

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5628285号
(P5628285)

(45) 発行日 平成26年11月19日 (2014. 11. 19)

(24) 登録日 平成26年10月10日 (2014. 10. 10)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 0 L 13/04 (2006. 01)

H 0 2 K 41/02 (2006. 01)

F 1 6 C 32/04 (2006. 01)

B 6 0 L 13/04 Z

H 0 2 K 41/02 C

F 1 6 C 32/04 A

請求項の数 30 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-502269 (P2012-502269)	(73) 特許権者	511209941
(86) (22) 出願日	平成22年3月25日 (2010. 3. 25)		シェーブリー, サンダー ウェイン
(65) 公表番号	特表2012-522484 (P2012-522484A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 2 1
(43) 公表日	平成24年9月20日 (2012. 9. 20)		0 1 サン ディエゴ スイート 1 2 0
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/028746		0 ウェスト ブロードウェイ 4 0 2
(87) 国際公開番号	W02010/111549	(74) 代理人	100100549
(87) 国際公開日	平成22年9月30日 (2010. 9. 30)		弁理士 川口 嘉之
審査請求日	平成25年3月25日 (2013. 3. 25)	(74) 代理人	100113608
(31) 優先権主張番号	61/163, 778		弁理士 平川 明
(32) 優先日	平成21年3月26日 (2009. 3. 26)	(74) 代理人	100123098
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 今堀 克彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気軸受け構造を使用した搬送のための方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷を運ぶための装置であって、
管状の一か所が離間した形状または中空の角柱状の一か所が離間した形状の磁束源であって、

互いに反対の極性を有する第1の外側部分及び第1の内側部分であって、前記第1の外側部分及び前記第1の内側部分は、前記磁束源の両端部の間に配置された磁化可能構造の第1の側から水平に間隔を空けるように構成される、第1の外側部分及び第1の内側部分と、

互いに反対の極性を有する第2の外側部分及び第2の内側部分であって、前記第2の外側部分及び前記第2の内側部分は、前記磁化可能構造の第2の側から水平に間隔を空けるように構成され、前記第2の側は前記第1の側の反対であり、前記第1の外側部分及び前記第2の外側部分は、前記磁化可能構造の外側部分に磁氣的に引き付けられるように構成され、前記第1の内側部分及び前記第2の内側部分は、前記磁化可能構造の内側部分に磁氣的に引き付けられるように構成される、第2の外側部分及び第2の内側部分と、

を含む磁束源と、
前記磁束源の内表面に取り付けられた内側磁束ガイドと、
前記磁束源の外表面に取り付けられた外側磁束ガイドであって、前記内側磁束ガイドと前記外側磁束ガイドは磁化可能材料を含む、外側磁束ガイドと、
前記磁化可能構造に相対的な前記磁束源の位置を制御するように構成されたコントロー

10

20

ラと、

を備える装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記磁束源は、1 つ又は 2 つ以上の永久磁石、非磁化可能スペーサによって分けられる複数の磁束源、ボンド磁石、及び半径方向に一樣に磁化される磁石のうちの、少なくとも 1 つを含む、装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記内側磁束ガイド及び前記外側磁束ガイドの各自は、前記磁束源によって生成される磁束を集中させるように構成される、装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記コントローラは、前記磁束源によって生成される磁束にバイアスをかけるために電流を運ぶように構成された制御コイルを含む、装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記コントローラは、更に、

前記磁束源の前記部分の少なくとも 1 つの水平位置を表すセンサデータを生成するように構成された 1 つ又は 2 つ以上のセンサと、

20

前記センサデータに基づいて電流を提供するように構成された回路と、を含む、装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の装置であって、

前記センサの少なくとも 1 つは、前記磁束源と前記磁化可能構造との間のギャップ距離を決定するように構成される、装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の装置であって、

前記電流は、前記磁化可能構造の両側で磁束を等しくするように構成される、装置。

30

【請求項 8】

請求項 5 に記載の装置であって、

前記電流は、前記磁束源によって生成される磁束を増加又は減少させるためにバイアス磁束を生成する、装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の装置であって、更に、

前記磁化可能構造に沿って推進力を提供するように構成されたエンジンを備える装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の装置であって、更に、

管状の一か所が離間した形状または中空の角柱状の一か所が離間した形状の追加の磁束源であって、

40

互いに反対の極性を有する追加の第 1 の外側部分及び追加の第 1 の内側部分であって、前記追加の第 1 の外側部分及び前記追加の第 1 の内側部分は、前記磁束源の両端部の間に配置された追加の磁化可能構造の第 1 の側で前記追加の磁化可能構造から水平に間隔を空けるように構成される、追加の第 1 の外側部分及び追加の第 1 の内側部分と、

互いに反対の極性を有する追加の第 2 の外側部分及び追加の第 2 の内側部分であって、前記追加の第 2 の外側部分及び前記追加の第 2 の内側部分は、前記追加の磁化可能構造の第 2 の側で前記追加の磁化可能構造から水平に間隔を空けるように構成され、前記第 2 の側は前記第 1 の側の反対であり、前記第 1 の外側部分及び前記第 2 の外側部分は、前記追加の磁化可能構造の外側部分に磁氣的に引き付けられるように構成され、前記第 1 の内側部分及び前記第 2 の内側部分は、前記追加の磁化可能構造の内側部分に磁氣的に引き付

50

けられるように構成され、前記磁化可能構造と前記追加の磁化可能構造とが互いに水平に間隔を空けて配置されている、追加の第2の外側部分及び追加の第2の内側部分と、を含む追加の磁束源を備える装置。

