(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2004-140901
(P2004-140901A)
(43)公開日　平成16年5月13日(2004.5.13)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H02K 33/16	H02K 33/16	A	3H076
F04B 35/04	F04B 35/04		5H633

審査請求 未請求　請求項の数 11　ＯＬ　（全 17 頁）

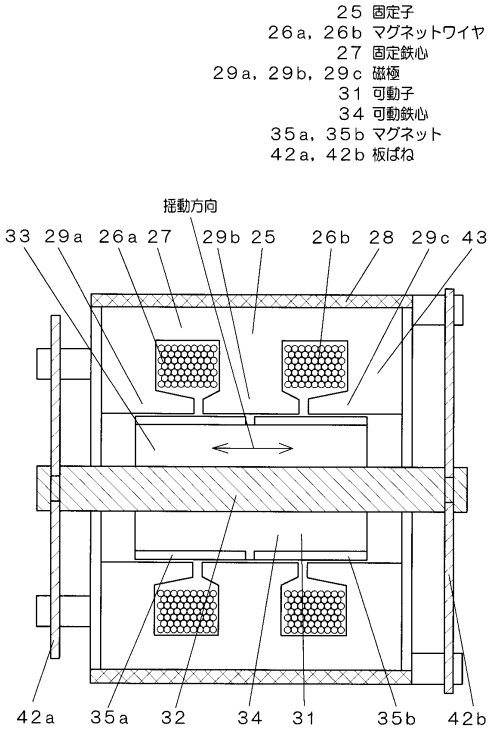
(21)出願番号　特願2002-301626(P2002-301626)
(22)出願日　平成14年10月16日(2002.10.16)

(71)出願人　000004488
松下冷機株式会社
滋賀県草津市野路東２丁目３番１－２号
(74)代理人　100097445
弁理士　岩橋　文雄
(74)代理人　100103355
弁理士　坂口　智康
(74)代理人　100109667
弁理士　内藤　浩樹
(72)発明者　稲垣　耕
滋賀県草津市野路東２丁目３番１－２号
松下冷機株式会社内
(72)発明者　森田　一郎
滋賀県草津市野路東２丁目３番１－２号
松下冷機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】リニアモータおよびリニアコンプレッサ

(57)【要約】
【課題】リニアモータおよびリニアコンプレッサに関し、効率の向上と信頼性の向上を図る。
【解決手段】固定子２５と、可動鉄心３４とマグネット３５を備える可動子３１と、可動子３１の揺動方向両側に配置され、可動子３１を前記固定子２５の磁極と一定の空隙を保ちながら対向させ、軸心方向に揺動自在に支持する板ばね４２とを備えるので、可動子を支持するための摺動部を必要とせず、モータの可動子の往復動に伴う損失を低減することができる。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
固定鉄心および前記固定鉄心に係着したマグネットワイヤとからなる固定子と、可動鉄心とマグネットを備える可動子と、前記可動子の揺動方向両側に配置され、一部が前記可動子に取り付けられ、他の一部が前記固定子に取り付けられ、前記固定子に対して前記可動子を前記固定子の磁極と一定の空隙を保ちながら対向させ、軸心方向に揺動自在に支持する板ばねとを備えたリニアモータ。
【請求項２】
前記可動子は略円筒形であり、前記板ばねは前記可動子への取り付け位置より前記固定子への取り付け位置へ、同一方向に旋回しながら伸びる複数の腕部を持つ請求項１記載のリニアモータ。
【請求項３】
前記可動子の両側に配置された前記板ばねは、軸心方向から見て前記腕部の位置が互いに一致しない様に、回転方向にずらして取り付ける請求項２記載のリニアモータ。
【請求項４】
請求項１から３のいずれか一項に記載のリニアモータと、前記リニアモータと軸心を共有し、前記固定子と共に固定部を構成するシリンダと、前記シリンダに往復自在に挿入され、前記可動子と共に可動部を構成するピストンとを備え、前記固定部及び前記可動部の質量と、前記板ばねのばね定数とで決まる共振周波数の近傍の周波数で駆動されるリニアコンプレッサ。
【請求項５】
前記ピストンと前記可動子がボールジョイントを介して連結される請求項４記載のリニアコンプレッサ。
【請求項６】
前記ピストンと前記可動子が、弾性体からなる可倒ロッドを介して連結される請求項４記載のリニアコンプレッサ。
【請求項７】
前記可動子の揺動方向がほぼ水平である請求項４から６のいずれか一項に記載のリニアコンプレッサ。
【請求項８】
潤滑油を使用しないことを特徴とする請求項７に記載のリニアコンプレッサ。
【請求項９】
前記ピストンと前記シリンダの摺動部をガスベアリングで構成した請求項８に記載のリニアコンプレッサ。
【請求項１０】
前記ピストンか前記シリンダの少なくとも一方に、自己潤滑性を有する材料を用いた請求項８に記載のリニアコンプレッサ。
【請求項１１】
前記ピストンか前記シリンダの少なくとも一方に、セラミック系材料を用いた請求項８に記載のリニアコンプレッサ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、冷凍サイクル等に用いられるリニアモータを用いたリニアコンプレッサに関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
近年、冷凍機器の高効率化の必要性はさらに高まっており、リニアモータを使用したコンプレッサは機構構成の単純さ故に、摺動損失の大幅な低減が期待できることから、高効率化のため広く使用されている（例えば、特許文献１参照）。

