(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3599763号
(P3599763)
(45)発行日　平成16年12月8日(2004.12.8)　(24)登録日　平成16年9月24日(2004.9.24)

(51)Int.Cl.[7]　F I
F16C 32/04　F16C 32/04　ZAAA

請求項の数 12　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平5-265190
(22)出願日　平成5年10月22日(1993.10.22)
(65)公開番号　特開平6-200941
(43)公開日　平成6年7月19日(1994.7.19)
審査請求日　平成12年6月12日(2000.6.12)
(31)優先権主張番号　9203090-7
(32)優先日　平成4年10月22日(1992.10.22)
(33)優先権主張国　スウェーデン(SE)

(73)特許権者　391043675
プファイファー・ヴァキューム・ゲーエムベーハー
ドイツ連邦共和国デー－３５６１４　アスラー，エンメリュースシュトラーセ　３３
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100071124
弁理士　今井　庄亮
(74)代理人　100076691
弁理士　増井　忠弐
(74)代理人　100075236
弁理士　栗田　忠彦
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁気支持装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくとも１つの安定化手段（１０、２０、３０）と、シャフトの自重と静荷重との少なくとも一方を受け取る少なくとも１つの解放手段（４、５、６、１４）とを備えている装置であって、前記安定化手段（１０、２０、３０）は、平坦な形状（１、３）又は中空な円柱（２）の形状を有し非磁性導電性材料で作られた部材（１、２、３）のそれぞれの側に対をなして配置され前記部材の中に対向する渦電流を誘導する複数の磁石（７、８、９）を備え、前記部材（１、２、３）は前記磁石（７、８、９）の間の中間において芯出しされており、前記部材（１、２、３）がその芯出しされた位置からずれると、前記渦電流は、増加して安定化力を生じることにより、前記部材を引き戻す方向に導く傾向を有している、装置において、
前記部材（１、２、３）の最大の厚さと、前記磁石の整列態様とは、前記渦電流が相互に打ち消し合っていかなる制動力も生じないように決定されていることを特徴とする装置。
【請求項２】
請求項１記載の装置において、前記磁石（７、８、９）は永久磁石と電磁石との少なくとも一方を備えていることを特徴とする装置。
【請求項３】
請求項２に記載の装置において、前記電磁石（７、８、９）は能動的に制御されることを特徴とする装置。
【請求項４】

請求項２又は請求項３に記載の装置において、前記電磁石（７、８、９）は超伝導体で製作されていることを特徴とする装置。
【請求項５】
請求項１ないし請求項４の任意の請求項に記載の装置において、前記部材は、軸方向の安定化手段（１０）を形成する回転ディスク（１）を備えていることを特徴とする装置。
【請求項６】
請求項１ないし請求項４の任意の請求項に記載の装置において、前記部材は、半径方向の安定化装置（２０）を形成する回転する中空の円柱（２）を備えていることを特徴とする装置。
【請求項７】
請求項１ないし請求項４の任意の請求項に記載の装置において、前記部材は１つ又は複数の円材とシート（３）とを含み、特にリニア軸受（３０）のために提供されることを特徴とする装置。
【請求項８】
請求項１ないし請求項６の任意の請求項に記載の装置において、前記解放手段は、少なくとも１つの固定環状磁石（４）と、前記軸に固定された１つ又は複数の環状磁石（５）又は鉄製ディスクとを備えていることを特徴とする装置。
【請求項９】
請求項１ないし請求項６の任意の請求項に記載の装置において、２つの半径方向安定化手段（２０）（半径方向軸受）と、１つの軸方向安定化手段（１０）（軸方向軸受）と、１つ又は複数の解放手段とを含むことを特徴とする装置。
【請求項１０】
請求項１ないし請求項９の任意の請求項に記載の装置において、通常の磁気軸受と機械的軸受との少なくともどちらか一方が１つ又は複数追加的に提供されることを特徴とする装置。
【請求項１１】
請求項７記載の装置において、磁気浮上式列車のような輸送手段において用いられるリニア軸受（３０）のために提供されることを特徴とする装置。
【請求項１２】
請求項１ないし請求項１１の任意の請求項に記載の装置において、前記磁石（７、８、９）は、前記部材（１、２、３）の一方の側に設置されており、他方の側にある対応する磁石に対し、半径方向及び軸方向の軸受の場合には回転可能、リニア軸受の場合には変位可能であることにより可変ブレーキ・トルクが生じることを特徴とする装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、少なくとも１つの安定化装置と、好ましくは、たとえば軸の自重、特に静荷重を受け入れるための少なくとも１つの解放装置とで構成される磁気支持装置に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
磁気軸受とは、回転軸が軸受ハウジングといかなる機械的接触をも有しない軸受と理解される。軸を所定の場所および位置に保持するために、その代わりに磁力が利用される。
【０００３】
既に知られている磁気軸受として多くの実施例が存在する。１つの実施例は、反対向きの永久磁石の反発力を作用し、この反発力を、軸を所望の位置に保つのに利用する。図１にスラスト軸受を、図２にラジアル軸受を示してある。このタイプの軸受の欠点は、同時には軸をすべての方向に芯出しできないことである。軸を半径方向に芯出し可能であるとき、軸は自動的に軸方向に移動し、このことは逆の場合についてもいえる。これは既に以前から純粋に数学的に、このような装置は三次元のすべての方向に同時に決して安定とはな

