

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5510079号
(P5510079)

(45) 発行日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日(2014.4.4)

(51) Int. Cl. F 1
H O 2 K 21/24 (2006.01) H O 2 K 21/24 M

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2010-126601 (P2010-126601)	(73) 特許権者	000005234 富士電機株式会社
(22) 出願日	平成22年6月2日(2010.6.2)		神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(65) 公開番号	特開2011-254618 (P2011-254618A)	(74) 代理人	100105854 弁理士 廣瀬 一
(43) 公開日	平成23年12月15日(2011.12.15)	(74) 代理人	100103850 弁理士 田中 秀▲てつ▼
審査請求日	平成25年4月15日(2013.4.15)	(72) 発明者	大口 英樹 東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士 電機システムズ株式会社内
		(72) 発明者	木村 圭吾 東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士 電機システムズ株式会社内
		審査官	高橋 祐介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アキシシャルギャップモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸から放射状に延長して形成された互いに扇状の磁石とロータ磁性ヨークとを円周方向に交互に配列したロータと、

該ロータの軸方向端面と対向する一対の対向板部と該対向板部の外周部間を連結する円筒状連結板部とでコ字状に形成されたステータコアとを備え、

前記ロータの磁石は隣り合う磁石の着磁方向が逆方向となり、且つ当該磁石が円周方向に着磁され、

前記ステータコアは、前記一対の対向板部の一方の前記ロータとの対向面に前記ロータ磁性ヨークと一つ置きに対向するティースが形成されているとともに、他方の前記ロータとの対向面に残りの前記ロータ磁性ヨークに対向するティースが形成され、さらに前記円筒状連結板部に前記ロータの外周面と対向するリング状のコイルが配置されている

ことを特徴とするアキシシャルギャップモータ。

【請求項2】

前記ロータ及びステータコアで構成されるモータユニットが複数n組軸方向に配設され、各ステータコアの各ティースがティースピッチの1/2nずつずらして配置されていることを特徴とする請求項1に記載のアキシシャルギャップモータ。

【請求項3】

前記ロータ及びステータコアで構成されるモータユニットが複数n組軸方向に配設され、各ロータの前記ロータ磁性ヨークがティースピッチの1/2nずつずらして配置されて

10

20

いることを特徴とする請求項 1 に記載のアキシャルギャップモータ。

【請求項 4】

前記ロータ磁性ヨーク及びステータコアは、圧粉磁心によって形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のアキシャルギャップモータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、軸方向にロータとステータコアが配設され、ロータとステータコア間にアキシャルギャップを形成してアキシャル方向に流れる磁束を制御してトルクを得るアキシャルギャップモータの改良に関する。

10

【背景技術】

【0002】

ロボットや産業機械などにおいては、小さいスペースにモータを配置して装置の小型化を図る必要がある。その一形態としてモータの扁平化がある。扁平モータの代表例としてアキシャルギャップモータが挙げられる。

この種のアキシャルギャップモータとして、所定の回転軸に対して略直行する略環状の磁性体からなるヨークと、そのヨークの一方の端面側に軸方向に規律するように、周方向に設けられた磁性体からなるティースと、そのティースに巻回されたコイルとを有するステータと、このステータのティースの先端に所定のエアギャップを隔てて対向すると共に、所定の回転軸を中心に回転するロータと、ステータとロータとを収納するケーシングとを備えたアキシャルギャップ型モータが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 330092 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記特許文献 1 に記載された従来例にあつては、ロータとステータとが軸方向のエアギャップを隔てて対向しているため、永久磁石面積を大きく取ることが可能であり、小型化が可能であるという利点を有するものであるが、ステータの一方の軸方向端面に円周方向に形成した複数のティースの回りに個別にコイルを巻装するので、コイル数が多くなり、製造コストが嵩むと共に、コイルを巻装する分ティースの面積を小さくする必要があり、トルクを増加させるために極対数を増加させても、永久磁石の面積を低減しなければならないため、極対数の増加によるトルクの増加が困難であるという未解決の課題がある。

