

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7635147号  
(P7635147)

(45)発行日 令和7年2月25日(2025.2.25)

(24)登録日 令和7年2月14日(2025.2.14)

(51)国際特許分類	F I
F 1 6 C 32/04 (2006.01)	F 1 6 C 32/04 Z
F 1 6 C 29/00 (2006.01)	F 1 6 C 32/04 A
	F 1 6 C 29/00

請求項の数 16 (全14頁)

(21)出願番号	特願2021-562172(P2021-562172)	(73)特許権者	520147360 ブイディーエル イネープリング テクノ ロジーズ グループ ビー . ブイ . オランダ国 アイントホーフェン アーヴ エー 5 6 5 2、 ホーヘンヴェク 1
(86)(22)出願日	令和2年2月26日(2020.2.26)	(74)代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(65)公表番号	特表2022-529790(P2022-529790 A)	(72)発明者	バーデ、リック オランダ国 アイントホーフェン アーヴ エー 5 6 5 2、 ホーヘンヴェク 1、 ブイディーエル イネープリング テクノ ロジーズ グループ ビー . ブイ . 内
(43)公表日	令和4年6月24日(2022.6.24)	(72)発明者	ベイネンブルグ、アントニウス テオド ルス アドリアヌス オランダ国 アイントホーフェン アーヴ 最終頁に続く
(86)国際出願番号	PCT/NL2020/050123		
(87)国際公開番号	WO2020/214025		
(87)国際公開日	令和2年10月22日(2020.10.22)		
審査請求日	令和4年11月15日(2022.11.15)		
(31)優先権主張番号	2022986		
(32)優先日	平成31年4月19日(2019.4.19)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	オランダ(NL)		

(54)【発明の名称】 線形変位経路に沿う剛体の他の剛体に対する非接触線形変位のための線形ガイドウェイアセンブリ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ある可動剛体の線形変位経路 ( x ) に沿う他の剛体に対する非接触線形変位のための線形ガイドウェイアセンブリであって、

前記線形変位経路を規定する前記他の剛体である単一の線形ガイドウェイとして形成される1つの単一の剛体、並びに、

前記単一の線形ガイドウェイに沿って変位可能な製品キャリアとして形成される少なくとも1つの可動剛体、

を備え、

前記線形ガイドウェイアセンブリは、前記単一の線形ガイドウェイに対する前記少なくとも1つの製品キャリアの非接触線形変位を可能にするための複数の磁気軸受アセンブリのグループを更に備え、

前記磁気軸受アセンブリのグループは、前記磁気軸受アセンブリのグループが単一の線形ガイドウェイに対する前記製品キャリアの5つの自由度 ( y、 z、 、 ) を制約して配置される一方で単一の線形ガイドウェイに沿う前記製品キャリアの1つの並進自由度 ( x ) を許容するように前記製品キャリアに取り付けられ、

前記製品キャリアは、少なくとも、前記線形変位経路 ( x ) の方向を向く、前記単一の線形ガイドウェイに最も近い唯一の第1の長手方向側と、前記第1の長手方向側とは反対の第2の長手方向側を含み、

前記製品キャリアは、単一の線形ガイドウェイによって前記線形変位経路 ( x ) に沿っ

てその第1の長手方向側で支持され、案内され、輸送され、一方、他方の反対の第2の長手方向側は、支持されずに、前記線形変位経路(x)に沿って自由に移動し、前記磁気軸受アセンブリのグループは、前記製品キャリアの前記第1の長手方向側のみに取り付けられる、

線形ガイドウェイアセンブリ。

【請求項2】

前記単一の線形ガイドウェイには、前記線形変位経路の並進方向(x)で見て、前記製品キャリアから離れる方向を向く第1の案内凹部と、前記製品キャリアの方に面する第2の案内凹部とが設けられ、各磁気軸受アセンブリが前記案内凹部のうちの一方に少なくとも部分的に受け入れられる、請求項1に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

10

【請求項3】

2つの第1の磁気軸受アセンブリ(y、)のそれぞれは、前記線形変位経路の並進方向(x)で見て前記製品キャリアの前方側及び後方側に取り付けられるとともに、前記第1の案内凹部に受け入れられる、請求項2に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

【請求項4】

2つの第2の磁気軸受アセンブリ(z、)のそれぞれは、前記線形変位経路の並進方向(x)で見て前記製品キャリアの前方側及び後方側に取り付けられるとともに、前記第2の案内凹部に受け入れられる、請求項2または3に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

【請求項5】

1つの第3の磁気軸受アセンブリ( )が、前記線形変位経路の並進方向(x)で見て前記製品キャリアの前方側と後方側との間に取り付けられるとともに、前記第1の案内凹部に受け入れられる、請求項2、3または4に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

20

【請求項6】

前記各磁気軸受アセンブリは、

- 前記製品キャリアに取り付けられるとともに、

強磁性コアと、

前記強磁性コアの第1の側に位置されて前記単一の線形ガイドウェイに向けて方向付けられる第1の磁気要素と、

前記強磁性コアの周囲に巻回されるコイルと、

から少なくとも成る、少なくとも1つの磁気軸受モジュール、

を少なくとも備え、

前記1つの軸受モジュールが、使用中に、前記単一の線形ガイドウェイとの隙間距離を維持して配置される、

請求項2から5のいずれか一項に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

30

【請求項7】

磁気軸受モジュールは、前記第1の側とは反対の前記強磁性コアの他方側に位置されるとともに前記単一の線形ガイドウェイの前記第1または第2の案内凹部のいずれかに受け入れられる設定モジュールを更に備える、請求項6に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