り得ないという「アーンショーの定理（Ｅａｒｎｓｈａｗ’ｓ　Ｔｈｏｒｅｍ）」として証明されている。これらの軸受は、常に、いずれかのタイプの支持軸受と組み合わされて製作されているが、すべての方向に対し完全に安定であって運転中いかなる支持軸受をも必要としない支持装置を提供することが本発明の目的である。

【０００４】

フランスのＳ２Ｍで製作されるたとえば「Ａｃｔｉｄｙｎ」の場合における他のタイプの磁気軸受においては、能動的に制御された複数の電磁石が磁化された鉄のロータを囲んでいる。その結果得られた軸の中心からの偏差がセンサにより記録され、センサは軸が制御されて戻るように制御装置を介して電磁石に影響を与える。この軸受は当然に極めて高価であるが、他方で非常に高い精度を有している。この軸受は本来潤滑を必要とせず、ほとんど騒音および振動がなく、高い安定性を有し、またたとえば玉軸受の場合よりかなり速く運転可能である。しかし、この特性が要求されておらず、必ずしも必要でない場合、又は高い精度は有しないがこれよりは弱い軸の支持で十分な場合でも、制御目的の電子装置をなくすことによってコストを低減させることはできない。その制御がなくてはこのタイプの軸受はそもそも機能しないからである。本発明は今説明した特性をすべて有しているが、吊下げは剛でなくまさしく柔軟である。そもそも制御のための電子装置などは必要ではない。Ａｃｔｉｄｙｎのその他の欠点は、軸に振動を生じることがある点である。本発明の場合これは発生しない。Ａｃｔｉｄｙｎの場合は軟鉄が使用されるが、本発明ではアルミニウムロータが使用可能なので、本発明による軸受はＡｃｔｉｄｙｎより高い回転数で運転することができる。

【０００５】

最近、超伝導体における「マイスナー効果」を用いて、安定で高品質の軸受を構成する可能性が示された。この軸受を構成することは原理的には可能であるが、一方でこの特性を示すためには、超伝導体が必要とする超低温を達成するために特殊な冷却装置を必要とし、他方でこれでは本発明が可能とする回転数の範囲には決して到達することができない。その最大速度が制限される原因は、それが回転磁石又は回転超伝導体を必要とすることである。しかしながら、これらのいずれも十分に高い引張り強さ、あるいは、十分に小さな厚さを有していない。これに対しアルミニウムとくにデュラルミンは高い回転数に必要なこれらの両方の特性を有している。すなわち、回転ディスクに対して最大周縁速度v_{max}は、

【数１】

$$v_{max} = (\sigma_{max} / \rho)^{1/2} \quad [m/sec]$$

によって定義され、また管の形態のロータに関しては、

【数２】

$$v_{max} = (\sigma_{max} / (0.4125\rho)^{1/2} \quad [m/sec]$$

によって定義される。ここで、σ_{max}は材料の許容しうる引張り強さであり、ρは密度である。TiB_2もまた適切な材料である。

【０００６】

高い回転数でも使用可能な他のタイプの軸受は、いわゆるガス軸受である。しかし、この軸受は本発明の場合よりも製作にかなり高い精度を必要とし、したがってそれに応じて高価である。さらにこれは圧縮機および空気フィルタを必要とする。

