

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6612367号
(P6612367)

(45) 発行日 令和1年11月27日(2019.11.27)

(24) 登録日 令和1年11月8日(2019.11.8)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 6 F 15/315 (2006.01)	F 1 6 F 15/315 Z
F 1 6 F 15/30 (2006.01)	F 1 6 F 15/30 Z
F 1 6 C 19/10 (2006.01)	F 1 6 C 19/10
F 1 6 C 19/16 (2006.01)	F 1 6 C 19/16
H O 2 K 7/02 (2006.01)	H O 2 K 7/02

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-567287 (P2017-567287)	(73) 特許権者	515050068
(86) (22) 出願日	平成28年6月23日 (2016. 6. 23)		アンバー キネティクス, インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2018-527518 (P2018-527518A)		AMBER KINETICS, INC
(43) 公表日	平成30年9月20日 (2018. 9. 20)		.
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/039093		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(87) 国際公開番号	W02016/210176		587 ユニオンシティ アルバラード
(87) 国際公開日	平成28年12月29日 (2016. 12. 29)		ナイルズ ロード 32920 스위트
審査請求日	平成31年3月1日 (2019. 3. 1)		250
(31) 優先権主張番号	62/185, 441		32920 Alvarado-Nile
(32) 優先日	平成27年6月26日 (2015. 6. 26)		s Rd., Suite 250 Uni
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		on City, CA 94587 Un
早期審査対象出願			ited States of Amer
			ica

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フライホイールの安全な組立及び設置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上面と下面を有する一次回転マスを有し、少なくとも1つのシャフトに接続された、エネルギーを貯蔵するロータと、

前記ロータに連結されるシャフトと、

上部プレート及び下部プレートと、側壁とを含み、前記シャフトの中心軸に挿えられた孔が形成されるとともに、前記ロータを収容するハウジングと、

前記シャフトに連結された軸受を含み、前記ロータの前記1次回転マスが周りを回転する前記ロータの中心軸に挿えられた前記孔に実質的に埋め込まれる軸受ハウジングと、

前記フライホイールのアセンブリの搬送中の前記ロータの動きを防ぐために、前記フライホイールのアセンブリの搬送中、前記ロータの前記一次回転マスの前記下面に物理的に接触するように構成されている複数の下部ポストと、

前記1次回転マスを前記中心軸の周りに回転可能にする前記複数の下部ポストから前記ロータが離れて上昇させるように、前記複数の下部ポスト上で前記ロータを載置する搬送位置から、設置中に、前記軸受ハウジングを持ち上げるように構成されるリフト機構と、

前記フライホイールのアセンブリの搬送中の前記ロータの動きを防ぐために、前記フライホイールのアセンブリの搬送中、前記ロータの前記上面を物理的に接触するように構成される少なくとも一つの上部ポストと、を備え、

前記複数の下部ポストは、前記ハウジングに固定するように取り付けられ、

前記少なくとも一つの上部ポストは、前記1次回転マスを前記中心軸の周りに回転可能

に、設置中、上昇させる、又は取り外されるように構成されるフライホイール装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記一次回転マスは、中心回転軸から外側に向かって、前記中心回転軸に対して水平面に沿って延在するフライホイール装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記ロータに接続される前記シャフトは、凹部を有するスタブシャフトであり、前記ロータは、前記ロータの前記中心回転軸に沿って突出し、前記スタブシャフトの前記凹部にはめ込まれて前記スタブシャフトに連結するジャーナルを有するフライホイール装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記複数の下部ポストは、前記下部プレートに取り付けられるフライホイール装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記リフト機構は、軸受けハウジングにねじ止めされるバックアッププラグを含むフライホイール装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記ハウジングは、前記ハウジング内に真空を生じさせるように密閉封止されるフライホイール装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記ロータは、強磁性材料で作成され、

前記プレートの中の 1 つに取り付けられ、前記軸受にかかる前記ロータの荷重を低減する電磁界を発生する磁気オフローダをさらに備えるフライホイール装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のフライホイール装置において、

前記磁気オフローダは、前記ハウジングの前記上部プレートに取り付けられるフライホイール装置。

30

【請求項 9】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記軸受ハウジングは、前記ロータの下に配置される下方軸受ハウジングであるフライホイール装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のフライホイール装置において、

上方軸受アセンブリをさらに備え、

前記上方軸受アセンブリは、

前記ロータの中心垂直軸に揃えられる前記上部プレートの孔に実質的に埋め込まれる上方軸受ハウジングと、

40

前記ロータに連結された上部シャフトに連結する上方軸受と、

前記上方軸受の上方において、前記上方軸受を前記上部シャフト上に保持し、前記上方軸受上に載置することにより、前記フライホイール装置の動作中、前記上方軸受に下方へ向かうスラスト荷重を付与する軸受係止キャップと、を備えるフライホイール装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のフライホイール装置において、

前記上方軸受は、アンギュラコンタクト軸受であり、下方方向にかかる力に対抗するように構成されるフライホイール装置。

【請求項 12】

請求項 10 に記載のフライホイール装置において、

50

前記上方軸受アセンブリは、

前記軸受係止キャップの上方において、異常垂直移動の場合に上方へ向かうスラスト荷重を吸収するためのバックアップスラスト軸受と、

前記バックアップスラスト軸受の上方において、前記上方軸受アセンブリの上部を封止するキャップとをさらに備えるフライホイール装置。

【請求項 13】

請求項 1 に記載のフライホイール装置において、

前記リフト機構は、前記軸受ハウジングにねじ止めされるフライホイール装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、米国エネルギー省によって認められた契約 O E - 0 0 0 0 2 3 2 に基づく政府支援によりなされた。政府は、本発明における特定の権利を有するものである。

本明細書は、エネルギー貯蔵全般に関連し、特に、フライホイールの組立、搬送、及び設置に関連する。

【背景技術】

【0002】

多くのエネルギー源、特に、風力タービン及びソーラパネル等のクリーンエネルギー源では、経験した負荷と時間的に一致しないエネルギーを生成する。先進国の大部分では、エネルギー生成は経験した負荷に追従していて、エネルギーの必要に応じて供給される。高負荷の状況下では、ピーカジェネレータ及び熱発生器に対する自動生成制御 (A G C : A utomation Generation Control) の使用等の技術により、変化する高負荷に均衡する生成を行わせることができる。しかしながら、このような技術が利用可能であっても、エネルギー負荷に対応するためにエネルギー貯蔵が重要となる場合が往々にしてある。