【０００３】
以下、図面を参照しながら上記従来のリニアコンプレッサを説明する。
【０００４】
図１２は、従来のリニアコンプレッサの断面図である。
【０００５】
図１２において、密閉ケーシング１にはリニアモータ部２を有する本体３が収容されるとともに、潤滑油４が貯留される。
【０００６】
リニアモータ部２はフレーム５に保持され、中空円筒状に形成された第１ケイ素鋼板層６と、同じくフレーム５に保持され、コイル７を旋設するとともに、第１ケイ素鋼板層６の外周面側に所定の空隙をおいて形成された中空円筒状の第２ケイ素鋼板層８とからなる固定子９と、第１ケイ素鋼板層６と第２ケイ素鋼板層８との間に遊挿され、非磁性体材料からなるマグネットシェル１０の先端部に複数のマグネット１１が接着されることにより中空円筒状に構成された可動子１２とから構成されている。
【０００７】
なお、マグネット１１は、一般にネオジなどの強磁界を有する希土類からなるマグネット材料が使用されており、往復方向と垂直な方向に磁化されている。
【０００８】
円筒状のボアを有するシリンダ１４に往復動自在なように挿入されたピストン１５は、シリンダ１４との間で軸受け部１６を形成するとともに、マグネットシェル１０が同軸状に一体に形成されている。また、シリンダ１４は中空円筒状に形成された第１ケイ素鋼板層６の内側に配置されるとともに、外周にはフレーム５が一体に形成されている。
【０００９】
ピストン１５は中空円筒状を成し、内部の空間で吸入通路１７を形成している。吸入通路１７の圧縮室１８側の開口端には吸入バルブ１９が取り付けられている。また、圧縮室１８の開口端には吐出バルブ２０が配置されている。
【００１０】
シリンダ１４、ピストン１５、第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８は各々軸線を共有しており、かつピストン１５はシリンダ１４との間で形成した軸受け部１６によって可動子１２を保持することで、マグネット１１は第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８の間と所定の空隙を保っている。
【００１１】
内側共振ばね２１と外側共振ばね２２は、共に圧縮コイルばねである。内側共振ばね２１は第１ケイ素鋼板層６とマグネットシェル１０に接するように配置され、外側共振ばね２２はマグネットシェル１０とアウタフレーム２３に接するように配置されており、ともに圧縮された状態で組み付けられている。また、給油ポンプ２４は本体３の底部に形成され、潤滑油４内に位置している。
【００１２】
以上のように構成されたリニアコンプレッサについて、以下その動作を説明する。
【００１３】
まず、コイル７に電流を通じて励磁すると、第１ケイ素鋼板層６から空隙、マグネット１１、空隙、第２ケイ素鋼板層８、空隙、マグネット１１、空隙、第１ケイ素鋼板層６へと一連の磁束のループが発生し、磁気回路を形成する。この磁束により第２ケイ素鋼板層８に形成される磁極にマグネット１１が吸引される。次にコイル７への電流を交番することで、可動子１２は、第１ケイ素鋼板層６と第２ケイ素鋼板層８の間で、図１２における水平方向に往復運動し、可動子１２に結合されたピストン１５もシリンダ１４内で往復運動を行う。
【００１４】
この結果、密閉ケーシング１内空間の冷媒ガスは、吸入通路１７を通って吸入バルブ１９から圧縮室１８へ吸入され、圧縮室１８内部で圧縮され、吐出バルブ２０から吐出すると