【０００７】

上記の軸受はすべて高価であるばかりでなく、高い回転数および柔軟な吊下げが望まれるすべての適用例において使用するためには適切でないか又は少なくとも不必要に複雑であるという特性もまた有している。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】

これらの種々の問題点を解決し、いかなる周辺装置も必要とせず、また製作において著しく安価な磁気支持装置を提供することが本発明の目的である。

【０００９】

【課題を解決するための手段】
この課題は特許請求の範囲に記載の特徴により解決され、その好ましい実施例が従属項に示されている。
【００１０】
磁気軸受の原理は、力の釣合のために軸の自重を含めて軸に作用する荷重がすべて磁気軸受力により受け止められることが必要であること、と要約される。ガス軸受又は反対向きの磁石で構成される磁石軸受のような非制御タイプの軸受に対しては、軸はその最初の位置から新しい釣合位置に到達するまで軸方向および／又は半径方向に移動されなければならない。これに対しＡｃｔｉｄｙｎのような制御タイプの軸受に対しては、センサが現在の軸の位置を検出し、次に軸を制御してその本来の位置に戻す信号を与える。この制御タイプの軸受は所望の安定性および外乱に基づく振動に対し希望する減衰を与えるが、一方非制御タイプの軸受は、それ自身その新しい釣合位置に移動しなければならない。非制御タイプの磁気軸受においては、この移動はたとえば、きわめて複雑な配置内の柔軟なゴム内にロータ磁石を吊下げることにより減衰させることができる。
【００１１】
本発明に係る軸受は、制御タイプの軸受と非制御タイプの軸受との中間的なものといえる。外部制御システムは必要ではなく、この軸受はレンツの誘導法則を利用して原理的に自己制御を行う。本発明は、日本の磁気浮上式列車と同じ原理に基づいており、すなわちこの場合、列車におけるように、超伝導磁石であるか又はたとえば永久磁石であるかを問わず、磁石が導電体の表面上を移動されるとき表面内に渦電流が誘導されるが、このときこの渦電流からの磁場が磁石と前記表面との間に反発力を発生するように渦電流が誘導されるのである。ここで磁石が前記表面に接近すると、誘導電流の強さは増大する。これは表面内の金属が可変磁化特性を有する磁石であるとして説明でき、また、この事実はちょうどアーンショーの定理すなわち「磁場内に浮上する磁石は、これが一定の磁化を有するとき三次元安定に到達することができない」という定理を回避するための前提となっている。われわれは、また組み込まれた自動制御システムもまた有している。これはこの場合ちょうど安定なスラスト軸受およびラジアル軸受を構成するために利用される。本発明を添付の図面を用いて詳細に説明する。
【００１２】
【実施例】
本発明に係るスラスト軸受１０（図７参照）は次のように製作される、平坦な表面は銅又はアルミニウム合金とくにＳＩＳ４２１２又はジュラルミンからなる回転ディスク１として製作される。ディスクの中心は静止時に磁石を保護するための機械的支持点として製作される。ディスク１の周りの両側に矩形のＳｍＣｏ磁石７のホルダが存在する。磁石ホルダが鉄で製作される場合には、磁場は、磁石７がホルダ内部に装着されるときには周囲に飛び出さず、これはある用途にとっては有利である。ＳｍＣｏ磁石の選択は、それが高い保磁度（Ｃｏｅｒｃｉｖｉｔａｅｔ，ｃｏｅｒｃｉｖｉｔｙ）を有しかつ高い温度に耐えることに基づいている。将来は、ＮｅＦｅＢ磁石が改良された耐熱性を有するようになるであろう。このときこれは価格も安くなり、したがってＳｍＣｏ磁石よりも多く使用される可能性がある。磁石７は、ホルダ内の１つおきの磁石がディスク１に対しＳ極を向け、残りの磁石がＮ極を向けるように装着される。これは２つの利点を有しており、一方で、ホルダに鉄が使用された場合の磁場の漏れが防止され、他方で、特に磁石が相互に接近して装着されたとき磁力がやや増強される。更なる利点が、磁石７が矩形に製作されないでリング磁石から扇形に切断されたとき得られよう。しかし、これは必ずしも経済的であるとは言えない。
【００１３】
この最後の場合の利点は、磁石の幅に対し直角方向に生じる速度が増大して、持上力とブレーキ力との比（以後本文では「摩擦係数」という）を減少する場合に得られよう。他の改良は、ディスク１が周縁に向かってよりも中心に向かってやや幅広になるようにディスク１がやや円錐形に製作されるときに達成される。これによって「摩擦係数」は減少し、