20

【0003】

現在既存のエネルギー貯蔵システムは、すべて、何らかの欠点を有する。サイズ、価格、貯蔵効率、有効性、及び安全性のすべてがエネルギー貯蔵システムの設計時の懸案事項である。通常、小型、低価格、貯蔵の際のエネルギー投入と分配の際のエネルギー抽出の両方における損失低減、継続的動作の際の損失低減、及び安全な廃棄は、すべて、エネルギー貯蔵システムの好ましい特性である。

30

【0004】

ロータを組み込んだフライホイール機構は、回転運動エネルギーとしてエネルギーを貯蔵するエネルギー貯蔵システム的一种である。フライホイールロータは、荷重された、回転対称マスであり、B T B (Back-to-Back) インバータシステム等、A C - A C 変換サブシステムを構成する変換器にそれ自身が電氣的に接続されたモータ / 発電機に対して直接又は間接的に物理的に連結されつつ回転する。貯蔵のための電力が受け取られると、ロータは、フライホイールロータの回転速度を増加させるように駆動される。その電力が取り出されるべき時、フライホイールロータは、モータ / 発電機を駆動する。フライホイールロータが回転するスピードが速ければ速いほど、より多くのエネルギーを貯蔵することができる。フライホイールロータに貯蔵可能なエネルギー量は、ロータのマス、強度特性、繰り返し疲労特性、及び他の要因のうちの形状、の組み合わせによって決まる。通常、フライホイールの軸受及びサスペンションサブシステムは、摩擦、熱、及びその他の損失源によるエネルギー損失を最小限に抑えるように設計される。

40

【0005】

現代のフライホイールシステムは、重くて複雑な機械であり、いくつかの繊細且つ慎重に調整された部品を含む。フライホイールシステムの組立、搬送、及び / 又は設置は、大掛かりな仕事である。通常、フライホイールシステムは、設置場所で組み立てられてもよく、又は工場で組み立てられた後、設置場所に搬送されてもよい。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0006】

フライホイールシステムが設置場所で組み立てられる場合、フライホイールシステムの組立に必要な装備及び専門技能が設置場所に搬送される必要がある。これには、法外なコストとスペースが求められる。フライホイールシステムが工場で組み立てられる場合、組立済みのフライホイールシステムは、設置場所に搬送される必要がある。組立済みのフライホイールシステムの搬送は、フライホイールシステムの内部部品が搬送中に動き回ってしまうと、組立済みのシステムに危険をもたらしてしまう。例えば、フライホイールロータが揺れて他の部品に当たり、ロータ又は他の部品を損傷してしまうかもしれない。また、ロータの動きにより、ロータの軸受によってかかる荷重がロータの重量より大きくなってしまふかもしれない。これにより潜在的に軸受を損傷してしまうかもしれない。

10

従って、本発明は、これらの考察およびその他に関して行われた。

【課題を解決するための手段】

【0007】

フライホイール装置は、エネルギーを貯蔵するフライホイールロータと、フライホイールを現場外で組み立て、安全に搬送させ、比較的少ないステップで設置させる追加構造を含む。フライホイールは、エネルギーを貯蔵するロータを含み、ロータは、一次回転マスと、ロータの中心軸に沿って延びるジャーナルとを含む。フライホイールは、ロータを収容するハウジングも含み、ハウジングは、下部プレートと、上部プレートと、側壁とを含む。下部プレート及び上部プレートは、各々、ロータの中心軸に揃えられた孔を含む。フライホイールは、下部プレートと上部プレートの孔に実質的に埋め込まれる複数の軸受ハウジングをさらに含み、孔はロータの中心軸に揃えられている。フライホイールは、複数のポストも含み、フライホイールアセンブリの搬送中、ロータの動きを防ぐために、複数のポストは、ロータの一次回転マスに物理的に接触することができる。これらのポストのうちの一部又は全部は、設置中に、元の位置に戻されるか、又は取り除かれてもよく、それにより、ロータが自在に回転できるようになる。

20

【0008】

本発明の他の側面には、本明細書に記載の通り、搬送前後にフライホイールを組立及び設置する方法が含まれる。

ある実施形態において、フライホイールは、上方軸受に下向きのスラストを支持させることのできる上方軸受アセンブリを含む。上方軸受アセンブリは、上方軸受と、軸受ハウジングと、軸受係止キャップと、バックアップスラスト軸受と、キャップとを含む。バックアップスラスト軸受は、異常な垂直移動の場合に上向きのスラスト荷重を受容する。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

本開示の実施形態は、詳細な説明、別記のクレーム、及び添付の図（又は図面）によってさらに容易に明らかとなる、その他の効果及び特徴を有する。以下に、図の簡単な紹介を行う。

【図1】一実施形態に係るフライホイールエネルギー貯蔵システムのブロック図である。

【図2A】一実施形態に係る動作状態のフライホイールの断面図である。

【図2B】一実施形態に係る搬送中のフライホイールの断面図である。

40

【図3】一実施形態に係るフライホイールの一例としての組立及び設置プロセスである。

【図4-1】一実施形態に係る組立及び設置プロセスの異なる段階における、フライホイールの断面図である。

【図4-2】一実施形態に係る組立及び設置プロセスの異なる段階における、フライホイールの断面図である。

【図5】一実施形態に係るフライホイールの一例としての設置プロセスである。

【図6】一実施形態に係る設置プロセスの異なる段階における、フライホイールの断面図である。

【図7】フリップド軸受設計と称される、上方軸受アセンブリの一実施形態を簡易化して示す断面図である。

50

【 0 0 1 0 】

これらの図は、例示のみを目的として、本発明の実施形態を示している。当業者は、以下の議論より、本明細書に記載の発明の原則から逸脱することなく、本明細書に示される構造及び方法の代替実施形態が採用されてもよいことを容易に認識するであろう。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

