

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3877224号
(P3877224)

(45) 発行日 平成19年2月7日(2007.2.7)

(24) 登録日 平成18年11月10日(2006.11.10)

(51) Int. Cl.	F I	
F 1 6 C 32/06 (2006.01)	F 1 6 C 32/06	A
F 0 2 G 1/053 (2006.01)	F 0 2 G 1/053	A
F 1 6 J 10/00 (2006.01)	F 1 6 J 10/00	A
H 0 2 K 33/16 (2006.01)	H 0 2 K 33/16	A
H 0 2 K 33/18 (2006.01)	H 0 2 K 33/18	B

請求項の数 14 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平7-524652	(73) 特許権者	505450766
(86) (22) 出願日	平成7年3月2日(1995.3.2)		サンパワー・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表平9-510534		アメリカ合衆国オハイオ州45701, ア
(43) 公表日	平成9年10月21日(1997.10.21)		テンズ, バイアード・ストリート6
(86) 国際出願番号	PCT/US1995/002640	(74) 代理人	100069899
(87) 国際公開番号	W01995/026070		弁理士 竹内 澄夫
(87) 国際公開日	平成7年9月28日(1995.9.28)	(74) 代理人	100096725
審査請求日	平成14年1月9日(2002.1.9)		弁理士 堀 明▲ひこ▼
審査番号	不服2005-23479(P2005-23479/J1)	(72) 発明者	ベール、ウィリアム・テイー
審査請求日	平成17年12月6日(2005.12.6)		アメリカ合衆国オハイオ州45701、ア
(31) 優先権主張番号	08/214, 984		テンズ、ロビンソン・リッジ・ロード13
(32) 優先日	平成6年3月21日(1994.3.21)		818
(33) 優先権主張国	米国(US)	(72) 発明者	バンデルウオルト、ニコラス・アール
			アメリカ合衆国オハイオ州45701、ア
			テンズ、ウォーレン・ロード33
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 往復運動物体を中心位置に向けるための撓性連結機構を有する流体ベアリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

改良型機械式変換器であって、
 当該変換器が、
 幾何学的に対称な軸線を有し、少なくとも1個の壁面によって画成されたチャンバを含むハウジングを有し、
 前記チャンバが、少なくとも1個の連結機構構成成分から成る連結機構によってハウジングに連結される軸方向に往復運動する物体を収容し、
 前記連結機構構成成分が、前記物体に軸方向の力を適用する軸方向に撓性をもつスプリングを含み、
 当該変換器が、前記チャンバの前記壁面と前記物体との間の接触を最小限にするための減摩ベアリングを有し、
 (a) 前記減摩ベアリングが、横方向の中心位置に向ける力を前記物体に適用するための流体ベアリングであり、
 (b) 前記連結機構が、前記流体ベアリングによる前記物体に働く前記中心位置に向ける力が前記連結機構により前記物体に働く横方向の力と前記物体に働く他の横方向の力との和に少なくとも等しくなるのに対して十分な横方向の撓みを有する構成成分を含む、
 ところの変換器。

【請求項2】

請求項1記載の変換器であって、

前記チャンバがシリンダであり、
前記物体がピストンである、
ところの変換器。

【請求項 3】

請求項 2 記載の変換器であって、
前記スプリングが、前記軸線に対して対角方向に向けられた平面スプリングである、
ところの変換器。

【請求項 4】

請求項 3 記載の変換器であって、
前記スプリングが、周縁付近及び中央付近に取り付けられた多数の平行平面スプリングから成る、
ところの変換器。 10

【請求項 5】

請求項 3 記載の変換器であって、
前記スプリングもまた、前記横方向に撓性をもつ連結機構構成成分である、
ところの変換器。

【請求項 6】

請求項 2 記載の変換器であって、
前記スプリングが、ガススプリングである、
ところの変換器。 20

【請求項 7】

請求項 2 記載の変換器であって、
前記スプリングが、磁気スプリングである、
ところの変換器。

【請求項 8】

請求項 2 記載の変換器であって、
前記スプリングが、前記軸線付近に対称に間隔をあけた多数の少なくとも 3 個の相互接続した螺旋状スプリングである、
ところの変換器。

【請求項 9】

請求項 2 記載の変換器であって、
前記横方向に撓性をもつ連結機構構成成分が、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ接続ロッドから成る、
ところの変換器。 30

【請求項 10】

請求項 9 記載の変換器であって、
前記接続ロッドが管である、
ところの変換器。

【請求項 11】

請求項 9 記載の変換器であって、
前記横方向に撓性をもち連結機構構成成分が、前記軸線付近に対称に間隔をあけた軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ複数の接続ロッドから成る、
ところの変換器。 40

【請求項 12】

請求項 2 記載の変換器であって、
前記径方向に撓性をもつ連結機構構成成分が、軸方向に剛性をもち、前記ピストンと前記スプリングとの間に挿入される、
ところの変換器。

【請求項 13】

請求項 2 記載の変換器であって、 50

前記横方向に撓性をもつ連結機構構成成分が、軸方向に剛性をもち、前記スプリングと前記ハウジングとの間に挿入される、
ところの変換器。

【請求項 14】

請求項 1 記載の変換器であって、
前記物体が、線形電磁気変換器の磁石パドルである、
ところの変換器。

【発明の詳細な説明】

発明の背景

本発明は、1 個以上の懸架された振動物体が幾何学的な対称軸に沿って往復運動する熱機械式又は電気機械式の変換器(transducer)に関し、特に、リニアオルタネータ(linear alternator)をもつ自由ピストン式スターリングエンジン、リニアモータをもつ自由ピストン式スターリングクーラー、自由シリンダ式水ポンプ、及びリニアモータをもつ自由ピストン式コンプレッサでの使用に適する。

1 個以上の懸架された振動物体を有する熱機械式又は電気機械式変換器での部品のミスアライメントが、幾何学的対称軸以外の軸線に沿って物体を往復運動させる原因となっている。この往復運動の実際の軸線は、幾何学的な軸線にほぼ平行である。このようなミスアライメントは、寸法、角度及び平面性を完璧にすることができないため、機械部品の製造、組立時に日常的に発生する。実用上、機械設計者は、寸法、角度、及び平坦性において許容誤差(つまり、完全なものからの許容可能誤差)を設定し、このような不完全な部品が組立てられると、ミスアライメントが発生する。

このようなミスアライメントは、往復運動物体とそのシリンダとの間の物理的な遊隙(clearance)を完全に無くしてしまう。このような機械的な接触は、抵抗や磨耗の原因となり、特に、シリンダ内の往復運動物体の焼き付きの原因となる。このような機械的な接触は、接触支持体(contact bearing)によって円滑にすることができるが、これに関連する抵抗エネルギーの散逸が変換器の効率を低下させ、また、これに関連する機械的な焼き付きが定期整備の間隔又は稼働時間を低下させる。

