

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/116921 A1

(43) 国際公開日

2010年10月14日(14.10.2010)

PCT

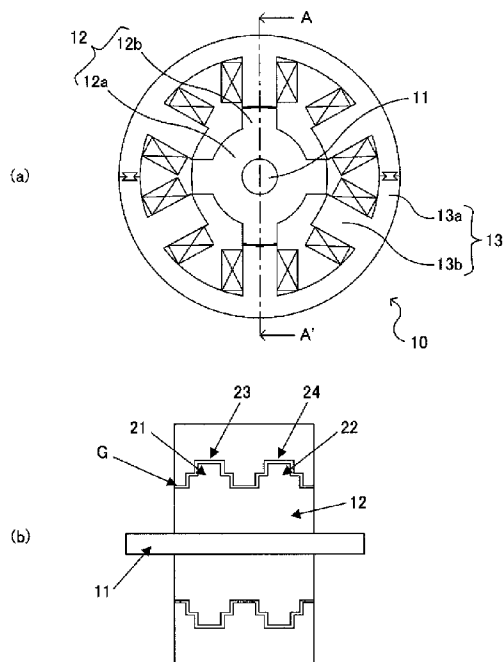
- (51) 国際特許分類:
H02K 1/06 (2006.01) H02K 1/18 (2006.01)
H02K 1/14 (2006.01) H02K 1/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/055653
- (22) 国際出願日: 2010年3月30日(30.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-092936 2009年4月7日(07.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 公立大学法人大阪府立大学(OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY PUBLIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5998531 大阪府堺市中区学園町1-1 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 真田 雅之 (SANADA, Masayuki) [JP/JP]; 〒5998531 大阪府堺市中区学園町1-1 公立大学法人大阪府立大学内 Osaka (JP). 森本 茂雄(MORIMOTO, Shigeo) [JP/JP]; 〒5998531 大阪府堺市中区学園町1-1 公立大学法人大阪府立大学内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 鹿島 義雄 (KASHIMA, Yoshio); 〒5300052 大阪府大阪市北区南扇町7-2 ユニ東梅田409号 新生国際特許事務所内 Osaka (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC CIRCUIT STRUCTURE

(54) 発明の名称: 磁気回路構造体

[図7]



(57) Abstract: Disclosed is a magnetic circuit structure for a motor or the like, said magnetic circuit structure provided with a rotor, which has rotor-side magnetic poles formed on the outer surface thereof, and a stator, which has stator magnetic poles formed on the inner surface thereof. An air gap is formed, where the rotor magnetic poles and the stator magnetic poles face each other, between the outer surfaces of the rotor magnetic poles and the inner surfaces of the stator magnetic poles. At least one pair of opposing indentation/protrusions is formed on the outer surfaces of the rotor magnetic poles and the inner surfaces of the stator magnetic poles, said indentation and protrusion facing each other along the axis of rotation. Each indentation/protrusion includes two or three steps in the radial direction. This increases the magnetic flux through the air gap, thereby increasing torque.

(57) 要約: 回転子側磁極が外周面に形成された回転子と、固定子磁極が内周面に形成された固定子とを備え、回転子磁極と固定子磁極とが対向する位置で回転子磁極の外周面と固定子磁極の内周面との間にエアギャップが形成される構造を有する磁気回路構造体であって、エアギャップは回転子磁極の外周面と前記固定子磁極の内周面とが、回転軸の軸線方向に沿って互いに対向する凹凸が少なくとも1つ形成されるとともに、それぞれの凹凸単位には回転軸半径方向に2段または3段の段差が含まれるようにすることにより、エアギャップの磁束量を増大させることでトルク性能を向上させたモータ等の磁気回路構造体を提供する。

WO 2010/116921 A1

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：磁気回路構造体

技術分野

[0001] 本発明は、回転子あるいは可動子と固定子とにより形成される磁気回路構造体に関する。本発明の磁気回路構造体は、具体的にはモータ、発電機、アクチュエータなどとして用いられる。

背景技術

[0002] 例えば、車載用や工作機械用のモータでは、低コストで量産できるとともに、トルク性能を高くすることができるモータの開発が望まれている。また、発電効率が高い発電機の開発が望まれている。

一般に、モータのトルク性能や発電効率は回転子（ロータ）あるいは可動子（ムーバ）と固定子（ステータ）とのエアギャップにおける磁束量に依存するため、トルク性能を高めるにはエアギャップの磁束量を増やす必要がある。

以後、モータのトルク性能を例に説明するが、発電機などでも同様である。

[0003] エアギャップの磁束量を増やすには、希土類磁石のような磁力が非常に強い磁石を使用することが考えられるが、希土類金属資源節約の観点およびコストの観点から希土類金属の使用を抑制する必要がある。

[0004] 別のトルク性能改善方法として、エアギャップ長（回転子と固定子との間隙長さ）を短縮して磁気抵抗を小さくすることで磁束量を増やすことがなされている。例えば、エアギャップを0.3mmにしたリラクタンスモータが開示されている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平11-89193号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述したように、エアギャップ長を短くすることで、トルク性能を向上させることができる。ところでエアギャップ長を0.3mmよりも短くすれば、さらに磁束量を増加させてトルク性能を改善できるが、その一方で、回転子と固定子とが接近しすぎることになり、回転子の熱膨張が発生したときに接触する危険性が増すことになる。また、エアギャップ長を短くするほど、組み立て時に位置決め精度を高めなければならず、かえって組み立てコストが余計にかかるようになる。そのため、実用上はギャップ長をこれ以上短くすることには限界がある。

[0007] そこで、本発明は、エアギャップを極端に狭くすることなく0.3mm程度に維持し、エアギャップの磁束量を増大させることでトルク性能を向上させたモータ等の磁気回路構造体を提供することを目的とする。

また、本発明は製造コストを上げることなく、これまでとトルク性能などが同性能以上である磁気回路構造体を提供することを目的とする。

さらに本発明は、起磁力が大きいときにトルク性能などを向上させることができる磁気回路構造体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