また寿命と熱伝導性とを増加させる。

【００１４】

図８に示されるラジアル軸受２０も、同様の方法で製作されるが、この場合中間に存在する部材２として、ディスクよりはむしろ回転スリーブ又は回転管に近いロータが利用される。管２の内側だけでなく外側にも磁石８を有する磁石ホルダが存在する（図８参照）。ロータ２を周囲に磁石を有する均等なシリンダとして製作していないが、このことは重要である。もしこのように製作すると、一方で摩擦がきわめて大きくなり、他方で軸受の片側に集中されてこれが大きなラジアルフォースを形成することになるので、きわめて強力ないわゆる振れ回りモーメント（Ｗｈｉｒｌｍｏｍｅｎｔ，ｓｐｉｎ　ｔｏｒｑｕｅ）を形成することになろう。代わりに管が用いられるとこの振れ回りモーメントは低減される。管はまた、以下の摩擦に関する説明からわかるように他の大きな利点をも有している。

【００１５】

厚いディスク又は肉厚の管に対しては、最大許容荷重とばね定数と摩擦とは、主として、磁石の形状およびサイズと、磁石のロータからの距離と、ロータ内の導電性とロータの磁石に対する相対速度との関数である。同じ原理に基づく日本の磁気浮上式列車は超伝導磁石を有し、この超伝導磁石は列車内に装着されていて（本発明の場合のように両側には設けられていない）銅の「レール」上を移動するが、これは、一方で速度が大きく（約１５０ｍ／ｓｅｃ）、他方で磁石とレールとの間の間隔が大きい（約１５ｃｍ）ので、比較的小さい摩擦係数を与えている。すなわち、摩擦係数は速度および間隔と共に、また当然に導電性と共に低下する。

【００１６】

この実施例においてはわれわれは、線形運動の代わりに、上述の式により最大速度が制限される回転運動を有している。極めてよい導体である銅は、特に高速回転を許容しない。その代わりに、本発明では、きわめて高速の回転が望ましいときはアルミニウムを使用する。更に、軸は適切に芯出しされなければならず、これはある程度の剛性を要求することになり、これによれば磁石がディスクに近接して設けられなければならない（約１～２ｍｍ）ことになる。このために摩擦係数は、０．５～６ときわめて大きくなり、このことは許容されない。前記の厚いディスクを有する軸受は米国特許第３８１１７４０号に記載されている。ディスクが厚いことは図１から明らかであるが、第６欄第２５～２７行にも記載されている機能からも明らかである。以下の説明参照してほしい。本発明においては、この厚いディスクがきわめて薄いディスクに置き換えられ、この場合厚さは正確に計算されている。このようにして摩擦はほぼ完全に除去され、これは新規性がありまた本発明にとっての前提条件でもある。

【００１７】

図５は、厚いロータを有するスラスト軸受を示す。それぞれの磁石の下側の外側の表面層内に渦電流が誘導され、渦電流は主として磁石の幅の広い側を追従し、次に、短い端部にやや変形された楕円を形成する。電流は、外側の表面上に広がるので、渦電流を何か特定の形態について論じるのは必ずしも正確ではないが、この場合は上記のような図が使用可能である。厚いディスクに対しては、渦電流の回転方向はいかなる働きもしない。しかしながら、ディスクが薄く製作されるときは、図６から、電流が流れる上表面層が相互に混ざり合うことがわかる。ディスクが十分に薄くかつ電流が異なる方向に回転するとき、すなわち磁石の向きがお互いに反対方向であるとき、電流は相互に打消し合い、摩擦を含めてすべての力はゼロに等しくなる。ディスクが厚いとき又は米国特許第３８１１７４０号の図４に示すように渦電流がそれぞれ２つの別のディスク上に分配されるときはこのようなことは明らかに発生しない。本発明では、軸受が、ある種の障害が生じたりディスクが磁石に一方側で接近したりすると、ディスクのその側の対応する渦電流が増加して、ディスクを元に戻そうとする安定化力が生じる。