電磁気、電気機械式変換器(例えば、米国特許第 4 3 4 6 3 1 8 号、同第 4 3 4 9 7 5 7 号、同第 4 5 4 5 4 2 6 号、同第 4 6 0 2 1 7 4 号に説明されている)では、変換器の往復運動物体のミスアライメントが径方向の磁力をもたらし、この磁力がミスアライメントを増大して、往復運動部品と停止部品とが機械的に接触する。

往復運動物体とそのシリンダとの間に遊隙シールを有する熱機械式変換器(例えば、米国特許第 3 7 8 8 7 7 8 号、同第 3 9 3 7 6 0 0 号、同第 3 9 4 7 1 5 5 号、同第 4 0 3 6 1 0 8 号、同第 4 3 5 3 2 2 0 号、同第 4 5 3 8 9 6 4 号、同第 4 5 4 5 7 3 8 号、同第 4 6 4 4 8 5 1 号、同第 4 6 4 9 2 8 3 号、同第 4 7 2 1 4 4 0 号、同第 4 8 3 6 7 5 7 号、同第 4 8 6 2 6 9 5 号、同第 5 2 5 5 5 2 2 号に説明されている)では、ミスアライメントに起因する全ての離心(eccentricity)が、遊隙シールを通じて流れる流体に対する抵抗を減少させている。往復運動物体がピストンである場合、遊隙シールを通じて流れる流体の増加が、ピストンによって達成される圧縮率を低下させる。往復運動物体が熱交換装置を通じて流体を押すディスプレイサ(displacer)である場合、遊隙シールを通じて流れる流体の増加が、意図とする熱伝導処理効果を低下させる。

ガスベアリング(gas bearing)(例えば、米国特許第 2 8 7 6 7 9 9 号、同第 2 9 0 7 3 0 4 号、同第 3 1 2 7 9 5 5 号、同第 4 5 4 5 7 3 8 号、同第 4 6 4 4 8 5 1 号及び空気静力学的ベアリング(aerostatic bearing)の設計におけるジェー・ダブリュ・パウエル(J. W. Powell)によって説明されるもの)が、エネルギー効率及び長い稼働時間が重要であるところの 1 個以上の懸架された振動物体を有する熱機械式及び電気機械式変換器に望ましく、これは、往復運動物体及びそのシリンダの走行面の間の機械的な接触、抵抗及び磨耗を無くしているからである。実用的なガスベアリングは、出力の超過分を浪費しないが、変換器の幾何学的対称軸近傍に往復運動のミスアライメントされた往復運動物体の軸線を戻すための大きな径方向の力を生成することができず、このため、変換器のエネ

10

20

30

40

50

ルギー効率を低下させる。

本発明は、変換器の幾何学的対称軸近傍に往復運動のミスアライメントされた往復運動物体の軸線を戻し、動作中に、ガスベアリングによる径方向の力の量を低減し、出力の浪費を低減する。

発明の簡単な説明

本発明は、軸方向に撓性をもつスプリングと、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ部材と、流体ベアリング (fluid bearing) とを有し、幾何学的対称軸に沿ってシリンダ内で往復運動する振動物体を有する改良型機械式変換器である。本発明は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ部材を他の機械部品の間を選択的に挿入する点で従来のデバイスと異なり、流体ベアリングが往復運動物体に及ぼす径方向の力を低減し、変換器の幾何学的対称軸近傍に実際の往復運動軸を戻し、これにより、往復運動物体とそのシリンダとの間の機械的な接触を防止し、同様に、往復運動物体の遊隙シールを通じて流れる流体に対する抵抗の減少を防止する。

10

【図面の簡単な説明】

図 1 は、多くのミスアライメントのうちの 1 つがどのようにして懸架された振動物体を幾何学的対称軸以外の軸線に沿って往復運動させるのかについて図説する軸方向断面図である。

図 2 は、本発明の実施例の動作の基本原理の最も簡単な形態の軸方向断面図である。

図 3 A 及び 3 B は、本発明の好適な軸方向に撓性をもつ部材である平面スプリングの平面図及び側面図である。

20

図 4 A、4 B 及び 4 C は、本発明の軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ部材の横方向の撓みの 2 成分を示す軸方向断面図である。

図 5 は、図 2 に示す型の本発明の実施例の軸方向断面図である。

図 6 は、図 2 に示す型の本発明の好適実施例の軸方向断面図である。

図 7 は、図 2 に示す型の本発明の変形的な実施例の軸方向断面図である。

図 8 は、図 2 に示す型の本発明の他の変形的な実施例の軸方向断面図である。

図 9 は、図 2 に示す型の本発明の他の変形的な実施例の軸方向断面図である。

図 10 は、図 2 に示す型の本発明の他の変形的な実施例の軸方向断面図である。

図 11 A 及び 11 B は、本発明の軸方向に撓性をもつ部材としても使用できるガススプリングの 2 つの実施例の軸方向断面図である。

30

図 12 は、本発明の軸方向に撓性をもつ部材としても使用できる磁気スプリングの軸方向断面図である。

図 13 は、本発明の軸方向に撓性をもつ部材としても、又、径方向に撓性をもつ部材としても使用できる平面スプリングの特別な型の斜視図である。

図示の本発明の好適な実施例を説明する上で、特定の用語が使用されている。しかし、本発明が、このような特定の用語に制限されることを意図としたものではなく、各々の特定の用語が、同様の目的を達成する同様の方法で動作する技術的等価物の全てを含むことは理解されるべきである。特に、往復運動物体及びそのシリンダを示している変換器の幾何学的対称軸を通じる断面図は、三角形、四角形、五角形、又は他の多角形であってもよく、また、円形、楕円形、又は他の閉曲線であってもよい。

40

詳細な説明

当業者により使用されるいくつかの用語及び以下の発明の説明に関連して使用される用語について説明する必要がある。機械式変換器とは、機械エネルギーを他のエネルギーに変換する往復運動変換器の全部の型をいう。特に、高温熱エネルギーを機械エネルギーに変換する自由ピストン式スターリングエンジンの形態における熱機械式変換器、及び機械的な仕事を行って熱エネルギーを低温で吸収し、暖かい温度で放出する自由ピストン式スターリングクーラーの形態における熱力学変換器を含む。また、機械的な仕事を行ってガス圧力を上昇又は流体を移送するリニアコンプレッサが特に含まれる。機械的エネルギーを電気的エネルギーに変換するリニア電気オルタネータ、及び電気的エネルギーを機械的エネルギーに変換するリニア電気モータの形態の電磁気、電気機械式変換器もまた特に含ま