【請求項11】

請求項10に記載の装置であって、更に、

前記磁化可能構造を中心にした荷の回転を前記磁束源によって抑制されるように前記磁束源に結合された前記荷を備える装置。

【請求項12】

請求項1に記載の装置であって、

前記磁束源は、前記磁化可能構造の方に突き出して前記磁束源の垂直変位に対する抵抗を提供するように構成された複数の突出を含む、装置。

10

【請求項13】

請求項1に記載の装置であって、更に、

前記磁化可能構造に沿って荷を導くように構成された1つ又は2つ以上のフランジ付き車輪を備える装置。

【請求項14】

請求項1に記載の装置であって、

前記第1の外側部分は、前記第1の側で前記磁化可能構造の前記外側部分に磁束を導入するように構成され、前記第2の外側部分は、前記第2の側で前記磁化可能構造の前記外側部分に磁束を導入するように構成され、前記磁束は、前記磁化可能構造の中を前記内側部分に垂直に伝わり、前記磁束の少なくとも一部分は、前記第1の側で前記磁化可能構造の前記内側部分を通じて前記第1の内側部分に戻り、前記磁束の少なくとも一部分は、前記第2の側で前記磁化可能構造の前記内側部分を通じて前記第2の内側部分に戻る、装置。

20

【請求項15】

外側部分、内側部分、第1の側、及び前記第1の側の反対側の第2の側を有する磁化可能構造に相対的に磁束源を制御する方法であって、

内表面、外表面、第1の極性を有する第1の外側部分、前記第1の極性の反対の第2の極性を有する第1の内側部分、前記第1の極性を有する第2の外側部分、及び前記第2の極性を有する第2の内側部分を有し、管状の一か所が離間した形状または中空の角柱状の一か所が離間した形状の磁束源と、第1の磁化可能材料を含み、前記磁束源の前記内表面に取り付けられた第1の磁束ガイドと、第2の磁化可能材料を含み、前記磁束源の前記外表面に取り付けられた第2の磁束ガイドとを提供することと、

30

前記磁束源の前記第1の外側部分及び前記磁束源の前記第1の内側部分を、前記磁束源の両端部の間に配置された前記磁化可能構造の前記第1の側から間隔を空けて配置することと、

前記磁束源の前記第2の外側部分及び前記磁束源の前記第2の内側部分を前記磁化可能構造の前記第2の側から間隔を空けて配置することであって、前記第1の外側部分及び前記第2の外側部分は、前記磁化可能構造の前記外側部分に磁氣的に引き付けられ、前記第1の内側部分及び前記第2の内側部分は、前記磁化可能構造の前記内側部分に磁氣的に引き付けられる、ことと、

40

前記磁化可能構造に相対的な前記磁束源の位置を制御することと、

を備える方法。

【請求項16】

請求項15に記載の方法であって、

前記磁束源は、1つ又は2つ以上の永久磁石、非磁化可能スペーサによって分けられる複数の磁束源、ボンド磁石、及び半径方向に一樣に磁化される磁石のうちの、少なくとも1つを含む、方法。

【請求項17】

請求項15に記載の方法であって、

50

前記位置を制御することは、前記磁束源によって生成される前記磁束にバイアスをかけるために電流を生成することを含む、方法。

【請求項 18】

請求項 15 に記載の方法であって、

前記位置を制御することは、前記磁化可能構造に相対的な前記磁束源の前記部分の少なくとも 1 つの位置を感知することと、前記感知された位置に基づいて電流を提供することを含む、方法。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の方法であって、

前記位置を感知することは、前記磁束源と前記磁化可能構造との間のギャップ距離を決定することを含む、方法。

【請求項 20】

請求項 15 に記載の方法であって、

前記位置を制御することは、前記磁化可能構造の両側で前記磁束を等しくすることを含む、方法。

【請求項 21】

荷を運ぶためのシステムであって、

管状の一か所が離間した形状または中空の角柱状の一か所が離間した形状の、磁束を生成するための磁束生成手段であって、

磁束を生成するための第 1 の外側手段と、

磁束を生成するための第 1 の内側手段であって、前記第 1 の外側手段と前記第 1 の内側手段は、前記磁束生成手段の両端部の間に配置された磁化可能構造の第 1 の側から水平に間隔を空けられ、前記第 1 の外側手段と前記第 1 の内側手段は互いに反対の極性を有している第 1 の内側手段と、

磁束を生成するための第 2 の外側手段と、

磁束を生成するための第 2 の内側手段であって、前記第 2 の外側手段と前記第 2 の内側手段は前記磁化可能構造の第 2 の側から水平に間隔を空けられ、前記第 2 の外側手段と前記第 2 の内側手段は互いに反対の極性を有し、前記第 2 の側は前記第 1 の側の反対であり、前記第 1 の外側手段及び前記第 2 の外側手段は、前記磁化可能構造の外側部分に磁氣的に引き付けられるように構成され、前記第 1 の内側手段及び前記第 2 の内側手段は、前記磁化可能構造の内側部分に磁氣的に引き付けられるように構成される、第 2 の内側手段と、

を含む磁束生成手段と、

前記磁束生成手段の内表面に取り付けられ、前記磁束を導くための第 1 の手段と、

前記磁束生成手段の外表面に取り付けられ、前記磁束を導くための第 2 の手段と、

前記磁化可能構造に相対的な前記磁束生成手段の位置を制御するための制御手段と、

を備えるシステム。

【請求項 22】

請求項 21 に記載のシステムであって、

前記磁束生成手段は、1 つ又は 2 つ以上の永久磁石、非磁化可能スペーサによって分けられる複数の磁束源、ボンド磁石、及び半径方向に一樣に磁化される磁石のうちの、少なくとも 1 つを含む、システム。

【請求項 23】

請求項 21 に記載のシステムであって、

前記制御手段は、コントローラ回路を含む、システム。

【請求項 24】

請求項 21 に記載のシステムであって、

前記制御手段は、前記磁束源によって生成される前記磁束にバイアスをかけるために電流を生成するための手段を含む、システム。

【請求項 25】

請求項 2 1 に記載のシステムであって、

前記制御手段は、前記磁束源の前記部分の少なくとも 1 つの水平位置を感知するための位置感知手段と、前記感知された位置に基づいて電流を提供するための手段とを含む、システム。

