

(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2008-228460

(P2008-228460A)

(43) 公開日 平成20年9月25日(2008.9.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
HO2K 1/27 (2006.01)	HO2K 1/27 501A	5H621
HO2K 21/14 (2006.01)	HO2K 21/14 M	5H622

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-63791 (P2007-63791)
 (22) 出願日 平成19年3月13日 (2007.3.13)

(71) 出願人 593165487
 学校法人金沢工業大学
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号
 (74) 代理人 100105924
 弁理士 森下 賢樹
 (72) 発明者 島 和男
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号 学
 校法人金沢工業大学内
 (72) 発明者 深見 正
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号 学
 校法人金沢工業大学内
 (72) 発明者 花岡 良一
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号 学
 校法人金沢工業大学内

最終頁に続く

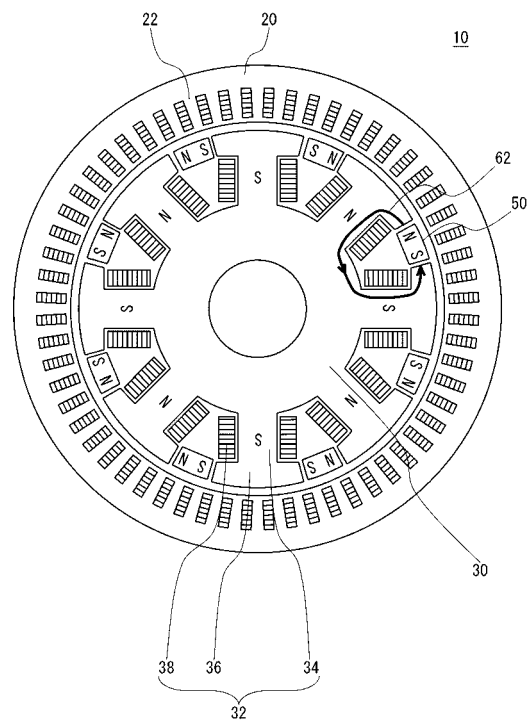
(54) 【発明の名称】 回転機及び回転機を製造する方法

(57) 【要約】

【課題】 回転機における磁気飽和を低減する。

【解決手段】 突極形の同期機 10 は、固定子 20 と、複数の突極 32 を有する回転子 30 とを備える。突極 32 は、界磁巻線 38 を巻き付ける突極胴部 34 と、突極胴部 34 よりも大きな径又は幅を有する突極頭部 36 とを含む。隣接する突極 32 の突極頭部 36 の間に、突極 32 が界磁された極と同じ極が対向するように永久磁石 50 が設けられる。永久磁石 50 は、突極頭部 36 に接するように設けられる。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定子と、回転子と、前記固定子又は前記回転子に設けられた突極と、を備え、
前記突極は、
界磁巻線を巻き付ける胴部と、
前記胴部よりも大きな径又は幅を有する頭部と、を含み、
隣接する突極の頭部の間に、前記突極が界磁された極と同じ極が対向するように設けられた磁石を更に備えることを特徴とする回転機。

【請求項 2】

前記磁石は、前記頭部に接するように設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の回転機。 10

【請求項 3】

前記磁石は、前記磁石の外周側の表面と前記頭部の外周側の表面の間に段差が生じないように、前記頭部の間に配置されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の回転機。

【請求項 4】

前記磁石は、外周側よりも幅の広い部分を有した形状を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の回転機。

【請求項 5】

前記磁石は、内周側から外周側へ幅が狭くなる形状を有することを特徴とする請求項 4 に記載の回転機。 20

【請求項 6】

前記突極及び前記磁石は、前記回転子の回転軸の軸方向に間隙をもって積層された複数の層を有することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の回転機。

【請求項 7】

前記突極及び前記磁石は、同じ位置に前記間隙を有することを特徴とする請求項 6 に記載の回転機。

【請求項 8】

前記間隙に絶縁層が形成されたことを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の回転機。

【請求項 9】

前記突極の頭部及び前記磁石の外周側の表面に溝が形成されたことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の回転機。 30

【請求項 10】

前記溝は、前記回転子の回転軸に垂直な面に沿って設けられることを特徴とする請求項 9 に記載の回転機。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれかに記載の回転機を製造する方法であって、
前記磁石を前記突極の頭部の間に配置するステップと、
前記回転子を回転させるときと逆の極性に前記突極を励磁するステップと、
前記磁石を前記突極の頭部の間に固定して接着するステップと、
を備えることを特徴とする方法。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転機に関し、とくに、突極形の同期機に関する。

【背景技術】

【0002】

突極形同期機は、水力発電機・エンジン発電機・産業用電動機など各種用途に使用されている重要な機器である。突極形同期機については、一般的な教科書に詳述されている（例えば、非特許文献 1 参照）。

【非特許文献 1】野中作太郎著、「電気機器（Ⅰ）」、第 1 版第 1 3 刷、森北出版株式会社 50

社、1983年8月、p.218-219、p.234

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

同期機の回転子の突極として鉄などの強磁性体を用いた方が、より少ない電流で大きな磁束密度が得られ、効率的である。しかし、鉄心では、磁気飽和により、2～3テスラを越える磁束密度を得ることができず、また、磁気飽和が生じると大きな界磁電流が必要となるという問題がある。磁気飽和の影響を低減することが可能な技術の開発が望まれている。

【0004】

本発明は、こうした現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、回転機における磁気飽和を低減する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明のある態様は、回転機に関する。この回転機は、固定子と、回転子と、前記固定子又は前記回転子に設けられた突極と、を備え、前記突極は、界磁巻線を巻き付ける胴部と、前記胴部よりも大きな径又は幅を有する頭部と、を含み、隣接する突極の頭部の間に、前記突極が界磁された極と同じ極が対向するように設けられた磁石を更に備えることを特徴とする。

【0006】

前記磁石は、前記頭部に接するように設けられてもよい。前記磁石は、前記磁石の外周側の表面と前記頭部の外周側の表面の間に段差が生じないように、前記頭部の間に配置されてもよい。前記磁石は、外周側よりも幅の広い部分を有した形状を有してもよい。前記磁石は、内周側から外周側へ幅が狭くなる形状を有してもよい。

【0007】

前記突極及び前記磁石は、前記回転子の回転軸の軸方向に間隙をもって積層された複数の層を有してもよい。前記突極及び前記磁石は、同じ位置に前記間隙を有してもよい。前記間隙に絶縁層が形成されてもよい。

【0008】

前記突極の頭部及び前記磁石の外周側の表面に溝が形成されてもよい。前記溝は、前記回転子の回転軸に垂直な面に沿って設けられてもよい。

【0009】

本発明の別の態様は、回転機の製造方法に関する。この方法は、上記のいずれかの回転機を製造する方法であって、前記磁石を前記突極の頭部の間に配置するステップと、前記回転子を回転させるときと逆の極性に前記突極を励磁するステップと、前記磁石を前記突極の頭部の間に固定するステップと、を備えることを特徴とする。

【0010】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システムなどの変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、回転機における磁気飽和を低減する技術を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

図1は、従来の突極形の同期機10の構成を示す。図1は、同期機10の断面を模式的に示している。同期機10は、外側に配置された円柱状の固定子20と、固定子20の内側に固定子20と同軸に配置された回転子30を備える。回転子30は、鉄などの強磁性体で形成された複数の突極32を有している。突極32は、界磁巻線38を巻き付けるための突極胴部34と、突極胴部34よりも大きな径又は幅を有する突極頭部36とを有する。突極胴部34に巻き付けられた界磁巻線38に電流が供給されると、突極32が励磁