[0008] 上記課題を解決するために、本発明では、回転子磁極と固定子磁極とが対向するエアギャップ部分の形状を工夫することにより、エアギャップを通過する磁束量を増加させ、トルク性能を高くするようにした。これまでの磁気回路構造体のエアギャップ部分は平坦面が対向する形状であった。これに対し、エアギャップの形状を立体形状に変えた場合の磁束について有限要素法による解析計算を行った結果、特殊な形状にするとエアギャップ長を短縮したときと同様の効果を起磁力が大きい領域においても得られることを見出した。

[0009] すなわち本発明の磁気回路構造体は、回転軸を中心に回転可能に支持され複数の回転子側磁極が外周面に形成された回転子と、この回転子側磁極の外側を囲むように配置され複数の固定子磁極が内周面に形成された固定子とを

備え、回転子側磁極と固定子側磁極とが対向する位置で回転子側磁極の外周面と固定子側磁極の内周面との間にエアギャップが形成される構造を有する磁気回路構造体であって、エアギャップ部分が以下の構造を有するようにしている。すなわち、エアギャップを形成する回転子側磁極の外周面と前記固定子側磁極の内周面とが、回転軸の軸線方向に沿って互いに対向する凹凸が少なくとも1つ形成されるとともに、それぞれの凹凸単位には回転軸半径方向に2段または3段の段差が含まれるようにしている。

[0010] また、上記回転子と固定子の内外の関係は逆の場合でもよい。すなわち、回転軸を中心に回転可能に支持され複数の回転子側磁極が内周面に形成された回転子と、回転子側磁極の内側に配置され複数の固定子側磁極が外周面に形成された固定子とを備え、回転子側磁極と固定子側磁極とが対向する位置で回転子側磁極の内周面と固定子側磁極の外周面との間にエアギャップが形成される構造を有する磁気回路構造体であって、エアギャップは回転子側磁極の内周面と前記固定子側磁極の外周面とが、回転軸の軸線方向に沿って互いに対向する凹凸が少なくとも1つ形成されるとともに、それぞれの凹凸単位には回転軸半径方向に2段または3段の段差が含まれるようにしている。

[0011] また、上記発明において、回転軸半径方向の段差数が2段のときは回転子と固定子とはそれぞれ3種類の異なる形状の鋼板を積層することで形成されるようにしている。また、回転軸半径方向の段差数が3段のときは回転子と固定子とはそれぞれ4種類の異なる形状の鋼板を積層することで形成されるようにしている。

[0012] 本発明によれば、エアギャップ部分の形状を回転軸半径方向に2段（便宜上凸2段という）、または3段（便宜上凸3段という）の段差を形成することにより、ギャップ部分の対向面積を増やすことができ、磁気抵抗を小さくすることができる。そのときエアギャップ部分に形成された段差の角部分では、エアギャップを通過する磁束が斜めになり、局所的にギャップ長が増加することと等しい影響が生じるが、凸2段、凸3段であれば、角の数が少なく、対向面積の増加によって磁気抵抗が小さくできることの効果、角部分

の数の増加による影響に勝ることからトルク特性を改善することができる。なお、回転軸半径方向の段差数を1段にした場合（便宜上凸1段という）は、起磁力が小さい範囲でのトルク性能が改善されるものの、起磁力が大きい範囲では、局所的に磁束密度が高くなって磁気飽和が生じることとなり、磁気飽和の影響を強く受けることでかえってトルク性能は悪くなる。それゆえ、エアギャップ部分の形状を、単純に凸1段にするのではなく、凸2段あるいは凸3段のような特殊形状にすることにより、起磁力が大きい範囲でトルク性能を改善することができるようになる。

発明の効果

- [0013] 本発明の磁気回路構造体によれば、起磁力が大きい範囲でトルク性能を向上させることができ、パワーの大きいモータや発電機の磁気回路構造体を、希土類磁石を用いず、また、エアギャップを狭くすることなく形成できるようになる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]有限要素法による解析計算を行うためのエアギャップを含む簡単な磁気回路である。
- [図2]様々な形状のエアギャップのモデルを示す図である。
- [図3]各モデルの励磁電流－磁束密度特性を示す図である。
- [図4]各モデルの磁束線図である。
- [図5]凸1段、凸2段、凸3段モデルを比較するための励磁電流－磁束密度特性を示す図である。
- [図6]各モデルの磁束線図である。
- [図7]本発明の一実施形態であるモータの構成を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0015] 簡単な磁気回路を用いて、エアギャップの形状をいろいろ変えた場合の磁束への影響について、有限要素法による解析計算を行った。その結果を以下に説明する。本発明は解析計算結果からエアギャップを特別の形状にしたときに、起磁力が大きい範囲でトルク性能を向上させることができることを発

見し、そのことを利用してなされたものである。

[0016] (有限要素法による磁束の解析計算)

図1は、有限要素法による解析計算を行うためのエアギャップを含む簡単な磁気回路である。この磁気回路は方形の鉄心からなり、左辺にエアギャップが形成され、右辺に励磁用のコイルが巻かれた回路構造をしている。図のエアギャップ部分は、対向面を平坦にしたノーマルギャップにしてある。ギャップ長(間隔)は0.3mmに設定し、表1に示した設定値の磁気回路を用いている。これをノーマルモデルと称する。

[0017] [表1]

項目	値
一辺の長さ	60 mm
磁路の幅	10 mm
積厚	10 mm
コイルの巻数	300 turn
けい素鋼板	35SXH300

[0018] また、図2は上記のノーマルモデルに対し、ギャップ部分の距離を短縮したり、対向面を凹凸に変形したり、V字に変形したりした種々のモデルを示す。

すなわち、図2(a)は、ギャップ長を、0.21mmに短縮したモデル(0.3mmから70%短縮)であり、「0.21mmモデル」と称する。これはノーマルモデルに比べてトルク性能を3割程度改善させるには、どの程度ギャップ長を短縮しなければならないかの参照にするためのモデルである。

図2(b)は、ギャップ長を0.3mmにしてV字状に形成したモデルであり、「V字ギャップ」と称する。

図2(c)は、板厚が0.35mmの電磁鋼板を用いて1枚ごとの電磁鋼

板（ケイ素鋼板）の寸法を少しずつ変化させてギャップ長を0.3mmに維持しつつV字状に形成したモデルであり、「Vギャップ（凸）モデル」と称する。

図2（d）は、軸方向に沿って段差数が1段の凹凸を1つ形成したモデルであり、「凸1段モデル」と称する。エアギャップの中心間の長さが軸方向および半径方向とも5mmになるようにしてある。

