

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3772115号
(P3772115)

(45) 発行日 平成18年5月10日(2006.5.10)

(24) 登録日 平成18年2月17日(2006.2.17)

(51) Int. Cl.	F I
<i>H02K 1/06 (2006.01)</i>	H02K 1/06 A
<i>H02K 1/16 (2006.01)</i>	H02K 1/16 C
<i>H02K 19/10 (2006.01)</i>	H02K 19/10 A
<i>H02K 21/16 (2006.01)</i>	H02K 21/16 M
<i>H02K 29/00 (2006.01)</i>	H02K 29/00 Z

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-581403 (P2001-581403)	(73) 特許権者	390039413
(86) (22) 出願日	平成13年4月26日 (2001.4.26)		シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2003-533158 (P2003-533158A)		Siemens Aktiengesellschaft
(43) 公表日	平成15年11月5日 (2003.11.5)		ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2001/004741		Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
(87) 国際公開番号	W02001/084696	(74) 代理人	100061815
(87) 国際公開日	平成13年11月8日 (2001.11.8)		弁理士 矢野 敏雄
審査請求日	平成14年10月28日 (2002.10.28)	(74) 代理人	100094798
(31) 優先権主張番号	T02000A000401		弁理士 山崎 利臣
(32) 優先日	平成12年4月28日 (2000.4.28)		
(33) 優先権主張国	イタリア (IT)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ブラシレスモータ (10) において、

回転軸 (A) の周りに回転することができかつ所定の個数 (N1) の磁極 (12) を有するロータ (2) と、

軸方向に一緒に束ねられ磁極 (12) としてのセクタを形成する数多くの積層 (11) と、

前記ロータ (2) に対して同心で配置されておりかつ2つずつの磁極 (12) に対して3つのステータ歯 (5) を備えるステータ (4) とを有しており、

前記磁極は、前記回転軸 (A) の周りに均一に分配されておりかつ1スロットピッチ (P_c) で延在しており、互いに隣り合うステータ歯 (5) の中心点は、互いに1スロットピッチ (P_c) 離隔されており、

前記磁極のうちの2つが、円周方向に磁化された永久磁石 (3) に対する座部 (13) をそれぞれ形成し、

前記ステータ歯 (5) は、磁極 (12) に対向する自由表面 (S_s) を有しており、

前記ステータ歯 (5) は、単一の突出エレメント (14) を有しており、

該突出エレメントは、相応する自由表面 (S_s) からロータ (2) に向かって半径方向に延在しており、

各突出エレメント (14) は、等辺の台形の形態であり、該台形の小さい方の底面は口 20

ータ(2)の方を向いており、その円周方向の長さ(L)は、小さい方の底面と大きい方の底面との間の中心線で計られることを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項2】

前記の各突出エレメント(14)は、歯形に成形されており、ステータ(4)の円周方向に長さ(L)を有しており、

該長さは、2つのステータ歯(5)間の間隔(Z)に実質的に相応し、

前記突出エレメントは、コギングトルクができるかぎりになる半径方向のサイズを有する、

請求項1に記載のモータ。

【請求項3】

前記突出エレメント(14)は、関連する自由表面(S_s')の中心に配置されている、請求項1または2に記載のモータ。

【請求項4】

ブラシレスモータ(20)において、

回転軸(A)の周りに回転することができかつ所定の個数(N1)の磁極(12)を有するロータ(2)と、

軸方向に一緒に束ねられ磁極(12)としてのセクタを形成する数多くの積層(11)と、

前記ロータ(2)に対して同心で配置されておりかつ2つずつの磁極(12)に対して3つのステータ歯(5)を備えるステータ(4)とを有しており、

前記磁極は、前記回転軸(A)の周りに均一に分配されておりかつ1スロットピッチ(P_c)で延在しており、

互いに隣り合うステータ歯(5)の中心点は、互いに1スロットピッチ(P_c)離隔されており、

前記磁極のうちの2つが、円周方向に磁化された永久磁石(3)に対する座部(13)をそれぞれ形成し、

前記ステータ歯(5)は、磁極(12)に対向する自由表面(S_s')を有しており、

前記ステータ歯(5)は、単一の突出エレメント(14)を有しており、

該突出エレメントは、相応する自由表面(S_s')からロータ(2)に向かって半径方向に延在しており、

前記突出エレメント(14)は、円筒状のステータ面(S_s)を定め、

該円筒状のステータ面は前記ステータ歯(5)の間で中断され、該ステータ面によって実質的に余弦波形状を有する準線(D)が描かれ、

該準線(D)は、前記回転軸(A)の周りに同心で延在する基準円(B)を中心として振動することを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項5】

