

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5379611号
(P5379611)

(45) 発行日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日 (2013.10.4)

(51) Int.Cl.		F I	
H02K	1/18	(2006.01)	H02K 1/18 B
H02K	1/20	(2006.01)	H02K 1/20 Z

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-202534 (P2009-202534)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成21年9月2日 (2009.9.2)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2011-55645 (P2011-55645A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成23年3月17日 (2011.3.17)	(74) 代理人	100073759
審査請求日	平成23年9月22日 (2011.9.22)		弁理士 大岩 増雄
		(74) 代理人	100088199
			弁理士 竹中 岑生
		(74) 代理人	100094916
			弁理士 村上 啓吾
		(74) 代理人	100127672
			弁理士 吉澤 憲治
		(72) 発明者	別所 智宏
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主軸の周りを回転するロータと所定の間隙を挟んでこのロータの周囲に配置されたステータとを備えた回転電機であって、

前記ロータは、

円周方向に複数配置された板状の永久磁石と、

この永久磁石を配置するための略長方形の貫通穴が形成され、円板形状の輪郭を有する磁性体でできたコア部材を積層して形成され、冷媒の中に配置された積層コアとを有し、

前記コア部材は積層面に溝が形成されており、

この溝は、一端と他端がいずれも前記冷媒に接触する前記輪郭に通じ、かつ、前記貫通穴と前記略長方形の長辺に沿って連通するように形成されたことを特徴とする回転電機。

10

【請求項 2】

コア部材に形成された溝は、円周方向に複数配置された板状の永久磁石を配置するための略長方形の貫通穴に対し、その全ての貫通穴で前記略長方形の長辺に沿って連通するように形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の回転電機。

【請求項 3】

コア部材に形成された溝は、隣接する貫通穴間で円板形状の輪郭に通じ、かつ、円周方向に一体として形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の回転電機。

【請求項 4】

コア部材に形成された溝は、主軸中心に対し点対称であることを特徴とする請求項 3 に記

20

載の回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、モータ、発電機等を使用され、磁性材であるコア部材を積層した積層コアを備えた回転電機に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の積層コアの製造方法においては、まず電磁鋼板等の磁性材は、鋼板メーカーで圧延後、表面に薄い絶縁処理コーティングを施され、帯状のコイル材として巻き取られ、モータ等の積層コアメーカーへ供給される。その後積層コアメーカーではこの磁性板材はコイル材から引き出されて高速プレス機へ供給され、パンチ（オス型）とダイ（メス型）で構成される金型内の工程へ送られ、所定の輪郭形状を有するコア部材として打ち抜かれる。このコア部材を板厚方向に積層し、積層面間を接着することによって一体化して積層コアが形成される。

【0003】

モータ機器等の回転電機に使用される積層コアの内部は交番磁界による鉄損のために発熱することとなるが、近年モータ機器への小型化、高出力化のニーズが高まり、積層コア内部の単位体積当たりの発熱量が大きく増大している。

そこで従来の回転電機の積層コアにおいて例えばロータとして用いられるものについては、コア部材間にリング状の内周側スペーサ及び外周側スペーサを介在させて積層コアを形成し、内周側スペーサと外周側スペーサの側面には放射状に複数の孔を設けて、この孔を冷媒通路として冷媒を流すことにより積層コアの冷却を行っていた（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平5-137283（2頁、図1-2）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記のような積層コアでは、積層方向に所定の間隔をおいてスペーサが介在することになるため、スペーサに近い部分はよく冷却されるものの、スペーサとスペーサの丁度中間に位置するコア部材は十分に冷却することはできず、特に前述のとおり発熱密度が高い積層コアにおいては積層方向のコア部材間の温度差が大きく均一に冷却することができないという問題があった。

【0006】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、積層コアの内部まで効率よく冷却することができ、かつ積層方向の温度分布を均一化することができる積層コアを備えた回転電機を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係る回転電機は、主軸の周りを回転するロータと所定の間隙を挟んでこのロータの周囲に配置されたステータとを備えた回転電機であって、ロータは、円周方向に複数配置された板状の永久磁石と、この永久磁石を配置するための略長方形の貫通穴が形成され、円板形状の輪郭を有する磁性体でできたコア部材を積層して形成された積層コアとを有し、コア部材は積層面に溝が形成されており、この溝は、一端と他端がいずれも前記輪郭に通じ、かつ、貫通穴と略長方形の長辺に沿って連通するように形成されたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