10

20

30

40

50

される。励磁された突極 3 2 と、固定子 2 0 の電機子 2 2 との間に働く電磁力により、回転子 3 0 が回転する。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、突極 3 2 の外観を模式的に示す。突極 3 2 の突極頭部 3 6 は、突極胴部 3 4 よりも大きな径又は幅を有する。これにより、突極胴部 3 4 に巻き付けられた界磁巻線 3 8 が遠心力で径方向に飛び出さないように押さえられる。

【 0 0 1 4 】

鉄心の突極形の同期機 1 0 では、鉄の磁気飽和により同期機 1 0 の端子電圧が制限されるという問題がある。磁気飽和は、鉄心の各部に生じるが、とくに回転子 3 0 の突極胴部 3 4 及び突極頭部 3 6 における磁気飽和が最も強い場合が多い。また、界磁巻線 3 8 の界磁ジュール損失や発熱を低減するためには、界磁巻線 3 8 の断面積を広くするのが好ましいが、界磁巻線 3 8 の断面積を広くするには、突極胴部 3 4 の径又は幅を小さくしたり、突極頭部 3 6 の径方向の厚さを薄くしたりする必要があり、より狭い領域に磁力線が集中して磁気飽和を起こしやすくなる。とくに、図 1 及び図 2 に示した突極形の同期機 1 0 では、自動車用オルタネータなどに用いられる爪形磁極の同期機と異なり、負荷時に突極頭部 3 6 の周方向端部で磁気飽和が起こりやすくなる。

10

【 0 0 1 5 】

本実施の形態では、突極 3 2 を形成する鉄心の磁気飽和を低減するために、磁極間に永久磁石を挿入する技術を提案する。

【 0 0 1 6 】

図 3 は、本実施の形態に係る同期機 1 0 の構成を示す。本実施の形態では、突極 3 2 における磁気飽和を低減するために、隣接する突極 3 2 の突極頭部 3 6 の間に永久磁石 5 0 が設けられる。永久磁石 5 0 は、突極 3 2 が界磁された極と同じ極が対向するように設けられる。すなわち、N 極に界磁された突極 3 2 に永久磁石 5 0 の N 極が対向し、S 極に界磁された突極 3 2 に永久磁石 5 0 の S 極が対向するようにする。このようにすれば、永久磁石 5 0 により、図 1 に示した界磁巻線 3 8 による磁束 6 0 を打ち消す方向に突極 3 2 内に磁束 6 2 が発生するので、突極 3 2 における磁気飽和が低減される。

20

【 0 0 1 7 】

図 4 は、本実施の形態に係る突極 3 2 の外観を模式的に示す。隣接する突極 3 2 の突極頭部 3 6 の間に永久磁石 5 0 が挿入されている。永久磁石 5 0 は、突極頭部 3 6 に接するように設けられる。これにより、永久磁石 5 0 から出る磁束が効率良く突極 3 2 に達するので、磁気飽和を低減させる効果を向上させることができる。また、永久磁石 5 0 が、突極頭部 3 6 の間の隙間を埋め、かつ、永久磁石 5 0 の外周側の表面と突極頭部 3 6 の外周側の表面の間に段差が生じないように、突極頭部 3 6 の間に配置されることで、回転子 3 0 が回転するときの摩擦損失を低減することができる。

30

【 0 0 1 8 】

本発明者は、有限要素解析 (F E A) を用いて、図 3 及び図 4 に示した構造の有効性を検証した。以下、解析の内容について説明する。解析対象機は、固定子内径 9 1 4 m m 、固定子外径 1 2 4 0 m m 、軸方向長 5 0 7 m m 、定格速度 $7 5 0 \text{ min}^{-1}$ 、 Y 結線の 8 極機とする。運転条件は無負荷時とし、ダンパーや永久磁石などの渦電流を無視した静磁界解析とする。界磁電流は一定とする。回転子を 1 極あたり 1 0 0 分割で回転させる。永久磁石の残留磁束密度を 1 . 2 T 、リコイル比透磁率を 1 . 0 5 とする。固定子及び回転子鉄心の B H 特性には、それぞれ無方向性電磁鋼帯 5 0 A 4 0 0 、 5 0 A 1 0 0 0 の直流磁化曲線を用いる。

40

【 0 0 1 9 】

図 5 (a) は、図 1 に示した回転機と同様に、永久磁石を挿入していない従来の構造の解析対象機 A の断面を示す。図 6 (a) は、図 3 に示した本実施の形態の構造の解析対象機 B の断面を示す。図 7 (a) は、突極胴部の幅を解析対象機 A 及び B よりも 3 0 % 細くし、これに伴いコイル領域の断面積を約 5 0 % 増した構造の解析対象機 C の断面を示す。

【 0 0 2 0 】

50

図5(b)、図6(b)、図7(b)は、界磁電流130Aにおける解析対象機A、B、Cの磁束線図を示す。解析対象機Bの突極胴部の磁束密度は、解析対象機Aよりも0.28T小さい。また、解析対象機Cは、解析対象機Aよりも突極胴部の幅を約30%細くしたにもかかわらず、突極胴部の磁束密度が同等であることが分かる。

【0021】

図8は、永久磁石による磁束線図を示す。ギャップを横切って固定子側に達する磁束線は見られず、全ての磁束線が突極内を通っている。この磁束線が界磁巻線による磁束線と打ち消し合い、突極における磁気飽和を緩和していると考えられる。

【0022】

図9は、それぞれの解析対象機の無負荷飽和曲線を示す。従来の構造の解析対象機Aでは、界磁電流が90A付近から磁気飽和の影響が現れることが分かる。一方、永久磁石を挿入した解析対象機Bでは、110A付近から磁気飽和の影響が現れている。すなわち、永久磁石の挿入によって不飽和領域が拡大している。

10

【0023】

図9において、端子電圧が700Vの領域に注目すると、解析対象機Aよりも解析対象機Bの方が、界磁電流を約40A低減できることが分かる。すなわち、永久磁石の挿入によって、界磁電流低減効果を得ることができる。また、界磁電流が150Aの領域に注目すると、解析対象機Aでは端子電圧が700V強にとどまっているのに対して、解析対象機Bでは850V近くの端子電圧が生じていることが分かる。すなわち、永久磁石の挿入によって端子電圧向上効果を得ることができる。

20

【0024】

解析対象機Cは、解析対象機Aよりも突極胴部の幅を30%細くしたにもかかわらず、同等の端子電圧が得られている。したがって、永久磁石を挿入することによって、端子電圧を減らすことなく、界磁コイル領域の断面積を約50%増加することができる。これにより、界磁ジュール損失や界磁巻線発熱を低減することが可能となる。

【0025】

一方、界磁電流が90A以下の領域に注目すると、解析対象機A、B、及びCのギャップ線が一致していることが分かる。すなわち、磁気飽和の生じない領域では、永久磁石の効果が無いことが分かる。