図2（e）は軸方向に沿って段差数が2段の凹凸を1つ形成したモデルであり、「凸2段モデル」と称する。

図2（f）、図2（g）は、「凸1段モデル」「凸2段モデル」の凹凸サイズを半分にして軸方向に2つ並べたモデルであり、「凸1段×2モデル」「凸2段×2モデル」と称する。

図2（h）は軸方向に沿って段差が3段の凹凸を1つ形成したモデルであり、「凸3段モデル」と称する。

[0019] 図2（c）から図2（h）の各モデルは、半径方向（縦方向）のギャップ長が0.3mm、軸方向（横方向）のギャップ長さが0.35mmにしてある。これは後述するように、回転子および固定子は、径（回転子側は磁極部分の外径、固定子側は磁極部分の内径）が異なる電磁鋼板を積層するようにしてギャップ形状を製作することから、軸方向のギャップ長は鋼板の厚さ（0.35mm）に制限されることを考慮したためである。電磁鋼板を積層する場合、V字モデルでは多数の異なる径の電磁鋼板を必要とすることになるが、凸1段モデルは、回転子、固定子それぞれが2種類の径の電磁鋼板を積層すれば足り、凸2段モデル、凸3段モデルは、3種類、4種類の径の電磁鋼板を積層すれば足りることになる。

[0020] なお、エアギャップ部分の対向面積によって通過磁束量が変化するため、図2（d）から図2（h）に示した各モデルは、エアギャップの対向面積が図2（a）に示したノーマルモデルの2倍になるように縦方向（段差全体の高さ）が5mmにしてある（横方向（積厚）は約10mm）。

[0021] 磁界解析には2次元有限要素法を用いた。直流励磁を行い、コイル電流（

起磁力に対応)が0.1 A~0.6 Aの範囲では0.1 Aごと、0.8 A~1.2 Aの範囲では0.2 Aごと、1.5 A~2 Aの範囲では0.5 Aごとにコイル電流を変化させて解析を行った。エアギャップ付近の通過磁束量を検討するために、図1に破線で示した領域の磁束密度Bの値を用いている。これは凸モデルではギャップ付近の磁束密度が局所的に変化するため磁束密度Bから通過磁束量 ϕ ($=BS$; Sは磁路の断面積)を求めることができないためである。

本発明では、励磁電流を0.8 A以上にして起磁力を大きくした領域で、磁束密度を増大することができるかに関心がある。

[0022] 次に、有限要素法による解析結果を説明する。図3(a)はエアギャップ形状によるコイルの励磁電流に対する磁束密度の特性を示す図であり、図3(b)は、図3(a)の0.6 A~0.8 Aの部分の拡大図である。

さらに図4は、ノーマルモデル、Vギャップ(凸)モデル、凸1段モデル、凸2段モデル、凸1段×2モデル、凸2段×2モデルについて、有限要素法によって算出されたエアギャップ近傍の磁束線図である。

[0023] 図3(a)、図3(b)に見られるように、励磁電流(起磁力)が小さい0.1 A~0.6 Aの範囲では凸1段モデルで磁束密度が高いが、0.8 A~2 Aのときは凸2段モデルの磁束密度が高くなるように改善される。また、凸1段×2モデルは、凸1段モデルよりも少し特性が悪い。同様に、凸2段×2モデルは凸2段モデルよりも少しだけ特性が悪い。

以上の結果から凸1段モデルは起磁力が小さいときは好ましいが、起磁力を大きくすると、凸2段モデルの方が優れる。

[0024] 一方、比較例としてのV字ギャップ(凸)モデルでは、ノーマルモデルよりも特性が悪化している。これはギャップ長が局所的に増加していると考えられる。すなわち、図4の磁束線図に見られるように、エアギャップに沿って連続形成される角の影響で、磁束全体がエアギャップ内を斜めに通るようになり、実質的にギャップ長が増加していることになっていると考えられる。エアギャップ部分に形成される角の数が多いほど、角による影響が顕著に

現れ、ギャップ長が増大することになるため、V字（凸）モデルの特性が極端に悪くなったものと考えられる。凸1段×2モデル、凸2段×2モデルと凸1段モデル、凸2段モデルとの関係においても、エアギャップ部分における角の数が多い凸1段×2モデル、凸2段×2モデルと凸1段モデルの方が、特性が悪くなっていると考えられる。

[0025] また、図3において磁束密度の増加率が小さくなる励磁電流0.6 A以上では、磁気飽和の影響も受けるようになる。磁気飽和は図4の磁束線図において磁力線が集中する領域で発生しやすいため、図4において局所的に磁束密度が特に高くなっている凸1段、凸1段×2モデルで顕著に現れる。これらに比べて励磁電流0.6 A以上で特性のよい凸2段モデル、凸2段×2モデルでは磁束密度の高い領域が集中しておらず、前者よりは磁気飽和は生じにくい形状である。

[0026] 以上の結果から、V字ギャップ（凸）モデルのように角の数を増やさないようにするために、段差数は増やしすぎない方がよい。一方、段差数を増やすと、磁気飽和については緩和される傾向もある。

例えば、段差数を1段にすると、励磁電流が小さい領域は特性がよいが、励磁電流を大きくした起磁力が大きい範囲では、磁気飽和の影響を受け、かえって特性が悪化することになる。

[0027] 以上のことから、凸モデルの段差の数の影響が問題となることがわかったので、凸1段モデル、凸2段モデルとともに、図2（h）の凸3段モデルも含めた比較を行った。

[0028] 図5（a）は段差数に着目して凸1段、凸2段、凸3段モデルを比較したときのコイルの励磁電流に対する磁束密度の特性を示す図であり、図5（b）はその部分拡大図である。図に示すように、0.1 A～0.6 Aの範囲は凸1段モデル、0.8 Aのときは凸2段モデル、1 A～2 Aの範囲は凸3段モデルの特性が優れていた。

図6は、凸1段、凸2段、凸3段モデルの磁束線図である。段差数が増えて、エアギャップに角が増えると、エアギャップ内を通過する磁束線が斜め

になり、特性が悪くなる。その一方で、磁力線の局所的な集中が弱まり、磁気飽和は緩和される。これらの影響のバランスから、1 A以上では凸3段モデルが、凸1段、凸2段モデルよりも特性がよくなる。