フライホイールエネルギー貯蔵システム

図 1 は、一実施形態に係る、フライホイールシステム 1 0 0 と称されるフライホイールエネルギー貯蔵システム 1 0 0 のブロック図である。フライホイールシステム 1 0 0 は、フライホイール機構又は装置 1 3 0、若しくは単にフライホイール 1 3 0 を含み、フライホイール 1 3 0 は、以下に説明するロータ及びハウジングと、モータ/発電機 1 4 0 と、電力変換器 1 2 0 と、AC 又は DC であってもよい電力供給ライン 1 5 0 とを含む。例えば、電力供給ライン 1 5 0 は、従来の 3 位相 6 0 H z AC ラインであってもよい。ある実施形態において、電力変換器 1 2 0 は、入力された交流電流を、モータ/発電機 1 4 0 に受容可能な交流電流に変換する。或いは、他の実施形態において、変換器 1 2 0 は、モータ/発電機 1 4 0 からの交流電流を直流電流の出力に変換する。モータ/発電機 1 4 0 は、電気エネルギーと機械エネルギーとの間で変換を行い、エネルギーを、フライホイール 1 3 0 に貯蔵するか、又はフライホイール 1 3 0 から引き出すことができるようにする。モータ/発電機 1 4 0 は、例えば、シャフトを使用して直接に、又は、例えば、軸受に接続するスタブシャフトを使用して間接にフライホイール 1 3 0 に連結する。モータ/発電機 1 4 0 は、配線又はその他の電気連結部を介して、フライホイールシステム 1 0 0 の残りの部分に連結される。各部品を 1 つずつのみ図示したが、通常、実際のフライホイールシステム 1 0 0 は、各個別部品を複数含んでもよい。

フライホイールの構造

【 0 0 1 2 】

図 2 A は、一実施形態に係る動作状態のフライホイール 1 3 0 の断面図である。即ち、図 2 A のフライホイール 1 3 0 は、組立及び設置プロセス完了後の要素を示している。

【 0 0 1 3 】

フライホイール 1 3 0 は、ハウジング 2 0 1 内にロータ 2 0 5 を含む。ハウジング 2 0 1 は、下部プレート 2 2 1 と、上部プレート 2 2 3 と、側壁 2 2 5 とを含む。ハウジング 2 0 1 は、通常、ロータ 2 0 5 を収容するような形状を有し、ロータ 2 0 5 が自由に回転できる十分な内部容量を提供する。ハウジング 2 0 1 は、円筒形状であってもよいが、その他の形状も可能である。上部プレート 2 2 3 及び下部プレート 2 2 1 は、各々、中心回転軸 2 3 0 に揃えられる少なくとも 1 つの孔を含む。中心回転軸 2 3 0 に揃えられた各孔には、実質的に、軸受ハウジングが埋め込まれる。下方軸受ハウジング 2 0 9 は、下方軸受 2 0 7 を収容し、上方軸受ハウジング 2 1 7 は、上方軸受 2 1 5 を収容する。上方軸受アセンブリ 2 2 0 とは、上方軸受 2 1 5 とともに上方軸受ハウジング 2 1 7 をいう。上方軸受アセンブリの代替実施形態については、図 7 を参照して後で説明する。

【 0 0 1 4 】

ロータ 2 0 5 は、エネルギーを運動エネルギーとして貯蔵するために使用される。ロータ 2 0 5 は、中心回転軸 2 3 0 を中心として実質的に回転対称である。ロータの一次回転マスの形状は、回転している間にロータにかかる回転力による応力の略均一な分布を確かなものにするのに役立つ。ロータ 2 0 5 は、2 つのスタブシャフト、つまり、下方スタブシャフト 2 2 7 と上方スタブシャフト 2 2 9 に連結され、2 つのスタブシャフトは、中心軸周りに自発的な回転を可能にさせながら、ロータを支持する軸受にロータを連結する。モータ/発電機の電磁ロータは、スタブシャフトの一方又は両方に取り付けられてもよい。モータ/発電機の目的は、ロータ 2 0 5 と電気ドメインとの間でエネルギーを伝達することである。本明細書において使用されるスタブシャフトという用語は、ロータ 2 0 5 の一方の側に連結する、比較的短いシャフトをいう。図 2 A 及び図 2 B に示される実施形態には、2 つのスタブシャフトが採用されているが、他の実施形態において、単一のスタブ

10

20

30

40

50

シャフトが使用されてもよく、又は2つのスタブシャフトが使用されてもよい。スタブシャフト227及び229は、ロータの中心回転軸に沿って延びるジャーナルを介して、ロータ205に連結する。

【0015】

ロータ205は、下方軸受207及び上方軸受215により、ハウジング201内の位置に保持される。軸受207、215も、ロータ205に、できる限り少ない摩擦で自由に回転できるようにする。例えば、転がり玉軸受が使用されてもよい。この場合、軸受は、フライホイールハウジング201に対して物理的に取り付けられる外側リング（又はレース）と、ロータに連結されたシャフトに対して物理的に取り付けられる内側リング（又はレース）と、低い摩擦係数で外側リングに対して内側リングを回転させることができる、ボール等の複数の転がり要素とを含む。軸受は、各軸受ハウジング内に収容され、シャフトは、軸受の内側レース内に収容される。

10

【0016】

ロータ205が受ける摩擦の量を低減するために、フライホイールシステム130は、ロータ205の重量の一部又は全部を荷重低減するオフローダ213を含む。結果として、オフローダ213は、軸受207の荷重を低減し、その結果として、軸受の摩擦モーメントを低減する。このように、軸受の摩擦で生じるロータによるエネルギー損失が実質的に低減される。オフローダ213は、実装によって、ロータ205を引き寄せるか、又は反発する磁界を生成することにより、ロータ軸受207が支持しなければならない重量を低減する。磁界は、例えば、電磁石内に適切に成形された電流を循環させることによって生成されてもよい。ロータ205が受ける磁力は、部分的に、オフローダ213の電磁石とロータ205間の距離に応じて決まる。したがって、電磁石とロータ205の間の距離を短くすることが有利である。しかしながら、オフローダとロータの間の距離を減少させると、特に搬送中に、ロータがオフローダに衝突する可能性が高くなる。