【0026】

以上のように、永久磁石の挿入により、解析対象機の磁気飽和が顕著に緩和されることが示された。

30

【0027】

上記の解析は、無負荷時のものであるが、負荷時にも同様に、永久磁石の挿入により磁気飽和が顕著に緩和される。突極形の同期機を電動機として用いる場合、負荷時には、回転子を回転させるために、回転方向前方の電機子と突極が引き合うように電機子の極性が制御されるため、突極頭部の回転方向前方側の端部、すなわち、界磁巻線とエアギャップの間の部分に、より多くの磁束が集中して、磁気飽和がとくに起こりやすくなる。これにより、大きな界磁電流が必要となるという問題が生じる。同様の問題は、同期機を発電機として用いる場合にも生じうる。しかし、突極頭部間に永久磁石を挿入することにより、突極頭部の周方向端部及び突極胴部における磁気飽和を顕著に低減させることができるので、同期機の性能を一段と向上させることができる。

40

【0028】

図10は、実施の形態に係る同期機10の別の構成例を示す。図10に示した同期機10では、永久磁石50が、内周側から外周側へ向かって徐々に幅が狭くなる形状を有している。

【0029】

図11は、図10に示した同期機10の突極32の外観を模式的に示す。このように、永久磁石50の外周側の幅を、内周側の幅よりも狭くしておき、かつ、突極頭部36と永久磁石50が接するように永久磁石50を配置することにより、永久磁石50が遠心力で

50

外へ飛び出さないように、突極頭部 36 で押さえる構造とすることができる。

【0030】

図 12 は、実施の形態に係る同期機 10 の別の構成例を示す。図 12 に示した同期機 10 では、永久磁石 50 が、外周側よりも幅の広い部分を有した形状を有している。

【0031】

図 13 は、図 12 に示した同期機 10 の突極 32 の外観を模式的に示す。このように、永久磁石 50 の外周側の幅を、中心付近の幅よりも狭くしておき、かつ、突極頭部 36 と永久磁石 50 が接するように永久磁石 50 を配置することにより、永久磁石 50 が遠心力で外へ飛び出さないように、突極頭部 36 で押さえる構造とすることができる。永久磁石 50 は、少なくとも一部において、外周に向かって幅が狭くなる領域がある形状を有して

10

【0032】

図 14 は、従来同期機 10 の別の構成例を示す。図 14 に示した同期機 10 では、回転子 30 が、回転子 30 の回転軸の軸方向に間隙 40 をもって積層された複数の層 30a、30b、・・・を有する構造となっている。これにより、回転子 30 において界磁巻線 38 などに生じた熱を効率良く外部へ発散させることができる。

【0033】

図 15 は、本実施の形態の同期機 10 における突極 32 の外観を模式的に示す。図 14 に示したような構造の同期機 10 に永久磁石 50 を挿入する場合、永久磁石 50 も、回転子 30 と同じ位置に間隙 40 を有するように、回転子 30 の回転軸の軸方向に積層された

20

【0034】

間隙 40 に絶縁層が形成されてもよい。これにより、突極頭部 36 や永久磁石 50 の表面に生じる渦電流を低減し、渦電流損を低減することができる。複数の層の回転子 30 と絶縁層は一体的に構成されてもよい。また、絶縁層は、突極頭部 36 及び永久磁石 50 の部分にのみ形成されてもよい。

【0035】

図 16 は、本実施の形態の同期機 10 における突極 32 の外観を模式的に示す。本図では、分かりやすくするために、永久磁石 50 を省略している。図 16 に示した同期機 10

30

【0036】

図 17 は、本実施の形態に係る同期機 10 における突極 32 の外観を模式的に示す。本図では、図 16 に示した同期機 10 の構成に永久磁石 50 を加えている。永久磁石 50 の外周側の表面にも溝 42 が設けられている。永久磁石 50 の表面の溝 42 は、突極頭部 36 の表面の溝 42 と同じ位置に設けられてもよい。

【0037】

本実施の形態の同期機 10 を製造する場合、永久磁石 50 を突極頭部 36 の間に配置した後、回転子 30 を回転させるときと逆方向に界磁巻線 38 に電流を供給し、逆の極性に突極 32 を励磁する。これにより、永久磁石 50 の N 極側の突極 32 が S 極に、S 極側の突極 32 が N 極に励磁され、永久磁石 50 が突極頭部 36 に電磁力で固定されるので、その間に、永久磁石 50 を突極頭部 36 に溶接や治具などで接着すればよい。このとき、永久磁石 50 を着磁する必要があるれば、着磁に必要な磁力が生じるように、界磁巻線 38 に電流を供給すればよい。

40

【0038】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能で、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

50

【 0 0 3 9 】

実施の形態では、回転界磁形の突極形同期機について説明したが、回転電機子形の突極形同期機についても同様に本実施の形態の技術を適用可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 0 】

【 図 1 】 従来の突極形の同期機の構成を示す図である。

【 図 2 】 突極の外観を模式的に示す。

【 図 3 】 本実施の形態に係る同期機の構成を示す図である。

【 図 4 】 本実施の形態に係る突極の外観を模式的に示す。

【 図 5 】 図 5 (a) は、図 1 に示した回転機と同様に、永久磁石を挿入していない従来の構造の解析対象機 A の断面を示す図であり、図 5 (b) は、解析対象機 A の磁束線図である。

10

【 図 6 】 図 6 (a) は、図 3 に示した本実施の形態の構造の解析対象機 B の断面を示す図であり、図 6 (b) は、解析対象機 B の磁束線図である。

【 図 7 】 図 7 (a) は、突極胴部の幅を解析対象機 A 及び B よりも 3 0 % 細くし、これに伴いコイル領域の断面積を約 5 0 % 増した構造の解析対象機 C の断面を示す図であり、図 7 (b) は、解析対象機 C の磁束線図である。