【請求項 2 6】

請求項 2 5 に記載のシステムであって、

前記位置感知手段は、前記磁束源と前記磁化可能構造との間のギャップ距離を決定するための手段を含む、システム。

【請求項 2 7】

請求項 2 1 に記載のシステムであって、

前記制御手段は、前記磁化可能構造の両側で前記磁束を等しくするための手段を含む、システム。

【請求項 2 8】

請求項 1 に記載の装置であって、

前記磁束源は、C 字型、または、長方形もしくは三角形の一か所が離間した形状の断面を有する、装置。

【請求項 2 9】

請求項 1 5 に記載の方法であって、

前記磁束源は、C 字型、または、長方形もしくは三角形の一か所が離間した形状の断面を有する、方法。

【請求項 3 0】

請求項 2 1 に記載のシステムであって、

前記磁束生成手段は、C 字型、または、長方形もしくは三角形の一か所が離間した形状の断面を有する、システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

< 関連出願への相互参照 >

本出願は、米国特許法第 1 1 9 条 (e) に基づいて、引用によって本明細書に組み込まれる 2 0 0 9 年 3 月 2 6 日出願の仮出願第 6 1 / 1 6 3 , 7 7 8 号の優先権を主張する。本出願は、また、それぞれ引用によって全体を本明細書に組み込まれる米国特許第 7 , 6 1 7 , 7 7 9 号、第 3 , 5 6 9 , 8 0 4 号、及び第 6 , 9 7 7 , 4 5 1 号にも関連する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

本発明は、総じて、磁気軸受け構造を使用した搬送のための方法及び装置に関するものである。特に、本発明は、搬送のための荷の浮上に一般的に適用される。

【発明の概要】

【0 0 0 3】

一態様では、荷を運ぶための装置は、磁束源と、磁化可能構造に相対的な磁束源の位置を制御するように構成されたコントローラとを含む。磁束源は、反対の極性を有する第 1 の上方部分と第 1 の下方部分とを含む。これらの第 1 の部分は、磁化可能構造の第 1 の側から水平方向に間隔を空けられている。磁束源は、更に、反対の極性を有する第 2 の上方部分と第 2 の下方部分とを含む。これらの第 2 の部分は、磁化可能構造の第 2 の側から水平方向に間隔を空けられている。第 2 の側は、第 1 の側の反対側である。第 1 及び第 2 の上方部分は、磁化可能構造の上方部分に磁氣的に引き付けられ、第 1 及び第 2 の下方部分は、磁化可能構造の下方部分に磁氣的に引き付けられる。

【図面の簡単な説明】

【0 0 0 4】

【図 1 A】 レールに近接して配置された管状の磁気軸受け構造を含むシステムの斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 1 B】図 1 A のシステムの断面図であり、磁場を表す複数の磁力線を示している。

【図 2 A】制御コイルを有する管状の磁気軸受け構造を含むシステムの正面図である。

【図 2 B】水平位置決めシステムの機能ブロック図である。

【図 2 C】受信されたセンサデータに基づいて制御コイルに電流を提供する方法を示した流れ図である。

【図 3】レールに近接して磁気軸受け構造を配置された車両を含むシステムの断面図である。

【図 4】角柱状の磁気軸受け構造を含むシステムの断面図である。

【図 5】複数の磁石を伴う磁気軸受け構造を含むシステムの断面図である。

【図 6】2 つの磁石を伴う磁気軸受け構造を含むシステムの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0005】

以下の詳細な説明は、発明の特定の具体的態様を対象としている。しかしながら、発明は、例えば特許請求の範囲によって定義及び網羅されるような、多数の異なる形で具現化されてよい。本明細書における態様は、種々様々な形態で具現化されてよいこと、並びに本明細書で開示される特定の構造、機能、又は構造及び機能がいずれも代表的なものにすぎないことが明らかである。本明細書における教示に基づいて、当業者ならば、本明細書で開示される態様がその他のどの態様からも独立して具現化されてよいこと、及びこれらの態様の 2 つ若しくは 3 つ以上が様々なやり方で組み合わせられてよいことがわかる。例えば、装置又は方法は、本明細書に明記された任意の数の態様を使用して具現化されてよい又は実施されてよい。また、このような装置又はこのような方法は、本明細書に明記された 1 つ若しくは 2 つ以上の態様に追加の又は本明細書に明記された 1 つ若しくは 2 つ以上の態様以外の他の構造、機能性、又は構造及び機能性を使用して具現化されてよい又は実施されてよい。同様に、本明細書で開示される方法は、コンピュータによる読み出しが可能な記憶媒体から取り出された命令を実行するように構成された 1 つ又は 2 つ以上のコンピュータプロセッサによって実施されてよい。コンピュータによる読み出しが可能な記憶媒体は、データ又は命令などの情報を、このような情報が幾らかの一定の間隔でコンピュータによって読み出し可能であるように、そのような一定の間隔で格納する。コンピュータによる読み出しが可能な記憶媒体の例は、ランダムアクセスメモリ (RAM) などのメモリ、並びにハードドライブ、光ディスク、フラッシュメモリ、フロッピーディスク、磁気テープ、紙テープ、及びパンチカードなどのメモリである。

【0006】

図 1 は、レール 120 に近接して配置された管状の磁気軸受け構造 100 を含むシステム 10 の斜視図である。磁気軸受け構造 100 は、内側の殻 106 と外側の殻 102 との間に磁束源 104 を含む。一実施形態では、外側の殻 102 は、C 字型の断面を有し、同様に C 字型の断面を有する内側の殻 106 を中心にして同心に配置される。内側の殻 106 及び外側の殻 102 は、ともに、好ましくは鉄又は鋼などの磁化可能材料で作成される。殻 102、106 は、磁束源 104 の磁束を磁気軸受け構造 100 の内周及び外周に沿って導いて、それによって磁束源 104 の磁束の閉じ込め及び集中を助けることができる。

【0007】

磁気軸受け構造 100 とレール 120 との間の磁力ゆえに、磁気軸受け構造 100 は、レール 120 に接触することなく荷を支えることができる。図 3 に関して更に説明されるように、このような磁気軸受け構造 100 は、車両にかかる重力を無効にする浮上力を提供し、そうして車両がレールに沿って移動する際の摩擦を軽減させるために使用することができる。

【0008】

一実施形態では、磁束源 104 は、1 つの永久磁石を含む。永久磁石は、希土類磁石、サマリウム - コバルト磁石、アルニコ磁石、及びネオジム磁石を含んでよい。永久磁石の使用は、軸受け 100 が、電源を必要としない「常時オンの」浮上力を提供することを可