【００１８】

電流が相互に打消し合うためには、中間に存在する材料を「十分に薄く」する必要があることを上で説明してきた。電子工学においては、磁場が導体に浸透する場合には、浸透の

深さは、「侵入度（ｓｋｉｎ　ｄｅｐｔｈ）」d_{skin}として定義される。電流が磁場により誘導されるとき、電流は同じ深さで流れる。侵入度は導電性および作用磁場の周波数の関数である。したがってディスクの厚さは最適化しようとする深さの関数であり、たいていの用途には約０．７d_{skin}が適している。このときにd_{skin}の基礎になる周波数をどのように計算するかについてはここでは詳細に説明しないことにする。ディスクが製作しにくいほど又は弱い曲げ強度を有するほどディスクが薄いとき、ディスクはたとえば絶縁体－材料フォイル－絶縁体からなる積層として製作することができる。ガラス繊維又はＬＣＰ強化セラミック材料は高い強度を有するこのような絶縁体によく適している。

【００１９】

たとえばブレーキ作動の際に高いブレーキトルク及び強い摩擦を必要とする場合、これは本発明に係る軸受により、磁石がもはや相互に反対の極が向かい合って配列されないように、一方の磁石ホルダを他方の磁石ホルダに対して回転可能なように配置することができる。Ｎ極がＳ極とＳ極との中間にあるとき及びその逆のとき、最大のブレーキトルクが得られる。両方のホルダが容易に回転可能なように本発明に係る軸受が製作された場合に、可変ブレーキトルクを有する軸受が得られる。しかし、導電性ディスクが厚いあるいは回転磁石ホルダの周囲の２つの環状のディスクから構成される場合には、渦電流が相互に接触しないことからこの場合渦電流の回転方向は何の働きもしないので、このような可変ブレーキトルクを有する軸受は達成できない。

【００２０】

静荷重はディスクを連続的にその中心から移動させ、その結果として、連続的に大きい摩擦が発生する。この解決方法は、たとえば図３又は図４に示すような荷重解放装置を備えることにより、軸受をすべての静荷重から解放することである。この解決法は、図９の４、５の装置と等価であり、また米国特許第３８１１７４０号（第１欄３２～３６行）の装置ときわめてよく類似している。しかし、これらの装置はすべて不安定であり、本願の軸受の安定性に反するように作用する。この問題は、ただ右側の磁石が反対方向に向けられているという差はあるが、荷重解放装置が図１の軸受のように製作されることにより、きわめて簡単に解決できる。ロータに装着されている中央の磁石は、ロータが右方向に解放するように右側の磁石により引き付けられ左側の磁石により反発され、このときロータの安定性は損なわれることはない。これは新規であり、本発明の前提条件の１つを構成する。

【００２１】

解放装置の更なる実施例においては、永久磁石及び（又は）鉄の部品の代わりに２つ（あるいはそれ以上）の超伝導磁石が使用される。これは最大で数トンの解放能力を１００トンまで増加させ得る。この解放装置の使用によって、Ａｃｔｉｄｙｎ軸受の使用範囲が拡大される。今日の技術においては、その荷重能力は最大２０トンに限定されている。

【００２２】

本発明の軸受は高い回転数において最もよく機能するので、低い回転数においては、荷重解放装置に加えて、たとえば滑り軸受や玉軸受や円錐ころ軸受のようなスラスト軸受が用いられる必要がある。このスラスト軸受は、回転数が著しく高いときには、軸受が軸の芯出しを行えるように、軸受の軸との「係合」が解放されるように装着されなければならない。軸に装着された遠心継手であって、低い回転数においてはベースに装着された玉軸受に押し付けられるところの前記遠心継手が最善である。このときこの玉軸受は、軸したがって本発明の軸受の導電性ディスクが、動作開始時においても可能な限り最小のブレーキトルクにおいて芯出しされ得るように配置可能である。これは好ましい事実であるが、米国特許第３８１１７４０号（第４欄第３７～５０行）に記載されているタイプのスラスト軸受では可能ではない。

【００２３】

図９では、軸に対する完備した支持体が示されているが、この場合もまた、２つのラジアル軸受２０と、１つのスラスト軸受１０と、少なくとも１つの解放装置４、５が必要であ

る。この図の支持体は、また、軸方向及び半径方向に移動可能な「スプライン」と呼ばれ、軸とモータ１３との間に配置される継手１１、１２を含む。この継手は、軸受が振動なしに回転するために必要である。しかし、ロータは、軸に直接装着されることが好ましい。この場合、このロータは、ロータ自体と電機子との間のいかなる機械的な接触をも排除するタイプでなければならない。この図には支持軸受が示されてなく、また機械的に必要な防振ダンパも示されていない。