【 図 8 】 永久磁石による磁束線図を示す図である。

【 図 9 】 それぞれの解析対象機の無負荷飽和曲線を示す図である。

【 図 1 0 】 実施の形態に係る同期機の別の構成例を示す図である。

20

【 図 1 1 】 図 1 0 に示した同期機の突極の外観を模式的に示す。

【 図 1 2 】 実施の形態に係る同期機の別の構成例を示す図である。

【 図 1 3 】 図 1 2 に示した同期機の突極の外観を模式的に示す。

【 図 1 4 】 従来の同期機の別の構成例を示す図である。

【 図 1 5 】 本実施の形態の同期機における突極の外観を模式的に示す。

【 図 1 6 】 本実施の形態の同期機における突極の外観を模式的に示す。

【 図 1 7 】 本実施の形態に係る同期機における突極の外観を模式的に示す。

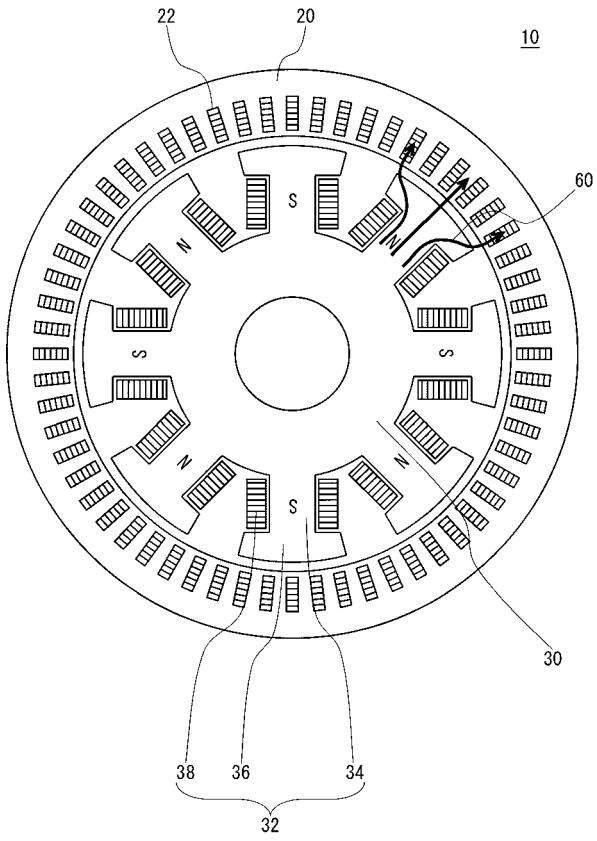
【 符号の説明 】

【 0 0 4 1 】

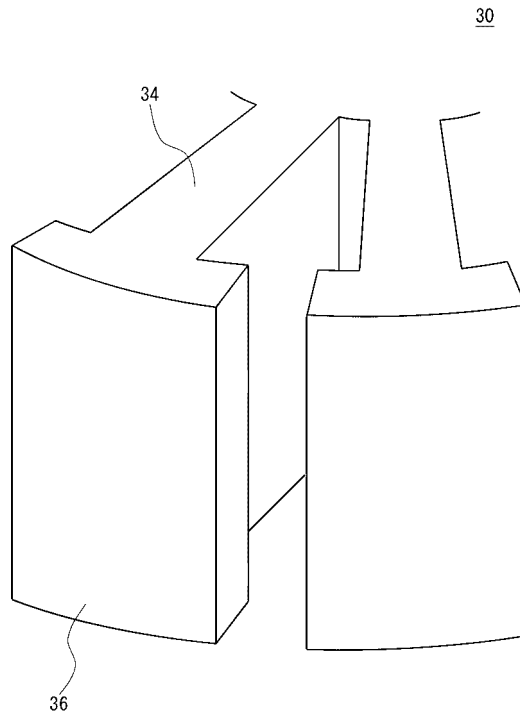
1 0 同期機、 2 0 固定子、 2 2 電機子、 3 0 回転子、 3 2 突極、 3 4 突極胴部、 3 6 突極頭部、 3 8 界磁巻線、 4 0 間隙、 4 2 溝、 5 0 永久磁石。

