(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3543831号
(P3543831)
(45)発行日　平成16年7月21日(2004.7.21)　(24)登録日　平成16年4月16日(2004.4.16)

(51)Int.Cl.[7]	F I
F16C 32/04	F16C 32/04 ZAAA
H01L 39/00	H01L 39/00 G
H02K 7/09	H02K 7/09

請求項の数 3　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平5-264375
(22)出願日　平成5年9月28日(1993.9.28)
(65)公開番号　特開平7-98016
(43)公開日　平成7年4月11日(1995.4.11)
審査請求日　平成11年12月21日(1999.12.21)

(73)特許権者　000000239
株式会社荏原製作所
東京都大田区羽田旭町１１番１号
(74)代理人　100091498
弁理士　渡邊　勇
(74)代理人　100092406
弁理士　堀田　信太郎
(72)発明者　白尾　祐司
神奈川県藤沢市本藤沢４丁目２番１号　株式会社　荏原総合研究所内
(72)発明者　佐藤　一樹
神奈川県藤沢市本藤沢４丁目２番１号　株式会社　荏原総合研究所内

審査官　礒部　賢

最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁気軸受装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
超伝導材料を回転体に設置し、ピン止め効果およびマイスナー効果によって非接触で回転軸を支持する磁気軸受装置において、
（ａ）Ｕ字形磁極を持つ電磁石の両極を、半径方向に並ぶ様にステータ側に配置し、
（ｂ）該電磁石を回転軸を囲むように円周上に均等に配置し、
（ｃ）円周方向に隣り合う該電磁石の磁極を同一極性となる様に配置し、
（ｄ）該電磁石の数を３の倍数になるように、それぞれをＵ、Ｖ、Ｗ相となるように順番に並べて配置し、
（ｅ）前記Ｕ字形磁極の基部をリング状のベース磁極に取付け、
（ｆ）前記Ｕ、Ｖ、Ｗ相の電磁石コイルは、それぞれに独立した電流を流せる電源装置に接続され、
（ｇ）前記電磁石群と軸方向に対面する位置に前記回転軸と一体となって回転する円板状の超伝導体収納部を配置し、
（ｈ）該収納部には、分割した超伝導体を収納してあり、
（ｉ）該分割した超伝導体の数は、前記円周上に配置された電磁石のピッチ角度の１．５倍又は１．５倍の整数倍の等角度で全周に配置可能な数であることを特徴とする磁気軸受装置。
【請求項２】
前記互いに隣り合う各々の電磁石が発生する磁束の位相が、１２０度づつとなるような交