前記モータは設計されて、

該モータが第5高調波を有する正弦波状の起電力を有し、

該第5高調波の位相が該起電力の基本波に逆相であり、

該第5高調波の振幅が前記基本波の振幅の10%よりも小さくなるようにされている、

請求項1から4までのいずれか1項に記載のモータ。

【請求項6】

前記の第5高調波の振幅は、基本波の振幅の約6%である、

請求項5に記載のモータ。

【請求項7】

前記のロータ(2)はステータ(4)の外側に配置されている、

請求項1から6までのいずれか1項に記載のモータ。

【請求項8】

前記のロータ(2)はステータ(4)の内側に配置されている、

請求項1から6までのいずれか1項に記載のモータ。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記磁極 (1 2) は、円筒状のロータ面 (S_r ') によって半径方向に境界付けられており、
該ロータ面の曲率半径は、ロータ (2) を囲む円筒状の面 (S_r) の曲率半径よりも小さい、
請求項 8 に記載のモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、請求項 1 または請求項 4 に記載された、磁極を有するブラシレスモータに関する。

10

【0002】

ふつうステータ歯は、モータの相の数に依存して周期的なグループに分配される。各歯は、同心の巻線 (単一歯巻線) を有する。

【0003】

ロータにおいて半径方向に、磁化された永久磁石を有し、ステータに電磁極を有し、また各電磁極に少なくとも 1 つの矩形の隆起部を有する、請求項 1 または請求項 4 の第 1 , 3 , 4 の部分に相応するブラシレスモータは、US RE 3 5 7 6 3 E または日本の JP 6 0 1 4 2 2 4 0 A の特許明細書の要約書から公知であり、ここでは上記の隆起部によってエアギャップが低減され、ひいてはコギングトルクが低減される。

図 1 には先行技術からのモータが示されており、ここではステータは 9 つのステータ歯を含み、ここでこれは 3 つの周期的なグループに分割される。ステータはロータの周りに同心で配置されている。ロータは 6 つの磁極を有しており、これらはそれぞれ 1 スロットピッチで延在している。さらに各磁極は、ロータそれ自体を囲む円筒面の曲率半径よりも小さな曲率半径を有し、これによって、誘導される起電力が可能な限りに正弦波であるようにする。

20

【0004】

上記のタイプのブラシレスモータは、いわゆるコギングトルクに起因する欠点を有しており、これを修正ないしは低減するために、これまで様々な技術的解決手段が使用されてきた。しかしながらこれらの解決手段によってさらに別の様々な欠点が生じている。すなわち、例えば、同じ活性材料を使用した場合、磁束が損失される；設計が複雑である；空気伝搬騒音 (airborne noise) および振動が幾何学的な不連続性から発生する；結果的に得られるアクティブトルクに負の影響を及ぼす、起電力の高調波が発生する；仮想的に正弦波状である起電力を形成したいという要求から一貫性のない幾何学 / 形状になってしまうなどの欠点が生じるのである。

30

【0005】

本発明の課題は、コギングトルクが定格トルクの 1 0 0 分の 1 よりも小さく、同時に上記のような欠点を最小化することの可能なブラシレスモータを提供することである。

【0006】

この課題は、つぎの機能を有するブラシレスモータによって解決される。

【0007】

40

このモータは、回転軸の周りに回転できかつ所定の個数の磁極を有するロータを有しており、ここでこれらの磁極は、回転軸の周りに均一に分配されかつスロットピッチで延在している。さらに、このモータは、ロータと同心に配置されておりかつ 2 つずつ磁極に対して 3 つのステータ歯を備えるステータを有しており、ここでこのステータ歯は、回転軸の周りに均一に配置されており、互いに隣り合うステータ歯の中心点は、互いに 1 スロットピッチ離隔されている。ステータ歯は、磁極に対向する自由表面 (free surface) を有しており、また各ステータ歯は、単一の突出エレメントを有しており、この突出エレメントは、相応する自由表面からロータに向かって半径方向に延在しており、各突出エレメント (1 4) は、等辺の台形の形態であり、該台形の小さい方の底面はロータ (2) の方を向いており、その円周方向の長さ (L) は、小さい方の底面と大きい方の底面との間の中