30

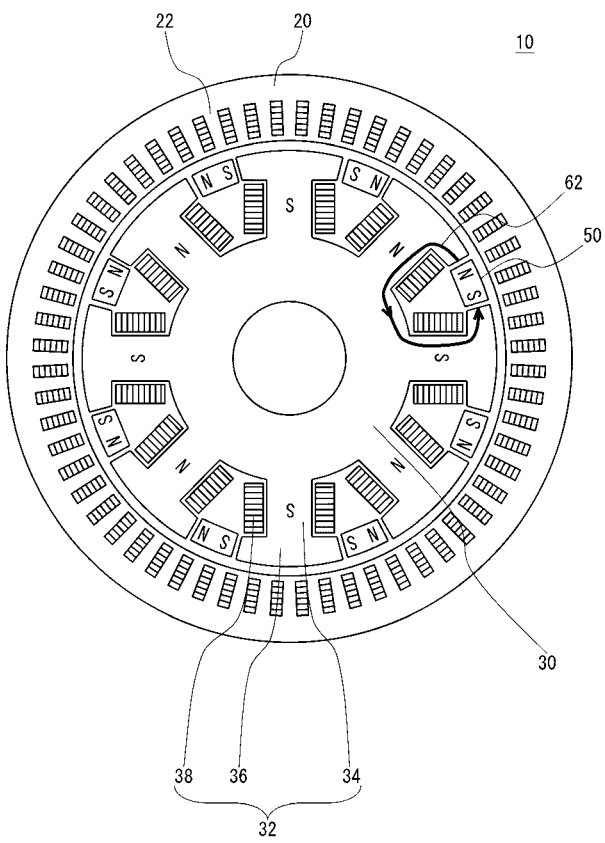
【 図 1 】



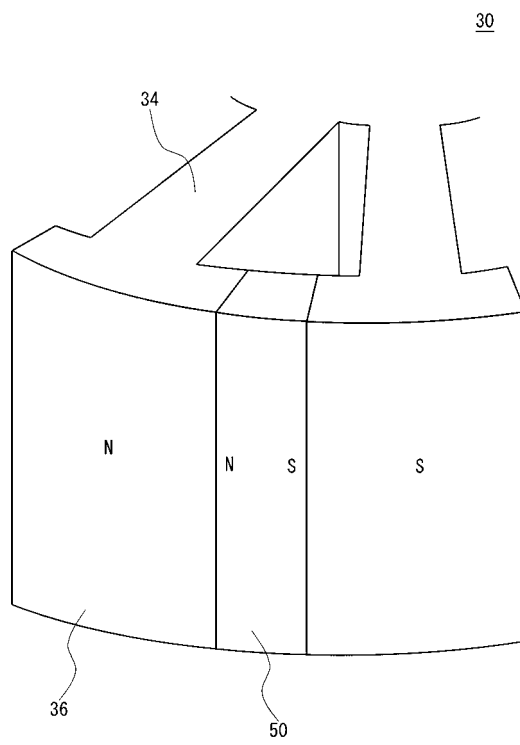
【 図 2 】



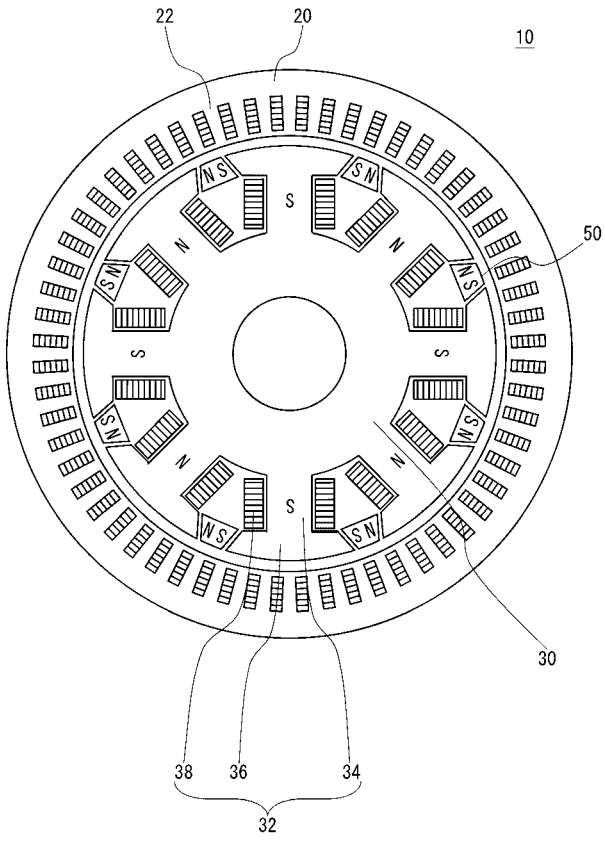
【 図 3 】



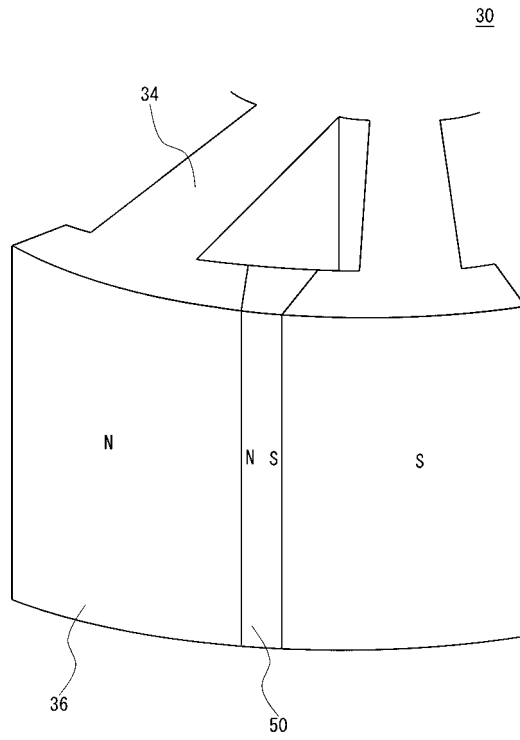
【 図 4 】



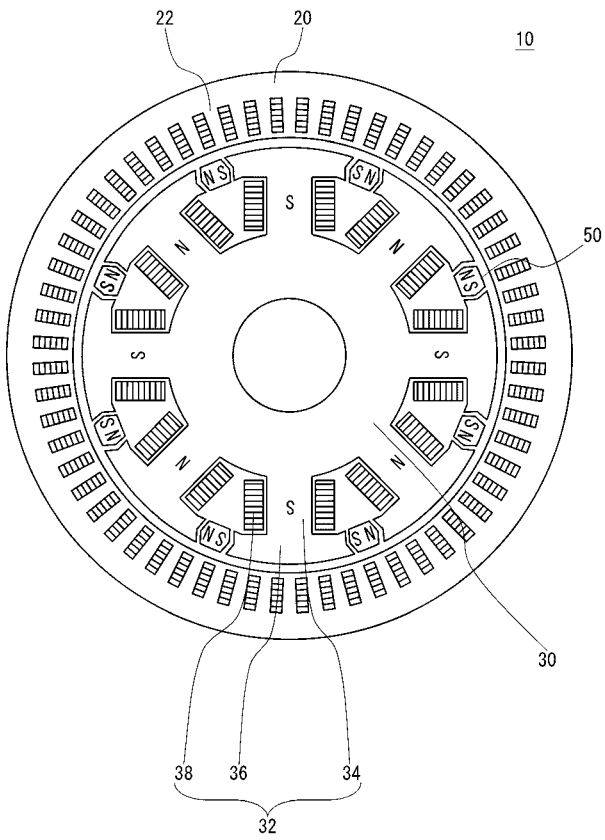
【図 10】



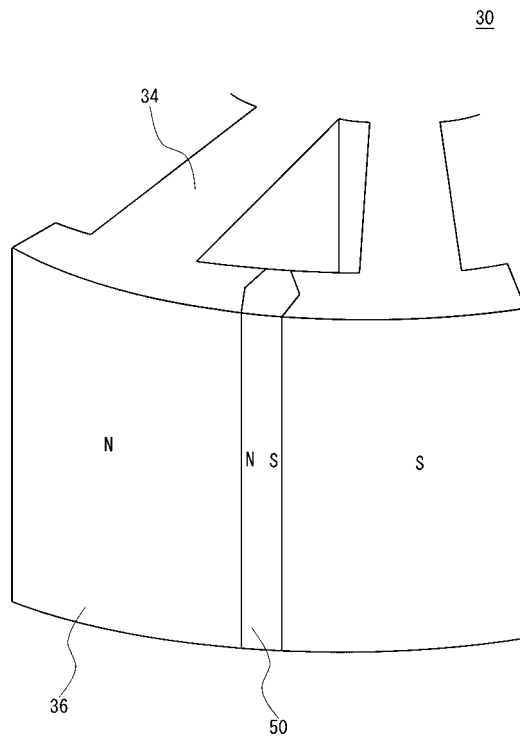
【図 11】