50

れる。

このような機械式変換器では、軸方向に撓性をもつスプリング (axially compliant spring) が使用され、エネルギー変換効率を増加させるために、往復運動物体と実質的に共振する。いくつかの場合において、質量とスプリングとの関係は、例えば出力の変換を最大にすること等の他の実用的な考えに起因する正確な共振ではなく、全ての場合は、実質的に、機械式変換器の周波数共振の共振ピーク内にある。よって、共振から外れた機械式変換器における仕事量(力率)の因子は正確に 1.0 ではないが、通常、0.5 よりも大きい。共通的に使用される軸方向に撓性をもつスプリングが、螺旋状コイルのような機械的スプリングと、ガススプリングと、電磁気スプリングとを含む。

このような機械式変換器では、用語「撓み (compliance)」は、適用された力に応答して形状を変化させたときに機械部品が受ける変形の大きさに関する。用語「剛性 (stiffness)」は、撓みと逆の関係をもち、ある特定の距離、機械部品を変形するのに必要な力の大きさに関する。よって、撓性部材は、適用された力によって剛性部材が撓んだ撓み距離と比較して、相対的に大きな距離だけ撓む機械部品である。また、機械部品は、一方向に適用された力に応答して撓性をもつとともに、他の方向に適用された力に応答して剛性をもつような形状にすることができる。動かない物体を一端に取り付けた細い固体ロッドは、例えば、ある特定の力が横方向及び軸方向に適用されると、横方向に曲げられるよりも非常に小さく軸方向に圧縮される。よって、細いロッドは、軸方向に剛性をもち、横方向に撓性をもつ、といえる。

このような機械式変換器では、従来、螺旋状スプリングが使用され、往復運動する質量と実質的に共振するが、螺旋状スプリングの圧縮が、平衡状態のスプリングを通じる長手方向の軸線に関して、ある角度の長手方向の軸線の傾きに関係する。横方向に拘束された螺旋状スプリングが圧縮されると、この拘束に対抗してスプリングの軸方向の剛性に比例する横方向の力が働く。この横方向の拘束が、内部にスプリングに連結した往復運動するピストンを収容するシリンダであるとき、この横方向の力が、シリンダの壁面にピストンを押圧し、これが抵抗や磨耗の原因となる。このような抵抗や磨耗を防止することを意図とした流体ベアリングの全てが、この横方向の力、及びこの力に比例する出力の散逸を克服しなければならない。設計の結果、与えられた質量のピストンの往復運動周波数が増加すると、要求されるスプリングの軸方向の剛性、関連する横方向の力及び流体ベアリングの出力散逸が周波数の二乗で増加する。

理論的に、螺旋状スプリングとピストンとの間、又は螺旋状スプリングとシリンダに連結されるハウジングとの間に、径方向に撓性をもつ部材が挿入されると、流体ベアリングが適用しなければならない力の大きさは、径方向に撓性をもつ部材を曲げるために必要な大きさに低減される。実用的には、単一の螺旋状スプリングとともに使用される撓性部材の曲げの度合いが大きくなると、ピストンの往復運動に関連した水圧及び慣性力の軸方向の圧縮荷重下で撓性部材が座屈してしまう危険性がある。

螺旋状スプリングの横方向の拘束が、個々のスプリングの幾何学的対称軸に平行な共通の幾何学的対称軸の周囲に対称に間隔をあけた他の螺旋状スプリングとの機械的な一体接続によるとき、横方向の力が相殺されるような個々のスプリングの回転的な方位が存在し、全体としてのスプリングの束の横方向の変位と、径方向に撓性をもつ部材を曲げてこの変位を受けさせるのに必要な横方向の力とが小さく、径方向に撓性をもつ部材の座屈の危険性を小さくできる。

実用的には、機械式変換器の懸架された振動物体は、変換器の幾何学的対称軸以外の軸線に沿って往復運動するが、これには (1) 往復運動する物体の重量、及び (2) 往復運動する物体の吊下げ装置内のミスアライメント、という 2 つの理由がある。通常、往復運動における重力的な変位は、少々の出力の散逸はあるが、流体ベアリングによって克服できる。本発明は、特に、往復運動軸での機械的なミスアライメントの影響を低減する。このようなミスアライメントを克服するように流体ベアリングが及ぼさなければならない力の大きさは、シリンダ内部に往復運動物体を吊り下げる構造全体の径方向の剛性に直接関係する。本発明は、この吊り下げ構造の径方向の剛性について、軸方向に剛性をもち、径方

10

20

30

40

50

向に撓性をもつ部材で制御可能に、低下させる。

図 1 は、熱機械式又は電磁気、電気機械式変換器の幾何学的対称軸 2 から離れたところの軸線 1 に沿って、ミスアライメント（誇張して図示した）が懸架された振動物体をどのようにして往復運動させているかを示す軸方向断面図である。図 1 では、振動物体がピストン 4 であり、ピストン 4 と、ハウジング内に形成されるその周囲のシリンダ 3 との間の遊隙ギャップの幅が誇張して図示されている。定義上、ピストンが往復運動物体であり、軸方向に圧力差がある。また、本発明が応用される機械式変換器では、往復運動物体がディスプレイサであってもよく、定義上、軸方向に温度差がある。往復運動物体はまた、リニアオルタネータ又はモータの磁石パドル、移動オイル、又は移動鉄片であってもよい。

図 1 のシリンダ 3 の一端の固定角の製造は不完全なものであり、この一端は、幾何学的対称軸 2 に関して垂直な平面から傾いている。ピストン 4 は、部品全部の往復運動する質量に共振し、シリンダ 3 の不完全に製造された一端に剛に取り付けられた平面スプリングの軸方向及び径方向に剛性をもつロッド 5 の手段によってシリンダ 3 として形成されたチャンパ内に吊り下げられている。その結果、実際の往復運動軸 1 は、幾何学的対称軸 2 から離れたところにあり、幾何学的対称軸近傍に往復運動軸 1 を戻すためには、大きな径方向の力がピストン 4 に働かなければならない。

図 2 は、最も簡単な形態で本発明の実施例の動作の基本原理を示す軸方向断面図である。図 1 に示したように、シリンダ 1 3 の一端における角の製造も、不完全なものであり、この一端は、幾何学的対称軸に関して垂直な平面から傾いている。しかし、この場合、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつロッド 1 5 が、ピストン 1 4 と平面スプリング 1 6 との間に挿入されている。結果、変換器の動作中に流体ベアリングキャビテイー 1 7、1 8、1 9 及び 2 0 からピストン 1 4 とシリンダ 1 3 との間の遊隙ギャップ内に流れる流体によるピストン 1 4 に対して働く小さい力が、幾何学的対称軸 1 2 近傍にピストン 1 4 の往復運動軸 1 1 を戻すことを可能にする。