【請求項8】

前記設定モジュールは、前記磁気軸受モジュールと前記単一の線形ガイドウェイとの間の前記隙間距離を設定して配置される、請求項7に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

40

【請求項9】

前記設定モジュールが制御可能な設定モジュールである、請求項7または8に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

【請求項10】

前記設定モジュールは、第2の永久磁気要素として構成される第2の磁気要素を備える、請求項7または8に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

【請求項11】

前記強磁性コアは、ベース、中央脚、及び、2つの外側脚を有するEコアである、請求項6から10のいずれか一項に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

50

**【請求項 1 2】**

前記第 1 の磁気要素が前記中央脚に位置される、請求項 1 1 に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

**【請求項 1 3】**

前記コイルが前記中央脚の周囲に巻回される、請求項 1 1 に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

**【請求項 1 4】**

前記 E コアが積層 E コアである、請求項 1 1 から 1 3 のいずれか一項に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

**【請求項 1 5】**

前記第 1 の磁気要素が永久磁石である、請求項 6 から 1 4 のいずれか一項に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

10

**【請求項 1 6】**

前記各磁気軸受アセンブリは、一方向にのみ力を及ぼして配置される、請求項 6 から 1 5 のいずれか一項に記載の線形ガイドウェイアセンブリ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、線形変位経路 (x) に沿う剛体の他の剛体に対する非接触線形変位のための線形ガイドウェイアセンブリに関する。

20

**【0002】**

また、本発明は、1 つ以上の磁気軸受アセンブリを実装する線形ガイドウェイアセンブリに関する。

**【背景技術】****【0003】**

磁気軸受アセンブリ又は短い磁気軸受は、転動体又は流体軸受を実装する従来の転がり軸受に代わる有利な代替手段を与え得る。磁気軸受が非接触であることを考えると、機械的な摩擦がなく、したがって、粒子の生成が殆どない。更に、潤滑の必要がないため、分子汚染物質の著しい放出を伴うことなく真空動作が可能である。これらの側面により、汚染シールを省くことができる。ハイテク真空内システムで磁気軸受を適用する主な課題は、コイルの熱放散を最小限に抑え、渦電流の影響を最小限に抑え、安定した制御システムを実装し、一般に非線形特性を線形化することにある。

30

**【0004】**

磁気軸受技術は既に工業用途で利用される。回転式磁気軸受は市販されており、例えば、医療システム、ターボ分子真空ポンプ、極低温システム、及び、工作機械において適用される。他のカテゴリは、ロータが磁氣的に吊り下げられるベアリングレスモータである。磁気浮上は、一般にローレンツ力に基づき、平面ステージの作動において広く使用される。他のタイプの磁気軸受は磁気抵抗力に基づいており、この場合、同様の概念をアクチュエータとして使用することもできる。

**【0005】**

他の分野で利用されるが、例えば高潔度基板処理ロボット工学における商業規模での磁気軸受の応用の更なる開発は、技術的及び構造的な制約を受ける。一般的に知られている磁気軸受の応用は、それらの限られた設計寸法を特徴とするが、複数の自由度を伴う既知の磁気軸受の応用は、設計が複雑であり、価格が高い。更に、磁気軸受の応用のスケールアップした実装には、かなりの重量、サイズ、及び、コストの磁気軸受の開発が必要であるが、従来の転がり軸受を依然として同様の目的で利用できる。

40

**【0006】**

既知の線形転がり軸受に予荷重を加えると、それらの変位に関して精度が向上するが、予荷重により粒子汚染が増えるリスクも高まる。また、セラミック又はハイブリッド転がり軸受は潤滑を何ら必要としないため、分子汚染を殆どもたらさないが、そのような軸受

50

は、予荷重能力を制限する可能性があり、したがって、真空システム及び真空条件下の場合のように高負荷/高精度用途にはあまり適していない。

【0007】

同様に、流体軸受は、大気システムにおいて乱流（汚染）のリスクを呈し、真空システムに望ましくないガス負荷を課す。

【0008】

前述の軸受概念は全て、何らかの汚染、すなわち、粒子汚染又は分子汚染或いはその両方をもたらす。このような用途では、汚染物質が清浄な環境へ移動するのを防ぐためにシールが使用される。

【0009】

特開昭62-165019号公報、米国特許公開第5,196,745号明細書、国際公開第2012/165872号パンフレット、中国特許第103277409号明細書などの既知の従来技術の出願は、剛体の非接触線形変位のための線形ガイドウェイアセンブリを実装し、この場合、剛体は、線形ガイドウェイの構造によって完全に囲繞され又はロックされる。そのような出願は、剛体の輸送に関する柔軟性などの幾つかの制限を有するが、特にそのような出願がロボット処理システム又は真空システムにおいて実施される場合には、剛体のアクセスのし易さを制限する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【文献】特開昭62-165019号公報

【文献】米国特許公開第5,196,745号明細書

【文献】国際公開第2012/165872号パンフレット

【文献】中国特許第103277409号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、ある剛体の線形変位経路に沿う他の剛体に対する線形変位を可能にし、特に、ある剛体の他の剛体に対する並進自由度の非接触で摩擦のない制御を可能にするとともに、変位されるべき剛体に作用する任意の予荷重が環境の更なる汚染を引き起こさない、上記で特定された課題の解決策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】

