

(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2010-119190

(P2010-119190A)

(43) 公開日 平成22年5月27日(2010.5.27)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード(参考)  
 H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/27 501A 5H622  
 H02K 1/27 501M

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-289803 (P2008-289803)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成20年11月12日(2008.11.12)	(74) 代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔
		(74) 代理人	100105463 弁理士 関谷 三男
		(74) 代理人	100129861 弁理士 石川 滝治
		(72) 発明者	小暮 智也 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	平賀 雅明 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		Fターム(参考)	5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 CA14

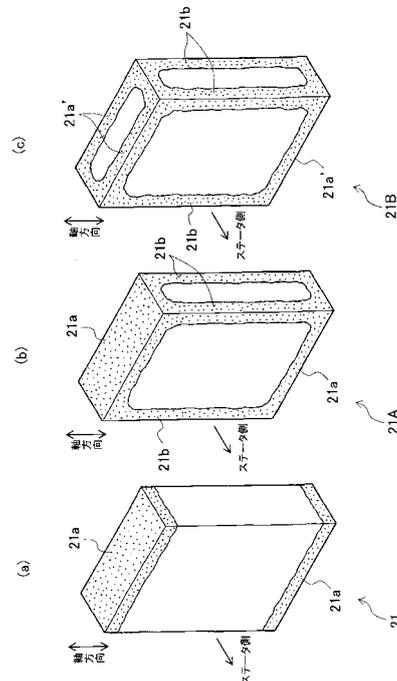
(54) 【発明の名称】 磁石埋め込み型モータ用ロータと磁石埋め込み型モータ

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石に作用する逆磁界に抗し得る保磁力を具備しながら、その製造コストをより廉価にすることができる磁石埋め込み型モータ用ロータと、該ロータを具備する磁石埋め込み型モータを提供する。

【解決手段】 複数の永久磁石 2 1 , ... がロータコア内に埋め込まれてなる磁石埋め込み型モータのロータ 1 であって、永久磁石 2 1 は、該永久磁石 2 1 に作用する逆磁界の大きさに応じて保磁力の異なる複数の磁石領域から形成されており、相対的に大きな逆磁界が作用する領域であって、そのロータコアの軸方向の両端部に対応する該永久磁石 2 1 の両端部の領域には、相対的に保磁力の大きな磁石領域 2 1 a が割り当てられている。

【選択図】 図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の永久磁石がロータコア内に埋め込まれてなる磁石埋め込み型モータのロータであって、

前記永久磁石は、該永久磁石に作用する逆磁界の大きさに応じて保磁力の異なる複数の磁石領域から形成されており、相対的に大きな逆磁界が作用する領域であって、そのロータコアの軸方向の両端部に対応する該永久磁石の両端部の領域には、相対的に保磁力の大きな磁石領域が割り当てられていることを特徴とする、磁石埋め込み型モータ用ロータ。

## 【請求項 2】

前記相対的に保磁力の大きな磁石領域が、前記永久磁石の両端部の領域であって、かつ、該永久磁石のステータ側の領域である、請求項 1 に記載の磁石埋め込み型モータ用ロータ。

10

## 【請求項 3】

前記相対的に保磁力の大きな磁石領域が、前記両端部の領域、もしくは、前記両端部でかつ前記ステータ側の領域に加えて、ステータ側に対向する側面の前記軸方向に沿う側端部領域である、請求項 1 または 2 に記載の磁石埋め込み型モータ用ロータ。

## 【請求項 4】

前記永久磁石は平面視矩形に形成されており、

1 極当たり 1 つの前記永久磁石が配設されるものである、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の磁石埋め込み型モータ用ロータ。

20

## 【請求項 5】

前記永久磁石は平面視矩形に形成されており、

1 極当たり 2 つの前記永久磁石が配設されるものであり、該 2 つの永久磁石は、ロータの回転軸からステータ側に向かって広がりながら平面視が略 V 字状を成していることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の磁石埋め込み型モータ用ロータ。

## 【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のロータを具備することを特徴とする、磁石埋め込み型モータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

30

## 【0001】

本発明は、永久磁石がロータ内に埋め込まれてなる磁石埋め込み型モータ用ロータと、このロータを具備する磁石埋め込み型モータに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