20

【0017】

フライホイール機構130は、設置場所への搬送に先立って組み立てられてもよい。ロータ205の動き、軸受207、215への損傷、及びオフローダ213への損傷を防ぐために、フライホイール機構130は、搬送中、ロータの動きを制限するポスト203、219のうちの1つ以上を含む。ポストにより、さらに、いずれかの要素を損傷する著しいリスクを伴うことなく、オフローダ213及びロータ205を非常に近接して配置することが可能になる。さらに、オフローダ213をより近くに配置することによって、オフローダ213内の電磁石は、依然としてロータに同じ効果のある磁界を生じさせながら、より離して配置された場合に比べて、より小さく、又はより高い電力効率を達成することができる。本明細書の目的のために、ポストという用語は、ロータの一方向への移動を制限する構造的要素をいう。ある実施形態において、下部ポスト203又は上部ポスト219のみが存在し、他の実施形態においては、ポスト203及び219の両方が存在する。他の実施形態において、側壁225に固定された水平ポスト（図示せず）であってもよい。

30

【0018】

図2Bは、一実施形態に係る搬送中のフライホイール130の断面図である。図2Bに示すように、下部ポスト203は、ロータ205に接触することにより、ロータの下方への動きを制限する。同様に、上部ポスト219は、ロータ205に接触することにより、ロータの上方への動きを制限する。ポスト及び軸受とともに、ロータの横方向の動きを制限する。図2Bに示すように、下部ポスト203は、ハウジング201の下部プレート221（又はその一部）に物理的に取り付けられてもよく、上部ポスト219は、上部プレートにおける孔（個別にはラベル付けしない）を通じて上部プレート223から取り外し可能（又は、少なくとも調整可能）であってもよい。他の実装において、上部ポスト及び下部ポストは、可動ポストが下部になり、取り付けられたポストが上部に取り付けられるように、逆にしてもよい。或いは、ポストの両セットが、可動であってもよい。ポストは、強度のある軽量な材料が好ましいが、任意の材料で作られてもよい。例えば、ポストは

40

50

、とりわけ、アルミニウム、ゴム、又はプラスチックで作られてもよい。

【 0 0 1 9 】

フライホイール 1 3 0 の設置中、上部ポスト 2 1 9 は、取り外されるか、一定距離持ち上げられ、ロータ 2 0 5 は、下部ポスト 2 0 3 から離れて上昇させられることにより、ロータ 2 0 5 は自由に回転できるようになる。一実施形態において、下方軸受ハウジング 2 0 9 にねじ止めされているバックキングプラグ 2 1 1 は、ロータ 2 0 5 を上昇させるために使用されてもよい。

フライホイール組立プロセス

【 0 0 2 0 】

図 3 は、フライホイール 1 3 0 の組立プロセス 3 0 0 のフロー図である。図 4 - 1 (A)、図 4 - 1 (B)、図 4 - 2 (C)、および図 4 - 2 (D) は、組立の異なる段階におけるフライホイール 1 3 0 を示す。

10

【 0 0 2 1 】

組立プロセス 3 0 0 は、ハウジング 2 0 1 の下部プレート 2 2 1 から開始する。ステップ 3 0 1 において、図 4 - 1 (A) に示されるように、下部ポスト 2 0 3 が下部プレート 2 2 1 に取り付けられる。例えば、下部ポスト 2 0 3 は、下部プレート 2 2 1 にボルト止めされる。或いは、リベット止め、溶接、又は接着等、他の技術を使用して、下部ポスト 2 0 3 を下部プレート 2 2 1 に物理的に取り付けてもよい。下部ポスト 2 0 3 が可動である場合、下部ポスト 2 0 3 は、下部プレート 2 2 1 の孔にねじ止めされる。

【 0 0 2 2 】

20

ステップ 3 0 3 において、図 4 - 1 (B) に示されるように、ロータ 2 0 5 が下部ポスト 2 0 3 上に配置される。ロータが 2 ~ 5 トンの重量を有する場合、ロータを下部ポスト上に移動させるために、通常、クレーン又はその他の大型リフト機構が使用される。ロータは、応力及び貯蔵容量の問題を念頭において設計されるため、通常、ポストに対するロータの適切な配置を確実にするための明白な表面的特徴はロータにはない。しかしながら、ロータの一般的な形状を使用して、ハウジング 2 0 1 内のポストの配置を決定してもよい。例えば、円筒形ロータがポラー軸に沿った曲線形状を有する場合、ロータの湾曲を使用して、最も滑りにくいポラー軸に沿った箇所ポストを配置してもよい。

【 0 0 2 3 】

ロータのより適切な配置を達成するために、ロータは、ポスト上に一旦配置されると、ポストと正確に揃える粗調整プロセスを使用して再配置されてもよい。

30

【 0 0 2 4 】

ある実施形態において、図 4 - 1 (B) に示されるように、ロータ 2 0 5 は、ロータがポスト上に配置される時、既にスタブシャフト 2 2 7 及び 2 2 9 に連結されてもよい。他の実施形態において、スタブシャフト 2 2 7 及び 2 2 9 のロータ 2 0 5 への連結は、ステップ 3 0 3 の一部として実施される。

【 0 0 2 5 】

ステップ 3 0 5 において、図 4 - 2 (C) に示されるように、下方軸受 2 0 7、下方軸受ハウジング 2 0 9、及びバックキングプラグ 2 1 1 が、ハウジング 2 0 1 に物理的に取り付けられる。例えば、下方軸受ハウジング 2 0 9 は、下部プレート 2 2 1 にボルト止めされる。或いは、リベット打ち、溶接、又は接着等、他の技術を使用して、下方軸受ハウジング 2 0 9 を下部プレート 2 2 1 に物理的に取り付けてもよい。そして下方軸受 2 0 7 は、下方軸受ハウジング 2 0 9 に挿入され、バックキングプラグ 2 1 1 は、下方軸受ハウジング 2 0 9 に取り付けられる。下方軸受 2 0 7 は、バックキングプラグ 2 1 1 によって支持され、バックキングプラグ 2 1 1 は、下方軸受ハウジング 2 0 9 にねじ止めされる。

40

【 0 0 2 6 】

ステップ 3 0 7 において、図 4 - 2 (D) に示されるように、上方軸受 2 1 5、上方軸受ハウジング 2 1 7、上部ポスト 2 1 9、電磁オフロード 2 1 3、上部プレート 2 2 3、ハウジング 2 0 1 の側壁 2 2 5 を含む上方アセンブリ 4 1 0 は、図 4 - 2 (C) に示される、部分的に組み立てられたフライホイールに物理的に取り付けられる。ロータ 2 0 5 は