50

心線で計られる。

また別の実施形態では、本発明のモータは、回転軸の周りに回転することができかつ所定の個数の磁極を有するロータと、軸方向に一緒に束ねられ磁極としてのセクタを形成する数多くの積層と、上記ロータに対して同心で配置されておりかつ2つずつの磁極に対して3つのステータ歯を備えるステータとを有しており、上記磁極は、上記回転軸の周りに均一に分配されておりかつ1スロットピッチで延在しており、互いに隣り合うステータ歯の中心点は、互いに1スロットピッチ離隔されており、上記磁極のうちの2つが、円周方向に磁化された永久磁石に対する座部をそれぞれ形成し、上記ステータ歯は、磁極に対向する自由表面を有しており、上記ステータ歯は、単一の突出エレメントを有しており、この突出エレメントは、相応する自由表面からロータに向かって半径方向に延在しており、上記突出エレメントは、円筒状のステータ面を定め、この円筒状のステータ面は上記ステータ歯の間で中断され、このステータ面によって実質的に余弦波形状を有する準線が描かれ、この準線は、上記回転軸の周りに同心で延在する基準円を中心として振動する。

10

【0008】

以下では図面を参照して、本発明の例示的な実施形態をより詳しく説明する。ここでこの実施形態によって制限がなされるとみなすべきでない。

【0009】

図1は、永久磁石を有する従来技術のブラシレスモータの断面図を示しており、図2は、永久磁石を有する第1のブラシレスモータの部分断面図を示しており、図3a～3dは、図2に示したモータの相異なる4つの動作条件と、各動作条件に対するコギングトルクの関連する線図とを概略的に示しており、図4は、永久磁石を有する第2のブラシレスモータの部分断面図を示しており、図5は、図2および4に示したモータにおける起電力および関連する相電流の波形の線図を示している。

20

【0010】

従来技術による例において永久磁石3を有するブラシレスモータ1が示されており、このブラシレスモータ1は、半径が R_r である円筒形のロータ面 S_x によって半径方向に囲まれかつ回転軸Aの周りに回転するロータ2と、所定の個数 N_1 個の永久磁石3とを有する(図1を参照されたい)。

【0011】

さらにモータ1はステータ4を有しており、これはロータ2の周りの外側に同心で取り付けられている。このロータは、2つずつの永久磁石3に対して3つのステータ歯5を有している。ステータ歯5は、回転軸Aの周りに均一に分配されている。ステータ歯5は互いに離隔されており、これによってスロット6が形成される。互いに隣り合うステータ歯の中心点は互いに、1スロットピッチだけ離隔されている。ステータ歯5は自由表面 S_s' を有しており、これは面 S_r に対向する。自由表面 S_s' と面 S_r とは、互いに離隔されており、一定幅のギャップTを形成する。

30

【0012】

モータ1は、6つの永久磁石3を有する3相モータとして設計されており、これらの6つの永久磁石に9つのステータ歯5が対応し、これらの9つのステータ歯は、相巻線に基づいて回転軸Aの周りに均一に分配されたグループF1, F2, F3に分割される。

40

【0013】

各ステータ歯5は相巻線を有している。各ステータ歯5は実質的にT字形であり、半径の線に沿って配置される延長部7と、端部に2つの翼部8とを有しており、ここでこれらの翼部は、延長部7の反対側にある2つの領域から、延長部7それ自体に関してこれを交差するように延在しており、半径方向には内側において、相応する面 S_s' により境界が付けられている。

【0014】

コギングトルク C_c' を低減するため、モータ1の各ステータ歯5は、相応する面 S_s' に2つのスロット9を有する。すでに述べたようにこの手段は、製造コストを増大させる