【００２４】

本発明が基礎を有する原理は、磁気浮上式列車に対するリニア軸受の更なる発展において非常に重要である。今日使用されている日本の原理は、安定性を達成するために他の手段を利用しながら、誘導現象（Ｉｎｄｕｋｔｉｏｎｓｐｈａｅｎｏｍｅｎ）によって列車を持ち上げていることに基づいている。これは列車の空気的な抵抗力と同じ大きさの磁気的なブレーキ力を発生している。このために、このとき利用されるレールは高価な銅で構成されなければならない。しかし、本発明に従って、安定化の目的にのみ誘導現象を利用しまた列車の磁石１４と共に解放装置としてレール上の鉄レール６（図１０参照）を使用するとき、レールおよび前記レール６はアルミニウムで製作可能である。ブレーキ力は最小になり、主としてレール内の渦電流により発生される。しかし、この現象を著しく低減させることは容易ではない。さらにこれは安定化システムを含み、また普通必要となる能動的な磁石安定装置のための費用を節約できる。安定化の目的のために、代わりに支持車輪を使用することはかなり前から知られている。しかし、これは本発明によれば必要ではない。これに対し、日本の磁気浮上式列車と本発明に係る装置では、スタートおよび停止に関連する車輪が必要となる。空気的な抵抗力を減少させるために、これらの車輪はそれらが使用されないときは引き込まれる。日本の列車は８０ｋｍ／ｈのときにこれらを引っ込めるが、本発明によるレールシステムにおいては、より早い時点で引き込むことが可能である。これは、本発明では、誘導現象は列車を持ち上げるために用いられないからである。

【００２５】

本発明による軸受装置は、それが回転軸受として使用される場合に、多くの技術分野で使用可能である。前記遠心ポンプおよびセパレータのみでなく、超遠心機、旋回砥石、ターボ分子真空ポンプ、超低温技術におけるターボポンプ、回転ミラー用スピンドルおよびＸ線管にも利用可能である。

【００２６】

本発明は図示し説明してきた実施例だけに限定されず、特許請求の範囲内で種々の方法で変更可能である。ロータにおける種々の合金および種々の磁石材料が当然考えられる。誘導原理から出発することなくたとえば集積化された電子装置において所定のレールに渦電流を「ロックする」こともまた可能である。ロータを冷却することにより誘導軸受の機能の改善が達成される。このとき導電性は実質的に増大し、これが摩擦を低減しかつ低速特性を改善する。冷却媒体として液体空気が使用されるときには、摩擦は約４分の１に減少する。

【図面の簡単な説明】

【図１】従来技術のスラスト磁気軸受を示す。

【図２】従来技術のラジアル磁気軸受を示す。

【図３】静荷重の解放装置を示す。

【図４】静荷重の解放装置の別の実施例を示す。

【図５】従来技術の厚い中間材料（ロータ）を有するスラスト軸受を示す。

【図６】薄い中間材料（ロータ）を有するスラスト軸受を示す。

【図７】本発明に係るスラスト磁気軸受装置を示す。

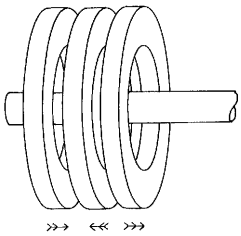
【図８】本発明に係るラジアル磁気軸受装置を示す。

【図９】２つのラジアル軸受と、１つのスラスト軸受と、少なくとも１つの解放装置とを有する軸用の完備した軸受の例を示す。

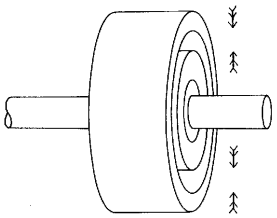
【図１０】リニア軸受としての図９の装置の利用例を示す。

【符号の説明】
１、２、３　非磁性導電材料
４、５、６、１４　解放装置
７、８、９　磁石
１０　スラスト安定化装置（スラスト軸受）
１５　軸
１６　ベース
２０　ラジアル安定化装置（ラジアル軸受）
３０　リニア軸受