[0029] 以上の結果を総合すると、ノーマルモデルに比べて凸1段モデルは、励磁電流0.6 A以下の起磁力が小さい範囲では優れているが、励磁電流0.8 A以上の起磁力が大きい範囲ではかえって特性が悪くなる。これに対し、凸2段、凸3段モデルでは0.8 A以上で優れた特性を得ることができる。ただし、これ以上段差数を増やすと、エアギャップの角の影響が顕著になるが、磁気飽和の改善効果は凸3段モデルと同程度以上には得られないので、段差数は2または3にするのが最も優れた効果が得られる。

[0030] (磁気回路構造体の構成)

以上の解析結果を利用して作成した本発明の磁気回路構造体について説明する。

以下、本発明である磁気回路構造体の一実施形態を、モータを例にして図面を用いて説明する。なお、発電機その他に適用する場合であってもエアギャップ部分の構成については同じである。

[0031] 図7(a)は本発明にかかるモータの構成を示す正面図である。モータ10は回転軸11を中心に回転する回転子12と、回転子12の外側に配置される円環状の固定子13とからなる。回転子12には回転子本体12aから半径方向外側に向けて突出した4つの回転子側磁極12bが形成されている。また、固定子13には固定子本体13aから半径方向内側に向けて突出した6つの固定子側磁極13aが形成されている。

[0032] 図7(b)は、図7(a)のA-A'断面図であり、回転子12の回転子側磁極12bが固定子側磁極13bに対向する位置にきたときの状態を示している。

回転子12および固定子13は、鉄損を抑えるために、それぞれ回転軸方向に沿って薄い0.35 mmの電磁鋼板を積層するようにした積層鋼板により形成するようにしてある。

そして、回転子側磁極 1 2 b の外周面と固定子側磁極 1 3 b の内周面とは、それぞれ回転軸の軸線方向に沿って少なくとも 1 つの凹凸状のエアギャップ G が形成され、互いに凹部と凸部とが噛み合って対向するようにしてある。エアギャップの間隙長さは 0.3 mm にしてあり、位置決め精度は従来と同じ程度でよいようにしてある。

[0033] エアギャップの形状について説明する。図 7 (b) の例では、回転子側磁極 1 2 b に 2 つの凸部 2 1, 2 2 が形成され、固定子側磁極 1 3 b にはこれらに対応する位置に 2 つの凹部 2 3, 2 4 が形成してある。回転子側磁極 1 2 b の凸部 2 1, 2 2 は、それぞれ半径方向に 2 段の段差が形成してあり、固定子側磁極 1 3 b の凹部 2 3, 2 4 にも同様に 2 段の段差が形成してある。これらの段差の間隙にエアギャップ G が形成されるため、平坦面のときと比べて対向する面積が増大している。凸部 2 1 と凹部 2 3 とが噛み合っできるエアギャップ部分には合計 8 箇所の角が形成されている。

[0034] このような形状のエアギャップを備えたモータにすることにより、起磁力の大きい範囲で、平坦面が対向する従来形状のエアギャップのモータよりも高いトルク性能が得られるようになる。

[0035] なお、上記実施例は図 2 (g) の凸 2 段 × 2 モデルをモータに採用したものであるが、これに代えて、図 2 (e) で示した凸 2 段モデル、図 2 (h) で示した凸 3 段モデル、さらには凸 3 段 × 2 モデルを採用した場合でも、起磁力が大きい範囲で高いトルク性能が得られる。一方、段差数を 4 段以上にすると、角の数が増大することの影響が増大してしまい、改善効果が得られなくなるので、凸 2 段、凸 3 段にすることで所望の効果が得られた。

[0036] また、回転子と固定子の内外の関係は逆でも良く、回転子は可動子として構成されていてもよい。この場合は、図示を省略するが、図 7 における回転子 1 2 が「固定子 1 2' 」となり、図 7 における固定子 1 3 が「回転子 1 3' 」となるように入れ替わり、「回転子 1 3' 」と回転軸 1 1 とが「固定子 1 2' 」の外側で連結部材によって接続されるようになる。

産業上の利用可能性

[0037] 本発明は、モータ等の磁気回路構造体として利用することができる。

符号の説明

- [0038] 1 0 モータ
1 1 回転軸
1 2 回転子
1 2 b 回転子側磁極
1 3 固定子
1 3 b 固定子側磁極
2 1, 2 2 凸部
2 3, 2 4 凹部
G エアギャップ

請求の範囲

[請求項1] 回転軸を中心に回転可能に支持され複数の回転子側磁極が外周面に形成された回転子と、前記回転子側磁極の外側を囲むように配置され複数の固定子側磁極が内周面に形成された固定子とを備え、回転子側磁極と固定子側磁極とが対向する位置で回転子側磁極の外周面と固定子側磁極の内周面との間にエアギャップが形成される構造を有する磁気回路構造体であって、

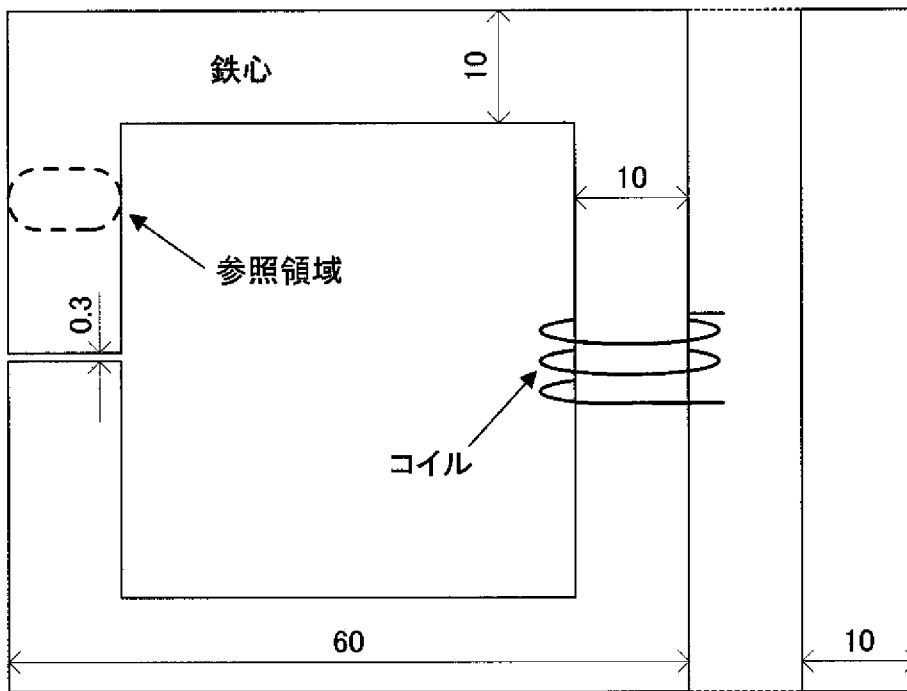
前記エアギャップは回転子側磁極の外周面と前記固定子側磁極の内周面とが、回転軸の軸線方向に沿って互いに対向する凹凸が少なくとも1つ形成されるとともに、それぞれの凹凸単位には回転軸半径方向に2段または3段の段差が含まれることを特徴とする磁気回路構造体。