この発明に係る回転電機によると、コア部材の積層面に溝が形成されており、この溝の一端と他端がいずれも冷媒に接触するコア部材の輪郭に通じているため、この溝の一端から他端に、又はこの逆方向に冷媒を流すことができ、冷媒が接触している輪郭部分だけでなく貫通穴に挿入された板状の永久磁石を効率よく冷却することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施の形態1による回転電機のステータの外形図である。

【図2】本発明の実施の形態1による回転電機のステータ用コア部材の外形図である。

【図3】本発明の実施の形態1による回転電機のステータ用積層コアの外形図である。

【図4】本発明の実施の形態1による回転電機のステータ用コア部材の外形図である。

【図5】本発明の実施の形態2による回転電機のステータ用積層コアの外形図である。

【図6】本発明の実施の形態3による回転電機の断面を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態4による回転電機の断面を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態4による回転電機のステータ用コア部材の外形図である。

【図9】本発明の実施の形態5による回転電機のロータの外形図である。

【図10】本発明の実施の形態5による回転電機のロータ用コア部材の外形図である。

【図11】本発明の実施の形態5による回転電機の断面を示す図である。

【図12】本発明の実施の形態6による回転電機の主軸に沿った断面図である。

【図13】本発明の実施の形態6による回転電機的主軸に沿った断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

実施の形態1.

図1から図4は本発明の実施の形態1による回転電機のステータ（固定子）1に関する構造を示す図面である。図1はステータ1の外形図を示しており、ステータ1は複数個（図では9個）の積層コア2の各々にコイル3を巻きつけたものを円環状に配置して構成されている。このステータ1の内周部の空間には、図示しないロータ（回転子）が配置され、このロータはステータ1の中心に主軸を備え回転可能なように構成されている。

【0011】

積層コア2は図2に示す磁性体でできたコア部材4を各積層面において積層することにより構成されている。このコア部材4は、円形の外形を有しステータ1の外周円環部を形成するバックヨーク部5と、バックヨーク部5からロータの主軸の方向に突出し、周囲にコイル3が巻回されるティース部6の2つの部分を有し、この2つの部分によりコア部材4の輪郭が形成されている。またコア部材4の積層面には溝7が複数本（図では3本）形成されており、各溝7の一端はバックヨーク部5の外周側8に、他端がティース部6の内周側9に通じている。

【0012】

溝7の形成は通常の機械加工によって行うこともできるが、加工の手間、費用がかかるのと同時に、コア部材4に加工歪が発生するため磁気特性が劣化するため好ましくない。この場合はエッチング技術、特に素材の厚みの途中までエッチングするハーフエッチング技術を用いて薄肉部の形成を行えば容易に加工厚みの制御が行え、しかも加工歪が発生しないため好適である。

【0013】

図2に示すコア部材4を積層して積層コア2を形成したものを図3に示す。積層コア2は冷媒（通常は空気等の気体；図示しない）内に配置されるが、コア部材4の積層面に設けられた溝7と積層方向に隣接するコア部材4の積層面との間で、バックヨーク部5の外周側8からティース部6の内周側9に貫通穴10が形成され、この貫通穴10に冷媒を通ずることにより積層コア2の表面だけではなく内部まで冷却することが可能となる。

【0014】

以上のとおり本実施の形態に係る回転電機のステータ1によると、コア部材4の積層面

10

20

30

40

50

に溝 7 が形成されており、この溝 7 の一端と他端がいずれも冷媒に接触するコア部材 4 の輪郭に通じているため、この溝 7 の一端から他端に、又はこの逆方向に冷媒を流すことができ、冷媒が接触している輪郭部分だけでなく積層コア 2 の内部まで効率よく冷却することができる。

【0015】

また、積層方向に所定の間隔をおいて配置されたスペーサの近くのコア部材だけがよく冷却されるのではなく、コア部材 4 の積層面に形成された溝 7 に冷媒を通じることにより各々のコア部材を一様に冷却することができるため、積層方向の温度分布を均一化することができる。