図 3 A 及び図 3 B は、それぞれ、平面スプリングの平面図及び側面図である。平面スプリングは、平面状の多数のビームが平面に対して垂直な共通の変形を受けるように機械的エネルギーを吸収する。図 3 A に示す平面スプリングの直径は約 1 3 4 mm であり、その厚さは約 2 mm である。これは、1 0 3 5、1 0 4 5、1 5 5、1 0 7 5、4 1 4 0 又は 4 1 3 0 のうちのいずれか 1 つの A I S I 炭素鋼から造られる。

図 4 は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ固体ロッドを示し、横方向の撓みが以下のようにして解析される。他の場合は、「ロアークの応力と剪断力の公式 (Roark's Formulas for Stress and Strain)」のようなスタンダード・メカニカル・エンジニアリング・テキストを参照することによって解析できる。図 4 A に示すロッドの横方向の撓み C_L は 2 成分、つまり、図 4 B に示す揺動及び図 4 C に示す角を有する。撓みの揺動成分 C_y は、ロッドの自由端の揺動変位 y で表され、撓みの角成分 C_θ は、自由端の角変位 θ によって表される。

$$C_L = C_y + C_\theta$$

径方向の撓みの揺動成分 C_y は、

$$C_y = y / w = L^3 / 3 E I$$

であり、ここで、

y = ピストンに取り付けたロッドの一端の横方向の変位、

w = 横方向の力、

E = ロッド材のヤング係数、及び

I = ロッドの慣性モーメント

である。

半径 R のロッドの場合、その慣性モーメントは、

$$I = \pi R^4 / 4$$

である。

横方向の撓みの角成分 C_θ は、

$$C_\theta = \theta / M = L / 4 E I$$

であり、ここで、

θ = ロッドの自由端の角変位、

L = ロッドの長さ、及び

M = 適用されるモーメント、つまり、反対方向に別々の平行線に沿って作用する一対の力、である。

機械式変換器でガスベアリングの出力の散逸を最小にするため、ロッドの横方向の成分は、本発明のような機械式変換器の熱力学及び慣性により適用される軸方向の力 F においてロッドが座屈しない程度に、可能なかぎり大きくなるように設計する。固体ロッドの座屈荷重 F_b は、

$$F_b = \pi^2 E I / 4 L^2$$

10

である。

特定の座屈荷重の所望の大きさの横方向の撓み成分の条件を区別するために、座屈荷重に対する横方向の撓みの各々の成分の比は別々に検討される。この比は、上記の式を代入して、以下のように表される。

$$C_y / F_b = (64 / 3 \pi^2) \cdot (L^5 / R^8) \cdot (1 / E^2)$$

$$C_\theta / F_b = (16 / \pi^2) \cdot (L^3 / R^8) \cdot (1 / E^2)$$

よって、座屈の強さに対する所望の大きさの撓みが、小さいヤング係数を有する材料の長く細いロッドによって得られる。

与えられた設計の Pa^{-2} (Pa = パスカル) 単位の示性数 Φ_y 及び Φ_θ は、以下のように定義される。

20

$$\Phi_y = L^5 / R^8 E^2$$

$$\Phi_\theta = L^3 / R^8 E^2$$

特定のリニアコンプレッサの横方向成分、及び剛性アルミニウム及びステンレス鋼ロッドの示性数の偏差はそれぞれ、以下の表に示すとおりである。

	L	R	E	Φ_y	Φ_θ
	(cm)	(mm)	($\times 10^{11} \text{Pa}$)	(Pa^{-2})	(Pa^{-2})
撓性	6.0	1.5	0.7	10^{-14}	10^{-18}
剛性	2.0	3.0	2.4	10^{-18}	10^{-23}

30

実用的には、技術者が、座屈荷重 F_b を支持するのに十分な強さのロッドの設計において安全係数、例えば適用される力 F の 3 倍に従う。よって、技術者は、他の設計条件による制限内で、ロッドの長さ、半径、及び材料を選択して示性数を最大にする。

図 5 は、本発明の実用的な実施例の軸方向断面図であり、ここで、電磁気、電気式変換器が径方向に隣接するシリンダ内で往復運動する懸架された振動磁石パドルを有する。この実施例では、機械式変換器は、永久磁石リニアモータのように機能する電磁気、電気機械式変換器である。変換器の往復運動物体は、リニアモータの永久磁石 132 を担持する磁石パドル 131 である。磁石パドル 131 は、径方向に隣接するシリンダ 133 に関して往復運動する。外部ソースからの圧縮流体が、一方向バルブ 135 を通じて圧力チャンバ 134 に入り込み、パッセージ 136、137、138 及び 139 を通じて磁石パドル 131 とシリンダ 133 との間の遊隙ギャップ内に出て行き、流体ベアリングを与えている。リニアモータの磁石 132 は、磁束経路と電導性ワイヤ 144 の電機子コイルの周囲の 2 個のギャップ 142 及び 143 とを構成する高導磁性材料から成る内部磁束ループ部材 140 と外部磁束ループ部材 141 に関して往復運動する。磁石パドル 131 は、剛性横断部材 145 と、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ固体ロッド 146 との手段によって平面スプリング 147 に接続される。平面スプリング 147 は、シリンダ 133 に剛に接続した剛性ハウジング 148 に接続される。径方向に撓性をもつ部材 146 は、径方向の力を低減し、流体ベアリングのパッセージ 136、137、138 及び 139 の外

40

50

に流れる流体が幾何学的対称軸 1 4 9 近傍に往復運動軸を戻すように働く。

図 6 は、本発明の実用的な好適実施例の軸方向断面図であり、ここで、熱機械式変換器が、電磁気、電気式変換器に機械的に接続され、両者が、径方向に隣接するシリンダに関して往復運動する懸架された振動物体を有する。この実施例では、熱機械式変換器は自由ピストン式コンプレッサであり、電磁気、電気機械式変換器は永久磁石式リニアモータである。コンプレッサの往復運動物体は、径方向に隣接するシリンダ 3 2 に関して往復運動する中空ピストン 3 1 である。ピストン 3 1 の内部は、流体ベアリングのための圧縮流体源として働く。流体は、一方向バルブ 3 4 を通じて圧縮空間 3 3 からピストン 3 1 に入り込み、パッセージ 3 5、3 6、3 7 及び 3 8 を通じてピストン 3 1 とシリンダ 3 2 との間の遊隙ギャップ内に出て行く。リニアモータの往復運動物体は、磁束経路と、電導性ワイヤ 4 4 の電機子コイルの周囲の 2 個のギャップ 4 2 及び 4 3 とを構成する内部磁束ループ部材 4 0 及び外部磁束ループ部材 4 1 に関して往復運動する磁石パドル 3 9 である。2 個の往復運動物体 3 1 及び 3 9 は、剛性横断部材 4 5 の手段によって一体に接続され、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ固体ロッド 4 7 の手段によって多数の平面スプリング 4 6 に接続される。平面スプリングは、シリンダ 3 2 に剛に接続される剛性ハウジング 4 8 に接続される。径方向に撓性をもつ部材 4 7 は、径方向の力を低減し、流体ベアリングパッセージ 3 5、3 6、3 7 及び 3 8 の外に流れる流体が、幾何学的対称軸 4 9 近傍に往復運動軸を戻すように働く。