[請求項2] 回転軸を中心に回転可能に支持され複数の回転子側磁極が内周面に形成された回転子と、前記回転子側磁極の内側に配置され複数の固定子側磁極が外周面に形成された固定子とを備え、回転子側磁極と固定子側磁極とが対向する位置で回転子側磁極の内周面と固定子側磁極の外周面との間にエアギャップが形成される構造を有する磁気回路構造体であって、

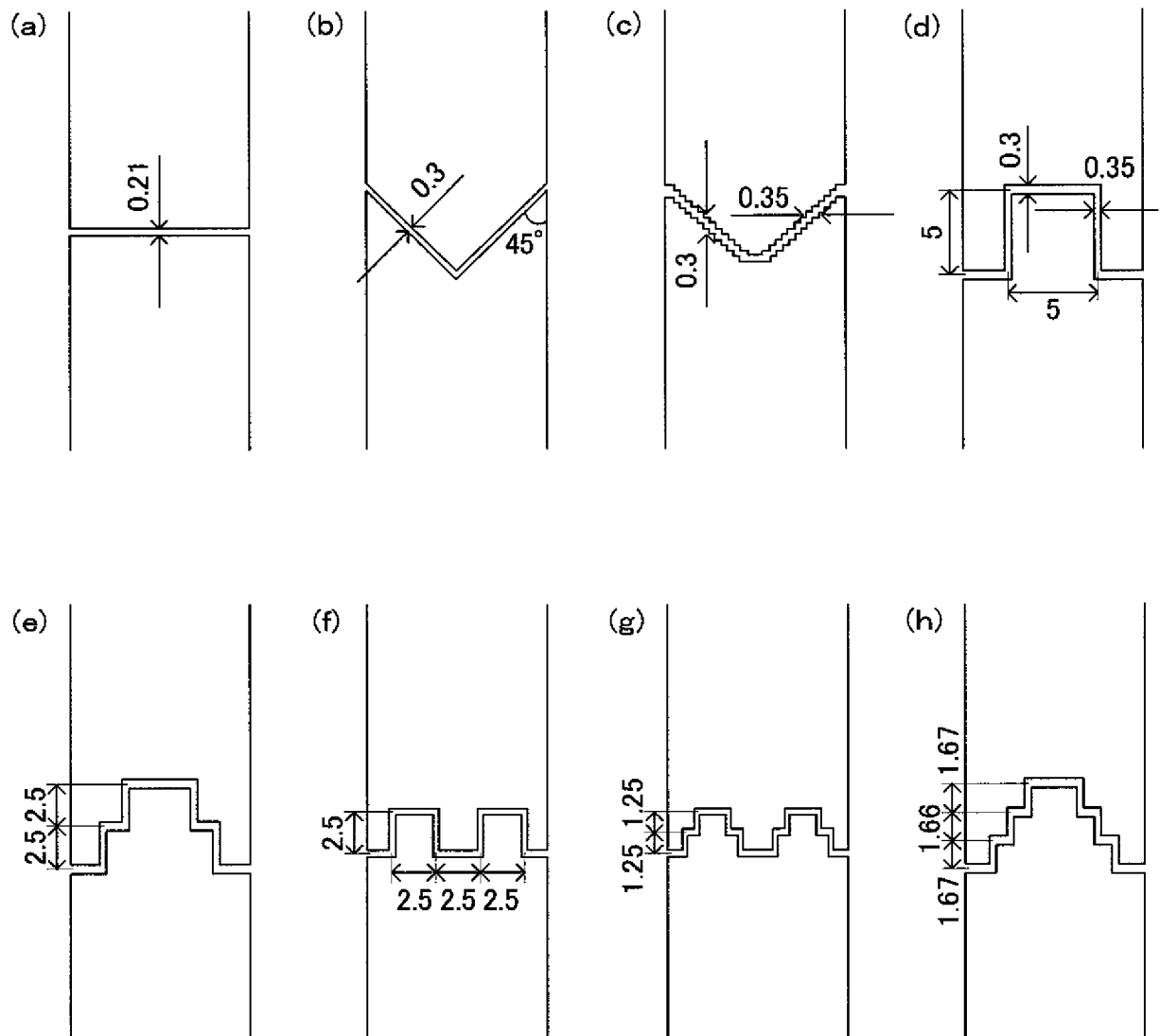
前記エアギャップは回転子側磁極の内周面と前記固定子側磁極の外周面とが、回転軸の軸線方向に沿って互いに対向する凹凸が少なくとも1つ形成されるとともに、それぞれの凹凸単位には回転軸半径方向に2段または3段の段差が含まれることを特徴とする磁気回路構造体。

[請求項3] 回転軸半径方向の段差が2段のときは前記回転子と前記固定子とはそれぞれ3種類の異なる形状の積層鋼板で形成され、回転軸半径方向の段差が3段のときは前記回転子と前記固定子とはそれぞれ4種類の異なる形状の積層鋼板で形成される請求項1または請求項2のいずれかに記載の磁気回路構造体。