流信号を前記電源装置に供給できる信号発生装置を備えることを特徴とする請求項１に記載の磁気軸受装置。
【請求項３】
前記電源装置は、前記信号発生装置からの交流信号に比例した電流と直流電流とを加算して、前記電磁石のコイルに供給することを特徴とする請求項１または２に記載の磁気軸受装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は磁気軸受装置に係り、特に軸変位の検出用センサが不要で、回転軸の軸制御が不要な磁気軸受とモータを兼用した超伝導材料を利用した磁気軸受装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
図１１は、超伝導材料を回転体に設置し、ピン止め効果およびマイスナー効果によって非接触で回転軸を支持する磁気軸受装置を示す。回転軸１には羽根車等の回転体２が固設され、モータ３により回転される。回転軸１は上部の第一磁気軸受装置４および下部の第２磁気軸受装置５によって支持されている。回転軸１には永久磁石６が固定され、ステータ側には超伝導バルク材７が固定され、永久磁石６と超伝導バルク材７とは対向して配置されている。超伝導バルク材７のピン止め効果およびマイスナー効果によって、非接触で回転軸１はアキシャル方向及びラジアル方向に支持されている。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら従来の磁気軸受装置は、図１１に示す様に超伝導磁気軸受とモータはそれぞれ別に設置されており、モータを構成する部材のスペースが必要であり、重量が大きくなった。このため、回転体の軸方向長さが長くなり、回転体の曲げ固有振動数が低下する、回転体重量が大きくなる等の問題点があった。
【０００４】
本発明は、係る従来技術の問題点に鑑みて為されたもので、回転体の軸方向長さが短く、回転体の曲げ固有振動数が高く、且つ回転体重量を小さくすることのできる超伝導材料を用いた磁気軸受装置を提供するものである。
【０００６】
本発明のアキシャル磁気軸受装置は、超伝導材料を回転体に設置し、ピン止め効果およびマイスナー効果によって非接触で浮上する磁気軸受装置において、
（ａ）Ｕ字形磁極を持つ電磁石の両極を、半径方向に並ぶ様にステータ側に配置し、
（ｂ）該電磁石を回転軸を囲むように円周上に均等に配置し、
（ｃ）円周方向に隣り合う該電磁石の磁極を同一極性となる様に配置し、
（ｄ）該電磁石の数を３の倍数になるように、それぞれをＵ、Ｖ、Ｗ相となるように順番に並べて配置し、
（ｅ）前記Ｕ字形磁極の基部をリング状のベース磁極に取付け、
（ｆ）前記Ｕ、Ｖ、Ｗ相の電磁石コイルは、それぞれに独立した電流を流せる電源装置に接続され、
（ｇ）前記電磁石群と軸方向に対面する位置に前記回転軸と一体となって回転する円板状の超伝導体収納部を配置し、
（ｈ）該収納部には、分割した超伝導体を収納してあり、
（ｉ）該分割した超伝導体の数は、前記円周上に配置された電磁石のピッチ角度の１．５倍又は１．５倍の整数倍の等角度で全周に配置可能な数であることを特徴とする。
【０００７】
【作用】
超伝導バルク材の配置角度を磁極のピッチ角度の１．５倍又はその整数倍の角度になるように超伝導バルク材の数を合わせて、超伝導バルク材を回転体に設置し、電磁石の極性と

バルク材のピン止め極性を合わせることによって、磁気軸受とモータを兼用した磁気軸受装置を構成できる。したがって、モータのための特別の部材が不要となり、回転軸の長さを短くすることができ、回転体の曲げ固有振動数を上げて、回転体重量を軽くすることができる。

【０００８】

【実施例】

以下、本発明の実施例を添付図面を参照しながら説明する。図１は、本発明の第１実施例のラジアル磁気軸受装置の半径方向に沿った要部断面図であり、図２はその軸方向に沿った要部断面図である。磁気軸受装置のステータ１０には、ベースリング（磁極）１１が固定され、Ｕ字形磁極１２を有する電磁石の両極１２ａ，１２ｂが、回転軸方向に並ぶようにステータ側に配置されている。Ｕ字形磁極１２にコイル１３を巻回した電磁石は、回転軸１を囲むように円周上に均等に配置されている。円周方向に隣り合う電磁石の磁極を同一極性（例えばＮ極）となるように配置し、円周方向に配列された電磁石の数を３の倍数になるようにし、それぞれ円周方向にＵ、Ｖ、Ｗ相となるように順番に並べて配置されている。

【０００９】

Ｕ、Ｖ、Ｗ相の各４個の電磁石は、それぞれに独立した電流を流せる図示しない３台の電源装置に接続され、３台の電源装置は同様に図示しない３台の信号発生装置に接続されている。３台の信号発生装置は、互いに隣り合うそれぞれのＵ、Ｖ、Ｗ相の電磁石が発生する磁束の位相が１２０度づつ異なるような交流信号を電源装置に供給する。電源装置は、信号発生装置からの交流信号に比例した電流と、直流電流とを重畳して電磁石のコイル１３に供給する。尚、信号発生装置は、交流信号と直流信号とを重畳させて発生する。