【0012】

したがって、線形ガイドウェイアセンブリが提案され、前記アセンブリは、前記線形変位経路を規定する線形ガイドウェイとして形成される1つの単一の剛体、並びに、前記単一の線形ガイドウェイに沿って変位可能な製品キャリアとして形成される少なくとも1つの剛体を備え、線形ガイドウェイアセンブリは、単一の線形ガイドウェイに対する少なくとも1つの製品キャリアの非接触線形変位を可能にするための複数の磁気軸受アセンブリを更に備え、全ての磁気軸受アセンブリは、磁気軸受アセンブリが単一の線形ガイドウェイに対する製品キャリアの5つの自由度（ $y$ 、 $z$ 、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ ）を制約して配置される一方で単一の線形ガイドウェイに沿う製品キャリアの1つの並進自由度（ $x$ ）を許容するように製品キャリアに取り付けられ、全ての磁気軸受アセンブリは、線形変位経路の並進方向（ $x$ ）で見て、単一の線形ガイドウェイに最も近い製品キャリアの側に取り付けられる。

【0013】

線形変位経路ガイドウェイとして1つの単一の線形ガイドウェイを実装するとともに、線形変位経路の並進方向（ $x$ ）で見て、単一の線形ガイドウェイに最も近い製品キャリアの側、すなわち、1つの長手方向側に全ての磁気軸受アセンブリを取り付けることにより、1つの並進自由度（ $x$ ）で製品キャリアを変位させることができる一方で、単一の線形ガイドウェイに対する製品キャリアの5つの自由度（ $y$ 、 $z$ 、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ ）が制約される。そのようなシンプルでありながら安価な構造は、従来の転がり軸受又は流体軸受に対す

10

20

30

40

50

る良好な代替物を与える。

【0014】

更に、そのような線形ガイドウェイアセンブリの非接触性は、任意の汚染を防止するとともに、真空シールを省く。磁気軸受は、真空システムにガス負荷を課さないとともに、大気システムに乱流を引き起こさない。

【0015】

一例において、単一の線形ガイドウェイには、線形変位経路の並進方向（ $x$ ）で見て、製品キャリアから離れる方向を向く線形経路の側に存在する第1の案内凹部と、製品キャリアの方に面する線形経路の他方側にある第2の案内凹部とが設けられ、各磁気軸受アセンブリが前記案内凹部のうちの一方に少なくとも部分的に受け入れられる。

10

【0016】

特に、2つの第1の磁気軸受アセンブリ（ $y$ 、 $z$ ）のそれぞれは、線形変位経路の並進方向（ $x$ ）で見て製品キャリアの前方側及び後方側に取り付けられるとともに、第1の案内凹部に受け入れられる。

【0017】

製品キャリアに及ぼされる重力の適切な釣り合いを可能にするために、単一の線形ガイドウェイに対して一方側で支持されている間、2つの第2の磁気軸受アセンブリ（ $z$ 、 $y$ ）がそれぞれ、線形変位経路の並進方向（ $x$ ）で見て製品キャリアの前方側及び後方側に取り付けられるとともに、第2の案内凹部に受け入れられる。

【0018】

線形ガイドウェイアセンブリ内での製品キャリアの回転を制約するために、1つの第3の磁気軸受アセンブリ（ $x$ ）が、線形変位経路の並進方向（ $x$ ）で見て製品キャリアの前方側と後方側との間に取り付けられるとともに、第1の案内凹部に受け入れられる。

20

【0019】

前記各磁気軸受アセンブリは、製品キャリアに取り付けられるとともに、  
\* 強磁性コアと、  
\* 前記強磁性コアの第1の側に位置されて単一の線形ガイドウェイに向けて方向付けられる第1の磁気要素と、  
\* 前記強磁性コアの周囲に巻回されるコイルと、  
から少なくとも成る、少なくとも1つの磁気軸受モジュールを少なくとも備え、  
前記1つの軸受モジュールが、使用中に、単一の線形ガイドウェイとの隙間距離を維持して配置される。

30

【0020】

このようにして、摩擦を伴うことなく、ある剛体の他の剛体に対する非接触線形変位を可能にする磁気軸受アセンブリが得られ、その結果、粒子の生成又は潤滑剤のガス放出が生じない。特に、剛体の互いに対する線形変位は、これにより、構造全体の剛性の方向に対して垂直に可能である。

【0021】

特に有利な実施形態において、磁気軸受モジュールは、第1の側とは反対の強磁性コアの他方側に位置されるとともに単一の線形ガイドウェイの第1又は第2の案内凹部のいずれかに受け入れられる設定モジュールを更に備える。前記設定モジュールは、磁気軸受モジュール（製品キャリア）と単一の線形ガイドウェイとの間の隙間距離を設定して配置される。

40

【0022】

特に、前記設定モジュールは、磁気軸受モジュールに及ぼされる正味の力のより一層の制御を可能にする制御可能な設定モジュールであり、それにより、製品キャリアに取り付けられる磁気軸受モジュールの単一の線形ガイドウェイに対する位置（隙間距離）も制御することができる。

【0023】

他の実施形態において、前記設定モジュールは、第2の永久磁気要素として構成される

50

第2の磁気要素を備える。第2の磁気要素は、能動軸受モジュールの反対方向で作用する磁力を生み出して予荷重と静的な力のバランスをもたらすのに役立つ。例えば、第2の磁気要素は、一定の反力を生み出す又は製品キャリアの重量とその負荷とによって生み出される重力を相殺するために必要な静的で一定の力を与え、したがって、電力損失を最小限に抑える。