永久磁石をロータ内部に埋め込んでなる磁石埋め込み型モータ（IPMモータ）は、コイルと永久磁石の吸引力／反発力に起因するマグネットトルクに加えてリラクタンストルクを得ることができるため、永久磁石をロータ外周面に貼着してなる表面磁石型モータ（SPMモータ）に比して高トルクかつ高効率である。したがって、この磁石埋め込み型モータは、高出力性能が要求されるハイブリット車、電気自動車の駆動用モータ等に使用されている。

40

## 【0003】

上記 IPMモータにおいては、その電流位相制御の際に負の d 軸電流が流れ、この電流に起因する逆磁界が永久磁石に作用することになるが、この逆磁界が大きな場合には永久磁石に不可逆減磁が発生することから、この不可逆減磁に抗し得る大きな保磁力の永久磁石が使用されている。この減磁作用を図 10 に基づいて説明する。図 10 a には、1 極当たり 2 つの永久磁石 M、M が配設されており、この 2 つの永久磁石 M、M は、ロータ A の回転軸からステータ B 側に向かって広がる平面視が略 V 字状の態様で埋設されている形態が図示されている。永久磁石を平面的に見た際に、該永久磁石の減磁作用の大きな部分は、永久磁石 M、M のロータ鉄心外周側の角 a、b、c、d であり、中でも d 軸側の角 b、c

50

であることが分かっている。なお、永久磁石 M, M の間のロータコア部 A 1 において磁束が短絡し易く、これによっても永久磁石 M, M の角 b, c において逆磁界が大きくなる。

【0004】

一方、本発明者等によれば、この永久磁石 M をその長手方向（図 10 a の b 矢視方向）で見た際に、該永久磁石の減磁作用の大きな部分はその両端 f、f や、該両端 f、f を繋ぐ側端 g、g であることが実証されており、より詳細には、これらの両端部 f、f や、その軸方向に沿う側端部 g、g の特にステータ側の領域で減磁が顕著である。

【0005】

ところで、上記永久磁石として希土類磁石が一般に使用されている。この希土類磁石は、結晶磁気異方性の高い元素であるジスプロシウム（Dy）やテルビウム（Tb）を加えることでその保磁力が高められる一方で、かかる元素は希少かつ高価であることから、永久磁石の保磁力増加にジスプロシウム等を添加することは永久磁石の製造コストの高騰に直結する。従来、磁石埋め込み型モータ用ロータに使用される永久磁石では、上記する隅角部や両端部等で要求される保磁力を得るためのジスプロシウム等が永久磁石の全体に使用されており、そのためにロータ製造コストが高騰していた。さらに、永久磁石の性能として保磁力と同様に重要な残留磁束密度に関しては、保磁力の増加に伴って減少する傾向があるため、保磁力を増加させることで減少した磁束密度を解消するためにより多くの磁石を必要とし、これによってもロータ製造コストが高騰していた。したがって、上記する逆磁界に対して所望の保磁力を有する永久磁石を備えたロータを如何に安価に製造できるかが、ハイブリッド車等の量産にとって極めて重要な課題の一つとなっている。

【0006】

なお、上記する逆磁界を低減する磁石埋め込み型モータに関する技術として特許文献 1, 2 を挙げることができる。双方の技術はともに、ロータコア内に埋め込まれる永久磁石の端部に空気層を介在させることにより、局所的に大きな逆磁界を低減させるものである。

【0007】

【特許文献 1】特開平 11 - 355985 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 143788 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献 1, 2 に開示の磁石埋め込み型モータ用のロータによれば、永久磁石端部に空気層を形成することで逆磁界を低減することができるが、この永久磁石に生じる最大の逆磁界に応じて永久磁石の保磁力が決定されることから、永久磁石内で逆磁界の影響をそれほど受けない部位は余分な保磁力を有していることになり、これは材料コストの高騰に繋がるものであり、ひいては磁石埋め込み型モータの製造コストの高騰の一要因でもある。

【0009】

本発明は、上記する問題に鑑みてなされたものであり、永久磁石に作用する逆磁界に抗し得る保磁力を具備しながら、その製造コストをより廉価にすることのできる磁石埋め込み型モータ用ロータと、該ロータを具備する磁石埋め込み型モータ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】