10

20

30

40

50

能にする。他の実施形態では、磁束源 104 は、1 つ若しくは 2 つ以上の永久磁石及び / 又は 1 つ若しくは 2 つ以上の電磁石を含んでよい。一実施形態では、磁束源 104 は、外側の殻 102 に接触している磁束源 104 のエッジ面が 1 つの極性であるとともに内側の殻 106 に接触している磁束源 104 のエッジ面が反対の極性であるように、半径方向に一樣に磁化される。磁束源 104 は、ボンド磁石であってよい。一実施形態では、ボンド磁石は、熱可塑性樹脂と混ぜ合わされて注入成形磁石、圧縮磁石、又は可塑性磁石を形成する磁性粉末を含む。磁性粉末は、樹脂が液体である間に好ましい一方向に揃えられ、樹脂が硬化されるときにこの樹脂によってこの好ましい一方向に維持される。ボンド磁石は、例えば磁気軸受け 10 の所望境界の外側に突き出す磁束などの浮遊磁束を最小限に抑えるために使用することができる。

10

【0009】

図 1 B は、図 1 A のシステムの断面図であり、複数の磁力線 190 を示している。図には、6 本の磁力線 190 のみが示されているが、磁場は連続した場であること、及びそのような磁場を表すために 6 本よりも多い又は少ない磁力線 190 が使用されてもよいことがわかる。外側の殻 102 は、レール 120 の突出に近接して位置する第 1 の端 152 及び第 2 の端 154 を含む。内側の殻 106 も、また、同様にレール 120 の突出に近接して位置する第 1 の端 162 及び第 2 の端 164 を含む。一実施形態では、磁束源 104 は、磁束源 104 から始まって磁束源 104 で終わる複数の磁力線 190 によって表される磁場を生成する。外側の殻 102 は、各磁力線 190 を外側の殻 102 に沿って第 1 の端 152 又は第 2 の端 154 に導き、そこで、磁力線 190 は、外側の殻 102 とレール 120 との間のギャップを横断する。各磁力線 190 は、引き続きレール 120 を通り、レール 120 と、内側の殻 106 の第 1 の端 162 又は第 2 の端 164 との間のギャップを横断することによって、レール 120 から出る。内側の殻 106 は、各磁力線 190 を内側の殻 106 に沿って導き、各磁力線 190 は、磁束源 104 に戻って終わる。この順序は、磁束源の極性に応じて逆転してもよい。

20

【0010】

一実施形態では、軸方向における（レール 120 に沿った）軸受け 100 の長さは、殻の半径方向の厚さを上回る。この構成では、外側の殻 102 と内側の殻 106 との間の最短のレクタンス経路が、軸受け 100 とレール 120 との間のギャップを通じてレール 120 を通る経路であるので、非浮揚磁束が最小限に抑えられ、尚且つ浮遊磁場が軽減される。

30

【0011】

図 1 に示された、内側及び外側の殻の第 1 の端と第 2 の端との間に配置されたレール 120 は、I 字型の断面を有する。他の実施形態では、他の形状が使用されてよい。一実施形態では、レール 120 は、第 1 の端 152、154 と第 2 の端 162、164 との間のギャップに嵌るのに十分な狭さである。一実施形態では、レール 120 は、磁気軸受け 100 に接触することなく第 1 の端 152、154 と第 2 の端 162、164 との間のギャップに嵌るのに十分な狭さである。レール 120 は、浮上に加えて推進も可能にする任意の軸方向長さであってよい。

【0012】

一実施形態では、レール 120 は、鋼又は鉄などの磁化可能材料を含む。別の実施形態では、レール 120 は、磁性材料を含む。磁気軸受け構造 100 の垂直方向の移動は、いずれも、磁束源 104 によって生成される磁力の抵抗を受け、これは、磁力線 190 の長さを最短にする傾向があるので、軸受け 100 は、レール 120 を「捕捉及び拘束」することができる。

40

【0013】

一実施形態では、レール 120 は、ゲージで分けられた少なくとも 2 本の実質的に平行なレールを含み、各レールは、ウェブによってヘッドとフットとを分けられた概ね I 字型の外形を有する。一実施形態では、レール 120 は、標準的なすなわち国際標準のゲージレールを含み、例えば、ゲージは、およそ 1,435 mm である。ゲージは、1,435

50

mmよりも小さくてよい又は大きくてよい。一実施形態では、レール 120 は、フランジ付きの車輪がレールのヘッドに沿って走行することを可能にする。したがって、本明細書で説明される実施形態は、既存のレール技術及びその他の車両にも適合可能であることができる。

【0014】

図 2A は、制御コイル 225 を有する管状の磁気軸受け構造 200 を含むシステムの正面図である。磁気軸受け構造 200 は、内側の殻 206 と外側の殻 202 との間に磁束源 204 を含む。図 1 のシステム 10 に関して上述されたように、軸受け 200 は、レール 220 を「捕捉及び拘束」することができる。以下で更に説明されるように、制御コイル 225 内の制御電流は、横力が生成又は制御されて接触が阻止されるように、磁束の量を、ひいては磁束源 204 とレール 220 との間のギャップの各側にかかる力を変化させる。

10

【0015】

水平位置決めシステム 210 は、コントローラ、プロセッサ、又はその他の回路を含んでよく、レール 220 に対して軸受け 200 を水平方向に中心合わせするように構成されてよい。水平位置決めシステム 210 は、センサ 290 及び制御コイル 225 を含んでよい、又はセンサ 290 及び制御コイル 225 に動作可能式に接続されてよい。制御コイル 225 は、コイル 225 内に磁束を生成する電流を運ぶことができる。したがって、制御コイル 225 は、電流を磁束に変換する電磁石として動作する。生成された磁束は、図 1B に関して上述された磁場にバイアスをかけ、それによって個別の磁束制御を通じて磁気軸受け構造 200 に水平方向の力を提供してよい。したがって、磁束の量は、制御コイル 225 によって生成されたバイアス磁束を磁束源 104 によって生成された磁束に加えることによって、個別に調節される。図 1B からわかるように、レールと外側の殻 102 との間のギャップ 187 における磁束方向と、レールと内側の殻 106 との間のギャップ 188 における磁束方向は、磁束源の極性及び向きゆえに反対方向である。したがって、同方向における正味の横力を適切に生じさせるために、それぞれのコイル巻線の方向が既知若しくは既定の 2 つ以上の制御コイルが直列に又は並列に使用されてよい。