【図 12】

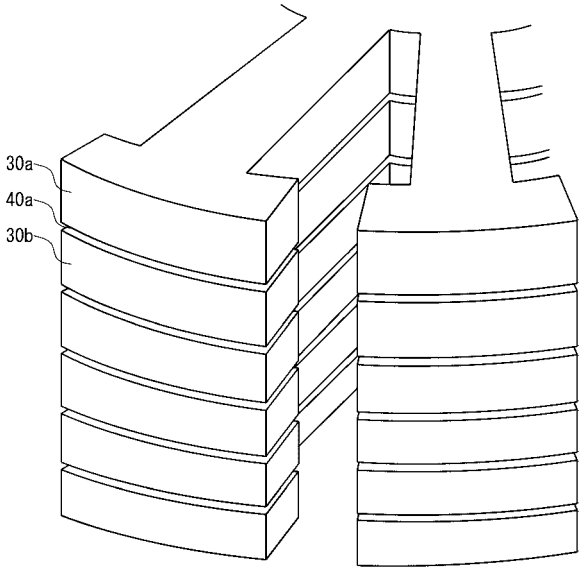


【図 13】



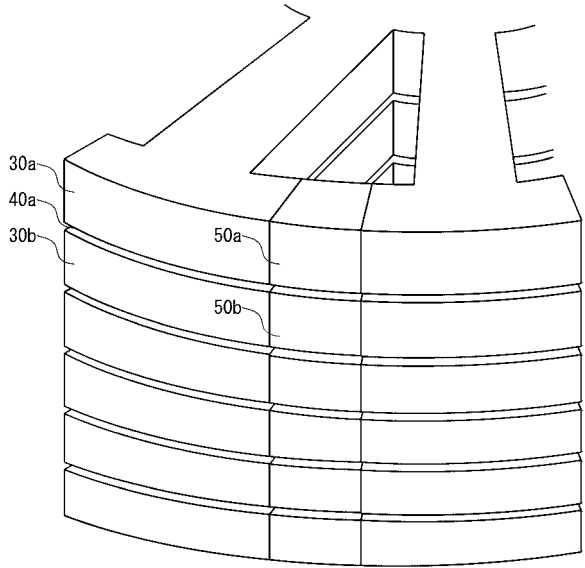
【 図 1 4 】

30



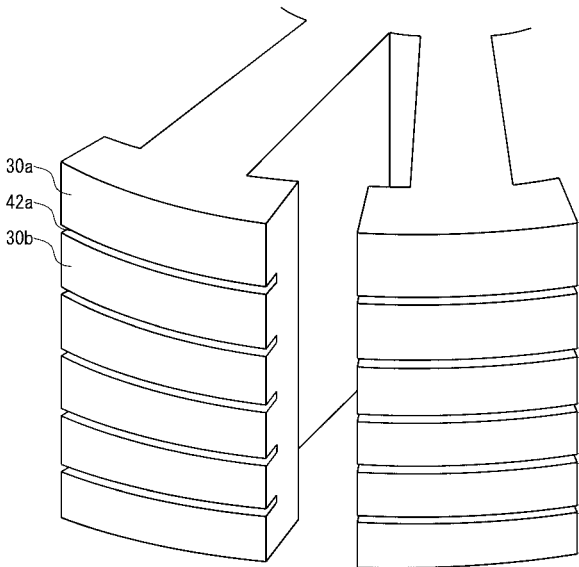
【 図 1 5 】

30



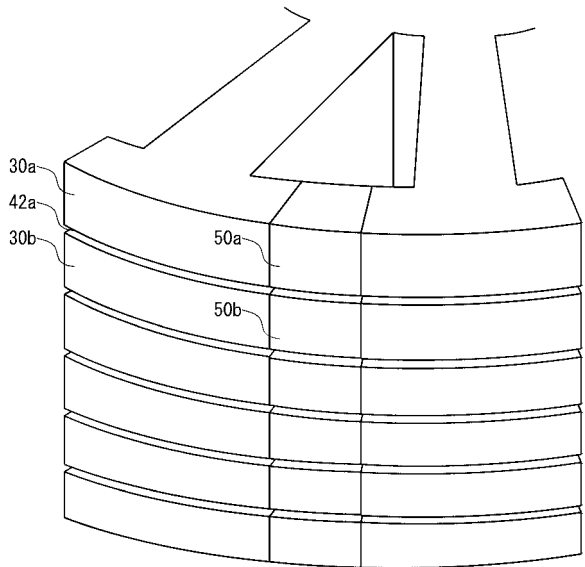
【 図 1 6 】

30

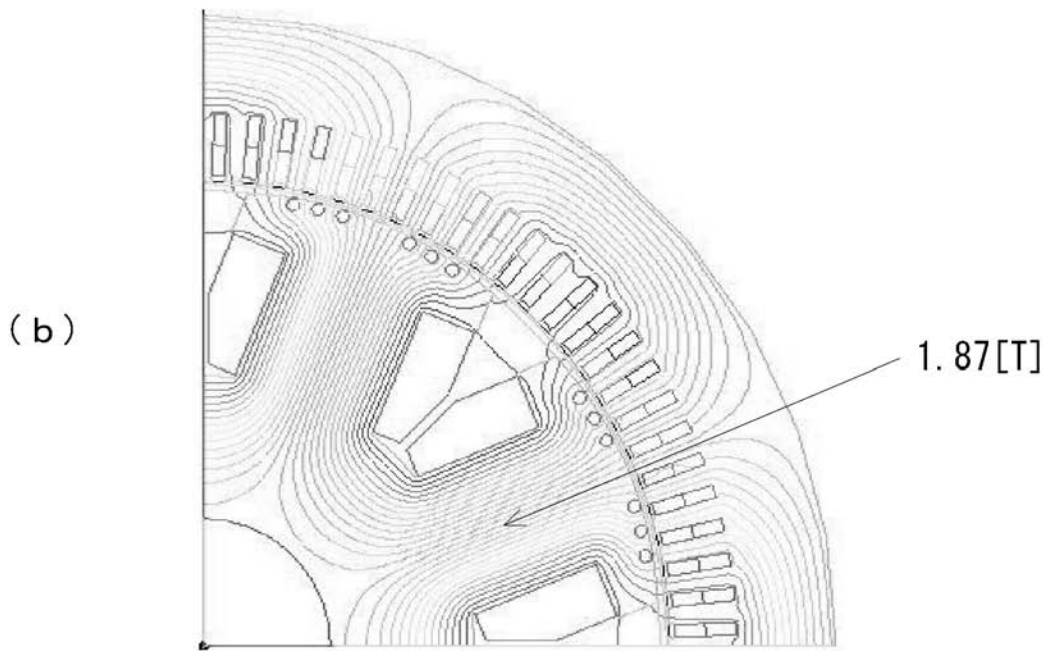
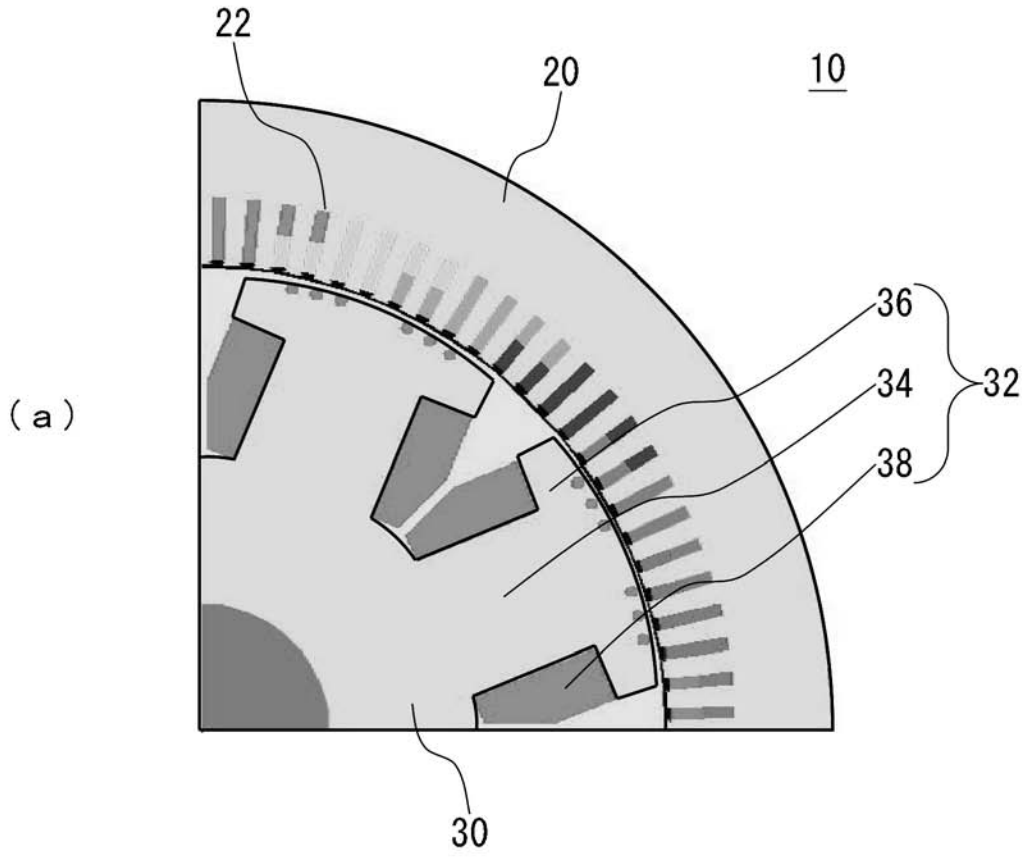