50

円筒形であり、引いては、ある実施形態において、ハウジング 201 が円筒形状であることも理解されうる。このような実施形態において、側壁 225 は、一つの円筒シェルであってもよい。通常、側壁 225 は、単一要素であってもよいし、又は、フライホイール 130 の両側と一緒に形成する、複数の取付要素であってもよい。上方サブアセンブリを組み立てるため、上方軸受ハウジング 217 が上部プレート 223 に物理的に取り付けられ、上方軸受 215 が上方軸受ハウジング 217 に挿入される。さらに、オフローダ 213 は、上部プレート 223 に物理的に取り付けられ、上部ポスト 219 は、上部プレート 223 内にねじ止めされる。一旦上方サブアセンブリが組み付けられると、側壁 225 が下部プレート 221 に物理的に取り付けられ、上部プレート 223 が側壁 225 に物理的に取り付けられる。

10

【0027】

ハウジング 201 の下部プレート 221、側壁 225、及び上部プレート 223 の取り付けは、異なる物理的連結を使用してもよい。下部プレート 221、側壁 225、及び上部プレート 223 は、ねじ及び/又はリベットの使用、溶接、又は物理的取付を行うための他の任意の公知の機構を使用して、一緒に取り付けられてもよい。

【0028】

搬送中、ロータ 205 を適切な位置に保持するために、上部ポスト 219 は、ロータと物理的に接触するように下げられる。ロータを固定するために、上部ポストは、例えば、付与されるトルク下でねじを締めることにより、ロータに対して押し付けることができる。

20

フライホイール設置プロセス

【0029】

図 5 は、設置場所に到着した時点のフライホイール 130 の設置プロセス 500 のフロー図である。これらは、基本的には、フライホイール 130 を作動させるために実施されるステップである。図 6 A 及び図 6 B は、フライホイール 130 の設置プロセス 500 のあるステップを示している。

【0030】

ステップ 501 において、図 6 A に示されるように、上部ポスト 210 は、ロータ 205 と物理的に接触しなくなるように、ロータ 205 から持ち上げられる。

【0031】

一実施形態において、ステップ 503 に示され、図 6 B に図示される通り、そして、バックアッププラグ 211 を上げることにより、ロータ 205 が下部ポスト 203 から上げられる。例えば、バックアッププラグ 211 がねじを使用して取り付けられている場合、バックアッププラグを下方軸受ハウジング 209 内にねじ込むことにより、下方軸受 207 を上昇させて、ロータ 205 を上昇させる。下部ポスト 203 からロータ 205 を上昇させるのではなく、下部ポスト 203 が取り外し可能であるか、少なくとも再配置可能である他の実施形態において、下部ポスト 203 は、代わりに、部分的又は完全に取り外され、ロータ 205 とはもはや接触しなくなってもよい。これらのプロセスの完了後のロータ 205 と上部 219 及び下部 203 のポストとの間の物理的距離は、実装によって変動することもある。

30

40

【0032】

ステップ 503 において、電磁オフローダ 213 が起動されて、軸受の重量を減らす。さらに、ハウジングが真空を保持することが可能である場合、付随の真空機械（図示せず）の作動によって真空が生成されてもよい。

フリップド軸受設計

【0033】

図 7 は、フリップド軸受設計と称される、上方軸受アセンブリ 700 の一実施形態を簡略化した断面図である。上方軸受アセンブリ 700 は、上方軸受 701 が下方軸受と同様に上方へのスラスト荷重でなく、下方へのスラスト荷重を支持するという点で、図 2 A を参照して説明した上方軸受アセンブリ 220 とは異なる。上方軸受 701 は図 2 A の上方

50

軸受 215 と同じ軸受であってもよいが、独自のフリップド軸受設計に起因して支持のされ方が違う。上述の通り、フライホイール 130 には、上方軸受アセンブリ 220、フリップド軸受設計を有する上方軸受アセンブリ 700、又は、本発明の主題の範囲及び要旨から逸脱することのない異なる設計の上方軸受アセンブリ等、の上方軸受アセンブリが含まれてもよい。

【0034】

上方軸受アセンブリ 700 は、上方軸受 701、軸受ハウジング 703、軸受係止キャップ 705、バックアップスラスト軸受 707、及びキャップ 709 を含む。

【0035】

軸受係止キャップ 705 は、上方軸受 701 をシャフト又はスタブシャフト 711 上にはめ合わせて保持する。本実施形態において、軸受ハウジング 703 は、下方から上方軸受 701 を支持する。

【0036】

バックアップスラスト軸受 707 は、軸受係止キャップ 705 とキャップ 709 の間に配置される。これは、正常動作において、回転しないため、バックアップ軸受と称される。バックアップスラスト軸受 707 は、上方向へのスラストを回転エネルギーに変換することにより、損傷または封じ込みの問題を生じる可能性がある、スタブシャフト 711 からの垂直な上方向へのスラストを、吸収又は分散させる。このような異常な垂直移動は、例えば、搬送中のアクシデントにより、又は地震の事態の結果として発生し得る。搬送中、ロータは回転していないが、フライホイールの動作中に地震の事態又はその他の事態が発生すると、ロータ 205 は、回転する可能性が高いため、ロータの大きな回転エネルギーを吸収又は分散するためには、単にブッシング材でなく、バックアップ軸受が有利である。回転しているロータが従来の技術によるプラスチック又は金属で作成された静止ブッシングに接触する場合、一瞬の接触であったとしても、結果として生じる摩擦でブッシングを溶かす可能性が高い。

【0037】

様々な実施形態では、フリップド軸受設計を特徴としてもよい。ある実施形態において、フライホイール 130 の上方軸受 701 及び下方軸受 207 は、一方向に高いスラストキャパシティを提供するアンギュラコンタクト玉軸受である。典型的には、アンギュラコンタクト玉軸受は、内側リング及び外側リング内に軌道を有し、内側リングと外側リングは軸受軸の方向に互いに相対的に変位する。これは、同時に起こる径方向の荷重と軸方向の荷重を収容するように設計されることを意味する。このような実施形態において、上方軸受 701 及び下方軸受は、下方方向に高いスラストキャパシティを提供するように搭載される。フリップド軸受設計を使用しないフライホイールの実施形態において、上方軸受 701 は、下方軸受 207 が下方へのスラストを支持しつつ、上方方向にスラストを支持する。即ち、互いに反転（フリップド）される。