【0010】

前記目的を達成すべく、本発明による磁石埋め込み型モータ用ロータは、複数の永久磁石がロータコア内に埋め込まれてなる磁石埋め込み型モータのロータであって、前記永久磁石は、該永久磁石に作用する逆磁界の大きさに応じて保磁力の異なる複数の磁石領域から形成されており、相対的に大きな逆磁界が作用する領域であって、そのロータコアの軸方向の両端部に対応する該永久磁石の両端部の領域には、相対的に保磁力の大きな磁石領域が割り当てられていることを特徴とするものである。

【0011】

10

20

30

40

50

本発明の磁石埋め込み型モータ用ロータは、そのスロット内に配設される永久磁石がその領域ごとに必要保磁力が異なることに鑑み、領域ごとに保磁力が異なる永久磁石を具備するロータとするものであり、特に、永久磁石の長手方向、すなわち、そのロータコアの軸方向の両端部に対応する該永久磁石の両端部の領域の保磁力を相対的に大きくすることで、使用されるジスプロシウム(Dy)やテルビウム(Tb)等を必要最小限に抑えることができ、その結果として磁束密度の減少も最小限に抑えることができ、もってロータ製造コストを格段に低減できるものである。

【0012】

ここで、ロータ内における永久磁石の配設態様は、1極当たり1つの永久磁石が割り当てられ、例えば平面視が矩形の永久磁石をその矩形の長手方向がステータ側に対向するように配設する形態や、1極当たり2つの永久磁石が割り当てられ、ロータの回転軸からステータ側に向かって広がりながら平面視が略V字状を成しているV字配置形態などを挙げる  
10

【0013】

いずれの形態であっても、既述のごとくロータコアの軸方向端部に対応する永久磁石の両端部において減磁が激しいことから、この両端部にジスプロシウム等の含有量の多い磁石領域が割り当てられるものである。

【0014】

また、本発明者等の検証によれば、減磁がより顕著となる領域は、前記永久磁石の両端部の領域であって、かつ、該永久磁石のステータ側の領域であることが特定されており、当該領域のみを保磁力の大きな磁石領域とすることで、ジスプロシウム等の使用量をさらに低減することができる。  
20

【0015】

また、上記検証に基づけば、前記両端部の前記ステータ側の領域に加えて、ステータ側に対向する側面の前記軸方向に沿う端部領域も減磁が顕著であることも特定されており、したがって、これらの領域を保磁力の大きな磁石領域とする形態であってもよい。

【0016】

ここで、上記する永久磁石の製造方法について概説する。領域ごとにたとえばジスプロシウム等の含有量を相違させる方法として、一つにはいわゆるジスプロシウム等拡散法による製造方法を適用でき、他には、保磁力の異なる磁石を別体に成形後、これらを耐熱性接着剤等で接着させる方法を適用できる。  
30

【0017】

ジスプロシウム等拡散法にはさらに二つの方法があり、そのうちの一つの方法は、フッ化ジスプロシウム(DyF<sub>3</sub>)溶液内に永久磁石を浸漬させ、その後に加熱処理することでジスプロシウムを永久磁石内部に浸透させるものであり、この方法によると永久磁石の外周部のジスプロシウム含有量が多く、内部のそれは相対的に少なくすることができ、永久磁石の領域ごとに保磁力を変化させることが可能となる。

【0018】

ジスプロシウム等拡散法の他の方法は、永久磁石の一方面にジスプロシウムをスパッタ処理もしくは蒸着処理して成膜し、その後に加熱処理することで成膜側のジスプロシウム含有量が多く、成膜反対側に向かってジスプロシウム含有量を徐々に減少させることができ、やはり永久磁石の領域ごとに保磁力を変化させることが可能となる。  
40

【0019】

上記するいずれの製造方法によっても、ロータコアの軸方向の両端部に対応する永久磁石の両端部の領域とそれ以外の中央領域とで、それぞれの領域で必要とされる保磁力に応じたジスプロシウム含有量やテルビウム含有量に調整された永久磁石を得ることができる。この永久磁石は最適(必要最低限)な保磁力を有していることから、その磁束密度の減少も可及的に抑止されており、したがって所定のマグネットトルクを得るために必要な磁石量も可及的に少ない量とすることができる。これらのことより、従来の上記IPMモータに比してロータ内に内蔵される永久磁石の製造コストを格段に廉価とでき、もってロータの  
50