いう、コンプレッサの一連の動作を行うようになる。
【００１５】
このとき、前記シリンダ１４と第１ケイ素鋼板層６間に介在されて前記可動子１２の内側を弾力支持する内側共振ばね２１及び前記可動子１２の外側を弾力支持する外側共振ばね２２は、前記ピストン１５の直線往復運動を弾性エネルギーに変換して貯蔵し、この貯蔵された弾性エネルギーを直線運動に変換させながら共振運動を誘発させる。
【００１６】
また、給油ポンプ２４は、コンプレッサ本体３の振動により潤滑油を軸受け部１６に供給するようになっていた。
【００１７】
【特許文献１】
特開２００１－７３９４２号公報
【００１８】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら上記従来の構成は、第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８との間で可動子１２が揺動するため、可動子１２は第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８とに対し空隙を有する。
【００１９】
この２層分の空隙は、可動子１２が第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８の双方に対し接触することを避けるためにそれぞれに必要な距離を設けているが、空間は磁気抵抗となり、距離に比例して磁束を減少させることから、可動子１２を駆動させるに必要な推力を得るために、この２層分の空隙による磁束の減少分だけ余計にコイル７へ供給する電流が増加し、その結果入力が増加してしまうため、効率を上げることが難しかった。
【００２０】
同時に、可動子１２を駆動させるのに必要な推力を得るために、従来のリニアモータではマグネット１１を大きくする必要性があった。しかしながら、マグネット１１は高価な希土類を材料に使用しているため、マグネット１１が大きくなることで、大幅なコスト増加をきたしていた。
【００２１】
さらに、可動子１２と第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８との間に形成される２層の空隙は、いずれの箇所でも同じ距離であることが望ましい。なぜならば、空隙の距離に差違があるとマグネット１１と第１ケイ素鋼板層６または第２ケイ素鋼板層８の間で磁気吸着力のアンバランスが生じ、その結果、可動子１２の揺動方向に直角のこじりの力が発生し、ピストン１５とシリンダ１４で構成される軸受け部１６において摺動ロスを発生させるばかりでなく、異常な摩耗を発生させ、寿命を低下させる要因にもなるからである。
【００２２】
また、摩耗を発生させるほど、ピストン１５とシリンダ１４の間のこじりの力が大きい場合には、摺動に伴う騒音が発生していた。
【００２３】
これを回避するには上記した２層の空隙の距離を大きくして距離の相違の比率を下げる方法があるが、入力が増加してしまう上にマグネット１１もさらに大きくする必要が生ずる。そこで通常は、マグネットシェル１０を含む駆動系の加工精度を上げることになるが、加工精度を上げるためには可動部であるマグネットシェル１０の剛性を上げるため厚くする必要が有り、その結果、駆動系の重量が増加する。そして、可動子１２を駆動させるのに必要な推力が増加し、コイル７へ供給する電流が増加し、入力が増加してしまうとともに、軸受が支持する荷重も増加させ、摺動ロスが大きくなる。
【００２４】
しかも、マグネットシェル１０とピストン１５は第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８の外側で連結されている上に、マグネットシェル１０と第１ケイ素鋼板層６の間に

内側共振ばね２１が配置されているため、マグネットシェル１０は軸方向に長い形状となっている。このように軸方向に長い円筒形状では、特にマグネット１１が取付けられた先端部分の剛性が低くなりやすく、精度の確保のためには板を厚くするなど重量増加を伴う方法で剛性を上げる必要がある。

【００２５】

また、加工精度に加え、空隙が均一になるように精度良く組み立てることが磁気吸着力のアンバランスを低減するためには不可欠であるが、空隙が２層存在するためマグネットシェルの内側と外側両方の空隙を管理する必要が有り、製造する際の精度の管理が厳しくなり、コストアップの要因となっていた。