【0024】

定常状態での力のバランスを調整して許容誤差（例えば永久磁石の許容誤差）を補償するために両方の要素の一方が他方に対して機械的に調整可能である。この構成の更なる利点は、定常状態での電力損失がないことである。これにより、強磁性コアと第1の磁気要素とによって生成される第1の静的バックアイアンに向かう引力の方向と反対の方向に一定の予荷重を加え、その結果、両方の剛体間の距離隙間、したがって、ゼロの熱放散を伴う互いに対する前記剛体の非接触線形変位を制御することによって、磁気軸受モジュールの更なる設定可能性が可能になる。

10

【0025】

特に、強磁性コアは、ベース、中央脚、及び、2つの外側脚を有するEコアであり、この場合、第1の磁気要素が中央脚に位置され、コイルが中央脚の周囲に巻回される。他の例では、Eコアが積層Eコアである。

【0026】

更に、第1の磁気要素は永久磁石となり得る。

【0027】

ここで、添付図面を参照して本発明を更に詳しく説明する。

20

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】磁気軸受アセンブリの一実施形態の概略的な例を示す。

【図2a】磁気軸受アセンブリの他の実施形態の概略的な例を示す。

【図2b】磁気軸受アセンブリの更に他の実施形態の概略的な例を示す。

【図3a】本発明に係る線形ガイドウェイアセンブリの一実施形態の概略的な例の上面図を示す。

【図3b】本発明に係る線形ガイドウェイアセンブリの一実施形態の概略的な例の正面図を示す。

30

【図3c】図3bの詳細図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0029】

本発明をより良く理解するために、図面中の同様の部分は、同様の参照数字で示される。添付図面に示される磁気軸受アセンブリの提案された概念は、ある剛体の他の剛体に対する単一の並進自由度を制約する小さい軸受要素から成る。例えば、図3a及び図3bの実施形態に示されるように、複数の軸受要素を組み合わせることで複数の自由度を制約又は制御できることに留意すべきである。

【0030】

可変リラクタンス磁気軸受アセンブリの第1の概略的な例が図1に示される。図1の例の磁気軸受アセンブリは、参照数字10（図2a - 図2bの参照数字10'）で示され、線形変位経路に沿うある剛体の他の剛体に対する非接触線形変位（又は単一の並進自由度）を可能にする。図1では、前記剛体のうちの一方が参照数字30（並びに図2a - 図2bにおいても同様、また、図3では参照数字300として）で示され、他方の剛体が参照数字20（図2a - 図2bでは参照数字20a - 20b、及び、図3では参照数字110）で示される。

40

【0031】

磁気軸受アセンブリ10は、前記剛体のうちの一方30に取り付けられて少なくとも強磁性コア31から成る少なくとも1つの軸受モジュール31 - 34を備える。理解するために、任意の強磁性コア形態を実装できることに留意すべきである。しかしながら、この

50

好ましい例では、強磁性コア 3 1 が、ベース 3 1 a、中央脚 3 3、及び、2つの外側脚 3 2 a - 3 2 b を有する E コアである。強磁性コア 3 1 の第 1 の側には第 1 の磁気要素 3 4 が位置され、この例では、強磁性コア 3 1 の第 1 の端部が、中央脚 3 3 の自由端面 3 3 a に位置されて画定される。また、この例では、コイル 3 5 が E コアの中央脚 3 3 の周囲に巻回される。

【 0 0 3 2 】

しかしながら、そのコア要素の周囲にコイルが巻回されて成る任意の強磁性コア形態と強磁性コアの第 1 の側に位置される磁気要素とを磁気軸受アセンブリ 1 0 に実装できることに留意されたい。

【 0 0 3 3 】

更に、磁気軸受アセンブリ 1 0 は、前記剛体の他方 2 0 に取り付けられて（又はその一部であり）使用中に前記 1 つの軸受モジュール 3 1 - 3 4 から図 1 に g 1 で示される何らかの隙間距離 4 0 を隔てて位置される第 1 の静的バックアイアン又はバック軸受 2 0 と相互作用する。

【 0 0 3 4 】

好ましくは、しかし必ずしもそうではないが、E コア 3 1 として設計されている強磁性コアは、積層された E コアから成り、また、第 1 の磁気要素 3 4 は永久磁石 3 4 として解釈される。

【 0 0 3 5 】

使用中又は動作中に、第 1 の静的バック軸受又はバックアイアン 2 0 は、E コアアセンブリ 3 1 - 3 4 - 3 5 から隙間距離 4 0 ( g 1 ) を隔てて配置される。この構成が低リラクタンス経路を画定し、この場合、隙間距離 4 0 によって画定される空隙 g 1 における結果として生じる磁束密度は、第 1 の静的バック軸受（バックアイアン）2 0 として概略的に示される他方の剛体に対して E コアアセンブル 3 1 - 3 4 - 3 5 (したがって、一方の剛体 3 0 ) 間で隙間依存引力をもたらす。

【 0 0 3 6 】

E コア 3 1 の中央脚又は歯 3 5 の周囲に巻回されているコイル 3 5 は、コイル 3 5 を通じて流れる電流の方向及び大きさに基づき、空隙 g 1 ( 4 0 ) 内の磁束密度を高める又は低減するために使用される。磁気軸受アセンブリ 1 0 (実際には、少なくとも 1 つの軸受モジュール 3 1 - 3 4 - 5 1 ) は、E コア 3 1 と第 1 の静的バック軸受（バックアイアン）2 0 との間に引力を生成できるにすぎず、反発力を生成できないことに留意されたい。

