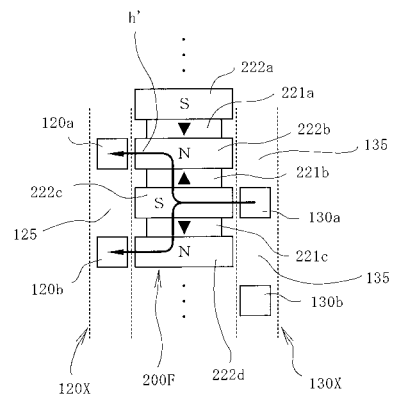
【図 14】



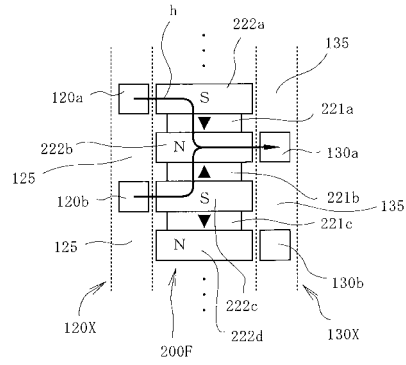
【図 15 A】



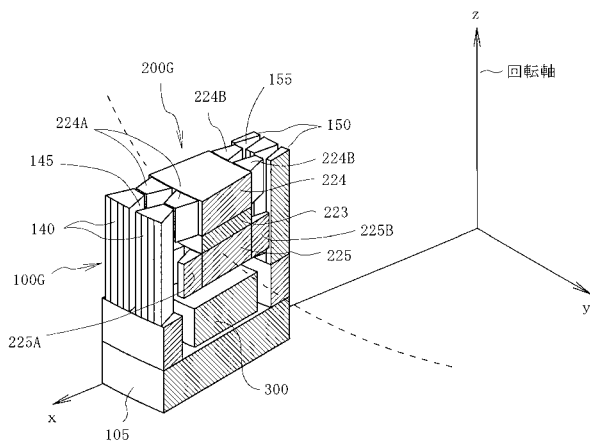
【図 15 C】



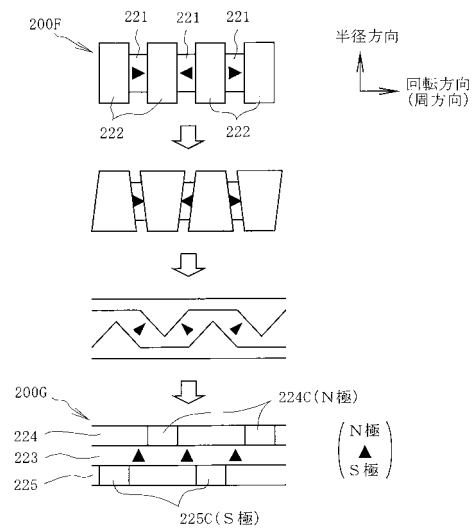
【図 15 B】



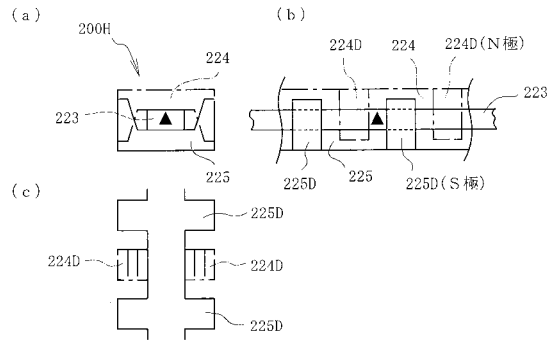
【図 16】



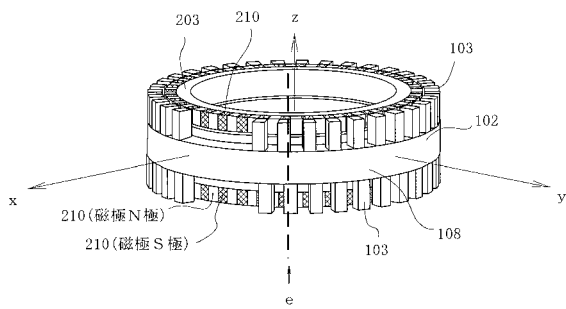
【図 17】



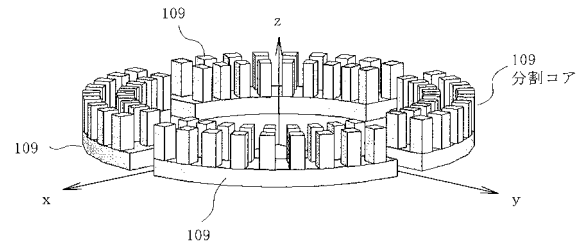