【 図 1 7 】

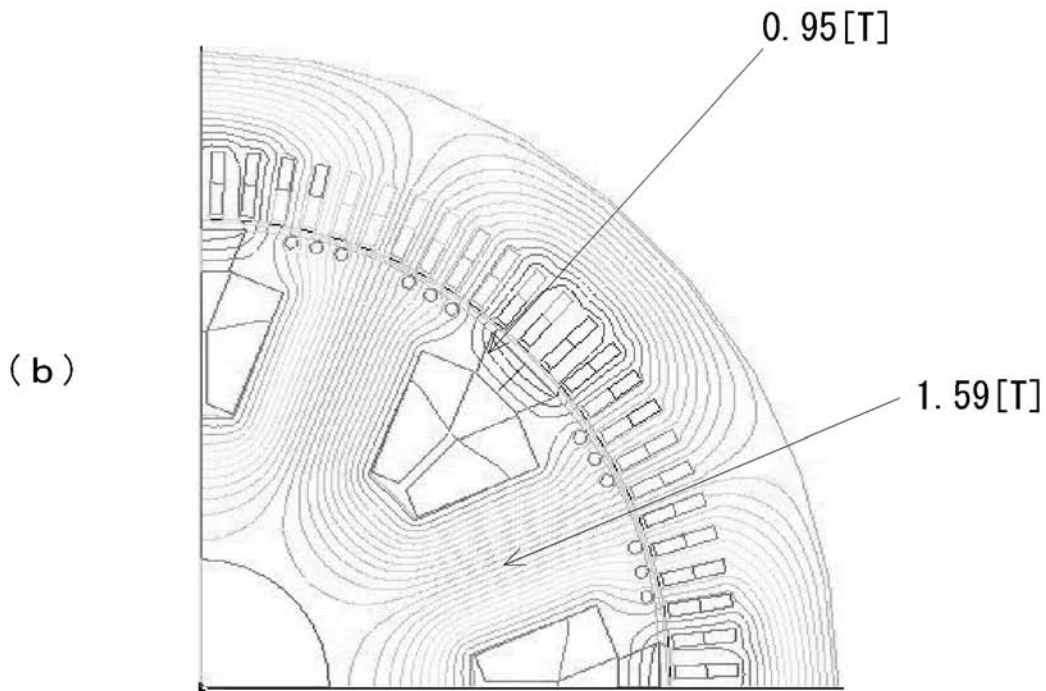
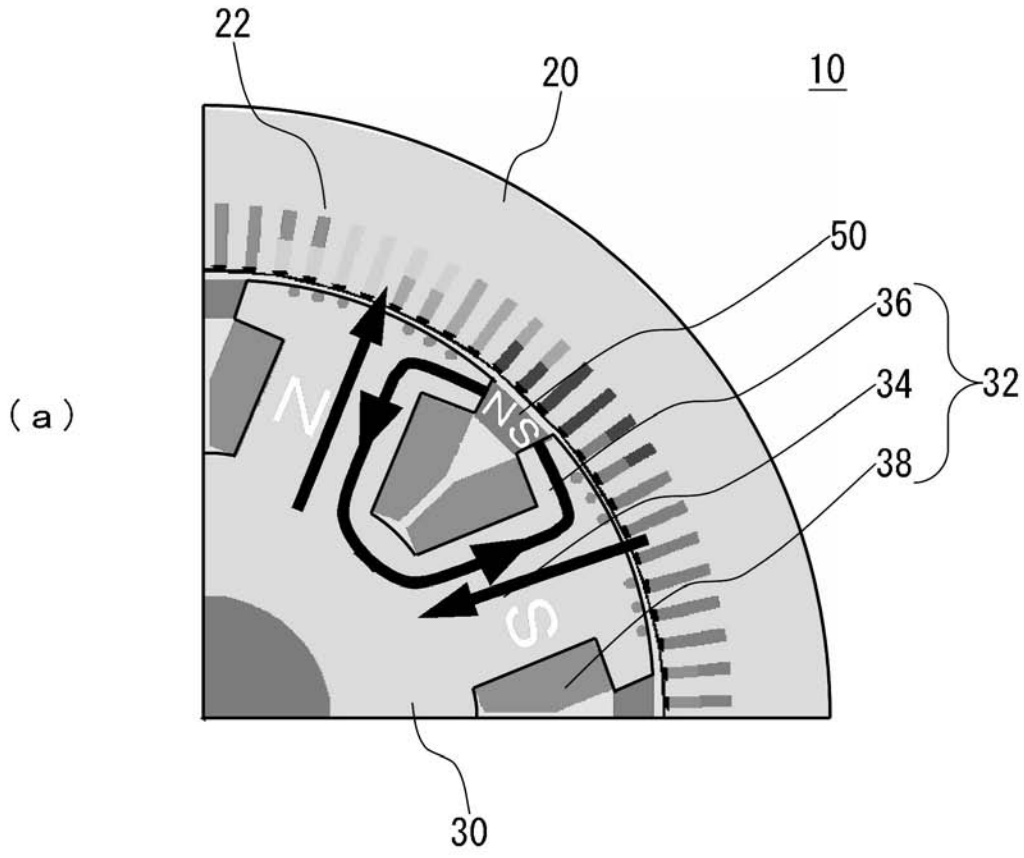
30



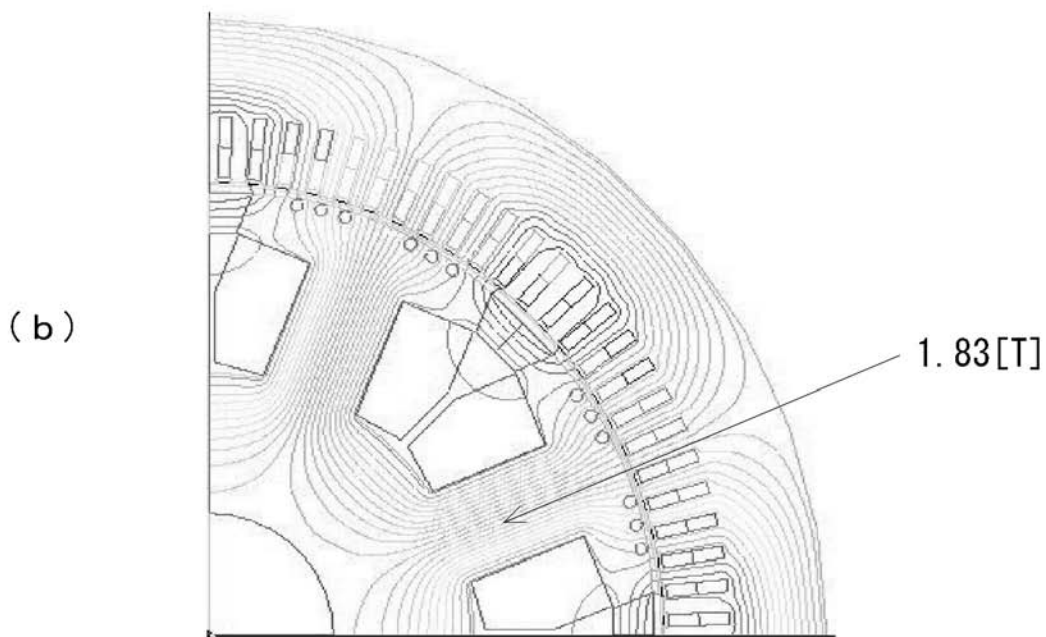
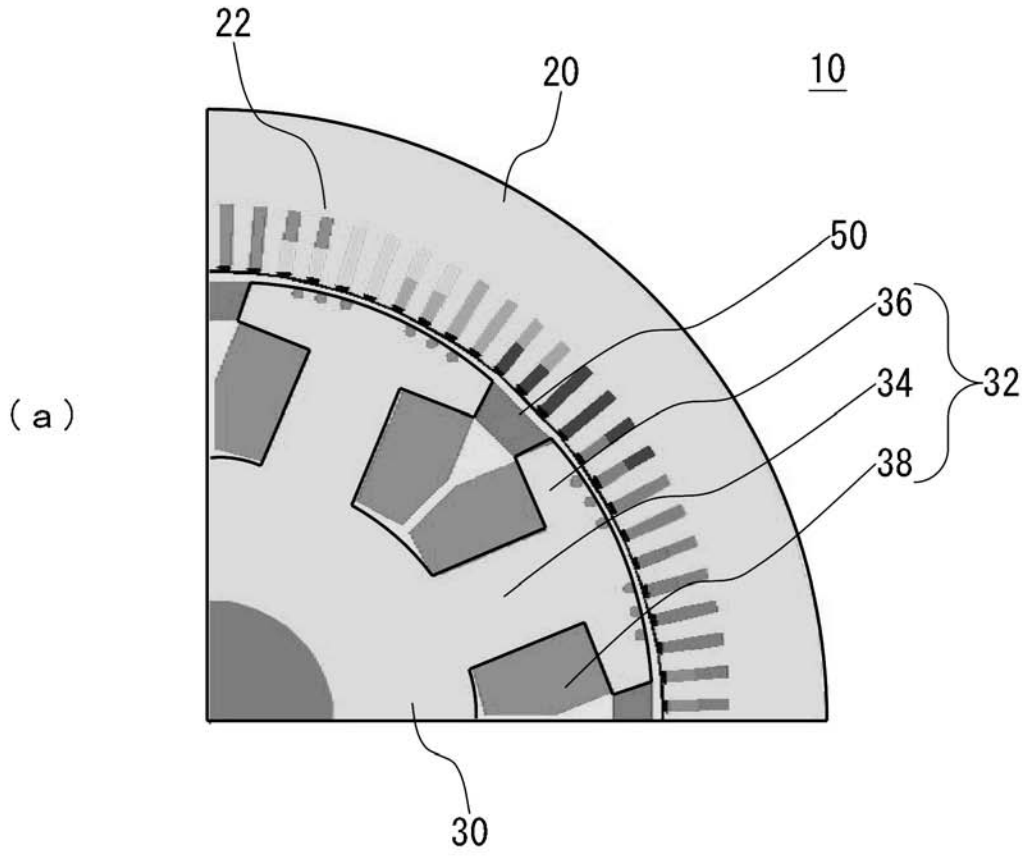
【 図 5 】