【 0 0 3 7 】

図 2 a - 図 2 b には、磁気軸受アセンブリの他の例 ( 1 0 ' で示されている ) が示される。この実施形態において、磁気軸受アセンブリ 1 0 ' には更なる設定モジュール 5 0 が設けられ、この設定モジュール 5 0 は、E コア 3 3 の第 1 の磁気要素側 3 3 a ~ 3 4 の反対側に位置される。好ましくは、しかし必ずしもそうではないが、設定モジュール 5 0 は第 2 の磁気要素 5 1 を備える。

【 0 0 3 8 】

設定モジュール 5 0 は、E コア 3 1 及び第 1 の磁石 3 4 によって生成される引力の方向とは反対の方向で磁気軸受アセンブリ 1 0 ' に対して一定の予荷重を与える又は加える。磁気軸受モジュール 3 1 - 3 4 - 5 0 自体に作用する結果として生じる正味の力を制御することができ、それにより、前記剛体 2 0 の他方の静的バックアイアン 2 0 a の一部である更なる静的バックアイアン 2 0 b に対して磁気軸受モジュール 3 1 - 3 4 - 5 0 が取り付けられる剛体 3 0 の位置 (実際には距離 g 1 ) も制御することができる。

【 0 0 3 9 】

図 2 a - 図 2 b では、両方の参照数字 2 0 a - 2 0 b が、係属中の請求項において単一の線形ガイドウェイとして規定された 1 つの同じ剛体の一部である構造要素を表わすと見なされ、一方、参照数字 3 0 が係属中の請求項において製品キャリアとして規定される剛体の他方を構成することに、及び、本明細書中に記載される磁気軸受アセンブリが、線形変位経路 ( x ) に沿う線形ガイドウェイアセンブリの単一の線形ガイドウェイ ( 2 0 a -

10

20

30

40

50

20b)に対する基板/製品キャリア(30)の非接触線形変位を可能にすることに留意されたい。

【0040】

基板/製品キャリア(30)に取り付けられている軸受モジュール31-34-50の向きに応じて、(磁気軸受モジュール31-34-50の重量に基づく)重力の平衡は、この予荷重の少なくとも一部をもたらし得る。

【0041】

したがって、参照数字20aは第1の静的バック軸受又はバックアイアンを規定し、一方、参照数字20bは更なる静的バック軸受又はバックアイアンを規定する。

【0042】

図2aに示されるように、Eコア/スポイル/第1の磁石形態33-35-34の反対側に位置されている第2の磁石51として前記設定モジュール50を構成することによって、予荷重を増強することができる。特に、永久磁石51となり得る第2の磁石51は、Eコア31の他方側に、特にベース31aの他方側に対して取り付けられ得る。

【0043】

この第2の(永久)磁石51は、剛体30の一方に取り付けられる磁気軸受モジュール31-34-35-50と剛体の他方20bとの間の空隙g2(41)に予荷重力をもたらす。剛体の他方20b。軸受モジュールのエネルギー散逸は、全ての静的な力が釣り合うように、設定モジュール51によって及ぼされる磁気予荷重力を調整することによって最小化され得る。この場合、一方の剛体30の他方の剛体20a-20bに対する線形変位中の動的擾乱を打ち消すためには電磁石(Eコア31及びスポイル35)だけで済む。製造公差と永久磁石の寸法及び磁気モーメントの比較的大きな変動とが、この静的な力のバランスからの逸脱をもたらす場合がある。

【0044】

本発明に係る磁気軸受アセンブリの更なる例10''(図2bを参照)において、設定モジュール50は、第2の永久磁石51の隣に、Eコア31のベース31aと第2の(永久)磁石51との間に位置されている制御可能な調整機構52を備える。これにより、剛体30の一方に取り付けられる磁気軸受モジュール31-34-35-50と剛体の他方20bとの間の距離又は空隙g2(41)の事前設定が可能であり、それにより、第1及び第2の磁石34-51の両方によって及ぼされる静的な力が釣り合わされて任意のエネルギー散逸が最小化されるように、予荷重力を調整できるようになる。

【0045】

この例を、電流制御ループと位置制御ループとから成る位置センサ(又は磁束センサ)及び移動制御ソフトウェア(図示せず)と組み合わせると、電磁石33-35を通じた電流を調整することによって剛体(30; 20a-20b)の一方の剛体の他方に対する線形変位中に生じる動的擾乱を補償するべく磁気軸受モジュール31-34-35と前記剛体の他方に取り付けられている第1の静的バックアイアン20との間の空隙40(g1)を能動的に制御することができる。

【0046】

図3a、図3b、及び、図3cには、線形案内アセンブリ100における複数の磁気軸受アセンブリの実装又は適用の一例(それぞれ上面図、正面図、及び、詳細図)が示される。この非限定的な例では、剛体110, 300と相互作用している全部で5つの磁気軸受アセンブリ30-1; 30-2; 30-3; 30-4+50-4; 30-5+50-5が示される。剛体300は基板/製品キャリアとして規定され、一方、剛体110は、単一の線形ガイドウェイとして規定され、それに沿って基板/製品キャリア300が移動するための固定世界として機能する。

【0047】

本明細書中に記載される磁気軸受アセンブリ30-1; 30-2; 30-3; 30-4+50-4; 30-5+50-5は、線形変位経路(x)に沿う単一の線形ガイドウェイ110に対する製品キャリア300)の非接触線形変位を可能にする。キャリア300は

10

20

30

40

50

、好ましくは、線形変位経路(x)に沿うその輸送中に半導体製品を支持するための平坦、正方形、又は、長方形の支持要素として構成される。キャリア300は、第1の長手方向側300a、第1の長手方向側300aとは反対の第2の長手方向側300b、いずれも単一の線形ガイドウェイ110に沿う輸送方向又は線形変位経路(x)で見て前方側300c及び後方側300d(前方側300cの反対側)を有する。