【0038】

フリップド軸受設計を組み込んだフライホイールの実施形態は、図 2A 及び図 2B を参照して説明した、より簡易な設計に比べて、多数の利点を提供する。フリップド設計では両方の軸受が下方、すなわち、同一方向に向かうため、下方軸受を支持するばねを使用することにより、ロータ - ハウジング全体の軸の寸法の増加の差分を下方軸受台座で調整することができる。このように、オフロードにおける磁気ギャップの寸法は、ハウジングとロータの間の寸法変化の差分の下で、ほぼ不変である。上方軸受上への荷重は、磁気オフローディング制御システムによって設定及び制御される。下方軸受への荷重は、軸方向のプレロードばねによって完全に制御可能であるため、下方軸受があらゆる動作条件下で優れた疲労寿命を有するように簡単に保証することができる。そのように、たとえ、フライホイールの軸受に補修が必要である場合であっても、この補修には、フライホイールの連結を断って取り外す必要はなく、上部からアクセス可能な上方軸受 701 のみが関与する。

【0039】

フリップド軸受設計は、オフローダを持ち上げるのに必要な力も低減する。例えば、オフローダがロータに + 1 0 0 0 ポンドの重量を付与しなければならなかった上方軸受アセンブリ 2 2 0 が、フリップド軸受設計を使用した場合、ロータに - 1 0 0 0 ポンドの重量を付与する。これにより、オフローダ 2 1 3 内の電磁石の制御をより容易にし、潜在的に、その電力消費とサイズを低減する。

【 0 0 4 0 】

稀な移動によって軸受に受ける損傷は、比較的より高価な主要軸受、すなわち、上方軸受 7 0 1 及び下方軸受ではなく、比較的より安価で交換の容易なバックアップ軸受 7 0 7 に衝撃を与えたり、又は損傷を与えたりする可能性がより高いであろう。

追加構成の考察

【 0 0 4 1 】

当分野の技術者は、本開示を熟読することで、本明細書に開示の原則を通じて、さらに追加の代替構造設計及び機能設計に想到するであろう。従って、特定の実施形態及び適用例について図示及び説明したが、開示の実施形態は、本明細書に開示の精密な構築及び部品に限定される物でない。別記のクレームに規定の要旨及び範囲から逸脱することなく、本明細書に記載の方法及び装置の配置、動作、及び詳細には、当分野の技術者にとって明らかとなる種々の修正、変更、及びバリエーションが加えられてもよい。

以下、参考態様の例を付記する。

1 . 一次回転マスを有し、少なくとも1つのシャフトに接続された、エネルギーを貯蔵するロータと、

複数の孔を有して、各々、複数の孔のうちの1つが前記ロータの中心軸に揃えられる上部プレート及び下部プレートと、側壁とを含み、前記ロータを収容するハウジングと、

各々、前記ロータの前記中心軸に揃えられた各プレートの前記複数の孔のうちの1つに実質的に埋め込まれ、各々、少なくとも1つのシャフトに連結された軸受を含む、少なくとも1つの軸受ハウジングと、

前記フライホイールのアセンブリの搬送中、前記ロータの動きを防ぐために、前記ロータの前記一次回転マスと物理的に接触する複数のポストと、を備えるフライホイール装置。

2 . 1 . に記載のフライホイール装置において、

前記一次回転マスは、中心回転軸から極軸に沿って離れて外側に向かって広がるフライホイール装置。

3 . 1 . に記載のフライホイール装置において、

前記ロータに接続された前記少なくとも1つのシャフトは、各々、スタブシャフトであり、前記ロータの各側方には、対応するスタブシャフトに連結するジャーナルを有するフライホイール装置。

4 . 1 . に記載のフライホイール装置において、

前記複数のポストは、各々が前記上部プレートの前記孔のうちの1つを貫通する複数の上部ポストを含むフライホイール装置。

5 . 1 . に記載のフライホイール装置において、

前記複数のポストは、複数の下部ポストを含み、前記下部ポストは、各々、前記下部プレートに取り付けられるフライホイール装置。

6 . 5 . に記載のフライホイール装置において、

前記軸受のうちの方軸受を上昇させるとともに、前記下部ポストから前記ロータをはずして上昇させるために、前記軸受ハウジングのうちの方軸受ハウジングにねじ止めされたバックアッププラグをさらに備えるフライホイール装置。

7 . 1 . に記載のフライホイール装置において、

前記ハウジングは、前記ハウジング内に真空を生じさせるように密閉封止されるフライホイール装置。

8 . 1 . に記載のフライホイール装置において、

前記ロータは、強磁性材料で作成され、

10

20

30

40

50

前記プレートの中の1つに取り付けられ、前記軸受のうちの下軸受にかかる前記ロータの荷重を低減する電磁界を発生する磁気オフロードをさらに備えるフライホイール装置。

9. 8.に記載のフライホイール装置において、

前記磁気オフロードは、前記ハウジングの前記上部プレートに取り付けられるフライホイール装置。

10. 8.に記載のフライホイール装置において、

前記磁気オフロードは、前記ハウジングの前記下部プレートに取り付けられるフライホイール装置。

11. 1.に記載のフライホイール装置において、

上方軸受アセンブリをさらに備え、

前記上方軸受アセンブリは、

前記ロータの中心垂直軸に揃えられる前記上部プレートの孔に実質的に埋め込まれる軸受ハウジングと、

前記ロータに連結された上部シャフトに連結する上方軸受と、前記上方軸受は、

前記上方軸受の上方において、前記上方軸受を前記上部シャフト上に保持し、前記上方軸受上に載置することにより、前記フライホイールの動作中、前記上方軸受に下方へ向かうスラスト荷重を付与する軸受係止キャップとを備えるフライホイール装置。

12. 11.に記載のフライホイール装置において、

前記上方軸受は、アンギュラコンタクト軸受であり、下方へ向かうスラスト荷重を支持するように構成されるフライホイール装置。

13. 11.に記載のフライホイール装置において、

前記上方軸受アセンブリは、

前記軸受係止キャップの上方において、異常垂直移動の場合に上方へ向かうスラスト荷重を吸収するためのバックアップスラスト軸受と、

前記バックアップスラスト軸受の上方において、前記上方軸受アセンブリの上部を封止するキャップとをさらに備えるフライホイール装置。

14. フライホイール装置を組み立てる方法であって、

ハウジングの下部プレートに取り付けられる1つ以上のポスト上に、一次回転マスを含むロータを搭載し、

複数の孔を有して、各々、前記ロータの中心軸に揃えられた少なくとも1つの孔を含む上部プレート及び下部プレートと、側壁とを含むハウジングに、前記ロータを収容することを含む方法。