30

そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、ステータのコイル数を削減してコストダウンを図るとも同時に小型化の要求に応えることができるアキシャルギャップモータを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

40

【0005】

上記目的を達成するために、本発明の一の形態に係るアキシャルギャップモータは、回転軸から放射状に延長して形成された互いに扇状の磁石とロータ磁性ヨークとを円周方向に交互に配列したロータと、該ロータの軸方向端面と対向する一对の対向板部と該対向板部の外周部間を連結する円筒状連結板部とでコ字状に形成されたステータコアとを備え、前記ロータの磁石は隣り合う磁石の着磁方向が逆方向となり、且つ当該磁石が円周方向に着磁され、前記ステータコアは、前記一对の対向板部の一方の前記ロータとの対向面に前記ロータ磁性ヨークと一つ置きに対向するティースが形成されているとともに、他方の前記ロータとの対向面に残りの前記ロータ磁性ヨークに対向するティースが形成され、さらに前記円筒状連結板部に前記ロータの外周面と対向するリング状のコイルが配置されてい

50

ることを特徴としている。

【0006】

また、本発明の他の形態に係るアキシアルギャップモータは、前記ロータ及びステータコアで構成されるモータユニットが複数 n 組軸方向に配設され、各ステータコアの各ティースがティースピッチの $1/2n$ ずつずらして配置されていることを特徴としている。

さらに、本発明の他の形態に係るアキシアルギャップモータは、前記ロータ及びステータコアで構成されるモータユニットが複数 n 組軸方向に配設され、各ロータの前記ロータ磁性ヨークがティースピッチの $1/2n$ ずつずらして配置されていることを特徴としている。

また、本発明の他の形態に係るアキシアルギャップモータは、前記ロータ磁性ヨーク及びステータコアは、圧粉磁心によって形成されていることを特徴としている。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、ロータとこのロータを挟むコ字状のステータコアとを設け、ステータコアのロータの外周面に対向する位置にコイルを巻装することにより、1組のロータとステータコアに対して1つのコイルを巻装するだけで済み、この分コストダウンを図ることができる。また、永久磁石の表面積を大きく維持したまま極対数を増加させることが可能となるので、極対数の粗を化によるトルク増加効果が大きい。さらには、ステータコアとロータで構成されるモータユニットを複数組軸方向に配設することで、一方のモータユニットで発生するコギングトルクを他方のモータユニットで相殺することが可能となり、原

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態に係るアキシアルギャップモータを軸方向に切断した状態を示す斜視図である。

【図2】図1におけるステータコア及びロータで構成されるモータユニットの拡大断面図である。

【図3】ロータを示す平面図である。

【図4】モータユニットにおけるロータ及びステータコアの外周面を展開した展開図である。

30

【図5】モータユニットにおけるロータの着磁位置とロータ磁性ヨークとの位置関係による磁束方向を示す説明図である。

【図6】モータユニットにおけるロータの着磁位置とロータ磁性ヨークとの位置関係による他の磁束方向を示す説明図である。

【図7】モータユニットの誘起電圧波形を示す特性線図である。

【図8】2組のモータユニットのロータ及びステータコアの外周面における展開図である。

【図9】2組のモータユニットの合計電力を示す特性線図である。

【図10】2組のモータユニットのコギングトルクを示す特性線図である。

【図11】モータユニットの分解斜視図である。

40

【図12】2極のロータを示す平面図である。

【図13】4極のロータを示す平面図である。

【図14】6極のロータを示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は本発明に係るアキシアルギャップモータの一実施形態を示す軸方向で断面とした斜視図である。

この図1において、1はアキシアルギャップモータであって、このアキシアルギャップモータ1は、中心軸(図示せず)を嵌合する中心開口2を有して円板状に形成されたロー

50

タ 3 と、このロータ 3 を囲むように断面コ字状に形成されたステータコア 4 とで構成される 2 組のモータユニット 5 A 及び 5 B が軸方向に接続されて配置された構成を有する。