50

だけでなく、アクティブトルクにおける高調波分を増大させ、また回転速度において「空隙」(lacuna)を有するモータの空気伝搬騒音を増大させる。

【0015】

図2では、同じ参照符号を使用して、同じ部分でありかつすでに説明した部分を表している。

【0016】

例示的な1実施形態において、永久磁石3を有するブラシレス3相モータ10が示されており、このモータ10は、ステータ4の内側に取り付けられたロータ2を有する。しかしながらロータ2がステータ4の周りに配置される逆の幾何学的配置構成を使用することも本発明の範囲内に含まれる。

10

【0017】

ロータ2には、数多くの積層(lamination)11が含まれており、これらは、軸方向に一緒にパックないしは束ねられておりかつセクタを形成している。これらのセクタは永久磁石3に対する座部13を形成しており、これらの座部はセクタの間に配置されている。各セクタは、隣り合う2つの座部13にある永久磁石3によって磁化され、したがってロータ2に対する磁極12を形成する。磁極12は半径方向に、関連する面 S_r' によって境界が付けられており、その曲率半径 R_r' は、ロータ2がそれ自体囲まれている周囲の面 S_r の半径 R_r よりも小さい。各磁極12は、1スロットピッチ P_c で延在しており、その外周の反対側の2つの領域において面 S_r' に沿って軸方向歯(longitudinal teeth)12aを有する。隣り合う2つの磁極12の対向する軸方向歯12aにより、これらの間に配置されている永久磁石3が半径方向にブロックされる。

20

【0019】

セクタを設けなければならない代わりに、従来技術からの例のように磁極を永久磁石の形態とすることも可能である。この場合、これらの永久磁石は、ステータに直接対向して配置され、ロータ面 S_r によって半径方向に境界が付けられる。

【0020】

モータ10における永久磁石3の個数 N_1 とステータ歯5の個数 N_2 との間の比と、従来技術の例の相応する比とは互いに一致し、一定の $2/3$ である。

【0021】

各ステータ歯5は、突出エレメント14を有しており、これは関連する面 S_s' からロータ面 S_r に向かって半径方向に延在している。エレメント14は、磁気最適化プログラムを使用してコンピュータにより最適化された半径方向のサイズを有しており、これによりコギングトルクができる限り小さくされている。このようなプログラムでは、例えば、有限要素法を使用することができる。最適化プロセスから得られる出力は、固有の最小サイズであり、これはギャップ T の最小サイズに相応する。ギャップのこの最小サイズは、経験的に決定された標準のサイズであり、自動車技術分野の分野では約 0.5 mm である。エレメント14の円周方向サイズは L であり、これは2つのステータ歯5の間隔 Z に相応する。この場合の円周方向サイズという表現は、ステータ4の円周方向におけるエレメント14の長さを意味する(図2を参照されたい)。各エレメント14は、等辺の台形であり、小さい方の底面がロータ2の方を向いている。円周方向サイズ L は、小さい方の底面と、大きい方の底面との間の中心線において計ったものである。

30

40

【0022】

各エレメント14のサイズおよび形状は、磁気最適化プログラムを使用してコンピュータによって最適化され、これによって磁極12と特定のエレメント14との間の相互作用によってコギングトルク C_c が形成されるようにし、ここでこのコギングトルクの大きさは、別の磁極12と特定のスロット6とによって形成されるコギングトルク C_c と実質的に等しい。このコギングトルクは逆の符号を有する。このことは磁極12の軸方向歯12aの左側のエッジ12_uにも右側のエッジ12_eにも共に当てはまる。

【0023】

図3a~3dに示したように、コギングトルク C_c はつぎの4つの基本的な条件の下で形

50

成される。すなわち、

- a) 磁極 1 2 の側縁 1 2_e が、スロット 6 の領域に入る (図 3 a 参照)、
- b) 同じ磁極 1 2 の側縁 1 2_u がスロットの領域から出てくる (図 3 b 参照)、
- c) 磁極 1 2 の側縁 1 2_e がエレメント 1 4 の領域に入る (図 3 c 参照)、
- d) c) の磁極 1 2 の側縁 1 2_u が、エレメント 1 4 の領域から出てくる (図 3 d 参照)。