15. 14.に記載の方法において、

各前記プレートの前記ロータの前記中心軸に揃えられた前記孔に、軸受ハウジングを取り付けることと、

各前記軸受を前記軸受ハウジングのうちの1つに挿入することをさらに含む方法。

16. 14.に記載の方法において、

前記ロータは、強磁性材料で作成され、

前記ハウジングの前記上部プレートに、前記軸受のうちの下軸受にかかる前記ロータの荷重を低減する磁界を発生する磁気オフロードを取り付けることをさらに含む方法。

17. 14.に記載の方法において、

前記ハウジングに前記ロータを収容することは、

前記下部プレートに前記側壁を取り付け、

前記側壁に前記上部プレートを取り付けることを含む方法。

18. 14.に記載の方法において、

前記ロータの各側方には、前記ロータの中心軸に沿って延び、各々、各軸受に前記ロータを連結する対応するスタブシャフトに嵌合するように構成されたジャーナルを有し、

各ジャーナルを前記対応するスタブシャフトに挿入することをさらに含む方法。

19. フライホイールシステムを設置する方法であって、

10

20

30

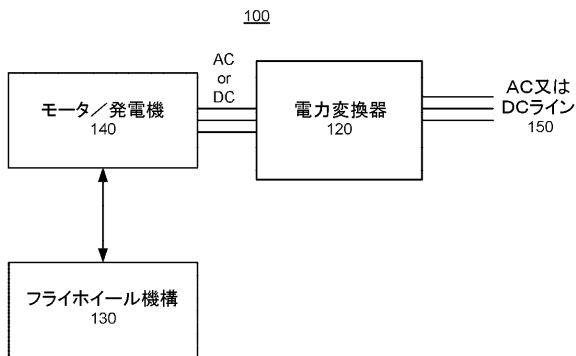
40

50

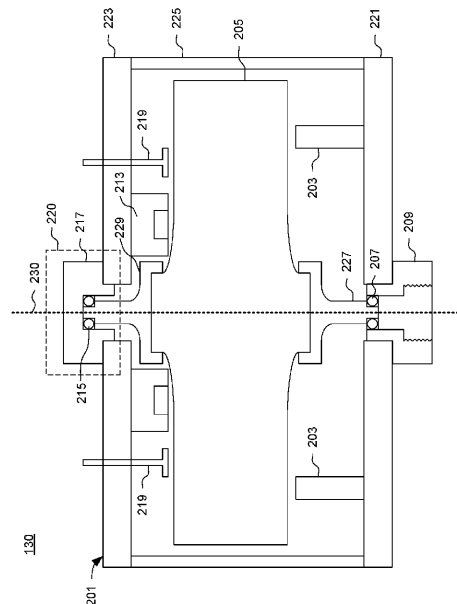
前記フライホイールシステムの軸受を上昇させることを含み、
 前記フライホイールシステムは、
 少なくとも1つのスタブシャフトに接続され、エネルギーを貯蔵するロータと、
 前記ロータを収容し、複数の孔を有して、各々、前記ロータの中心軸に揃えられた少
 なくとも1つの孔を含む上部プレート及び下部プレートと、側壁を含むハウジングと、
 各々、前記ロータの前記中心軸に揃えられた各プレートの前記複数の孔のうちの1つ
 に実質的に埋め込まれ、各々、少なくとも1つのスタブシャフトに連結された軸受を含む
 、少なくとも1つの軸受ハウジングと、
 前記フライホイールシステムの搬送中、前記ロータの動きを防ぐために、前記ロータ
 の前記一次回転マスと物理的に接触し、前記ハウジングの前記下部プレートに取り付けら
 れた複数の下部ポスト、及び前記ハウジングの前記上部プレートに取り付けられた複数の
 上部ポストを含む複数のポストとを備え、
 前記軸受を上昇させることは、
 バッキングプラグを前記軸受ハウジングのうちの1つにねじ止めして、前記下部ポス
 トが前記ロータの前記一次回転マスに物理的に接触しないように、前記ロータを前記下部
 ポストから離れるように上昇させ、
 前記上部ポストを前記ロータの前記一次回転マスから取り外すことを含む方法。