製造コストの低減に繋がるものである。

【0020】

なお、ジスプロシウム(Dy)やテルビウム(Tb)の混合量を磁石領域で変化させるほかに、領域ごとに異なる素材で磁石を構成する形態であってもよい。たとえば、保磁力が高い順にネオジム磁石、サマリウムコバルト磁石、フェライト磁石があるが、要求される保磁力ごとに領域を分け、各領域にネオジム磁石、サマリウムコバルト磁石、フェライト磁石を割り当てて一つの永久磁石を形成することができる。この形態の永久磁石は、上記する、領域ごとに保磁力の異なる磁石を別体に成形し、それらを接着剤で接着する方法で製造することが可能である。

【0021】

上記する本発明の磁石埋め込み型モータ用ロータを具備するモータは、内蔵される永久磁石が所要の保磁力と磁束密度を確保するとともに、その製造コストが格段に廉価となっていることから、近時その量産が盛んで、性能に優れた駆動用モータの搭載が叫ばれているハイブリッド車や電気自動車に好適である。

【発明の効果】

【0022】

以上の説明から理解できるように、本発明の磁石埋め込み型モータ用ロータによれば、内蔵される永久磁石が領域ごとに必要な保磁力に応じたジスプロシウム含有量やテルビウム含有量に調整されていることから、所望の保磁力と磁束密度を確保しながら、その製造コストを格段に低減することができる。また、渦損を効果的に低減できることから、回転性能や出力性能に優れたモータを得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、図示例は、平面視が矩形の2つの永久磁石をV字に配して1つの極が形成されるロータを示しているが、ステータ側にその平面視で長手方向となる側面が対向されるようにして1つの永久磁石が配され、これが1つの極を形成するロータであってもよいことは勿論のことである。

【0024】

図1は、本発明の磁石埋め込み型モータ用ロータの一実施の形態を示している。このロータ1は、積層鋼板または圧粉磁心からなるロータコアに形成されたスロット内に永久磁石が挿入固定されたものであり、より具体的には、一極当たり平面視が略V字状(2つの矩形が間隔を置いて略V字状を呈している)に形成された各スロット内にそれぞれ平面視が矩形の永久磁石21, 21が配設されてV字配置永久磁石2を形成し、これが周方向に亘って所定の極数形成されたロータである。

【0025】

このロータは、不図示のステータコア内の中空部、すなわち、平面視が略円環状のヨークから径方向内側に突出する複数のティースで形成される中空部に配設されて磁石埋め込み型モータ(IPMモータ)が形成される。

【0026】

図2は、永久磁石の実施の形態を示した斜視図である。本発明のロータを構成する永久磁石は、該永久磁石に作用する逆磁界の大きさに応じて保磁力の異なる複数の磁石領域から形成されるものであり、相対的に大きな逆磁界が作用する領域に相対的に保磁力の大きな磁石領域が割り当てられた構成を有している。すなわち、永久磁石はその全体にジスプロシウム(Dy)やテルビウム(Tb)等が含有されて所望の(必要最小限の)耐熱性等が担保されているが、その中でも相対的に大きな逆磁界が作用する領域には、特にジスプロシウム等の含有量が多く調整されているものである。

【0027】

図2aで示す永久磁石21は、ロータ1の軸方向の両端部に対応するその両端部に、相対的に保磁力の大きな磁石領域21a, 21aが配されたものである。

【0028】

10

20

30

40

50

図 2 b で示す永久磁石 2 1 A は、永久磁石 2 1 における相対的に保磁力の大きな磁石領域 2 1 a , 2 1 a に加えて、その軸方向に沿う側端部（隅角部）にも、相対的に保磁力の大きな磁石領域 2 1 b , 2 1 b が配されたものである。

【 0 0 2 9 】

図 2 c で示す永久磁石 2 1 B は、ロータ 1 の軸方向の両端部および軸方向に沿う側端部のそれぞれ隅角部にのみ、相対的に保磁力の大きな磁石領域 2 1 a ' , 2 1 b が配されたものである。