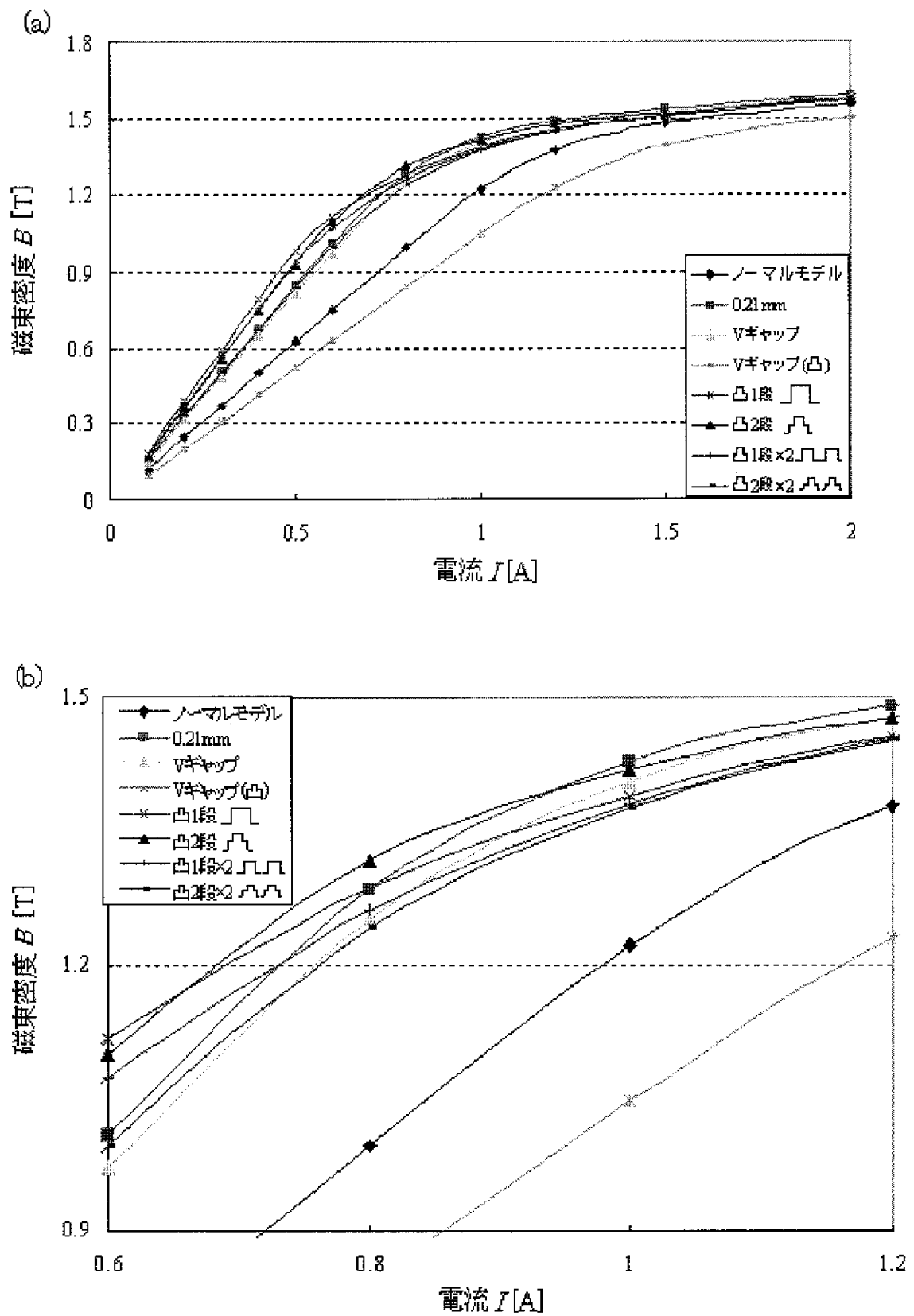
[図1]



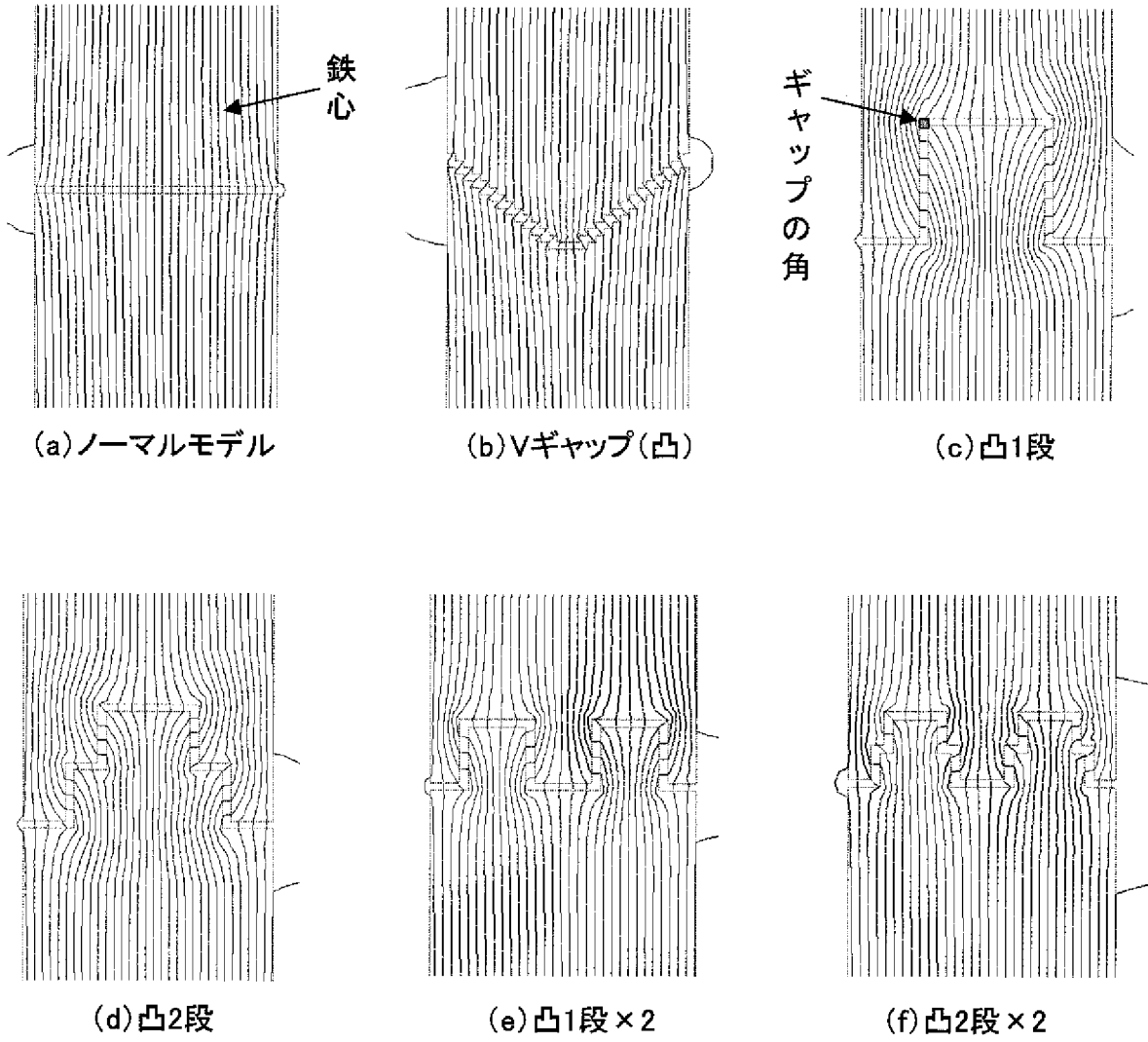
[図2]