【0048】

線形ガイドウェイアセンブリ100は、1つの単一の線形ガイドウェイ又はガイドレール110を備える。このことは、キャリア300が、単一の線形ガイドウェイ又はガイドレール110によって線形変位経路(x)に沿ってその第1の長手方向側300aで支持され、案内され、輸送されるのに対し、他方の第2の反対側の長手方向側300bが支持されずに線形変位経路(x)に沿って自由に移動することを意味する。

10

【0049】

この非限定的な例では、単一の線形ガイドレール110に第1の案内凹部110aが設けられ、この第1の案内凹部110aは、製品キャリア300から離れる方向を向くガイドレール110の側でガイドレール110の長手方向(x)に延びる。更に、単一の線形ガイドレール110には第2の案内凹部110bが設けられ、この第2の案内凹部110bは、製品キャリア300の方に面するガイドレール110の側でガイドレール110の長手方向(x)に延びる。両方の案内凹部110a-110bは、1つ以上の磁気軸受アセンブリ30-1;30-2;30-3;30-4+50-4;30-5+50-5を部分的に受け入れるのに役立つ。磁気軸受アセンブリ30-1;30-2;30-3;30-4+50-4;30-5+50-5は、幾つかのキャリアサポート300-1;300-2;300-3;300-4;300-5によってキャリア300に取り付けられる。製品キャリア300は、単一の線形ガイドレール110によって形成される線形ガイドウェイ100に取り付けられて線形ガイドウェイ100に沿って案内される。

20

【0050】

係属中の特許請求の範囲で規定されるように並びに図2a-図2b及び図3a-図3cの例に関連して明らかにされるように、製品キャリア300が剛体の一方を構成し、ガイドレール110が剛体の他方を構成することに留意されたい。

【0051】

特に、線形ガイドウェイアセンブリ100のこの例において、幾つかの磁気軸受アセンブリ30-1;30-2;30-3;30-4+50-4;30-5+50-5は、高潔度基板処理環境における基板キャリア処理ロボットの一部として、変位ストロークが例えば600mmの直線ガイドウェイに実装される。単一の直線又は線形ガイドウェイ110は、作動のために利用可能な1つの並進自由度(x)を可能にし、これにより、単一の線形ガイドウェイ110によって規定される線形変位経路に沿ってx方向にキャリア300を変位させることができる。

30

【0052】

図3a-3b-3cに概略的に示されるように、残りの5つの自由度y、z、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ が制約される。磁気軸受アセンブリ30-1;30-2;30-3;30-4+50-4;30-5+50-5は、製品キャリア300に接続され又は取り付けられるとともに、ロボットの進行リンク又はアームの一部である変位ビーム(図示せず)に対して5つの自由度y、z、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ を制約する。この例では、5つの磁気軸受アセンブリ30-1;30-2;30-3;30-4+50-4;30-5+50-5が適用される。

40

【0053】

この例で実装される磁気軸受モジュールは、可変リラクタンズ原理に基づくとともに、電磁アクチュエータ、位置測定、及び、随意的に予荷重のための永久磁石から成り、後者は、一定の反力を生み出すべく又は製品キャリアの重量とその負荷によって生み出される重力を相殺することによって電力損失を最小限に抑えるべく静的で一定の力を与えるために使用されることを特徴とする。これらの軸受モジュールのそれぞれは、引力のみ(したがって、一方向の力のみ)を生成できる。両方向の作動を可能にするには、引力に対して

50

反対方向の予荷重が必要とされる。

【 0 0 5 4 】

3つの磁気軸受アセンブリ30-1；30-2；30-3は、単一の線形ガイドウェイ又はガイドレール110に対するキャリア300の面外自由度、すなわち、z方向、方向、方向を制約する。2つの更なる磁気軸受アセンブリ30-4+50-4；30-5+50-5は、残りの面内自由度y、を課す。

【 0 0 5 5 】

3つの面外磁気アセンブリ30-1；30-2；30-3に関して前述した任意の予荷重印加は、重力によって実行（バイアス）され、したがって、図2a-図2bに示されるような更なる設定モジュール50を実装せず、この設定モジュールはプレストレス軸受として機能する。これは、この実施形態の明らかな利点である。

10

【 0 0 5 6 】

3つの面外磁気軸受アセンブリ30-1、30-2、30-3の調整又は予荷重印加は、それぞれの磁気軸受アセンブリごとに空隙40b-1；40b-2；40b-3を調整し、それにより、アセンブリの静的な力を重力と一致させて、定常状態散逸を最小限に抑えることによって各磁気軸受アセンブリ30-1；30-2；30-3のEコア31及びコイル35により形成される電磁石によって実行される（図2a-図2b参照）。

【 0 0 5 7 】

同様に、各磁気アセンブリ30-1；30-2；30-3のEコア31及びコイル35によって形成される電磁石は、それらのそれぞれの第1の永久磁石34-1；34-2；34-3と共に、製品キャリア300と単一の線形ガイドレール110との間の空隙距離g1（40b-1；40b-2；40b-3）を事前設定して制御する。

20

【 0 0 5 8 】

磁気アセンブリ30-1；30-2；30-3の予荷重印加は、制御ループによって補償される必要がある更なる負の剛性を犠牲にして、メカニズムの重量によってではなく、永久磁石34-1；34-2；34-3を使用して行なわれ得る。