【 0 0 3 0 】

図 3 a で示す永久磁石 2 1 C は、ロータ 1 の軸方向の両端部に対応するその両端部であって、特にそのステータ側の領域にのみ相対的に保磁力の大きな磁石領域 2 1 a ' , 2 1 a ' が配されたものである。

10

【 0 0 3 1 】

図 3 b で示す永久磁石 2 1 D は、ロータ 1 の軸方向の両端部に対応するその両端部および軸方向に沿う側端部であって、特にそのステータ側の領域にのみ相対的に保磁力の大きな磁石領域 2 1 a ' , 2 1 b が配されたものである。

【 0 0 3 2 】

上記するいずれの実施の形態においても、逆磁界の大きさに応じて、相対的に保磁力の大きな磁石領域が適所に配されていることから、永久磁石に作用する逆磁界に抗し得る保磁力を具備しながらも、その製造コストをより廉価にすることが可能となる。

【 0 0 3 3 】

ここで、図 3 b で示す永久磁石 2 1 D を取上げて、その製造方法を概説する。この製造方法の一つは、ジスプロシウム等拡散法によるものである。具体的には、永久磁石の両端部および側端であってステータ側の領域となる隅角部に、ジスプロシウム等をスパッタ処理もしくは蒸着処理して成膜し、その後に加熱処理することでジスプロシウムを磁石表面より浸透させる。これにより、図 3 b で示すごとく、保磁力分布の異なる永久磁石 2 1 D を得ることができる。

20

【 0 0 3 4 】

[ 減磁測定実験とその結果 ]

本発明者等は、平面寸法（たとえば図 1 で視認できる永久磁石の平面寸法）が 3 7 . 5 mm × 4 mm、高さが 3 0 mm の永久磁石試験体を製作するとともに、1 つの永久磁石で 1 つの極を形成する形態のロータを製作し、逆磁界を作用させる前（減磁前）の磁束密度と、減磁後の磁束密度をそれぞれ測定した。なお、減磁量は双方の差分を求めることで求められる。

30

【 0 0 3 5 】

図 4 には、永久磁石試験体で減磁前後の磁束密度を測定した測定点および測定ラインを示しており、この測定面は、永久磁石のうち、大きな逆磁界が作用するステータ側の側面である。

【 0 0 3 6 】

図中、ライン L 1 は永久磁石試験体の軸方向（ロータの軸方向に対応）であり、該ライン上に複数の測定点が設けられ、各測定点での減磁前後の測定結果を図 5 に示している。同様に、永久磁石試験体のライン L 1 に直交する方向がライン L 2 であり、該ライン L 2 上の測定点での減磁前後の測定結果を図 6 に示している。また、対角線ライン L 3 , L 4 上の測定点での減磁前後の測定結果をそれぞれ、図 7 , 8 に示している。

40

【 0 0 3 7 】

図 5 ~ 8 の測定結果より、減磁前後の差分、すなわち減磁量が顕著な部位は試験体の軸方向の両端部であって、さらにそのステータ側の端部（隅角部）であることが実証された。

【 0 0 3 8 】

また、図 9 では、図 1 で示すような略 V 字状に永久磁石（平面寸法が 9 . 9 mm × 6 . 5 mm、高さが 5 7 mm）が配されたロータを製作し、3 次元的な減磁量を解析にて求め

50

た結果を示している。図9より、領域Aが最も減磁量が大きく、領域B，領域C，領域Dの順に、減磁量が小さくなっている。

【0039】

図9より、永久磁石のステータ側の両端部および側端の隅角部において減磁量が大きいことが特定できる。なお、同図より、高さが57mmの本試験体に関し、その両端部の5～10mm程度の範囲に相対的に保磁力の大きな領域を設けるのが好ましいことも特定された。

【0040】

以上の実験結果からも、図2，3で示すような相対的に保磁力の大きな磁石領域を設けることで、ジスプロシウム等の使用量を最小限に抑えながら、所望保磁力を有する永久磁石を具備したロータ、および該ロータを具備するIPMモータを製造することができる。

10

【0041】

上記する永久磁石を内蔵した本発明のロータを具備するモータによれば、内蔵される永久磁石が所要の保磁力と磁束密度を確保するとともに、その製造コストが大幅に低減されることから、モータ性能の向上とモータ製造コストの低減が課題の近時のハイブリッド車等に好適である。