図 7 は、本発明の実用的な変形的な実施例の軸方向断面図であり、ここで、熱機械式変換器が、電磁気、電気機械式変換器に機械的に接続され、両者が、径方向に隣接するシリンダに関して往復運動する懸架された振動物体を有する。熱機械式変換器は自由ピストン式コンプレッサであり、電磁気、電気式変換器はリニアモータである。しかし、この実施例では、コンプレッサのシリンダ 6 1 は中空であり、流体ベアリングのための圧縮流体源を収容する。流体は、一方向バルブ 6 3 を通じて圧縮空間 6 2 からシリンダ 6 1 の中空の内部に入り込み、パッセージ 6 5、6 6、6 7 及び 6 8 を通じて往復運動ピストン 6 4 とシリンダ 6 1 との間の遊隙ギャップ内へと出て行く。この実施例では、リニアモータの往復運動物体は、磁束経路と、電導性ワイヤ 7 4 の電機子コイルの周囲の 2 個のギャップ 7 2 及び 7 3 とを構成する内部及び外部磁束ループ部材 7 0 及び 7 1 に関して往復運動する電導性ワイヤ 6 9 b の場合コイルのための支持構造 6 9 a である。剛性横断部材 7 5 が、リニアモータの場合コイル 6 9 b 及び支持構造 6 9 a を多数の機構学的平面スプリング 7 6 の中央領域に接続し、その周辺領域は、シリンダ 6 1 に剛に接続される剛性ハウジング 7 7 に接続される。剛性横断部材 7 5 は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつロッド 7 8 の手段によってコンプレッサのピストン 6 4 に接続される。径方向に撓性をもつ部材 7 8 は、径方向の力を低減し、幾何学的対称軸 7 9 近傍に往復運動軸を戻すように、流体ベアリングのパッセージ 6 5、6 6、6 7 及び 6 8 の外へ流れる流体が働く。

図 8 は、本発明の他の実用的な実施例の軸方向断面図であり、ここで、熱機械式変換器が、電磁気、電気式変換器に機構学的に接続され、両者が径方向に隣接するシリンダ内で往復運動する懸架された振動物体を有する。熱機械式変換器は自由ピストン式コンプレッサであり、電磁気、電気式変換器はリニアモータである。図 6 に示したように、コンプレッサの往復運動物体は、径方向に隣接するシリンダ 8 2 に関して往復運動する中空のピストン 8 1 である。このピストン 8 1 の内部は、流体ベアリングのための圧縮流体源として働き、流体が、一方向バルブ 8 4 を通じて圧縮空間 8 3 からピストン 8 1 に入り込み、パッセージ 8 5、8 6、8 7 及び 8 8 を通じてピストン 8 1 とシリンダ 8 2 との間の遊隙ギャップへと出て行く。リニアモータの往復運動物体は、磁束経路と、電導性ワイヤ 9 4 の電機子コイルの周囲の 2 個のギャップ 9 2 及び 9 3 とを構成する高導磁性材料から成る内部及び外部磁束ループ部材 9 0 及び 9 1 に関して往復運動する磁石リング 8 9 である。これら 2 個の往復運動物体 8 1 及び 8 9 は、剛性横断部材 9 5 の手段によって一体に接続される。しかし、この実施例では、剛性横断部材 8 5 は、軸方向及び径方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ固体ロッド 9 7 の手段によって共通の平面スプリング 9 6 の中央領域に接続され、また、平面スプリング 9 6 の周辺領域は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもち多数のロッド 9

10

20

30

40

50

9、100及びこの軸方向断面図では示されていない他のもの的手段によって剛性ハウジング98に接続される。剛性ハウジング98もまた、シリンダ82と同様に、内部及び外部磁束ループ部材90及び91に接続される。ロッド99、100等から成る径方向に撓性をもつ部材が、径方向の力を低減し、流体ベアリングのパッセージ85、86、87及び88の外に流れる流体が、幾何学的対称軸101近傍に往復運動軸を戻すように働く。図9は、自由ピストン式スターリングエンジンでの本発明の他の実用的な実施例の軸方向断面図であり、ここで、自由ピストン式スターリングエンジンは、径方向に隣接し、軸方向に並んだシリンダに関して往復運動する2個の懸架された振動物体を有する。第1の振動物体は、流体ベアリングの圧縮流体源を収容する中空のディスプレイサ141であり、流体が、一方向バルブ143を通じて膨張空間142からディスプレイサ141の中空の内部に入り込む。この流体は、パッセージ144、145、146及び147を通じてディスプレイサ141とディスプレイサシリンダ148との間の遊隙ギャップへと出て行く。ディスプレイサ141の往復運動は、熱を受け取る熱交換器149、熱を放出する熱交換機150及び再生器151を通じて流体を折り返し出し入れする。ディスプレイサ141は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ固体ロッド153の手段によって螺旋状の機構学的平面スプリング152に接続される。また、ピストンシリンダ154は、流体ベアリングのための圧縮流体源を収容し、流体が、一方向バルブ156を通じて圧縮空間155からピストンシリンダ154の中空の内部に入り込む。この流体は、パッセージ157、158、159及び160を通じて、ピストンシリンダ154とピストン161である第2の振動物体との間の遊隙ギャップへと出て行く。ピストン161の往復運動は、膨張空間142と、熱を受ける熱交換器149と、熱を放出する熱交換器150と、再生器151と、圧縮空間155とから成る領域で流体の圧縮及び膨張を交互に行い、ディスプレイサ141の往復運動をピストン161のものに空圧的に結合する。ピストン161は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ中空ロッド163の手段によって単一の機構学的な平面スプリング162の中央領域に接続され、ディスプレイサ141を剛性部材164に接続している軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ固体ロッドが中空ロッド163の手段内を通過する。ここで、剛性部材164は、間隔を開けた多数の機構学的な螺旋状スプリング165a、165bの径方向の移動を制限する。ディスプレイサの多数の機構学的な螺旋状スプリング165a、165b及びピストンの平面スプリング162はともに、ディスプレイサのシリンダ148及びピストンのシリンダ154の両方に接続される剛性ハウジング166に接続される。径方向に撓性をもつ部材153及び163は、径方向の力を低減し、ディスプレイサの流体ベアリングのパッセージ144、145、146及び147及びピストンの流体ベアリングパッセージ157、158、159及び160の外に流れる流体が、幾何学的対称軸167近傍にディスプレイサ141及びピストン161の往復運動軸を戻すように働く。