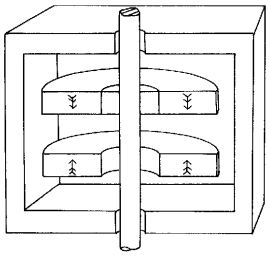
【図１】



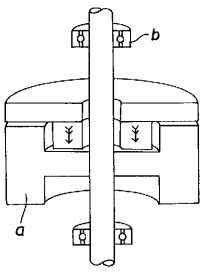
【図２】



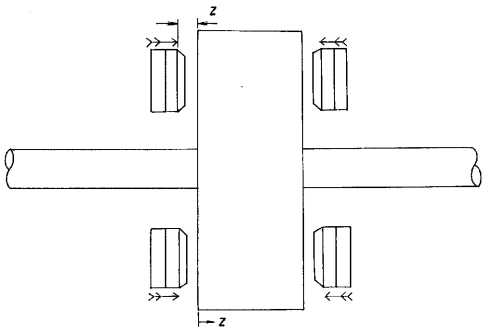
【図３】



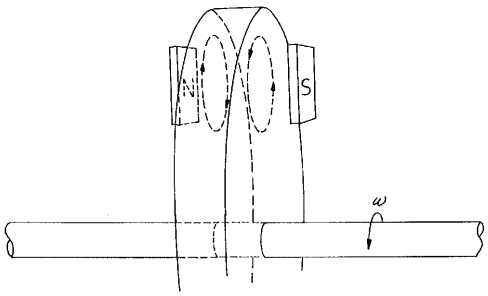
【図４】



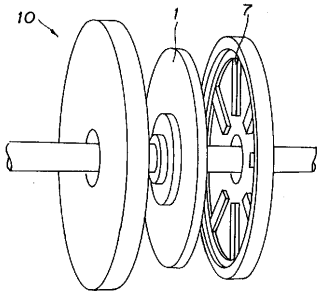
【図５】



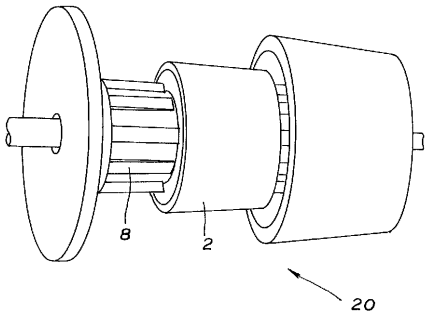
【図６】



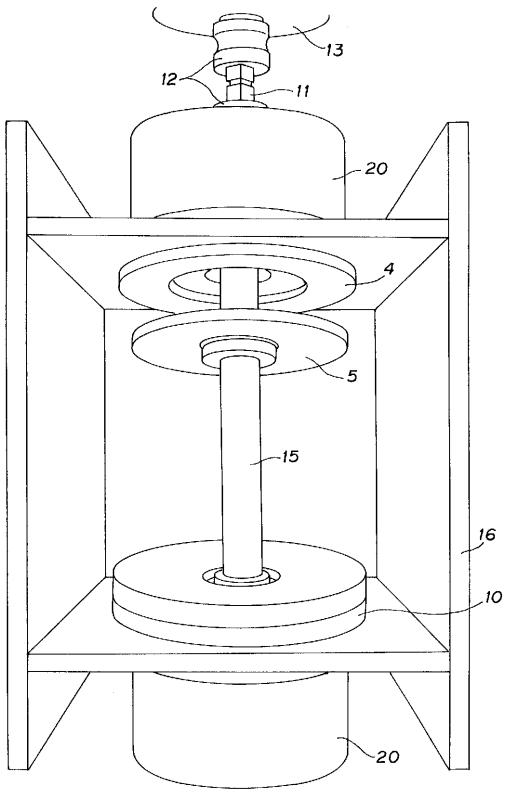
【図７】



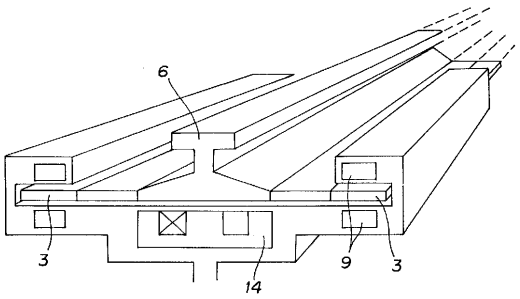
【図８】



【図９】



【図１０】



フロントページの続き

(74)代理人 100087424
弁理士 大塚 就彦
(72)発明者 トルビヨン・レンブケ
スウェーデン王国アプサーラ ７５４ ２８，ベルマンズグ ５８

審査官 藤村 聖子

(56)参考文献 特開平４－３００４１９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
F16C 32/00-32/06