【0042】

以上、本発明の実施の形態を図面を用いて詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本発明に含まれるものである。

20

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】V字配置の永久磁石を具備する本発明のロータの一実施の形態の平面図である。

【図2】(a)，(b)，(c)ともに、永久磁石の実施の形態を示した斜視図である。

【図3】(a)，(b)ともに、永久磁石の実施の形態を示した斜視図である。

【図4】減磁測定実験における、永久磁石表面の測定点、および測定ラインを説明した正面図であって、永久磁石をステータ側から見た側面を示した図である。

【図5】図4のラインL1上の測定点に関する減磁前と減磁後の磁束密度を示した実験結果である。

【図6】図4のラインL2上の測定点に関する減磁前と減磁後の磁束密度を示した実験結果である。

30

【図7】図4のラインL3上の測定点に関する減磁前と減磁後の磁束密度を示した実験結果である。

【図8】図4のラインL4上の測定点に関する減磁前と減磁後の磁束密度を示した実験結果である。

【図9】V字配置の永久磁石試験体における減磁測定結果を3次元的に示した図である。

【図10】(a)は、従来の磁石埋め込み型モータにおいて、永久磁石に作用する減磁がその平面領域ごとに相違することを説明した図であり、(b)は、永久磁石に作用する減磁がそのステータ側から見た正面領域ごとに相違することを説明した図である。

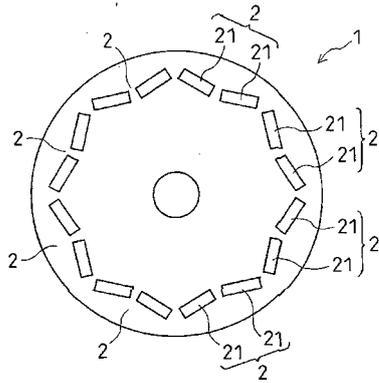
40

【符号の説明】

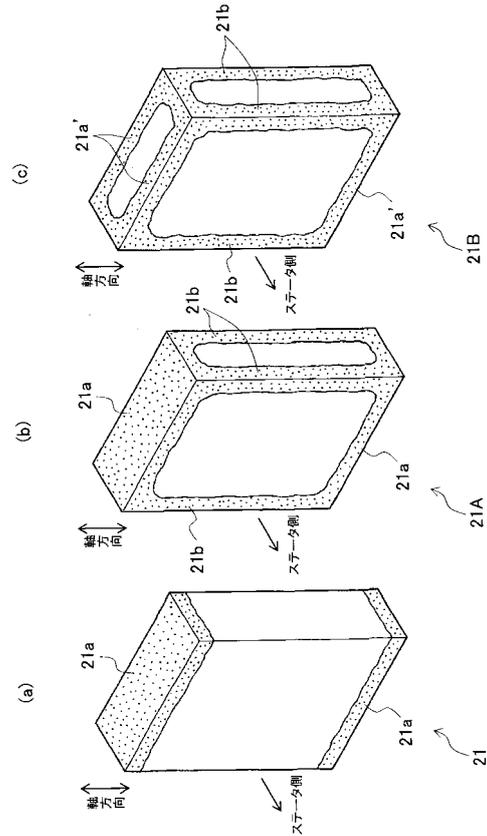
【0044】

1...ロータ、2...V字配置永久磁石、21，21A，21B，21C，21D...永久磁石、21a，21a'...相対的に保磁力の大きな磁石領域、21b、21b'...相対的に保磁力の大きな磁石領域