【0016】

更に、図 4 に示すように溝 7 の一端と他端においてコーナ部に R 形状 11 を付与することにより、バックヨーク部 5 の外周側 8 の輪郭、及びティース部 6 の内周側 9 の輪郭と溝 7 の形状を滑らかに接続してもよい。このことにより、積層コア 2 の外部の冷媒が貫通穴 10 に流れ込む際の抵抗を低減させ、さらに冷却効率を高めることができる。

【0017】

なお、本実施の形態ではコイル 3 が巻回されたティース部 6 の磁束密度が比較的高く、発熱密度も高いため、この部分を重点的に冷却できるように溝 7 を形成しているが、この溝 7 の形状はいろいろな回転電機に適用されるステータ、ロータの形状、コイル配置等に応じて発熱部位が効率的に冷却されるように適宜変更してもよい。

本実施の形態では図 1 に示すように積層コア 2 は互いに隣接して円環状に配置されるため、バックヨーク部 5 において円周方向に隣接する積層コア 2 と接触する箇所に溝 7 の一端又は他端を設けても冷媒を積層コア 2 の内部に導入することはできないが、冷媒と接触する輪郭に通じるように溝 7 の形状を定める範囲において、本実施の形態に示したものに限られないことは言うまでもない。

【0018】

実施の形態 2.

図 5 には本実施の形態に係る回転電機の積層コア 2 a の外形を示す。実施の形態 1 の図 3 に示す積層コア 2 とは、ティース部 6 の中心線に対して対称であるコア部材 4 自体の形状は同じであるが、一枚ごとに表裏が反対になるように積層されており溝 7 が向かい合わせになっている点が相違している。

【0019】

また、本実施の形態に示したものと異なり、ティース部 6 の中心線に対して対称ではないコア部材を使用した場合であっても、第 1 のコア部材として表側の積層面（第 1 の積層面）に第 1 の溝が形成されたものを使用し、第 2 のコア部材として裏側の積層面（第 2 の積層面）に前記第 1 の溝と積層方向から見て重なり合う位置に第 2 の溝が形成されたものを使用し、この第 1 のコア部材と第 2 のコア部材を交互に積層して積層コア 2 a を形成してもよい。

【0020】

実施の形態 2 の積層コア 2 a を実施の形態 1 の積層コア 2 と比較すると、貫通穴 10 a の断面積は貫通穴 10 の 2 倍になっているが、貫通穴の総数は半分となっている。ここで、貫通穴の入口と出口間で許容される圧力損失を一定に保った時に、この貫通穴 10、10 a に各々流しうる冷媒の流量、及び積層コア 2、2 a の温度上昇について下記に定量的に比較してみる。

【0021】

冷媒の圧力損失の式： $\Delta p = \rho \lambda (l/d) \cdot v^2 / 2$ (式 1)

ここで、 ρ ：流体の密度 [kg/m^3]、 λ は管摩擦係数、 l ：管の長さ [m]、 d ：管の等価内径 [m]、 v ：流体の流速 [m/s] である。

(式 1) を流速 v を表す形式に書き改めると、

$$v = ((2 \Delta p / \rho \lambda) \cdot (d / l))^{0.5} \quad (\text{式 2})$$

管摩擦係数 λ はレイノルズ数 Re によって決まるが、乱流状態においてこれをほぼ一定

10

20

30

40

50

とすると、流速 v は管の等価径 d のルートにほぼ比例する。

【0022】

ここで貫通穴の数 n を N (貫通穴 10) から $N/2$ (貫通穴 10a) と半減させ、等価的な穴の内径を d (貫通穴 10) から $2^{0.5}d$ (貫通穴 10a) とした場合、冷媒流量は $Q = n \cdot S$ (穴の断面積) $\cdot v$ [m^3/s] で表されるので、

(1) $n = N$ の時の冷媒流量：

$$Q1 \propto N \cdot (\pi/4) d^2 \cdot d^{0.5} = 0.25 \pi n d^{2.5} \quad (\text{式 3})$$

(2) $n = N/2$ の時の冷媒流量：

$$Q2 \propto (N/2) \cdot (\pi/4) 2d^2 \cdot (2^{0.5}d)^{0.5} = 0.30 \pi n d^{2.5} \quad (\text{式 4})$$