【００１０】

電磁石の磁極面と対面する軸方向位置に回転軸と一体となって回転する超伝導体収納部１６を配置し、収納部１６内には、分割した超伝導バルク材１５を備える。分割した超伝導バルク材１５の数は、電磁石のピッチ角度Ｐの１．５倍または１．５倍の整数倍の角度で全周に配置されている。本実施例においては、電磁石の数は１２台であり、超伝導バルク材の数は、電磁石のピッチ角度Ｐの３倍の角度で配置されているため４個である。

【００１１】

次に本実施例の磁気軸受装置の動作について図３及び図４を参照して説明する。Ｕ、Ｖ、Ｗ相の各磁極のコイルに、直流電流と、位相を１２０度ずらせた交流電流とを重畳させて流すことによって図３に示すような磁束密度一定の直流的な磁場に、交流的な移動磁場を重畳することができる。すなわち、時刻t_1に波形αであり、時刻t_2に波形βに移動するギャップ部分の移動磁場が形成される。この時、第１Ｕ相磁極位置の点ａの磁束密度でピン止めされた超伝導バルク材１５は、時刻t_2の時に第１Ｕ相磁極の位置では磁束密度が点ａ’になるため、ピン止めした磁束密度と同じ磁束密度を補足しようとして、点ｂに移動する。このように、磁極の極性とバルク材のピン止め極性を合わせることによって、図４に示すようなピン止めした磁束密度と同じ磁束密度を補足しようとするために、電磁石が発生する回転磁界に同期してバルク材１５が回転力を受け、回転軸１が回転することになる。

【００１２】

なお、本実施例においては外側にステータがあり、内側のロータが回転するいわゆるインナーロータタイプで示したが、ステータが内側にあり回転体が外側にあるアウターロータタイプであっても同様の構成が可能である。また、本実施例においては超伝導バルク材のピン止め効果によってラジアル方向のみならずアキシャル（軸）方向の保持力も発生する。

【００１３】

図５は、本発明の第２実施例のアキシャル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図であり、図６はその半径方向に沿った要部断面図である。磁気軸受装置のステータ１０には、ベースリング（磁極）１１が固定され、Ｕ字形磁極１２を有する電磁石の両極１２ａ，１

２ｂが、半径方向に並ぶようにステータ側に配置されている。Ｕ字形磁極１２にコイル１３を巻回した電磁石は、回転軸１を囲むように円周上に均等に配置されている。円周方向に隣り合う電磁石の磁極を同一極性（例えばＮ極）となるように配置し、円周方向に配列された電磁石の数を３の倍数になるようにし、それぞれ円周方向にＵ、Ｖ、Ｗ相となるように順番に並べて配置されている。

【００１４】

電磁石の磁極面と対面するギャップＧを隔てた軸方向位置に回転軸と一体となって回転するスラストディスクに相当する超伝導体収納部１６を配置し、収納部１６内には、分割した超伝導バルク材１５を備える。分割した超伝導バルク材１５の数は、電磁石のピッチ角度Ｐの１．５倍または１．５倍の整数倍の角度で全周に配置されている。本実施例においては、電磁石の数は１２台であり、超伝導バルク材の数は、電磁石のピッチ角度Ｐの３倍の角度で配置されているため４組（８個）である。

【００１５】

本実施例の磁気軸受装置の動作については、第１実施例と同様である。即ち、Ｕ、Ｖ、Ｗ相の各磁極のコイルに、直流電流と、位相を１２０度ずらせた交流電流とを重畳させて流すことによって、ギャップＧを隔てたスラストディスクに相当する収納部１６に空間移動磁界を形成する。図５に示すように、Ｕ字型の磁極１２とバルク材１５間には、閉ループの磁束φが形成され、バルク材１５は空間移動磁界にピン止めされる。従って、スラストディスクに相当する収納部１６は、ギャップＧを隔てて軸方向に非接触支持され、移動磁界に従って回転する。本実施例においても、超伝導バルク材のピン止め効果によって、アキシャル方向のみならずラジアル（半径）方向の保持力も発生する。