【 0 0 5 9 】

磁気軸受モジュール30-1，30-2は、面外自由度z，を制約し、単一の線形案内レール110の第2の案内凹部110bに受け入れられる。これらの磁気軸受モジュールには、キャリッジの重力とペイロード質量とによって予荷重が付与される。したがって、これらの2つの磁気軸受モジュール30-1，30-2は、基板/製品キャリア300及びそれに取り付けられるそのペイロード（例えば、半導体基板）の重量を補償する静的な力を生成するべく永久磁石34（図2a-図2b参照）を含む。これらの軸受の空隙は、静的永久磁石34の力と重量を運ぶのに必要な一定の力とのバランスを取り、それにより、電力損失を最小限に抑えるべく、機械的に調整され得る。磁気軸受モジュール30-1，30-2は、永久磁石の公差及び機械的公差を補償し得る。制御ループを閉じるために、変位センサが、それぞれの個々の軸受モジュールごとに1つずつ使用される。

30

【 0 0 6 0 】

磁気軸受モジュール30-3は、回転自由度を制約し、それにより、キャリアによって規定されるその平面内での基板/製品キャリア300の望ましくない回転を防止する。磁気軸受モジュール30-3は、単一の線形案内レール110の第1の案内凹部110aに受け入れられ、散逸を最小化するために静的な力のバランスを取るべく重力によって予荷重が付与される永久磁石34を含む。変位センサが制御ループを閉じるために使用される。

40

【 0 0 6 1 】

面内自由度y，は、2つの磁気アセンブリ30-4+50-4及び30-5+50-5によって予荷重が付与される。位置制御ループは変位センサ（容量性、光学式、その他）を使用して閉じられる。個々の設定モジュール50-4、50-5はそれぞれ、1つの変位センサを必要とするが、これらの軸受に作用する静的な力が何もないため、第2の永久磁石51を実装しない。或いは、設定モジュール50-4、50-5の予荷重印加は、

50

永久磁石 5 1 を使用して行なわれ得るが、これは、制御ループによって補償される必要がある更なる負の剛性をもたらす。

【 0 0 6 2 】

設定モジュール 5 0 - 4、5 0 - 5 は、単一の線形ガイドウェイ / ガイドレール 1 1 0 の第 1 の案内凹部 1 1 0 a に受け入れられ、y 及び 軸受モジュール 3 0 - 4、3 0 - 5 に予荷重力を与える。静的な状態では、軸受モジュール 3 0 - 4 + 3 0 - 5 及び設定モジュール 5 0 - 4 + 5 0 - 5 の両方が、磁気ヒステリシスを回避するために数ニュートンの小さな（反対の）引力を生成する。予荷重軸受は位置センサを何ら必要としない。他の予荷重機構が、一定の力を生成するべく永久磁石 5 1 のみから成ることができるが、この場合、互いに対して作用する 2 つの永久磁石に固有の負の剛性が回避される。予荷重軸受の空隙は、機械的公差を補償するために機械的に調整され得る。

10

【 0 0 6 3 】

ここで、設定モジュール 5 0 - 4、5 0 - 5 並びに磁気軸受モジュール 3 0 - 4、3 0 - 5（それぞれは、E コア 3 1、コイル 3 5、及び、第 1 の永久磁石 3 4 - 4、3 4 - 5 のそれぞれから構成される）は、基板 / 製品キャリア 3 0 0 と単一の線形ガイドレール 1 1 0 との間の所望の空隙 2 0 a - 4、2 0 a - 5 を制御又は維持する製品キャリア 3 0 0 の同じ側に取り付けられる。

【 0 0 6 4 】

5 つの自由度が制約される従来の転がり線形軸受とは対照的に、5 つの制約された自由度は、能動的な制御可能な磁気軸受アセンブリ 3 0 - 1；3 0 - 2；3 0 - 3；3 0 - 4 + 5 0 - 4；3 0 - 5 + 5 0 - 5 を使用して能動的に制御することができ、それにより、線形ガイドウェイアセンブリ 1 0 0 のガイドレール 1 1 0 に沿って基板 / 製品キャリア 3 0 0 を変位させているロボットの望ましくない動的挙動を補正することができる。

20

【 0 0 6 5 】

係属中の請求項で規定される磁気軸受アセンブリの先の例は、高潔度基板処理ロボット用途における商業規模での実施に非常に適している。特に、製品キャリアがその一方の単一の長手方向側で 1 つの単一の線形ガイドウェイによって支持され、案内され、及び、輸送されるとともに、製品キャリアの他方の反対の長手方向側並びにその前方側及び後方側が支持されずに 1 つの単一の線形ガイドウェイによって規定される線形変位経路（x）に沿って自由に移動していることにより、製品キャリア周辺の作業場所のアクセス可能性及び可視性が大幅に向上する。

30

【 0 0 6 6 】

特に、一方の長手方向側が支持され、案内され、輸送されるとともに、反対側が支持されずに自由に移動する側であるそのような製品キャリアは、ロボットピックアンドブレースアームなどのロボット用途のためのアクセス性の向上を示す。

【 0 0 6 7 】

本発明の磁気軸受アセンブリは、限られた寸法により低コストで構築できるとともに、1 つの剛体（基板キャリア 3 0 0）の他の剛体（ガイドウェイアセンブリ 1 0 0 - 1 1 0）に対する安定したうまく制御される線形変位が品質保証目的のために不可欠である基板ウェーハ処理用途などの熱的に重要なシステム及び真空環境で容易に実装できる。