以上より、 $Q2 > Q1$ とすることができる。

10

【0023】

積層コアと冷媒との接触面において、十分に熱交換が行われるとすると、積層コアの温度上昇 ΔT [K] は、積層コアの発熱量 q [W] を用いて、

$$\Delta T \text{ [K]} = q / (Q \cdot c \cdot \rho) \quad (\text{式 5})$$

ここで、 c [$\text{J/kg} \cdot \text{K}$] は冷媒の比熱である。

(式 3) (式 4) を (式 5) に各々代入することにより、同じ差圧 (Δp) を加えても、 $n = N/2$ (貫通穴 10a) の方が流量を多く取ることができるため、 ΔT を小さく抑えることが可能となることが判る。

【0024】

以上のとおり本実施の形態に係る回転電機の積層コア 2a によると、実施の形態 1 に示す積層コア 2 と同じ効果を奏することに加えて、貫通穴の入口と出口管の圧力損失を同じにした場合に積層コア 2 よりも多くの冷媒を流すことができ、積層コア 2 の温度上昇を低く抑えることができるため、より冷却効果を高めることが可能となる。

20

【0025】

実施の形態 3.

本実施の形態に係る回転電機の断面を図 6 に示す。この回転電機は主軸 12 の周りを回転するロータ 13 とこのロータ 13 と所定の間隙を挟んでこのロータ 13 の周囲に配置されたステータ 1 とを備えている。このステータ 1 の積層コア 2 に使用されているコア部材 4 は実施の形態 1 に示したものと同一のものであり、バックヨーク部 5 とティース部 6 を有しており、またコア部材 4 の積層面には溝 7 が複数本 (図では 3 本) 形成されており、各溝 7 の一端はバックヨーク部 5 の外周側 8 に、他端がティース部 6 の内周側 9 に通じている。ここで、ティース部 6 の内周側 9 がロータ 13 と対向するように、ステータ 1 とロータ 13 は配置されている。

30

【0026】

次に動作について説明する。本図においてロータ 13 が回転した場合には、ロータ 13 の周囲の冷媒とロータ 13 との間の摩擦により、ロータ 13 の周囲に存在する冷媒には円周方向に駆動力が作用することになる。冷媒は回転の接線方向に運動を開始することになるが、この流れを貫通穴 10 に導くことによりティース部 6 の内周側 9 とバックヨーク部 5 の外周側 8 との間の溝 7 を流れる冷媒の流れ 14 を発生させることができる。

【0027】

以上のとおり本実施の形態に係る回転電機によると、ロータ 13 自身の回転によりロータ 13 の周囲に存在する冷媒に回転の接線方向に対する駆動力を作用することができ、この流れをコア部材 4 の積層面に設けた溝 7 に導くことにより、ファンや加圧装置等の付加的な構成を必要とすることなくステータ 1 の積層コア 2 を冷却することが可能となる。従って、回転電機を構成する部品点数を削減することができるため、回転電機のコストを低減することができる。

40

【0028】

実施の形態 4.

本実施の形態に係る回転電機の断面を図 7 に、この回転電機のステータ 1a の積層鉄心を構成するコア部材 4a の外形を図 8 に示す。本実施の形態に係るステータ 1a のコア部

50

材 4 a は、実施の形態 1 又は 3 に示したコア部材 4 と異なり、積層面に形成された溝 7 a の一端はバックヨーク部 5 の外周側 8 に通じているものの、他端はバックヨーク部 5 の内周側 1 5 に通じている。それ以外の構成、配置については、実施の形態 3 に示す回転電機と同じである。

【0029】

次に動作について説明する。図 7 においてロータ 1 3 が回転した場合には、実施の形態 3 と同じくロータ 1 3 の周囲の冷媒はロータ 1 3 との摩擦により、ロータ 1 3 の周囲に存在する冷媒には円周方向に駆動力が作用することになる。冷媒は回転の接線方向に運動を開始することになるが、この流れを隣接するティース部 6 の間隙 1 6 に導くことにより、コイル 3 とコア部材 4 a との隙間、又はコイル 3 同士の間隙を経由して、バックヨーク部 5 の内周側 1 5 から外周側 8 への冷媒の流れ 1 4 a を発生させることができる。

10

【0030】

以上のとおり本実施の形態に係る回転電機によると、ロータ 1 3 自身の回転によりロータ 1 3 の周囲に存在する冷媒に回転の接線方向に対する駆動力を作用することができ、この流れを隣接するティース部 6 の間隙 1 6 に導くことにより、ファンや加圧装置等の付加的な構成を必要とすることなく、積層コアと同時にコイル 3 も冷却することが可能となる。従って、回転電機を構成する部品点数を削減することができるため、回転電機のコストを低減することができる。

【0031】

実施の形態 5.