【 0 0 1 0 】

ロータ 3 は、図 3 及び図 4 に示すように、中心軸 6 を嵌合した中心開口 2 から放射状に延長して扇状に形成された複数例えば 1 2 個の永久磁石 7 と、これら永久磁石 7 間に配設された永久磁石 7 と同形に形成された複数例えば 1 2 個のロータ磁性ヨーク 8 とで構成されている。

ここで、永久磁石 7 は図 4 で矢印によって示すように円周方向の一端が N 極で他端が S 極となるように円周方向に着磁されており、隣接する永久磁石 7 間で逆極性となるように配置されている。

10

【 0 0 1 1 】

また、ロータ磁性ヨーク 8 は、軸方向の高さが永久磁石 7 の軸方向の高さより高く形成され、ロータ 3 の軸方向の両端面で、それぞれロータ磁性ヨーク 8 の軸方向端面が永久磁石 7 の軸方向端面より等距離だけ外方に突出されている。

また、ステータコア 4 は、図 1 及び図 2 に示すように、ロータ 3 の軸方向両端面に対向し、中心軸（図示せず）を挿通する中心開口 1 1 を有する円板状の一对の対向板部 1 2 a 及び 1 2 b と、両対向板部 1 2 a 及び 1 2 b の外周側端部を連結する円筒状の連結板部 1 2 c とが溶接、嵌合等の任意の固定手段で結合されて断面コ字状に形成されている。

【 0 0 1 2 】

対向板部 1 2 a のロータ 3 の軸方向端面との対向面には、1 つ置き of ロータ磁性ヨーク 8 と対向可能なロータ磁性ヨーク 8 間のピッチの 2 倍のピッチで中心開口 1 1 から放射状に延長し、扇状に形成されたティース 1 3 a がロータ 3 側に突出形成されている。このため、ティース 1 3 a の下端面とロータ 3 のロータ磁性ヨーク 8 の上端との間にアキシヤルギャップ g 1 が形成されている。

20

同様に、対向板部 1 2 b のロータ 3 の軸方向端面との対向面には、対向板部 1 2 a のティース 1 3 a のピッチに対して 1 / 2 ピッチだけずれた位置に中心開口 1 1 から放射状に延長し、扇状に形成されたティース 1 3 b がロータ 3 側に突出形成されている。このため、ティース 1 3 b の上端面とロータ 3 のロータ磁性ヨーク 8 の下端との間にアキシヤルギャップ g 2 が形成されている。

【 0 0 1 3 】

30

さらに、ステータコア 4 の連結板部 1 2 c の内周面には円周方向に巻装されたドーナツ状のコイル 1 5 がその内周面がロータ 3 の外周面に所定間隔を保って対向する状態で対向板部 1 2 a 及び 1 2 b で挟まれた状態で固定配置されている。

また、軸方向に接続されているモータユニット 5 A 及び 5 B は、図 8 に示すように、ステータコアのティース 1 3 a 及び 1 3 b がティースピッチの 1 / 4 だけ円周方向にずれるように配置されている。このとき、ロータ 3 の永久磁石 7 は軸方向に同一着磁方向の永久磁石 7 同士が重なるように配置されている。

【 0 0 1 4 】

したがって、例えばモータユニット 5 A で、ステータコア 4 における対向板部 1 2 a 及び 1 2 b のティース 1 3 a 及び 1 3 b が夫々ロータ磁性ヨーク 8 と対向している状態で、他方のモータユニット 5 B では、ロータ磁性ヨーク 8 間の永久磁石 7 がステータコア 4 における対向板部 1 2 a 及び 1 2 b のティース 1 3 a 及び 1 3 b に対向するようになる。

40

本実施形態のアキシヤルギャップモータ 1 は、構造が三次元的であるので、ロータ磁性ヨーク 8 やステータコア 4 には圧粉磁針（焼結軟磁性体）を用いて構成することが製造容易性の点で好ましい。しかし、従来の電磁鋼板を積層して構成することも可能であるし、ロータ磁性ヨーク 8 には S 4 5 C 等の磁性材を用いることもできる。