【００１６】

図７は、本発明の第３実施例のラジアル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図である。本実施例のラジアル磁気軸受装置の構成は、第１実施例とほぼ同様であるが、本実施例においてはＵ字形磁極１２の先端の磁極面にリング状の橋渡し磁極１７を備えている。橋渡し磁極１７は、円周方向に配列されたＵ、Ｖ、Ｗ相の各相の磁極の同一極（例えばＮ極又はＳ極）を接続するものである。橋渡し磁極１７は、円周方向に空間磁界を均一に形成する作用を有する。すなわち、円周方向の磁極間の空間にも、磁極部分と同様の空間磁場を形成することができる。

【００１７】

図８は、本発明の第４実施例のアキシャル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図である。本実施例も、第２実施例とほぼ同様な構成であるが、前述の第３実施例と同様にリング状の橋渡し磁極１８，１９を備えている。本実施例においては、Ｕ字形磁極を有する電磁石の両極を半径方向に並ぶようにステータ側に配置しているため、外側の磁極に第１の橋渡し磁極１８を備え、内側の磁極に第２の橋渡し磁極１９を備えている。これらの橋渡し磁極の動作も、前述の第３実施例と同様であり、磁極の存在している部分以外の空間に均一な磁場を形成することができる。

【００１８】

図９は、本発明の第５実施例のアキシャル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図である。本実施例は、前述の第２実施例のアキシャル磁気軸受装置を超伝導バルク材を挟むように、上下両面に設けたものである。回転軸に固定されたスラストディスク状の超伝導バルク材収納部１６に収納された超伝導バルク材１５は、上下両面の電磁石のＵ字形磁極から生じる直流電流、また磁極の円周方向に形成される交流電流に基づく空間移動磁場によりピン止めされ、ギャップＧだけ離隔して空間的に保持された状態で、超伝導バルク材１５は上下両面から回転駆動力を受け、回転軸１を回転させる。本実施例においては、超伝導バルク材は上下両面からピン止め効果により支持されるため、第２実施例のアキシャル磁気軸受装置と比べて磁気軸受の剛性が高まり、回転駆動力が強化される。

【００１９】

図１０は、本発明の第６実施例の磁気軸受装置を示す説明図である。羽根車等の回転体２はその回転軸１の両端を第１の磁気軸受装置２０および第２の磁気軸受装置２１によって

支持されている。第１の磁気軸受装置２０および第２の磁気軸受装置２１は、第１実施例乃至第５実施例に示す磁気軸受装置である。本実施例においては、回転軸１の両端を支持する磁気軸受装置２０，２１が、回転軸を支持するとともに、回転軸を回転させるモータとしての役割を果たすことができる。従って、図１１に示す従来の磁気軸受装置の、モータ３が不要となり、その分回転軸１の長さを短くし、且つ回転体の重量を軽減することができる。このため、回転軸系の固有振動数を上げることができ、スペースの小型化、重量の軽減とともに回転軸系の振動の安定化を図ることができる。

【００２０】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明によれば超伝導バルク材を回転体に設置し、ステータ側に設置した電磁石の極性とバルク材のピン止め極性を合わせることによって、磁気軸受とモータを兼用した磁気軸受装置を構成することができる。従って、回転軸の長さを短くすることができ、回転体の曲げ固有振動数を上げて、回転体重量を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１実施例のラジアル磁気軸受装置の半径方向に沿った要部断面図。