20

本実施の形態に係る回転電機のロータ 1 3 の外形図を図 9 に示す。本図において積層コア 1 7 は、図 1 0 に示す複数枚のコア部材 1 8 を積層して構成され、冷媒（通常は空気等の気体；図示しない）の中に配置されており、この積層コア 1 7 の中心部には主軸 1 2 が嵌入されている。円板形状の輪郭を有し磁性体でできたコア部材 1 8 は、その円周上に積層方向に貫通する複数個の貫通穴 1 9 が形成されており、この貫通穴 1 9 の中には図 9 に示すように板状の永久磁石 2 0 が配置されている。また、このコア部材 1 8 の積層面に溝 2 1 が形成されており、この溝 2 1 の一端と他端がいずれも前記冷媒に接触するコア部材 1 8 の輪郭に通じ、かつ、前記貫通穴 1 9 と連通するように形成されている。

【0032】

次に動作について説明する。永久磁石 2 0 は積層コア 2 のように主軸 1 2 の方向に分割して形成するのは非常に困難であるため、前述のとおり一枚の板状形状を有している。この永久磁石 2 0 内では、主軸方向に大きなループの渦電流が発生するため、これによるジュール熱損失は大きい。また、永久磁石 2 0 が温度上昇するとこの永久磁石 2 0 の温度特性が変化し、モータの性能劣化を引き起こすため、永久磁石 2 0 の温度上昇が極力小さくなるように冷却を強化する必要がある。そこで本実施の形態に係る回転電機において、図 1 1 に示すようにロータ 1 3 を反時計回りに回転すると、本図において永久磁石 1 8 の左手にある溝 2 1 から永久磁石 2 0 のの方に向かって流入し、右手にある溝 2 1 から排出されるように冷媒の流れ 2 2 を発生させることができるため、この冷媒の流れ 2 2 の経路にある永久磁石 2 0 を効果的に冷却することができる。

30

【0033】

以上のとおり本実施の形態に係る回転電機のロータ 1 3 によると、コア部材 1 8 は積層面に溝 2 1 が形成されており、この溝 2 1 は永久磁石 2 0 を配置するための貫通穴 1 9 と冷媒に接触するコア部材 1 8 の輪郭とが通じるように形成されているため、このロータ 1 3 を回転させることにより永久磁石 2 0 を冷却する冷媒の流れ 2 2 を生成させることができ、永久磁石 2 0 を効果的に冷却することができる。

40

【0034】

実施の形態 6.

本実施の形態に係る回転電機のロータ 1 3 の主軸 1 2 に沿った断面を図 1 2 に示す。この回転電機においては、主軸 1 2 の端部においてコンプレッサやファン等の加圧装置 2 3 を設けており、この加圧装置 2 3 によって回転電機の端部にある冷媒をステータ 1 やロー

50

タ 1 3 の存在する回転電機の内部の方に強制的に導入するようになっている。

【0035】

また、このようにして強制的に導入された冷媒は、例えば実施の形態 3 の図 6 で説明したようにコア部材 4 の溝 7 を経由してステータ 1 の外周側へ放出されるが、この放出された冷媒を再び加圧装置 2 3 に還流させるように流路が形成されている。更に、この流路の途中には冷媒冷却器 2 4 が設けてあり、ステータ 1 を通過することにより加熱された冷媒を冷却することができる。