図10は、コンプレッサにおける本発明の他の実用的な実施例の軸方向断面図であり、コンプレッサは、径方向に隣接し、軸方向に並んだシリンダに関して往復運動する2個の懸架された振動物体を有する。この実施例では、ピストン171及び172は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ固体ロッド174及び175の手段によって、軸方向及び径方向に剛性をもつ軸部材173に機構学的に接続される。剛性軸部材173は、平面スプリング176及び177の中央領域に機構学的に接続され、その周縁領域は、シリンダ180及び181に剛に接続される。ピストン171及び172は、径方向に隣接するシリンダ180及び181に関して往復運動し、その中空の内部は、圧縮流体源として働く。流体は、圧縮空間184及び185から一方向バルブ182及び183を通じてシリンダ180及び181の中空の内部に入り込み、パッセージ186、187、188、189、190、191、192及び193を通じてピストン171とシリンダ180及び181との間の遊隙ギャップへと出て行く。剛性横断部材194が、電導性ワイヤ200の電機子コイルの周囲のギャップ198及び199を有する磁束ループの部分構成し且つ比較的高い導磁性材料から成る内部及び外部磁束ループ部材196及び197に関して往復運動する磁石リング194に軸部材173を接続する。径方向に撓性をもつ部材174

10

20

30

40

50

及び 175 は、径方向の力を低減し、流体ベアリングのパスセージ 186、187、188、189、190、191、192 及び 193 の外に流れる流体が、幾何学的対称軸 201 近傍に 2 個のピストン 171 及び 172 の往復運動軸を戻すように働く。

図 11 は、本発明に従った 2 つの型のガススプリングの軸方向断面図である。図 11 A は、ハウジング 244 内のシリンダ 242 の側壁及び端部と、バック 245 とによって区切られた圧縮空間 241 を示す。シリンダ 242 は、幾何学的対称軸と実質的に同軸であり、この軸線に沿ってバックが往復運動する。バック 245 は、軸方向に剛性をもち、径方向に撓性をもつ部材 246 を介して機械式変換器の往復運動物体に接続される。バック 245 は、ハウジング 264 内部の圧力チャンバ 247 と、一方向バルブ 248 と、制限パスセージ 249、250、251 及び 252 とから成る流体ベアリングの作用によって、幾何学的対称軸 243 近傍の軸線に沿って往復運動する。

10

図 11 B は、ハウジング 264 内のシリンダ 262 の側壁及び端部と、中空バック 265 とによって区切られた圧縮空間 261 を示す。シリンダ 262 は、幾何学的対称軸 263 と実質的に同軸であり、この対称軸 263 に沿ってバックが往復運動する。バック 265 は、軸方向に剛性をもち、横方向に撓性をもつ部材 266 を介して機械式変換器の往復運動物体に接続される。バック 265 は、圧力チャンバ 267 と、バック 265 内の一方向バルブ 268 と、制限パスセージ 269、270、271 及び 272 とから成る流体ベアリングの作用によって幾何学的対称軸 263 近傍の軸線に沿って往復運動する。

図 12 は、米国特許第 5148066 号で詳細に説明される型の磁気スプリングの軸方向断面図である。この磁気スプリングは、磁束ループと、2 個の環状ギャップ 233 及び 234 とから成る 2 個の磁束ループ部材 231 及び 232 から成る。3 個の磁石を保持する磁石パドル 235 が磁束ループのギャップ内で往復運動する。磁石パドルがギャップ 233 及び 234 内で軸方向に往復運動すると、径方向に偏向される場磁石 236 が、磁束ループ内に交番する磁場を確立する。場磁石 236 のいずれかの側面には、場磁石 236 と逆方向に径方向に偏向している 2 個のスプリング磁石 237 及び 238 がある。いずれか一方の方向の磁石パドル 235 の軸方向の変位によって、スプリング磁石が場磁石の磁場と相互に作用し、磁石パドルへの相対的な復帰力を低減する。実用的な実施例では、磁束ループ部材 231 及び 232 が、ハウジングに取り付けられ、磁石パドル 235 が、軸方向に剛性をもち、横方向に撓性をもつロッドを介して往復運動物体に取り付けられる。変形的に、磁石パドル 235 が、剛性部材を介して往復運動部材に取り付けられ、磁束ループ部材が、軸方向に剛性をもち、横方向に撓性をもつ部材を介してハウジングに取り付けられてもよい。

20

30

図 13 は、本発明において軸方向に撓性をもつ、エネルギーを貯蔵する要素と同様に径方向に撓性をもつ部材として働く平面スプリングの斜視図である。本発明の実用的な実施例では、スプリングの径方向の周縁領域 221 が、シリンダと剛に連続したハウジングに取り付けられ、往復運動物体がシリンダに関して往復運動し、スプリングの中央領域 222 が、軸方向及び径方向に剛性をもつ連結機構構成成分的手段によって往復運動物体に取り付けられる。変形的に、周縁領域 221 が、往復運動物体に取り付けられ、中央領域 222 が、ハウジングに取り付けられてもよい。このようなスプリングを具現する実施例では、スプリングの軸方向の撓みが、往復運動物体の質量と実質的に共振し、スプリングの径方向の撓みが、力の量を低減し、流体ベアリングが幾何学的対称軸 223 近傍に往復運動軸を戻すように働く。

40

以上の説明から、本発明が、シリンダ又は磁束ループのギャップのようなチャンバ内で軸方向に往復運動するピストン、ディスプレイサ及び磁石パドルを含む様々な物体とともに使用され得ることが明らかである。この物体は、1 個以上の連結機構構成成分を含む連結機構によって、チャンバを形成するハウジングに連結される。少なくとも 1 個の連結機構構成成分が軸方向に撓み、物体に軸方向の力を適用し、通常、装置を調節して共振に近づける。耐磨耗流体ベアリングが、物体に横方向の中向きの力を適用して、チャンバ壁面と物体との間の接触を最小にする。流体ベアリングの中向きの力が連結機構による物体への横方向の力と物体に働く他の横方向の力との和に少なくとも等しくなるのに十分な横方向

50

の撓みを有する少なくとも１個の連結機構構成成分が含まれる。これにより、流体ベアリングの中向きの力が、チャンバ壁面から離れて物体を有効に移動させることができ、接触及び磨耗を最小にする。