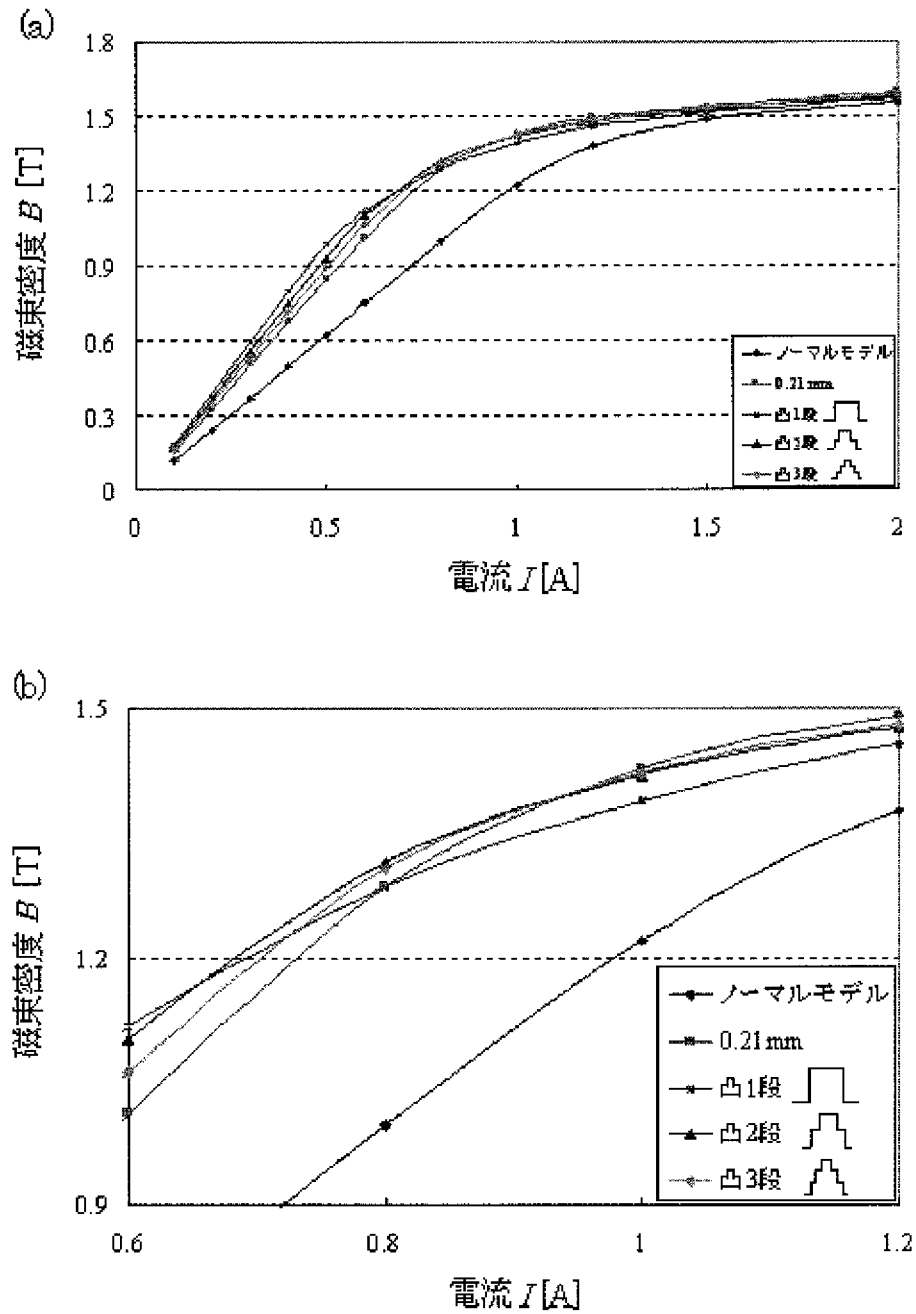
[図3]



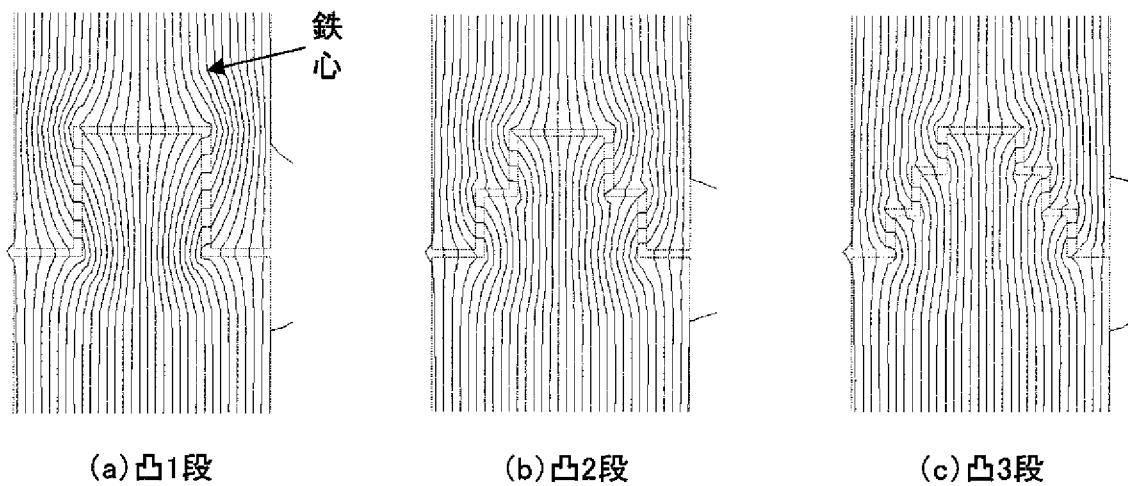
[図4]