【図 18】



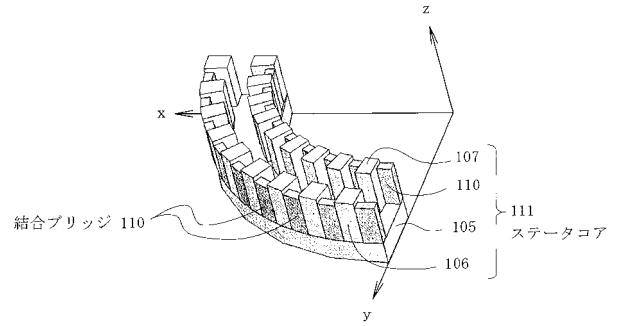
【図 19】



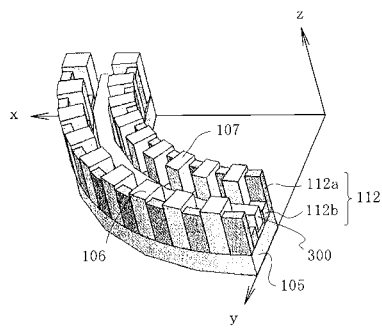
【図 20】



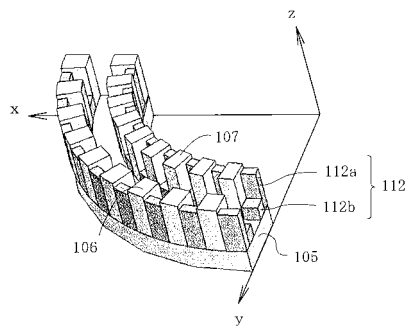
【図 21】



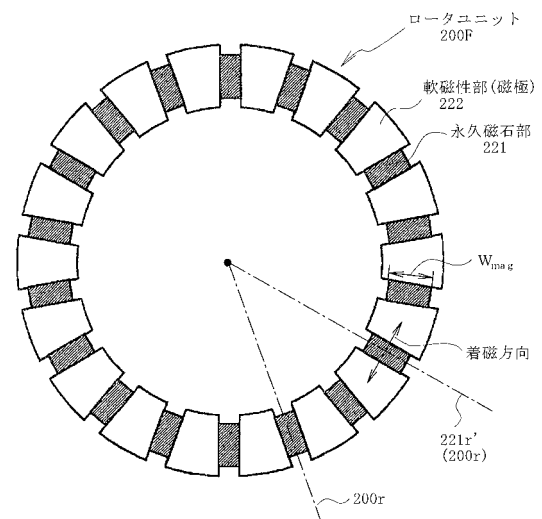
【図 22 A】



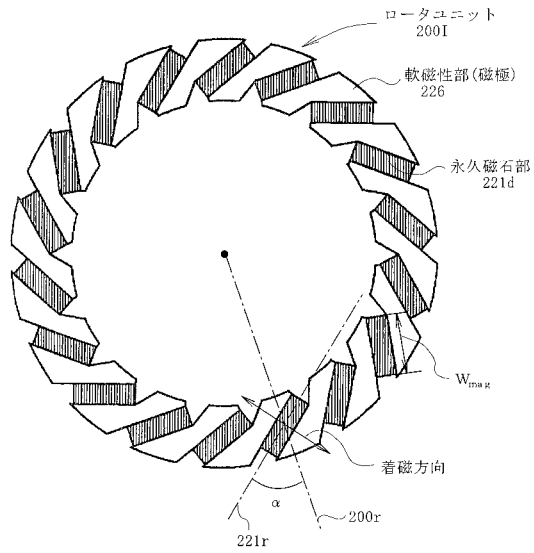
【図 22 B】



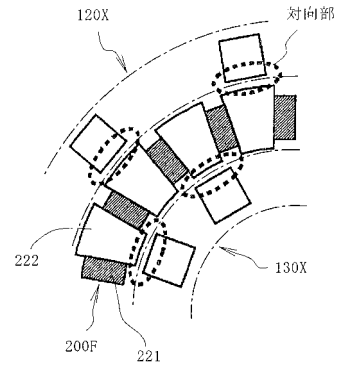
【図 23】