本発明の特定の好適実施例が詳細に開示されたが、様々な変更物が、本発明の精神又は以下の請求の範囲の範囲から逸脱せずに適合され得ることが理解できる。

【図 1】

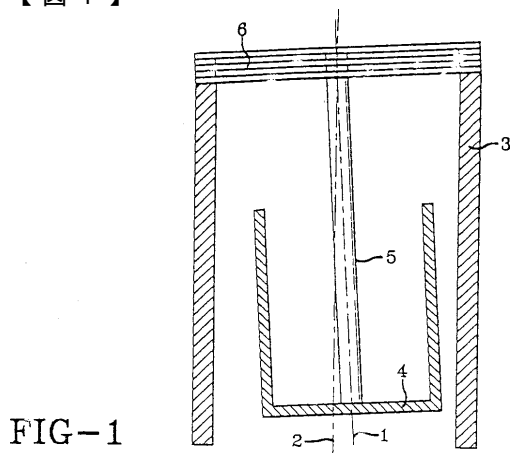


FIG-1

【図 2】

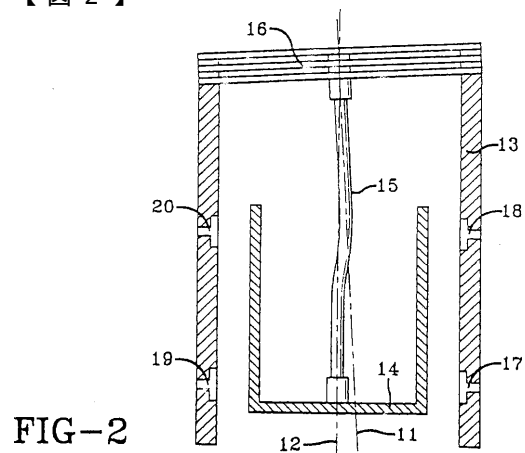


FIG-2

【 図 3 A 】

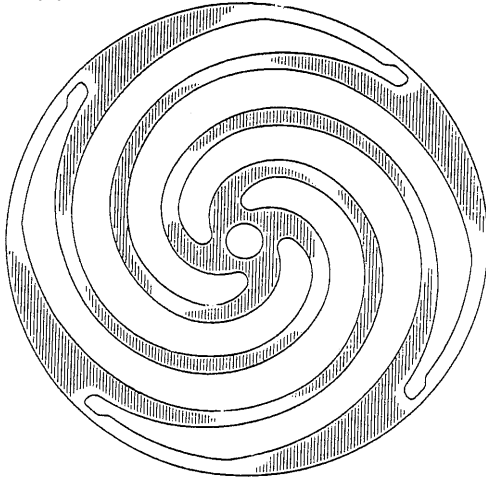


FIG-3A

【 図 3 B 】

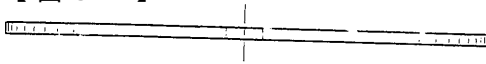
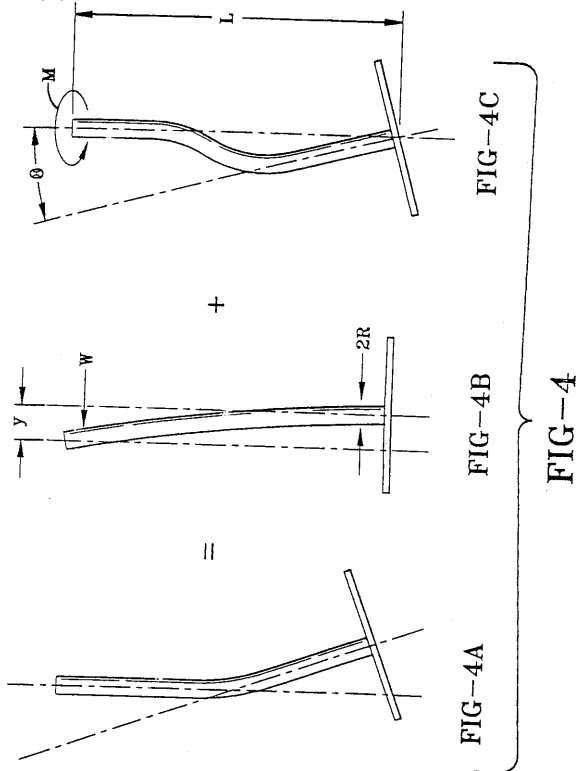