【0024】

コギングトルク C_c のプロフィールが、スロット 6 およびエレメント 1 4 に対する磁極 1 2 の対応する位置の関数として線図に転写されると、このことからわかるのは、スロット 6 の開口部の上にコギングトルク C_c が十分にあり、すなわち 2 つのステータ歯 5 間の間隔またはエレメント 1 4 の幅 L を越えてコギングトルク C_c があり、またこれがスロットの軸またはエレメント 1 4 それ自体に関して対称でないことである。

10

【0025】

条件 a), b), c) および d) から得られるコギングトルク C_c は加算される。モータ 1 0 の上記の設計により、条件 a) から得られるコギングトルク C_c と、条件 c) から得られるコギングトルク C_c とが実質的に互いに打ち消し合う状況が生じる。相応する状況が、条件 b) から得られるコギングトルク C_c と、条件 d) から得られるコギングトルク C_c とについても当てはまり、全体的な結果としてモータ 1 0 のコギングトルク C_c は、定格トルクよりも約 100 倍も小さくなる。

【0026】

20

容易に分かるのは、この結果が、慣用のブラシレスモータ 1 に対して最小の変更で達成されたことであり、また作製において慣用の解決手段が直面した困難に立ち入ってしまうことなしに達成されたことである。

【0027】

図 4 に示した第 2 の例示的な実施形態は、つぎの違いを除いてモータ 1 0 に実質的に等しいモータ 2 0 に関する。すなわちここでは突出エレメント 1 4 によって円筒状のステータ面 S_s が定められ、このステータ面は、ステータ歯 5 の間で中断され、また実質的に余弦波形状を有する準線 D を描く。ここでこの準線 D は、回転軸 A の周りに同心で延在する基準円 B を中心として振動する。

【0028】

30

準線 D は、1 スロットピッチ P_c に対応する周期を有し、関連するステータ歯 5 の面 S_s の中心点においてギャップ T の最小サイズを定める。またこの準線は、極座標において半径 R_0 で基準円の周りに延在する。半径 R_0 は、ロータ 2 を囲む曲率半径 R_r の値と、ギャップ T の最小サイズと、準線 D の余弦関数の振幅 λ との和に等しく、これは磁気最適化プログラムによって最適化される。

【0029】

上記の面 S_s の固有の形状によってステータ 4 に所定の幾何学形状を与えることができ、この幾何学形状により、第 1 の例示的な実施形態に比して、図 2 に示したスロット 6 とエレメント 1 4 とによって生じる幾何学的な不連続性が低減される。さらに面 S_s のこの固有な形状によって、空気伝搬雑音を低減しかつ起電力の形状についてのより良好なコントロールを提供することができ、これによって起電力の形状は正弦波曲線に近くなり、これはコギングトルク C_c の点からは同じ結果を有するようになる。

40

【0030】

上記の利点に加えて、提案した解決手段によってつぎのような起電力が得られる。すなわちこの起電力は、第 5 高調波を主に含む正弦波状の波形を有し、ここでこの第 5 高調波は、起電力の基本波に対して反相であり、また基本波の振幅の 10% 以下である値の振幅を有する。振幅に対する典型的な値は、有利には基本波の振幅の 6% の大きさのオーダである。

【0031】

上記のことが重要であることがわかるのは、ブロック整流 (block commutation) を有す

50

る（公知であるが図示していない）つぎのような電子式ブリッジ回路を使用してモータ 10 をコントロールできることを念頭におく場合である。すなわちこの電子式ブリッジ回路によって、正弦波状の電流波形がモータの相において形成され、ここでこれは、実質的に第 5 高調波からなる基本波と同相の高調波成分を有し、典型的な値のオーダが基本波の 6 % の大きさである振幅を有するのである。

【0032】

起電力が完全に正弦波状であれば、この電流波形により、アクティブトルクに不所望なリップル、すなわちコギングトルクが形成される。しかしながらモータ 10 の起電力の第 5 高調波と、相電流の波形における第 5 高調波とは、反相であり、パーセンテージの項まで類似の振幅を有するため、アクティブトルクにおけるリップルの負の影響がかなり低減される。

10

【0033】

このことから明らかであるのは、モータ 10 では、アクティブトルクにコギング運動を発生させることなしに起電力を形成する、高度かつコストのかかる技術および正弦波状の給電電圧を使用しないのにもかかわらず、定格トルクに対して、すなわちモータ 1 によって出力しようとするトルクに対して極めてわずかなパーセント値しか有しない、アクティブトルクにおけるコギング運動を達成することができることである。