20

【0016】

制御コイル 225 を流れる電流の制御を通じて、水平位置決めシステム 210 は、軸受け 200 をレール 220 上で水平方向に中心合わせしてよい。一実施形態では、水平位置決めシステム 210 は、磁束源 204 とレール 220 との間で水平方向の引力をバランスさせることによって、磁束源 204 とレール 220 との間の総エアギャップを一定に維持する。具体的には、磁力が各殻 202、206 の両端をレール 220 に向かって引っ張るゆえに、制御の有効性が強化される。一実施形態では、水平位置決めシステム 210 は、レール 220 の両側で磁束を等しくするように動作する。

30

【0017】

水平位置を決定するために、1 つ又は 2 つ以上のセンサ 290 が使用されてよい。センサ 290 は、センサ 290 から対象又は所定の基準点までの距離を表すセンサデータを生成してよい。例えば、センサ 290 は、レール 220 に対する磁気軸受け構造 200 の水平方向の位置を表すセンサデータを生成してよい。センサ 290 は、誘導式近接センサ、容量式変位センサ、又はレーザ式距離計を含んでよいが、これらに限定はされない。一実施形態では、センサ 290 は、光信号又は音響信号を発し、それに応答する場の変化を測定する。別の実施形態では、センサ 290 は、センサ 290 から対象までの距離の変化の率を表すセンサデータを生成してもよい。例えば、センサ 290 は、磁気軸受け構造 200 がどれくらいの速さでレール 220 に近づいているかを表すセンサデータを生成してよい。センサ 290 は、ドップラベースのセンサを含んでよい。一実施形態では、センサ 290 は、光信号又は音響信号を発し、それに応答する信号の波長の変化を測定する。

40

【0018】

一実施形態では、水平位置決めシステム 210 による定めに応じて制御コイル 225 によって運ばれる電流は、センサ 290 によって決定される水平位置に基づく。一実施形態

50

では、電流は、電流がセンサ 290 によって表される距離に線形比例する一次方程式に基づいて増幅される。別の実施形態では、電流は、電流がセンサ 290 によって表される距離の二乗の逆に比例する逆二次方程式に基づいて増幅される。別の実施形態では、電流は、レール 220 の両側の 2 つのセンサによって表される距離の差に線形的に又は非線形的に比例する。電流は、少なくとも一部にはセンサ 290 からの測定結果に基づき、該測定結果は、少なくとも一部には提供される電流に基づくので、水平位置決めシステム 210 は、このフィードバック状況を効率良く実施するためのサーボドライブを含んでよい。総じて、サーボドライブは、制御システムからコマンド信号を受信し、該信号を増幅し、コマンド信号に比例する運動を生じさせるために電流を送る。

【0019】

10

一実施形態では、制御コイル 225 は、外側の殻 202 に巻き付いている。別の実施形態では、制御コイル 225 は、内側の殻 206 に巻き付いている。別の実施形態では、外側の殻 202 及び内側の殻 206 の少なくとも一方に、複数の制御コイルが巻き付いてよい。例えば、一実施形態では、第 1 の制御コイルが外側の殻 202 に巻き付いて、第 2 のコイルが内側の殻 206 に巻き付いている。制御コイル 225 は、外側の殻 202、磁束源 204、及び内側の殻 206 から電気的な絶縁材料によって物理的に分離されてよい。

【0020】

図 2B は、一実施形態にしたがった水平位置決めシステム 210 の機能ブロック図である。水平位置決めシステム 210 は、レール 220 に対する軸受け 200 の水平位置を表す信号をセンサ 290 から受信する。コントローラ 212 は、制御コイル 225 に提供するための適切な補正電流を決定するために、センサ 290 からの信号を処理する。コントローラ 212 は、バッテリー又はその他の電流源などの電源 216 を制御する（とともに、このような電源 216 によって作動されてよい）。コントローラ 212 は、制御コイル 225 に電流を提供するように電源 216 を制御する。一実施形態では、水平位置決めシステム 210 は、センサ 290 から受信される信号に基づいて適切な電流を決定するためのアルゴリズムを格納するためのメモリ 214 を含む。

20

【0021】

コントローラ 212 は、本明細書で説明される機能を実施するように設計された、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ (DSP)、特定用途向け集積回路 (ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) 若しくはその他のプログラマブルロジックデバイス、個別のゲート若しくはトランジスタのロジック、個別のハードウェアコンポーネント、又はこれらの任意の適切な組み合わせであってよい。コントローラ 212 は、例えば、DSP とマイクロプロセッサ、複数のマイクロプロセッサ、1 つ若しくは 2 つ以上のマイクロプロセッサと DSP コアとの併用、又はこのようなその他の任意の構成のように、コンピュータデバイスの組み合わせとして具現化されてもよい。

30

【0022】

コントローラ 212 は、情報の読み書きを行うために、1 本又は 2 本以上のバスを介してメモリ 214 に結合されてよい。コントローラ 214 は、更に、又は代わりに、プロセッサレジスタなどのメモリを含んでよい。メモリ 214 は、レベルごとに異なる容量及びアクセス速度を有するマルチレベル階層キャッシュを含むプロセッサキャッシュを含んでよい。メモリ 214 は、また、ランダムアクセスメモリ (RAM)、その他の揮発性記憶装置、又は非揮発性記憶装置を含んでよい。

40

【0023】

図 2C は、制御コイルに電流を提供する方法 270 を示した流れ図である。方法 270 は、例えば、図 2B の水平位置決めシステム 210 によって実施されてよい。方法 270 は、水平位置を表すセンサデータの受信によって、ブロック 271 から開始する。一実施形態では、センサデータは、センサから対象又は所定の基準点までの距離を表す。例えば、一実施形態では、センサデータは、レールに対する磁気軸受けの水平位置を表す。一実施形態では、センサデータは、センサから対象までの距離の変化の率を表す。例えば、一実施形態では、センサデータは、磁気軸受け構造がどれくらいの速さでレールに近づいて