【0036】

図 1 3 には、ステータ 1 全体をフレーム 2 5 に嵌入することにより強度向上を図ったタイプの回転電機を示しているが、このタイプのものに例えば実施の形態 1 の図 3 に示した積層コア 2 を適用すると外部に冷媒を放出することができなくなり、図 9 に示すように冷媒を循環させることができない。従って図 1 3 に示すようにステータ 1 の積層コア 2 のバックヨーク部 5 に、コア部材 4 に設けた溝 7 と連通し、積層方向に貫通する貫通穴 2 6 を設けておくことにより、冷媒の還流路を確保することができる。

【0037】

ロータ 1 3 の回転運動に伴って冷媒を溝 7 に導入する実施の形態 3 ないし 5 に示した回転電機においては、冷媒に対する駆動力がモータの形状、サイズ、回転数等によって制約されるため、発熱密度が大きくなると対応困難な場合も生じる。一方、本実施の形態に係る回転電機によると、回転子 1 3 の端部からステータ 1 又はロータ 1 3 の積層コアに向けて冷媒を吹き付ける加圧装置 1 7 を設け、この加圧装置によって冷媒流路に強制的に圧力差を設けてより多くの冷媒を流すことができるため、冷却効果をさらに高めることができる。

【符号の説明】

【0038】

- 1、1 a ステータ
- 2、2 a 積層コア
- 3 コイル
- 4、4 a コア部材
- 5 バックヨーク部
- 6 ティース部
- 7、7 a 溝
- 8 バックヨーク部外周側
- 9 ティース部内周側
- 1 2 主軸
- 1 3 ロータ
- 1 5 バックヨーク部内周側
- 1 7 積層コア
- 1 8 コア部材
- 1 9 貫通穴
- 2 0 永久磁石
- 2 1 溝
- 2 3 加圧装置
- 2 6 貫通穴