【0034】

理解を助けるため、図 5 にはブリッジ制御を有するモータ 10 における起電力の典型的な波形および対応する相電流が方形波を使用した際に示されており、ここでは高調波成分および関連する相がよくわかる。

20

【0035】

本発明はここで説明し図示した形態に限定されない。これらの実施形態は、永久磁石を有するブラシレスモータの例示的な実施形態とみなすべきである。それは部材の形状および配置、設計の詳細およびアセンブリに関する変更が可能であり、このような変更は、本発明のアイデアと組み合わせることができるからである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 永久磁石を有する従来技術のブラシレスモータの断面図である。

【図 2】 永久磁石を有する第 1 のブラシレスモータの部分断面図である。

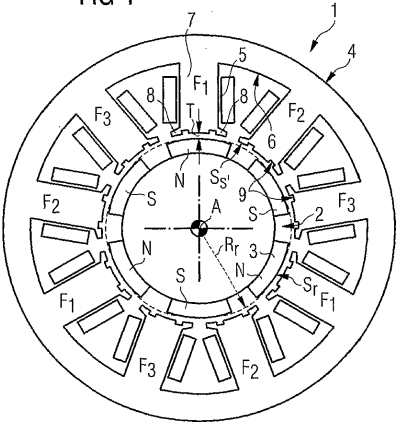
【図 3】 図 2 に示したモータの相異なる 4 つの動作条件と、各動作条件に対するコギングトルクの関連する線図とを概略的に示す図である。

30

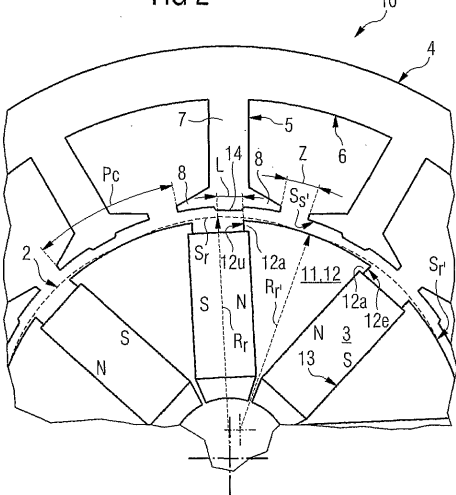
【図 4】 永久磁石を有する第 2 のブラシレスモータの部分断面図である。

【図 5】 図 2 および 4 に示したモータにおける起電力および関連する相電流の波形の線図である。

【 図 1 】
FIG 1



【 図 2 】
FIG 2



【 図 3 a 】

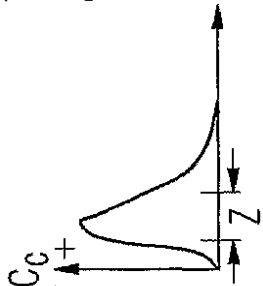
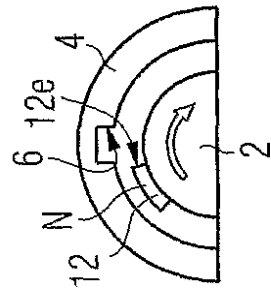


FIG 3a



【 図 3 b 】

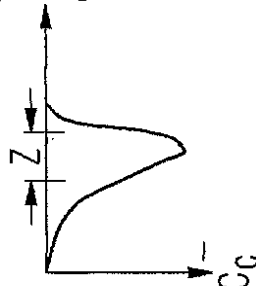
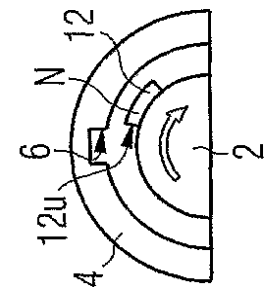


FIG 3b



フロントページの続き

(74)代理人 100099483

弁理士 久野 琢也

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 ビエトロ デ フィリッピス

イタリア国 ミラノ ヴィア エス グレゴリオ ヌメロ 6

審査官 川端 修

(56)参考文献 特開平09-308146(JP,A)

特開平10-150752(JP,A)

米国特許第04998032(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/06

H02K 1/16

H02K 19/10

H02K 21/16

H02K 29/00