40

【 0 0 6 8 】

特に、提案された磁気軸受アセンブリは、一般に知られている転がり軸受では不可能なそのような熱的に重要なシステム及び真空環境において変位安定性、剛性、及び、エネルギー散逸を可能にする。

【図面】

【図 1】

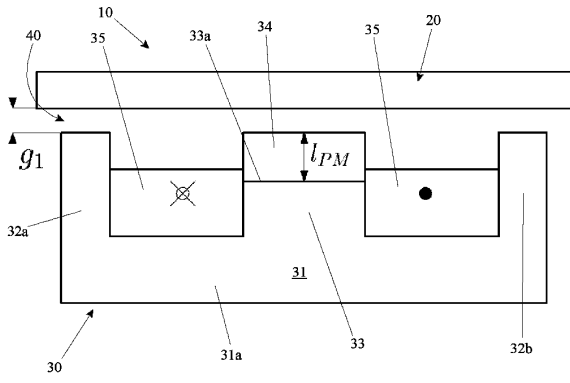


Fig. 1

【図 2 a】

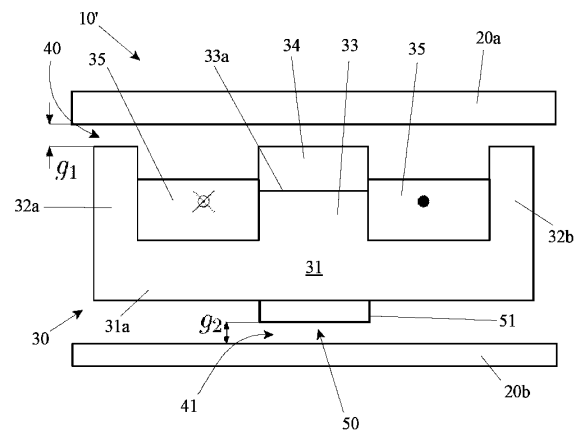


Fig. 2a

【図 2 b】

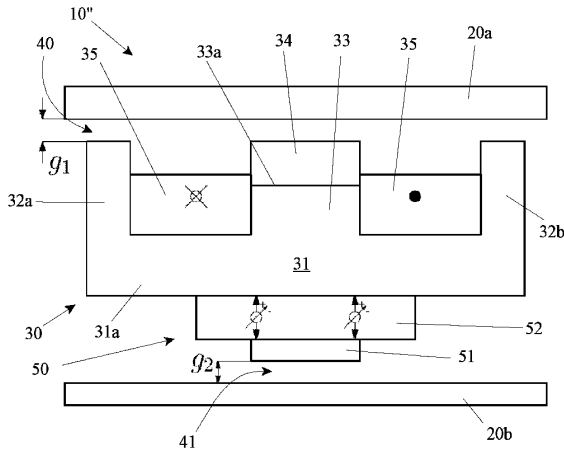


Fig. 2b

【図 3 a】

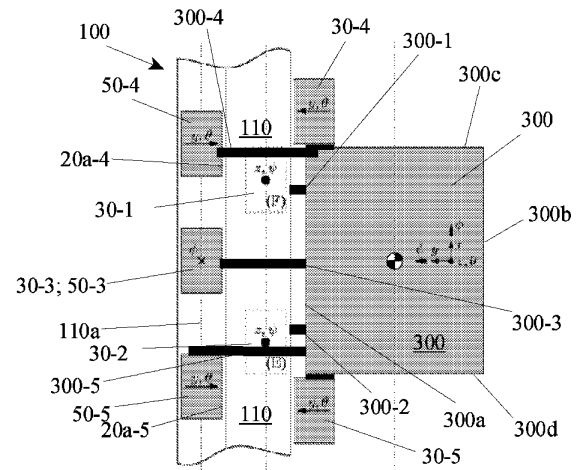


Fig. 3a

10

20

30

40

50

【 3 b 】

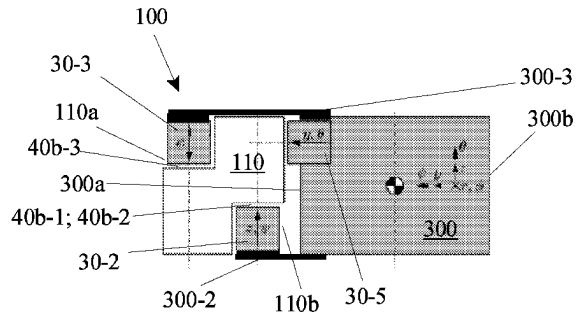


Fig. 3b

【 3 c 】

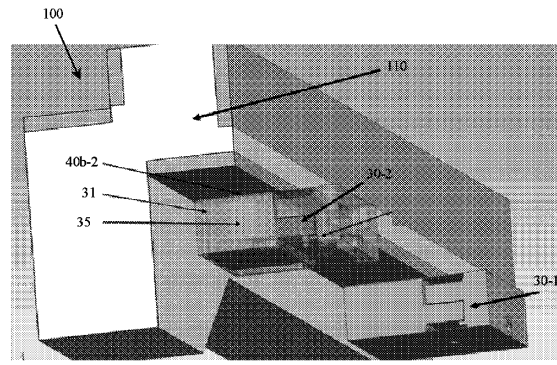


Fig. 3c

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

エー 5652、ホーヘンヴェク 1、ブイディーエル イネープリング テクノロジーズ グループ  
ビー . ブイ . 内

審査官 西藤 直人

- (56)参考文献 特開昭60-002068(JP,A)  
特開2002-120120(JP,A)  
米国特許出願公開第2015/0211575(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
F16C 29/00 - 29/02  
F16C 32/04