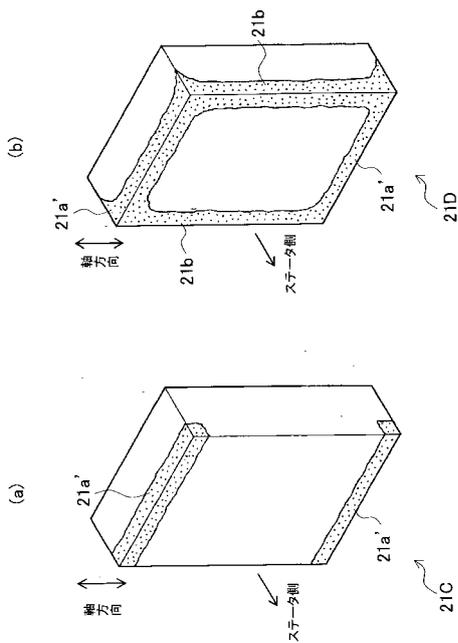
【 図 1 】



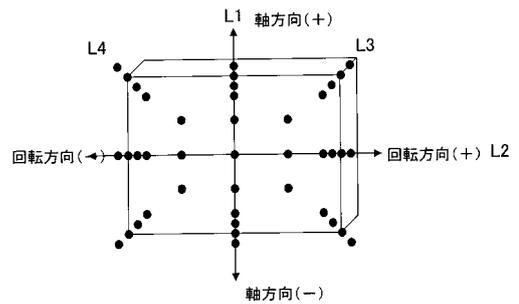
【 図 2 】



【 図 3 】

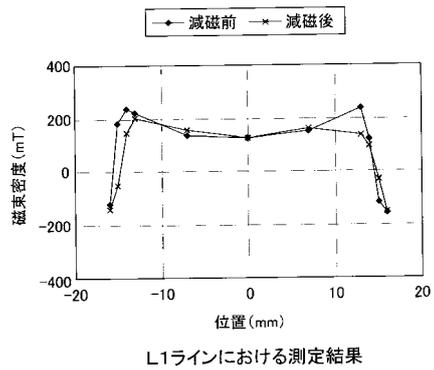


【 図 4 】



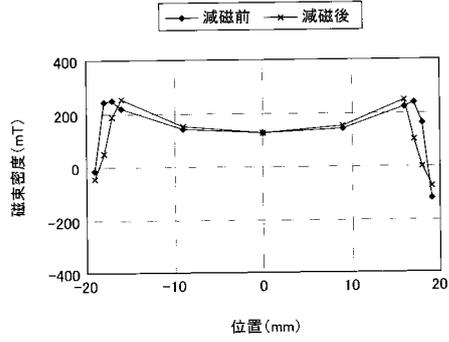
ステータ側から見た永久磁石の減磁測定点

【 図 5 】



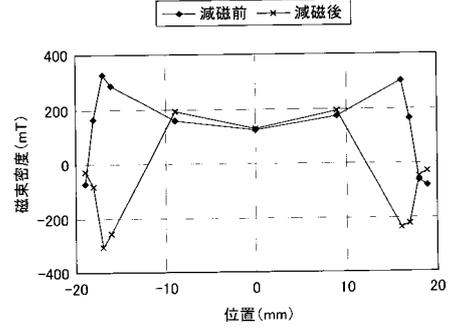
L1ラインにおける測定結果

【 図 6 】



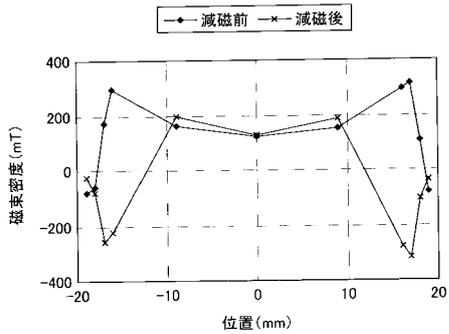
L2ラインにおける測定結果

【 図 8 】



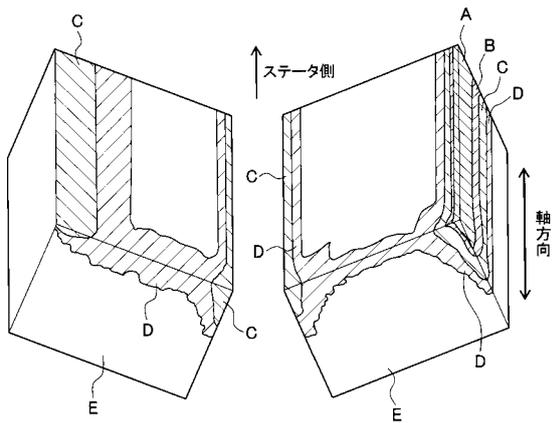
L4ラインにおける測定結果

【 図 7 】



L3ラインにおける測定結果

【 図 9 】



【 図 10 】