FIG-3B

【 図 4 】



【 図 5 】

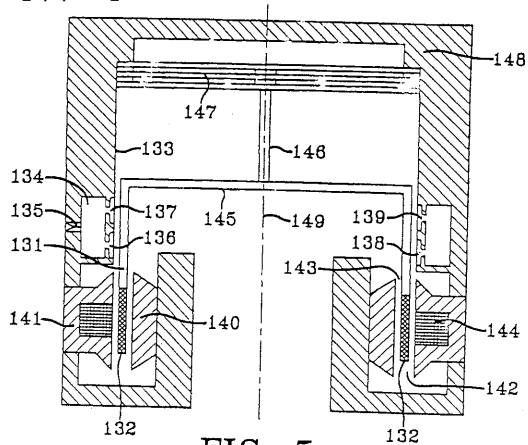


FIG-5

【 図 6 】

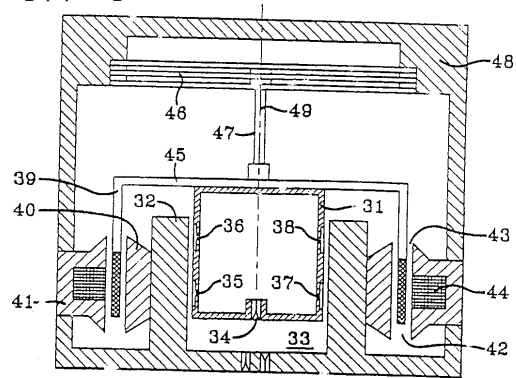


FIG-6

【図 7】

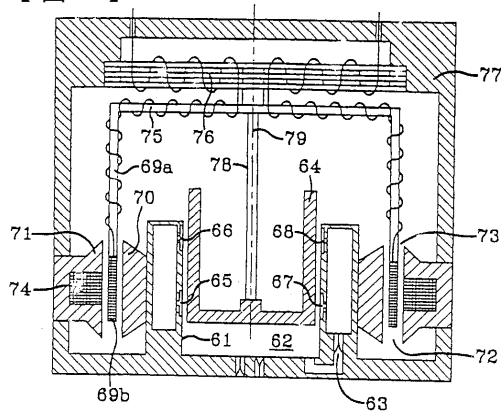


FIG-7

【図 8】

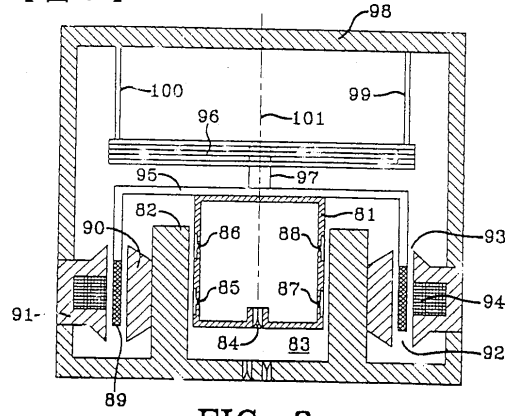


FIG-8

【図 9】

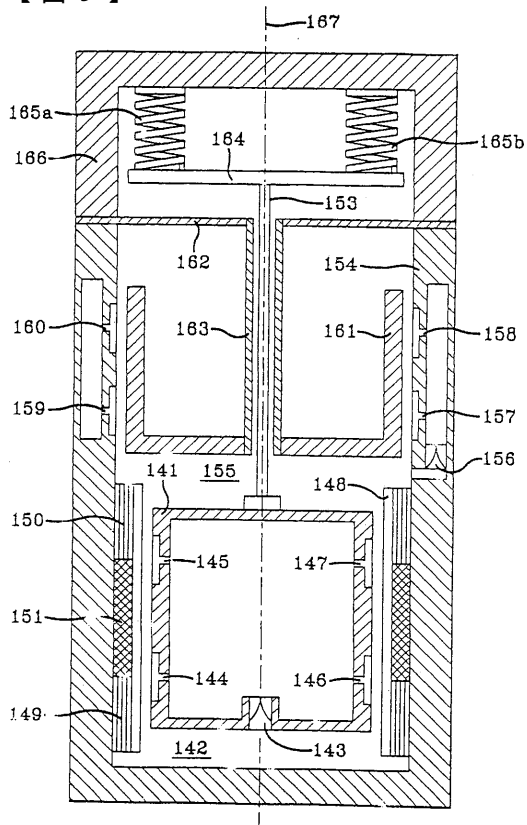


FIG-9

【図 10】

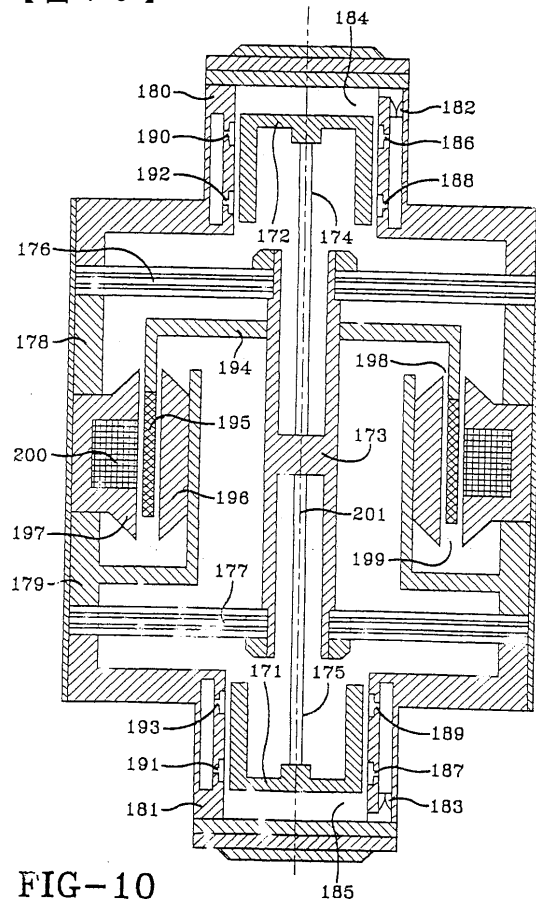


FIG-10

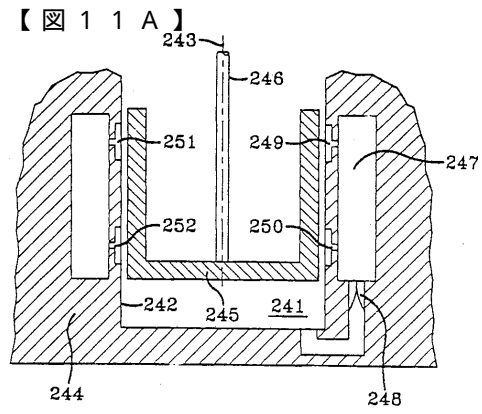


FIG-11A

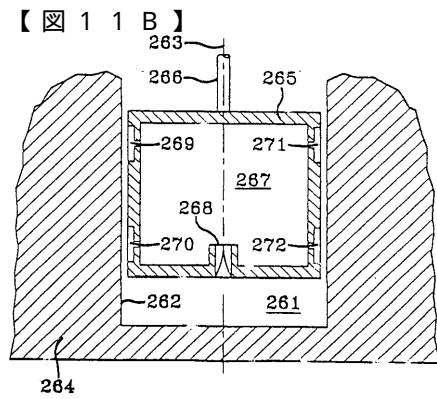


FIG-11B

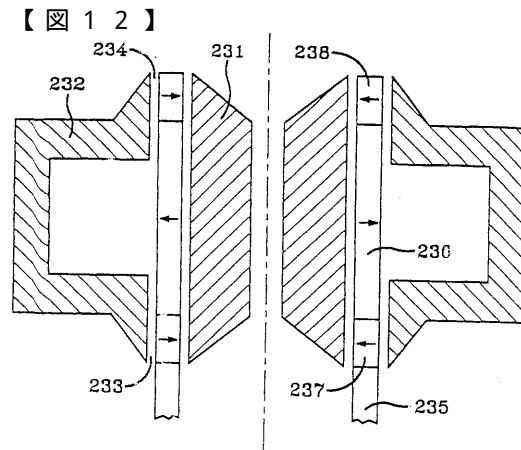


FIG-12

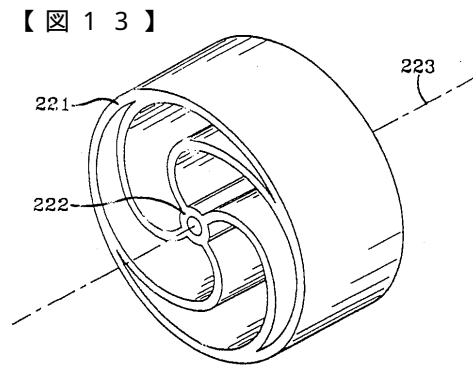


FIG-13

フロントページの続き

(72)発明者 ウンガー、ロイベン・ゼット
アメリカ合衆国オハイオ州45701、アテンズ、ウエスト・ヒルズ・ドライブ7

合議体

審判長 村本 佳史

審判官 藤村 泰智

審判官 大町 真義

(56)参考文献 特開昭58-28577(JP,A)
特開昭63-306263(JP,A)
特開昭60-8851(JP,A)
実開平4-75993(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C32/06

F16J10/00

F02G1/053

H02K33/16

H02K33/18