50

いるかを表す。別の実施形態では、センサデータは、距離又は距離の変化の率をそれぞれ表す複数センサからのデータを含む。

【 0 0 2 4 】

次に、ブロック 272 では、センサデータが既定の閾値を超える距離又は速度を表しているかどうか決定される。決定は、例えば、図 2B のコントローラ 212 によって実施されてよい。一実施形態では、既定の閾値は、ゼロであってよい。もし距離又は速度が既定の閾値未満であるならば、方法 200 は、方法 200 が既定の長さの時間にわたって一時的に停止するブロック 273 に進む。ブロック 272、273 を含むことによって、方法 270 は、エネルギー的に非効率的になる又は過剰なガタつきをもたらす可能性がある連続調整を実施しない。

10

【 0 0 2 5 】

もしセンサデータが既定の閾値を超える距離又は速度を表すと決定されたならば、方法 200 は、受信されたセンサデータに対応する電流が決定されるブロック 274 に続く。決定は、例えば、図 2B のコントローラ 212 によって実施されてよい。一実施形態では、電流は、電流がセンサによって表される距離に線形比例する一次方程式に基づいて増幅される。別の実施形態では、電流は、電流がセンサによって表される距離の二乗の逆に比例する逆二次方程式に基づいて増幅される。別の実施形態では、電流は、レールの両側の 2 つのセンサによって表される距離の差に線形的に又は非線形的に比例する。更に別の実施形態では、電流は、ルックアップテーブルに基づいて増幅される。このようなルックアップテーブルは、例えば、図 2B のメモリ 214 に格納されてよい。一実施形態では、電流は、センサによって表される速度に比例して決定される。別の実施形態では、電流は、センサによって表される距離及び速度に基づいて決定される。

20

【 0 0 2 6 】

ブロック 275 に進むと、決定された電流は、1 つ又は 2 つ以上の制御コイルに提供される。電流は、例えば、図 2B のコントローラ 212 による制御に応じて電源 216 によって提供されてよい。制御コイルに提供された電流は、水平方向の力を提供して軸受けをレール上で水平方向に中心合わせするように、制御コイル内に磁束を生成してそれによって図 1B に関して上述された磁場にバイアスをかけることができる。一部の実施形態では、決定される電流は、ゼロであってよいことがわかる。例えば、決定される電流は、外部の力がない状態で磁気軸受けがレールに対して中心合わせされる場合にゼロであってよい。

30

【 0 0 2 7 】

ブロック 275 の後、方法 270 は、ブロック 271 に戻って繰り返される。したがって、方法 270 は、センサデータに基づいて継続的に電流を提供する。一実施形態では、水平位置決めシステム 210 は、レールに対して継続的に磁気軸受けの中心合わせを行う。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、レール 320、322 に近接して配置された磁気軸受け構造 310、312 に荷 360 を結合された車両 330 を含むシステム 30 の断面図である。1 本のレールではなく 2 本のレールを使用することによって、レールに対する車両の回転を抑制することができる。車両は、第 1 のレール 320 に近接して配置された第 1 の軸受け 310 と、第 2 のレール 322 に近接して配置された第 2 の軸受け 312 とを含む。軸受け 310、312 は、車両 330 及び荷 360 に作用する重力を打ち消す浮揚力又は浮上力を提供し、そうしてレールに沿った摩擦を軽減する。軸受け 310、312 は、1 つ又は 2 つ以上の支え構造 362 を介して荷 360 に取り付けられる。軸受けは、溶接、ネジ、又はその他の装着技術を介して取り付けられてよい。

40

【 0 0 2 9 】

1 つ又は 2 つ以上の位置センサ及び 1 つ又は 2 つ以上の制御コイルを含む水平位置決めシステム（不図示）は、軸受けを、それらがレールに接触しないように水平方向に中心合わせされた状態に維持し、そうして更に摩擦を軽減することができる。一実施形態では、

50

水平位置決めシステムは、図 2 に関して上述されたような水平力を提供するように 1 つ又は 2 つ以上の電流を運ぶようにそれぞれ構成された 1 つ又は 2 つ以上の制御コイルを含む。

【 0 0 3 0 】

一実施形態では、システムは、引用によって本明細書に全体を組み込まれる米国特許出願第 1 2 / 0 4 8 , 0 6 2 号に記載されるような非対称エアギャップを使用してよい。一実施形態では、軸受け 3 1 0、3 1 2 とレール 3 2 0、3 2 2 との間の内側のギャップ 3 8 0 は、軸受け 3 1 0、3 1 2 とレール 3 2 0、3 2 2 との間の外側のギャップ 3 8 2 と異なる大きさである。したがって、車両 3 3 0 が水平方向に変位されたときは、一方の軸受けのみがレールに接触するであろう。

10

【 0 0 3 1 】

システム 3 0 は、垂直方向の力を提供する軸受けと、水平力を提供する水平位置決めシステムとを含むことができるが、レール 3 2 0、3 2 2 の方向に推進力を提供するエンジンも含んでよい。したがって、システム 3 0 は、自由度 6 を付与されえる。一実施形態では、エンジンは、車両 3 3 0 に接続された従来の回転式機関車エンジンを含む。別の実施形態では、エンジンは、引用によって本明細書に全体を組み込まれる米国特許出願第 1 2 / 0 4 8 , 0 6 2 号又は米国特許第 7 , 6 1 7 , 7 7 9 号に記載されるようなリニアモータを含む。

【 0 0 3 2 】

図 3 に示される軸受け 3 1 0、3 1 2 は、2 つのみであるが、車両又はシステムは、独立した追加の軸受けを様々な構成で含んでもよいことがわかる。例えば、軸受けは、概ね車両の四隅に配置されてよい。別の例では、車両の軸長と概ね同じ長さの軸長を有する軸受けが、車両の各側に配置されてよい。一実施形態では、軸受けを有する複数の車両が、1 つ若しくは 2 つ以上の回転式又は浮上式のエンジンによって引っ張られてよい又は押されてよい。