10

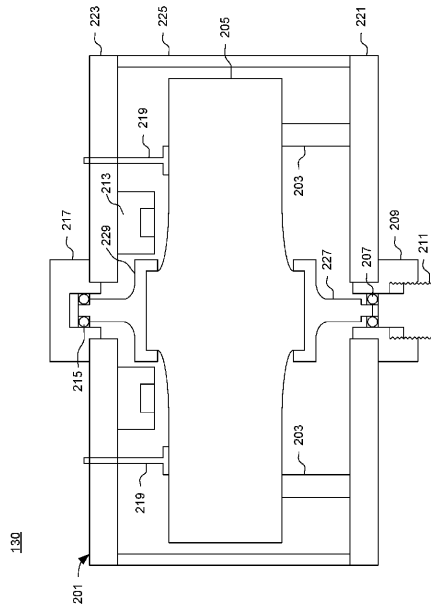
【図1】



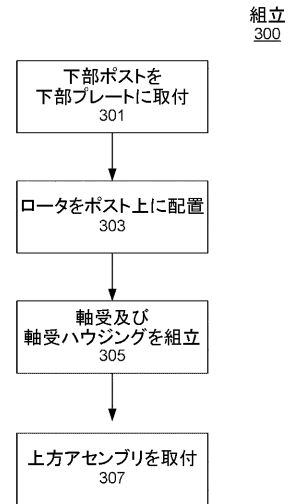
【図2A】



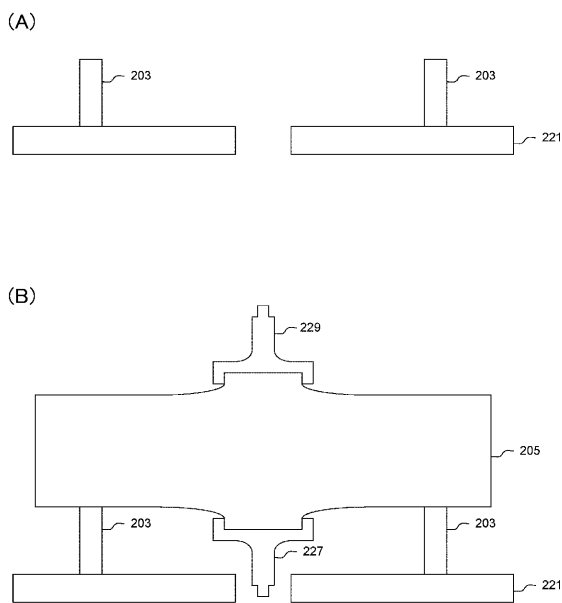
【図2B】



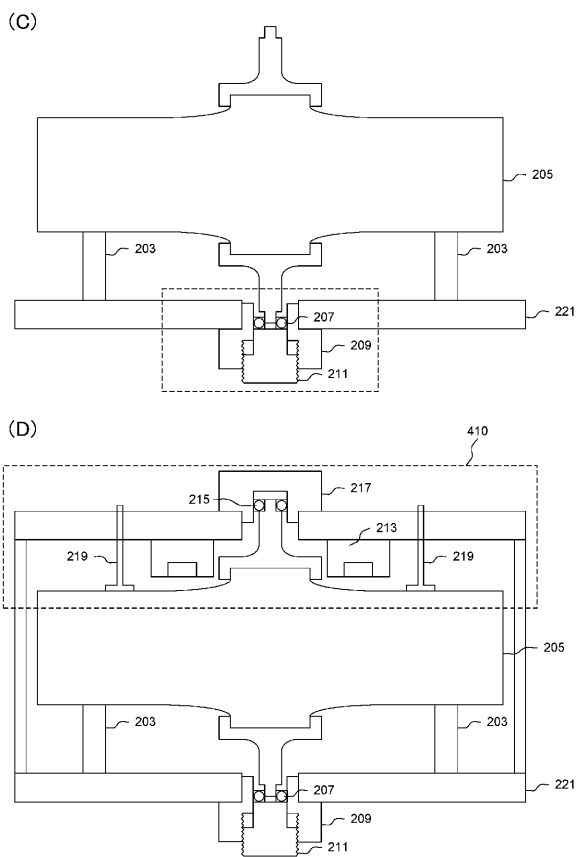
【図3】



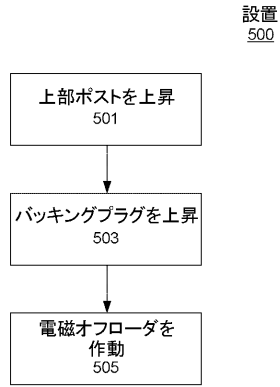
【図4 - 1】



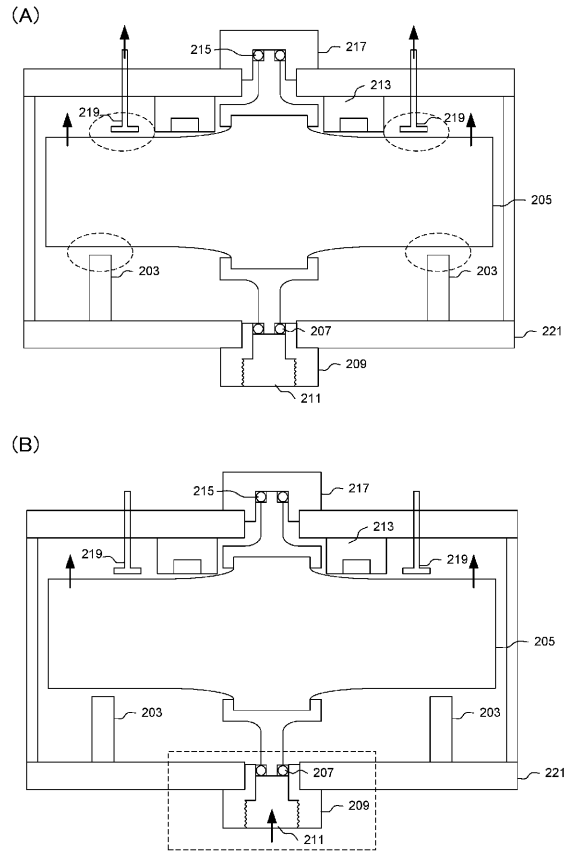
【図4 - 2】



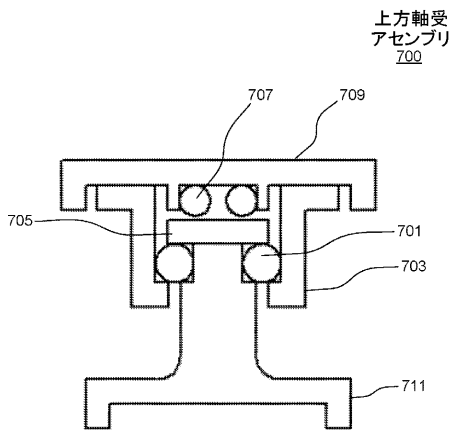
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (74)代理人 100110928
弁理士 速水 進治
- (74)代理人 100127236
弁理士 天城 聡
- (72)発明者 スン エリック
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 バクホルディン ダニエル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 チャオ エドワード ヨン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 ガルテン マシュー ブランドン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 ホー マイク
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 ホロウェー マーク ジェイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 サンダース セス アール
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 セネスキー マシュー ケイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 スレッド アラン マイケル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内
- (72)発明者 テネンセン ピーター トマス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7 ユニオンシティ アルバラード - ナイルズ ロ
ード 3 2 9 2 0 スイート 2 5 0 アンバー キネティクス, インコーポレイテッド内

審査官 熊谷 健治

- (56)参考文献 実開昭60-064346(JP,U)
米国特許出願公開第2015/0008778(US,A1)
実開昭60-064348(JP,U)
実開昭63-022427(JP,U)
実開昭60-064347(JP,U)
実開昭60-055266(JP,U)
実開昭60-055267(JP,U)
特開昭62-103481(JP,A)
特開2001-336577(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0061920(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 1 6 F 1 5 / 3 0
F 1 6 F 1 5 / 3 1 5
F 1 6 C 1 9 / 1 0
F 1 6 C 1 9 / 1 6
H 0 2 K 7 / 0 2