【 0 0 1 5 】

次に、上記実施形態の動作を説明する。

先ず、モータユニット 5 A 及び 5 B を組み立てるには、図 1 1 に示すように、モータユニット 5 A 及び 5 B を分解した状態で、回転軸（図示せず）を嵌合したロータ 3 の外周側

50

にステータコア4の連結板部12cを対向させ、この連結板部12c内にコイル15を挿通し、この状態で対向板部12a及び12bを連結板部12cの軸方向端面に嵌合、接着、溶接等の固定手段で固定することにより、モータユニット5A又は5Bを構成することができる。

このようにしてモータユニット5A及び5Bの組み立てが完了すると、図8に示すように、モータユニット5A及び5Bのティース13a及び13bを夫々ティースピッチの1/4だけ円周方向にずらした状態で、モータユニット5A及び5Bを連結して、アキシャルギャップモータ1を構成する。

【0016】

このように構成されたアキシャルギャップモータ1は、一つのモータユニット例えば5Aに着目すると、図5に示すように、隣接する永久磁石7のS極同士が対向しているロータ磁性ヨーク8がステータコア4の対向板部12aにおけるティース13aと対向しており、隣接する永久磁石7のN極同士が対向しているロータ磁性ヨーク8がステータコア4の対向板部12bにおけるティース13bと対向している状態であるものとする。この状態では、隣接永久磁石7のN極同士が対向しているロータ磁性ヨーク8iから出た磁束がティース13bに入り、対向板部12b、連結板部12c及び対向板部12aを通過して、ティース13aから隣接永久磁石7のS極同士が対向しているロータ磁性ヨーク8jに戻る磁路が形成される。

【0017】

逆に、図6に示すように隣接する永久磁石7のN極同士が対向しているロータ磁性ヨーク8iがステータコア4の対向板部12aのティース13aと対向し、隣接する永久磁石7のS極同士が対向しているロータ磁性ヨーク8jがステータコア4の対向板部12bのティース13bと対向している状態では、上記図5とは逆に、ロータ磁性ヨーク8iから出た磁束がティース13a、対向板部12a、連結板部12c及び対向板部12bを通過してティース13bからロータ磁性ヨーク8jに戻る磁路が形成される。

【0018】

したがって、コイル15には交流の磁束が鎖交することになるので、交流電圧が誘起される。この交流誘起電圧は、図7で太い実線に示すように正弦波となり、このときの電流は細い実線図示のように、誘起電圧と同相で振幅の小さい正弦波となる。このため、図7で破線図示の零から正方向の正弦波の電力が得られることになる。

しかしながら、1相だけでは電力が零になる電気角が存在するため、一つのモータユニットで回転を維持することは困難となる。

このため、前述したようにモータユニット5A及び5Bを誘起電圧の位相が電気角で90度ずれるように、図8に示すように、両者のステータコア4のティース13a及び13bを互いにティース間のピッチに対して1/4ピッチ分円周方向にずらすように配置することにより、一方のモータユニット5A(又は5B)で電力が零となる時に他方のモータユニット5B(又は5A)で電力が最大となるように構成する。

【0019】

この図8から明らかなように、モータユニット5A及び5B間で、ステータコア4のティース13a及び13bをティースピッチの1/4だけ円周方向にずらすことにより、モータユニット5Aでは、例えばロータ磁性ヨーク8iから出た磁束がティース13aに入り、対向板部12a、連結板部12c及び対向板部12bを通過してティース13bからロータ磁性ヨーク8jに戻る磁路を形成しており、モータユニット5Aのコイル15に鎖交する磁束が最大となっている。