20

【 0 0 3 3 】

回転式のカートとは対照的に、図 3 の車両 3 3 0 のような浮上式のプラットフォームが有する幾つかの利点としては、特に、機械的部品の磨耗の低減、過剰な熱発生の減少、及びノイズの減少が挙げられる。浮上式のハイブリッドシステムは、摩擦が低減されるゆえに、従来のシステムよりもエネルギー効率に優れている可能性がある。発明の一実施形態は、1 つ又は 2 つ以上の軸受けを含むマグレブシステムを含む。

30

【 0 0 3 4 】

図 4 は、角柱状の磁気軸受け構造 4 0 0 を含むシステム 4 0 の断面図である。システム 4 0 は、磁気軸受け構造 4 0 0 が管状ではなく角柱状に成形されているという点で、上述された実施形態と異なる。図 4 には、直角柱が示されているが、その他の形状が使用されてもよい。例えば、一実施形態では、磁気軸受け構造 4 0 0 の断面は、三角形である。それ以外では、システム 4 0 の構造及び機能性は、上述のような図 2 のシステム 2 0 と同様であってよい。磁気軸受け構造 4 0 0 は、角柱状であるので、車両への取り付け又は貯蔵がより容易になるであろう。角柱状の構造は、一般的に、平面を含むので、磁束源の製造が簡略化され尚且つ制御コイルの装着がより容易になるであろう。

40

【 0 0 3 5 】

図 5 は、磁気軸受け構造 5 0 0 を含む別のシステム 5 0 の断面図である。システム 5 0 は、磁束源 5 0 4 が、一方の極性が外側の殻 5 0 2 に面するように尚且つ他方の極性が内側の殻 5 0 6 に面するように配置された複数の磁石 5 0 4 を含むという点で、上述された実施形態と異なる。磁石 5 0 4 の間には、ガラス、木、樹脂、又は空気などの非磁化可能物質 5 1 5 があり、より大きなスペースと、場合によっては制御巻き線の配置に適した場所とを提供する。それ以外では、システム 5 0 の構造及び機能性は、上述のような図 2 のシステム 2 0 と同様であってよい。磁気軸受け構造 5 0 0 は、1 つの磁石ではなく複数の磁石 5 0 4 を有するので、磁束源 5 0 4 は、より安価であろう。しかしながら、もし複数の磁石 5 0 4 どうしの間隔が広すぎると、レール 5 2 0 を通るのではなく非磁化可能材料

50

を通る磁力線が存在して浮上力を減少させる可能性がある。

【 0 0 3 6 】

図 6 は、2つの磁石を伴う磁気軸受け構造を含むシステムの断面図である。磁気軸受け構造 600 は、支え構造 630 と、レール 620 の各側に配された2つの磁石 604 a、604 b を伴う磁束源とを含む。磁石 604 a、604 b は、各磁石 604 a、604 b の上部が一方の極性であるとともに各磁石 604 a、604 b の底部が他方の極性であるように配される。一実施形態では、支え構造 360 は、磁石 604 a、604 b の場所を互いに対して固定する。それ以外では、システム 60 の構造及び機能性は、上述のような図 2 のシステム 20 と同様であってよい。磁気軸受け構造 600 が有する磁石は、2つのみであるので、生産が簡略化される又はコストが削減されるであろう。しかしながら、レール 620 を通るのではなく左の磁石 604 a の左又は右の磁石 604 b の右にある磁力線が存在して浮上力を減少させる可能性がある。

10

【 0 0 3 7 】

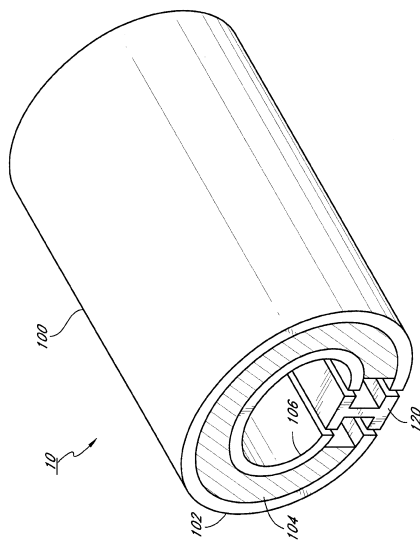
一実施形態では、レールに近接して配置された磁束源は、リラクタンスの変化による垂直変位に対する抵抗を提供するために、垂直方向に狭くてよい、又はレールの方に突き出した狭い突出を含んでよい。

【 0 0 3 8 】

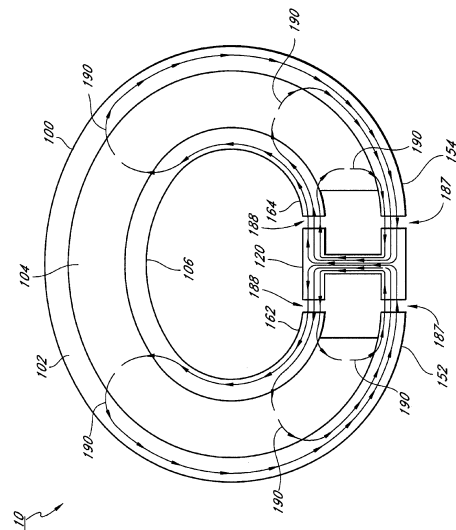
上記の詳細な説明は、様々な実施形態に照らして発明の新規な特徴を指摘してきたが、例示された装置又はプロセスの形態及び詳細には、発明の趣旨から逸脱することなく当業者によって様々な省略、置換、及び変更がなされてよいことが理解される。