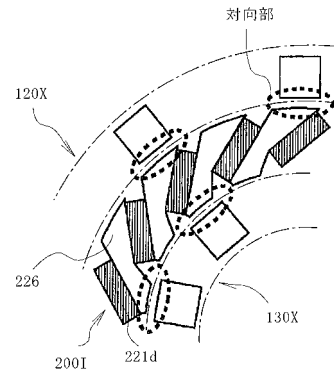
【図 2 4】



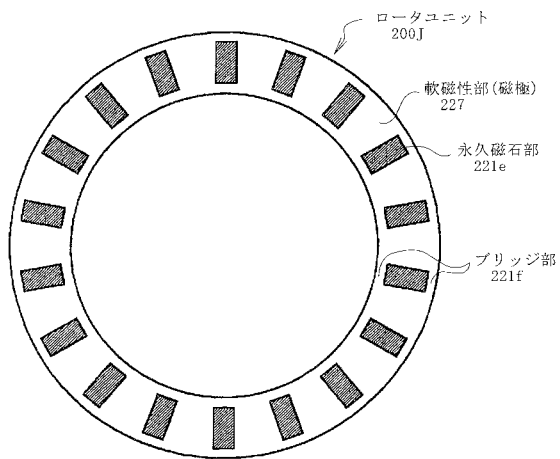
【図 2 5 A】



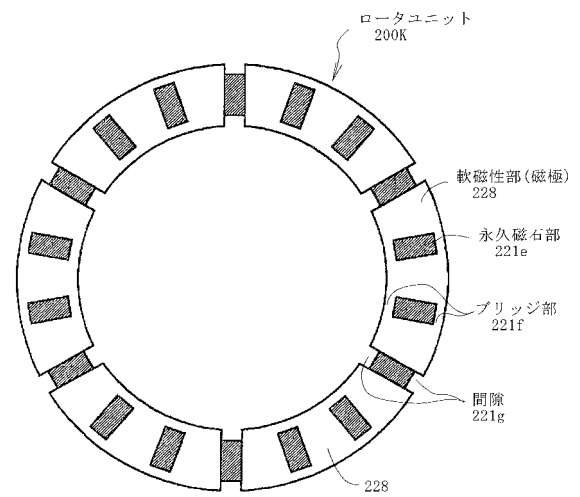
【図 2 5 B】



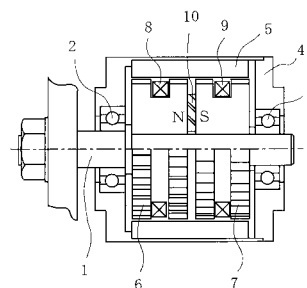
【図 2 6】



【図 2 7】



【図 2 8 A】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		テーマコード (参考)
H 0 2 K	1/24	(2006.01)	H 0 2 K	1/24	A
			H 0 2 K	1/24	Z