【図２】本発明の第１実施例のラジアル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図

【図３】図１乃至図２の磁気軸受装置の移動磁場の説明図。

【図４】図１乃至図２の磁気軸受装置の回転駆動力の発生を説明する説明図。

【図５】本発明の第２実施例のアキシャル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図。

【図６】本発明の第２実施例のアキシャル磁気軸受装置の半径方向に沿った要部断面図。

【図７】本発明の第３実施例のアキシャル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図。

【図８】本発明の第４実施例のアキシャル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図。

【図９】本発明の第５実施例のアキシャル磁気軸受装置の軸方向に沿った要部断面図。

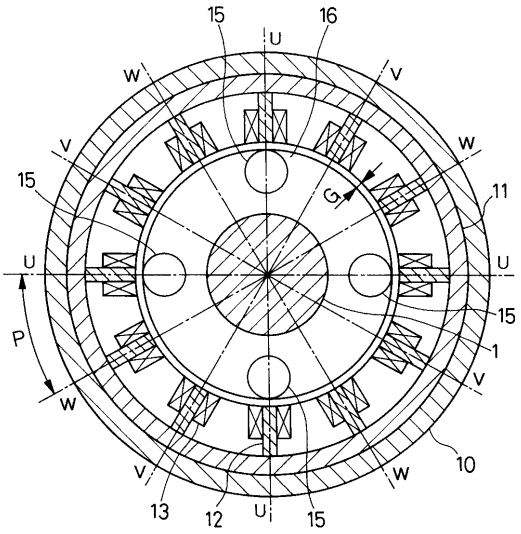
【図１０】本発明の第６実施例の磁気軸受装置の説明図。

【図１１】従来の磁気軸受装置の説明図。

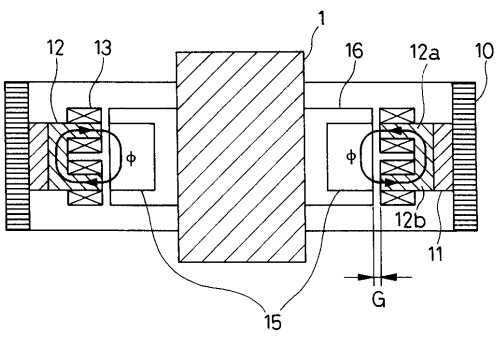
【符号の説明】

１　　回転軸
１０　　ステータ
１１　　ベースリング
１２　　Ｕ字形磁極
１３　　コイル
１５　　超伝導バルク材
１６　　超伝導体収納部
１７，１８，１９　　橋渡し磁極
２０，２１　　磁気軸受装置