これに対して、モータユニット5Bでは、ロータ磁性ヨーク8iから出た磁束がティース13a及び13bを通過して隣りのロータ磁性ヨーク8jに入ることになり、モータユニット5Bのコイル15に鎖交する磁束は零となる。すなわち、一方の誘起電圧が最大の際に、他方の誘起電圧が零となるので、モータユニット5A及び5B間で、誘起電圧の位相が90度ずれることになる。

【0020】

図9にモータユニット5A及び5Bの電力を合計した合計電力を示す。この図9より、モータ全体の電力を一定に保つことができることは明らかであり、トルクを一定とすることが可能となる。

なお、上記実施形態では、ステータコア4のティース13a及び13bをモータユニット5A及び5B間でティースピッチの1/4だけ円周方向にずらす場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図示しないが、モータユニット5A及び5Bのティース13a及び13bを軸方向で互いに対向するように配置し、これに代えてモータユニット5A及び5Bにおけるロータ3のロータ磁性ヨーク8を円周方向にティースピッチの1/4だけ円周方向にずらすようにしても上記と同様の作用効果を得ることができる。

【0021】

ところで、一方のモータユニット5A(又は5B)に着目すると、電気角0度の時と電気角180度の時では、磁束密度分布は上下対称となることは明らかである。すなわち、電気角0度と180度におけるコギングトルクの値は同じとなる。したがって、電気角の1周期において、コギングトルクは図10に示すように、2倍の周波数で振動する。ここで、一方のモータユニット5A(又は5B)のコギングトルクが正のピークとなる時に、他方のモータユニット5B(又は5A)のコギングトルクは負のピークとなる。したがって、本実施形態のように2組のモータユニット5A及び5Bを組み合わせてアキシアルギャップモータ1を構成することにより、モータ全体のコギングトルクを相殺して“0”にできるという効果を有する。

【0022】

上記構成を有する本発明のアキシアルギャップモータ1は、従来のモータよりも大きなトルクが得られ、同一のトルクを得るための構成を小型化できる。

その理由は、モータのトルクTは下記(1)式で表される。

$$T = P_n \cdot \tau_a i_q + P_n (L_d - L_q) i_d i_q \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 P_n は極対数、 τ_a は永久磁石による電機子鎖交磁束、 i_d はd軸電流、 i_q はq軸電流、 L_d はd軸インダクタンス、 L_q はq軸インダクタンスである。

この(1)式より、極対数 P_n を増加させるとトルクは増加する。しかし、永久磁石面積を大きく取れるアキシアルギャップモータ1でさえ、その構造から極対数 P_n を例えば2倍とすると1極当たりの永久磁石の面積を半分にする必要がある。すなわち、永久磁石による電機子鎖交磁束 τ_a が半分となるので、従来のアキシアルギャップモータで極対数 P_n を増加させても大きなトルクを得ることは困難である。

【0023】

例えば、図12に示すように4極のロータ3を、図13に示すように8極のロータ3とすると、永久磁石7の1極当たりの面積が半分になることが分かる。

一方、本発明のアキシアルギャップモータ1では、永久磁石7の表面積を大きく維持したまま極対数 P_n を増加させることが可能となる。すなわち、永久磁石7による電機子鎖交磁束 τ_a を維持したまま極対数 P_n を増加させることが可能となるので、従来のアキシアルギャップモータに対して大きなトルクが得られる。すなわち、同一トルクが必要な場合には小型化が可能となる。例えば、図14に示す6極のロータを、図3に示す12極としても、永久磁石7の全体の面積を維持することが可能となる。

【0024】

このように、上記実施形態によると、モータユニット5A及び5Bについてそれぞれ1つのコイルを巻装するだけでよく、従来例のようにティース毎にコイルを巻装する必要がないので、コストダウンを図ることができる。また、上述したように、極対数 P_n を変更する場合でも永久磁石7の全体面積は変化せず、大きなトルクを維持することができる。

なお、上記実施形態においては、ロータ3の開口2とステータコア4の対向板部12a及び12bの開口11との径が異なる場合について説明したが、これに限定されるものではなく、組み立てを考えると対向板部12a及び12bの開口11を大きくする方が好ましい。