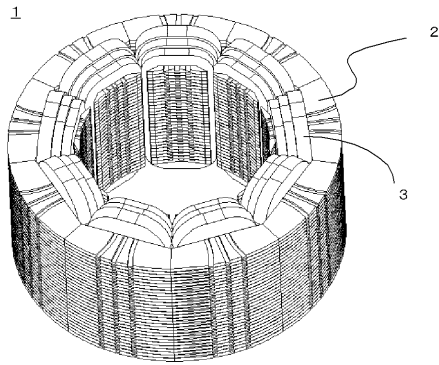
10

20

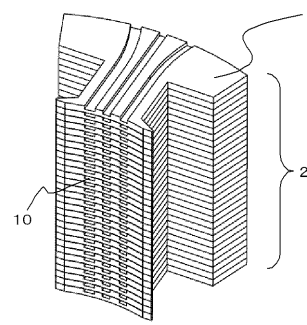
30

40

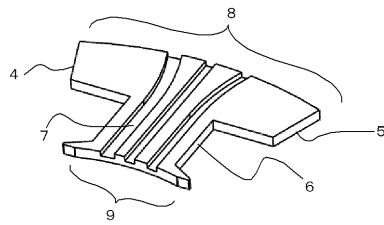
【図 1】



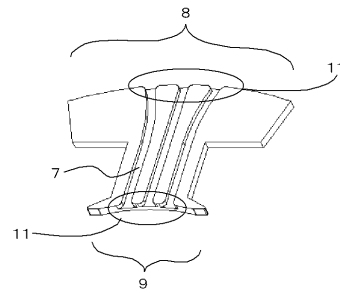
【図 3】



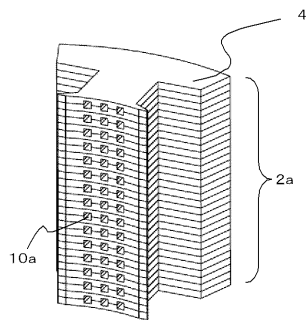
【図 2】



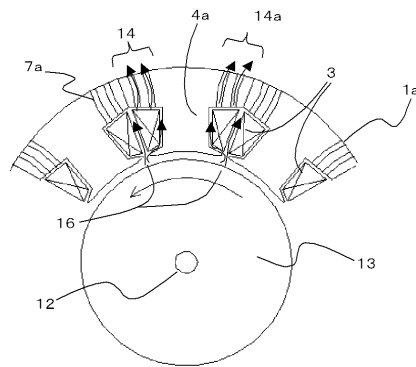
【図 4】



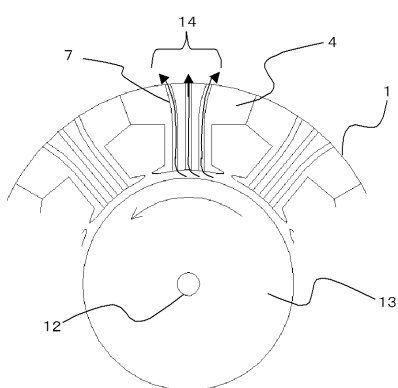
【図 5】



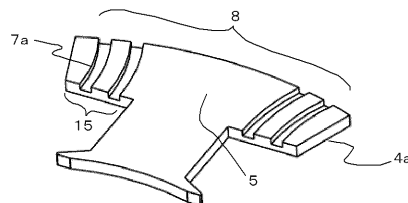
【図 7】



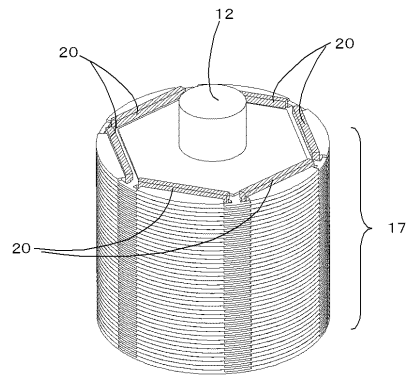
【図 6】



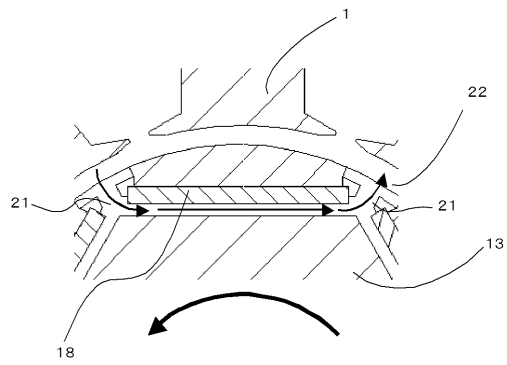
【図 8】



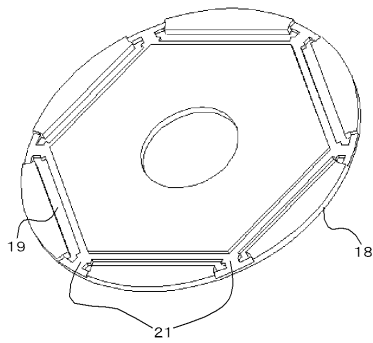
【図 9】



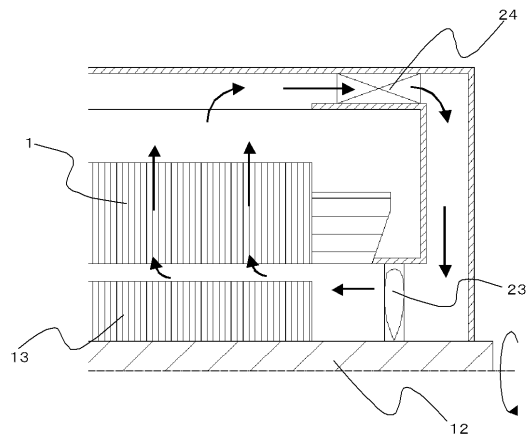
【図 11】



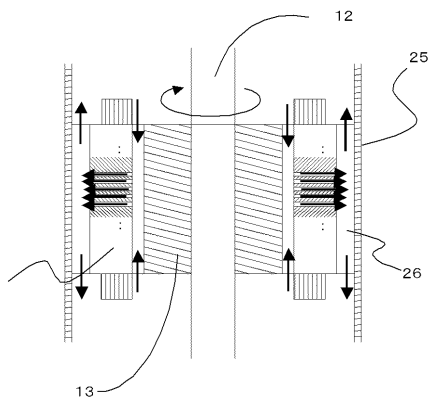
【図 10】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 三宅 展明
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 橋本 昭
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 尾家 英樹

- (56)参考文献 特開平09-215270 (JP, A)
特開昭55-005095 (JP, A)
特開昭50-150804 (JP, A)
特開2004-312898 (JP, A)
特開2006-067777 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/00-1/34