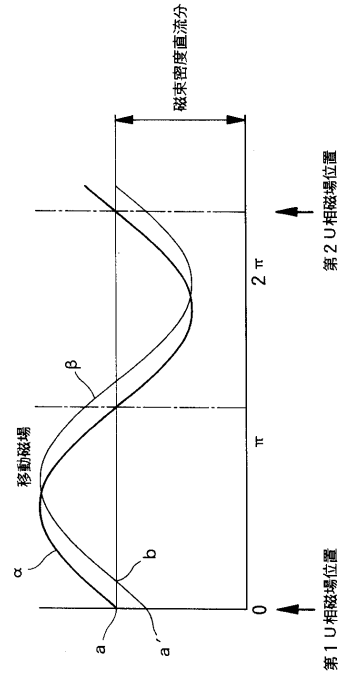
【図１】


15
16
U
W
V
V
W
15
G
11
U
U
P
15
1
W
V
10
V
W
13
12
U
15

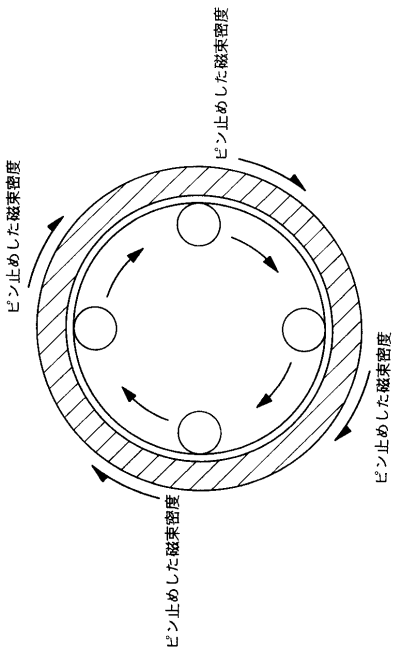
【図２】


1
12
13
16
12a
10
Φ
Φ
12b
11
G
15

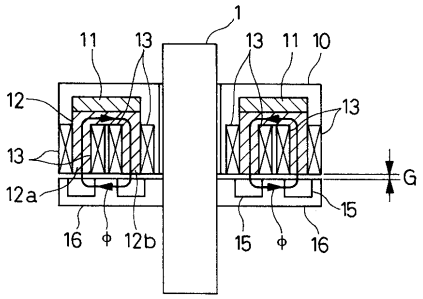
【図３】


磁束密度直流分
第２U相磁場位置
2π
β
移動磁場
π
α
b
0
a
a'
第１U相磁場位置

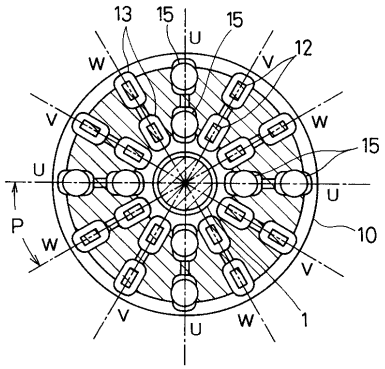
【図４】


ピン止めした磁束密度
ピン止めした磁束密度
ピン止めした磁束密度
ピン止めした磁束密度

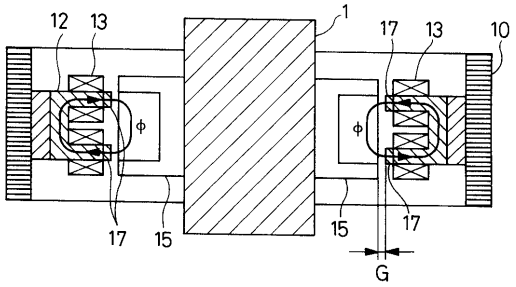
【図５】



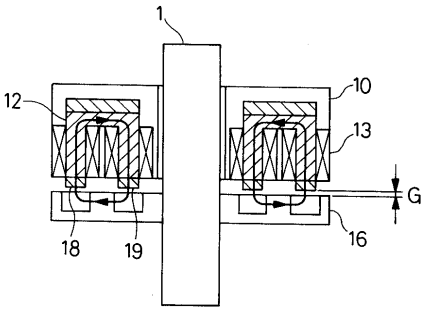
【図６】



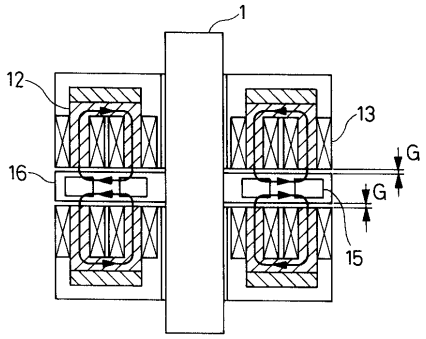
【図７】



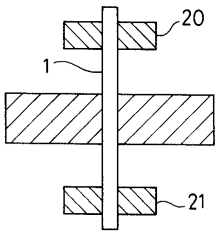
【図８】



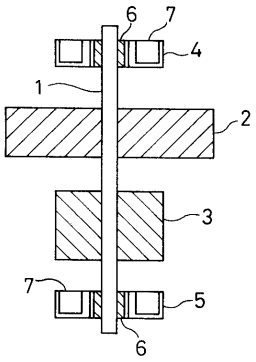
【図９】



【図１０】



【図１１】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６３－０９９７４２（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－３０３０４６（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－１６７５１７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０１９９３５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０５５０３１（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１９３５４７（ＪＰ，Ａ）
特表平０４－５０５６９５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－０６６６８４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
F16C 32/00 - 32/06
H02K 7/09