【0025】

10

20

30

40

50

また、上記実施形態では、ステータコア4が対向板部12a及び12bと連結板部12cとの3つの部品で構成する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、何れか一方の対向板部12a又は12bと連結板部12cとを一体に形成して2つの部品でステータコア4を構成するようにしてもよい。

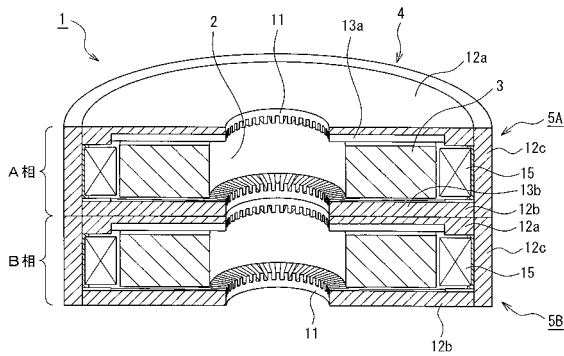
さらに、上記実施形態においては、2組のモータユニット5A及び5Bを組み合わせてアキシシャルギャップモータ1を構成した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、4組以上の偶数n組のモータユニットを組み合わせてアキシシャルギャップモータ1を構成するようにしても良く、この場合には各モータユニットのティース13a及び13b又はロータ磁性ヨーク8をティースピッチの1/2n分円周方向にずらして配置するようにすればよい。あるいは上述したモータユニット5A及び5Bの組を複数組設けるようにしてもよい。

【符号の説明】

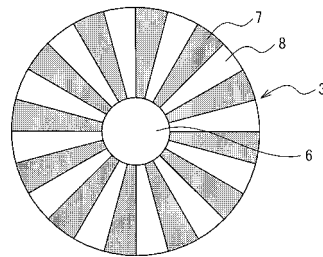
【0026】

1...アキシシャルギャップモータ、3...ロータ、4...ステータコア、6...回転軸、7...永久磁石、8...ロータ磁性ヨーク、12a, 12b...対向板部、12c...連結板部、13a, 13b...ティース、15...コイル