20

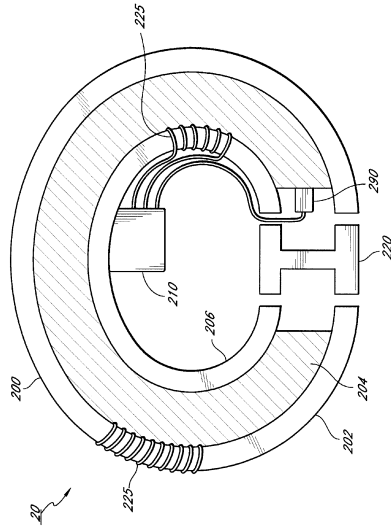
【 図 1 A 】



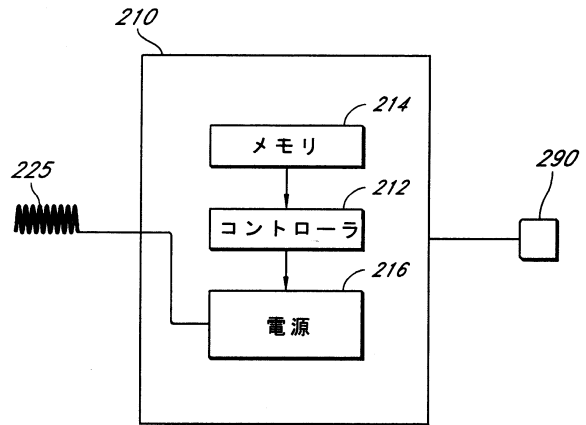
【 図 1 B 】



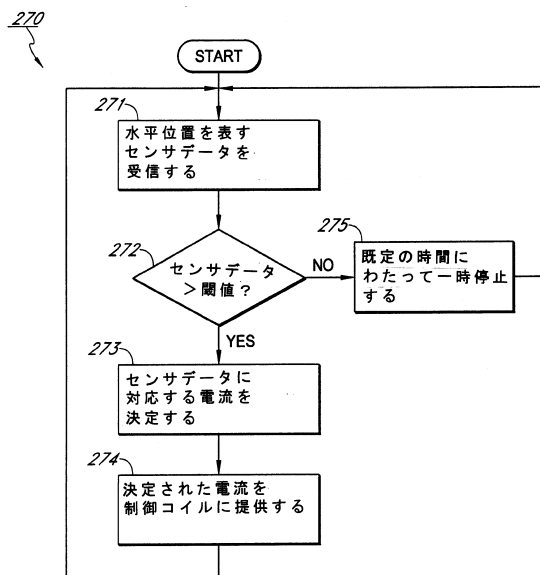
【図 2 A】



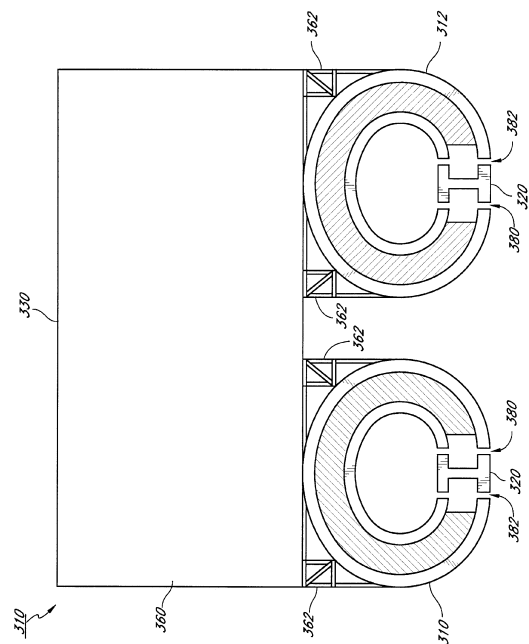
【図 2 B】



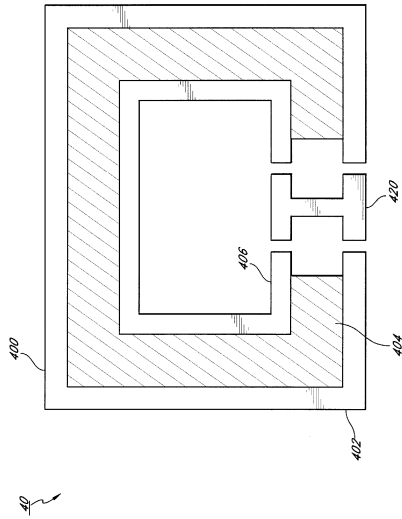
【図 2 C】



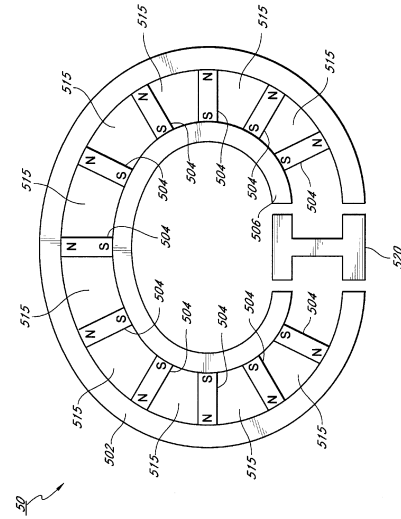
【図 3】



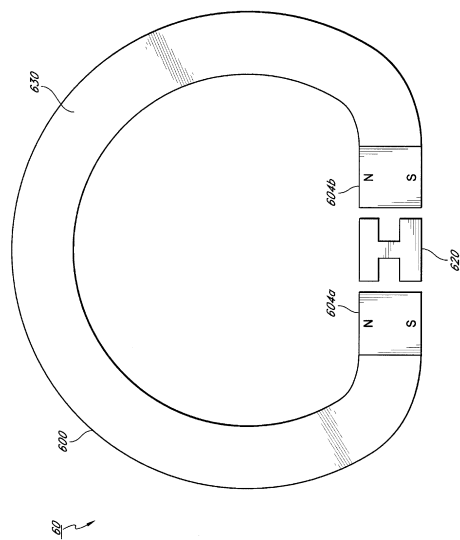
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 スチューダー, フィリップ アルバート

アメリカ合衆国 メリーランド 20904 シルバー スプリング アpartment 209
グレースフィールド ロード 3126

(72)発明者 シェーブリー, サンダー ウェイン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 92101 サン ディエゴ ナンバー 1200 ウェスト
ブロードウェイ 402

審査官 久保田 創

(56)参考文献 特開昭63-148804(JP, A)

特開昭58-144503(JP, A)

特開昭52-077314(JP, A)

特開昭50-038211(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 13/04

F16C 32/04

H02K 41/02