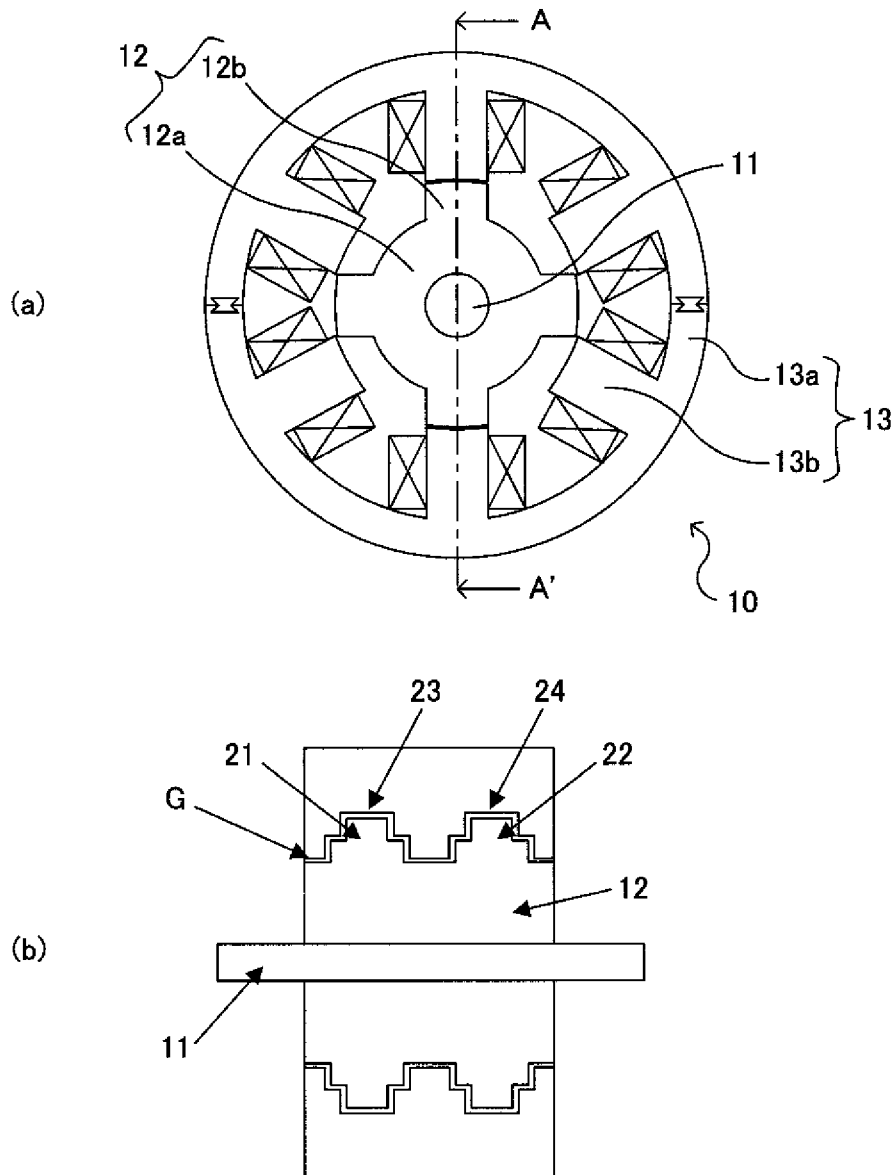
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055653

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/06(2006.01) i, H02K1/14(2006.01) i, H02K1/18(2006.01) i, H02K1/24(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)

H02K1/06, H02K1/14, H02K1/18, H02K1/24

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	JP 11-299131 A (LG Electronics Inc.), 29 October 1999 (29.10.1999), entire text; fig. 1 to 9 & EP 944158 A2 & KR 10-0292492 B1 & CN 1229300 A	1-3
Y	JP 2004-364368 A (Toyota Motor Corp.), 24 December 2004 (24.12.2004), entire text; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-3
Y	JP 2005-124355 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 12 May 2005 (12.05.2005), entire text; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-3

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
21 June, 2010 (21.06.10)

Date of mailing of the international search report
29 June, 2010 (29.06.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055653

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 181942/1986 (Laid-open No. 88071/1988) (Toshiba Corp.), 08 June 1988 (08.06.1988), entire text; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-3
A	JP 11-289726 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 19 October 1999 (19.10.1999), entire text; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-3
A	JP 2008-141900 A (Mitsuba Corp.), 19 June 2008 (19.06.2008), entire text; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K1/06(2006.01)i, H02K1/14(2006.01)i, H02K1/18(2006.01)i, H02K1/24(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. H02K1/06, H02K1/14, H02K1/18, H02K1/24

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	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010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	JP 11-299131 A (エルジー電子株式会社) 1999.10.29, 全文, 第1-9図 & EP 944158 A2 & KR 10-0292492 B1 & CN 1229300 A	1-3
Y	JP 2004-364368 A (トヨタ自動車株式会社) 2004.12.24, 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 2005-124355 A (大阪瓦斯株式会社) 2005.05.12, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-3

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

21.06.2010

国際調査報告の発送日

29.06.2010

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)

河村 勝也

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V

3923

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	日本国実用新案登録出願 61-181942 号(日本国実用新案登録出願公開 63-88071 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社東芝) 1988.06.08, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 11-289726 A (日産自動車株式会社) 1999.10.19, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2008-141900 A (株式会社ミツバ) 2008.06.19, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-3