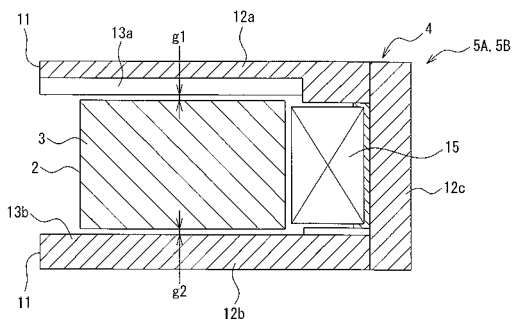
【図1】



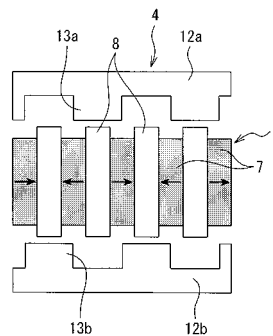
【図3】



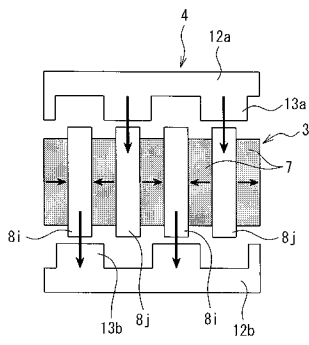
【図2】



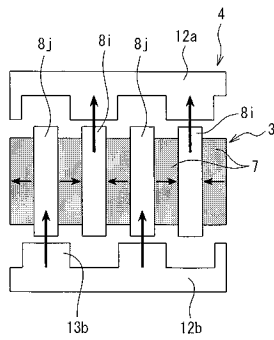
【図4】



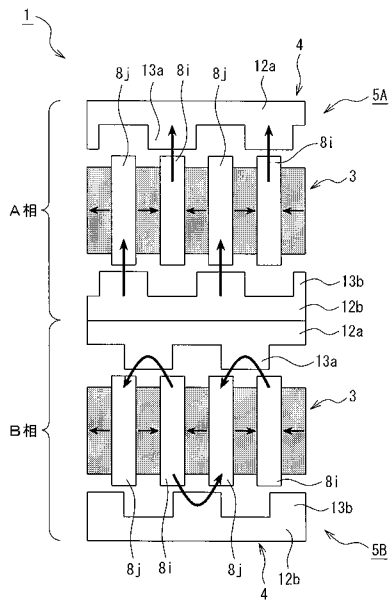
【図5】



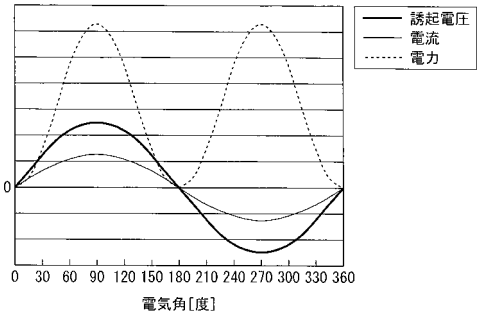
【図6】



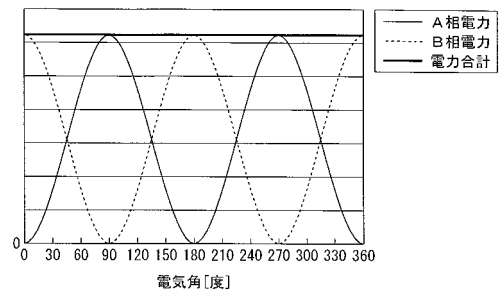
【図8】



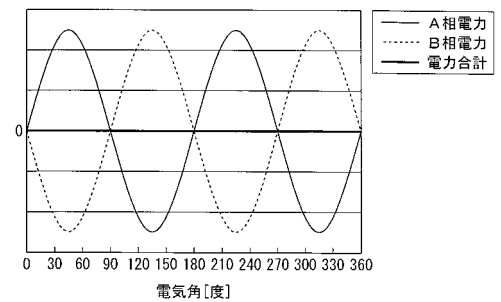
【図7】



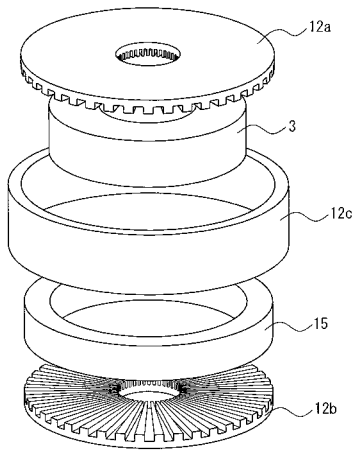
【図9】



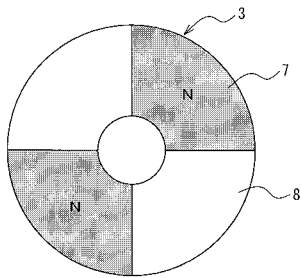
【図10】



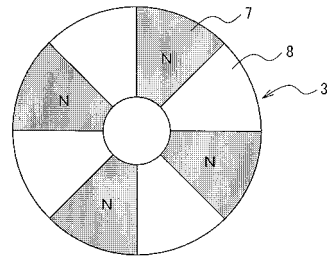
【図 1 1】



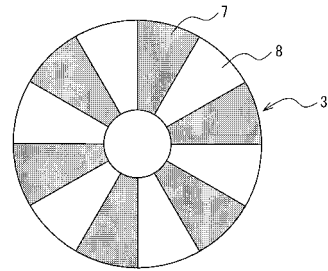
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-143276(JP,A)
実開平01-171582(JP,U)
特開昭63-035155(JP,A)
特開2005-245162(JP,A)
特開2001-218442(JP,A)
特開2001-161055(JP,A)
特開2007-330092(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 21/24