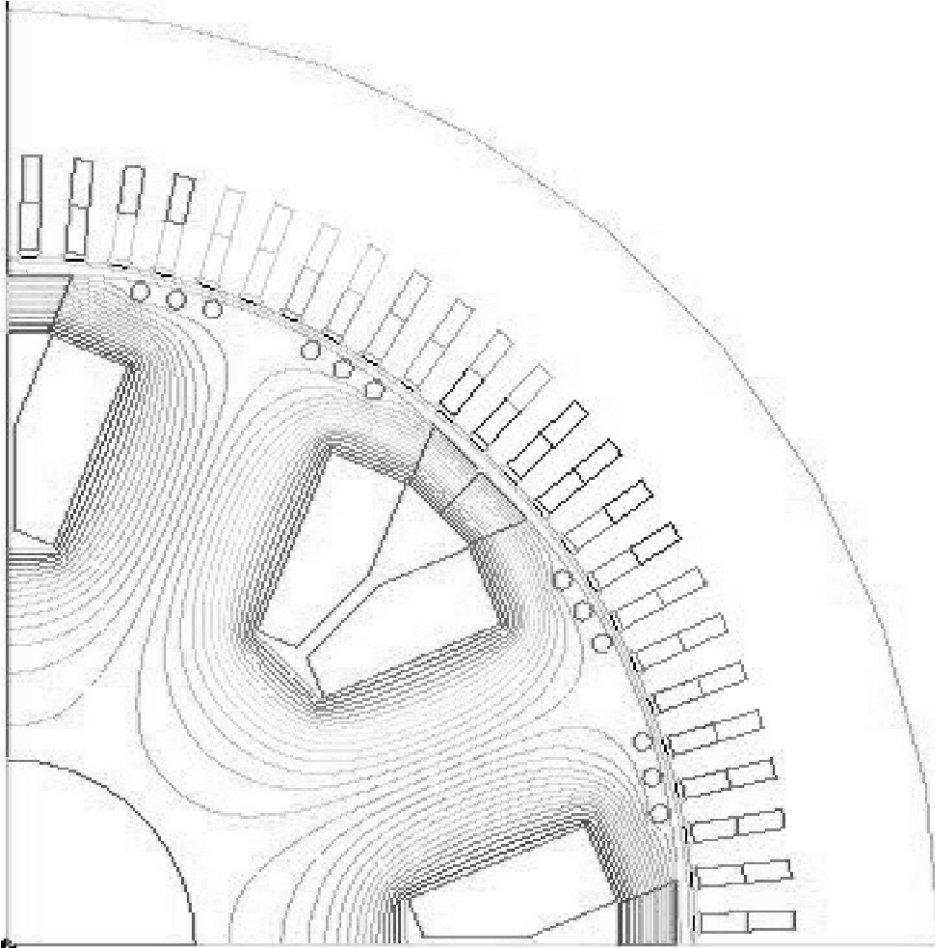
【 図 6 】



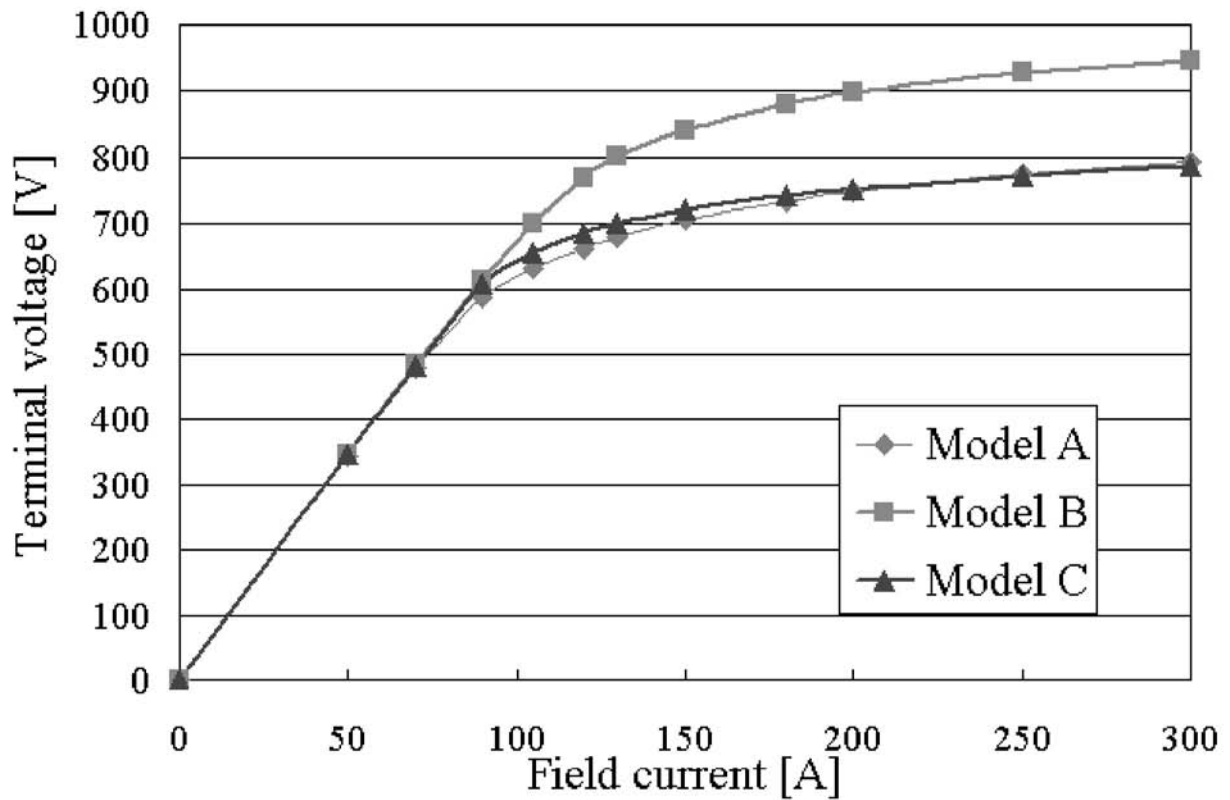
【図7】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 高田 新三

石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号 学校法人金沢工業大学内

Fターム(参考) 5H621 GA16 HH01

5H622 AA03 CA02 CA05 CB01 CB04 PP03