【００２６】

さらに、中空円筒形状のマグネットシェル１０は通常軽量化のため薄い板で形成されるが、マグネットシェル１０やこれを支持する構造の剛性が不足すると、部品精度や組立精度、マグネット１１の磁力のバラツキなどによる磁気吸着力のアンバランスを生じ、支持構造が変形しマグネット１１が半径方向に吸引される。そして、２層の空隙のそれぞれでマグネット１１と第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８が接近し、磁気吸着力がさらに大きくなることで、マグネット１１の偏心が更に大きくなる悪循環に陥る。この結果、マグネットシェル１０などに大きな力が作用し、変形が生じることにより騒音が発生したり、最悪の場合、第１ケイ素鋼板層６および第２ケイ素鋼板層８とマグネット１１が衝突し、破損の原因となるという欠点があった。

【００２７】

本発明は、空隙を均一に保ち、磁気吸着力のアンバランスに起因する騒音や破損の発生を防止すると共に、可動子支持のため摺動部で発生する損失を低減し、高効率なリニアモータおよびリニアコンプレッサを提供することを目的とする。

【００２８】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項１に記載の発明は、固定鉄心および前記固定鉄心に係着したマグネットワイヤとからなる固定子と、可動鉄心とマグネットを備える可動子と、前記可動子の揺動方向両側に配置され、一部が前記可動子に取り付けられ、他の一部が前記固定子に取り付けられ、前記固定子に対して前記可動子を前記固定子の磁極と一定の空隙を保ちながら対向させ、軸心方向に揺動自在に支持する板ばねとから構成したものであり、固定子に対して可動子を板ばねで支持することで可動子を支持するための摺動部を必要とせず、モータの可動子の往復動に伴う損失を低減するという作用を有する。

【００２９】

請求項２に記載の発明は、請求項１に記載の発明に、さらに、前記可動子は略円筒形であり、前記板ばねは前記可動子への取り付け位置より前記固定子への取り付け位置へ、同一方向に旋回しながら伸びる複数の腕部を持つものであり、径に比較して相対的に長い腕部を形成するため、弾性範囲内での揺幅を大きくできる上に、２つの板ばねの腕の旋回方向が同じであることから、往復動に伴うばねの微小なねじれによって生じる回転の方向も同じであり、ねじりを拘束した時に生ずるばねの応力増加を伴わない。さらに、可動子が略円筒形であるため、板ばねの変形に伴う可動子の回転があっても固定子との空隙は一定に保たれるため、可動子の回転が可能となるという作用を有する。

【００３０】

請求項３に記載の発明は、請求項２に記載の発明に、さらに、前記可動子の両側に配置された前記板ばねは、軸心方向から見て前記腕部の位置が互いに一致しない様に、回転方向にずらして取り付けたものであり、組み立ての際にモータ両側の腕と腕の間から可動子と固定子の間に隙間ゲージを挿入することができ、空隙を確実に確保した組み立てが可能であるという作用を有する。

【００３１】

請求項４に記載の発明は、請求項１から３のいずれか一項に記載のリニアモータと、前記リニアモータと軸心を共有し、前記固定子と共に固定部を構成するシリンダと、前記シリ

ンダに往復自在に挿入され、前記可動子と共に可動部を構成するピストンとを備え、前記固定部及び前記可動部の質量と、前記板ばねのばね定数とで決まる共振周波数の近傍の周波数で駆動されるリニアコンプレッサとしたものであり、ばねと質量による共振作用を利用することでエネルギーロスが少なく、ピストンの往復運動を効率良く行うとともに、板ばねで可動子を支持することでシリンダとピストンの摺動部において、可動部の自重が荷重として作用することを防止し、摩擦力を低減するという作用を有する。

【００３２】

請求項５に記載の発明は、請求項４記載の発明において、前記ピストンと前記可動子がボールジョイントを介して連結したものであり、モータの揺動方向とシリンダの軸の方向が微小にずれた場合でも、ボールジョイント部が回転することで角度方向のずれを吸収し、こじりを防ぐという作用を有する。

【００３３】

請求項６に記載の発明は、請求項４記載の発明において、前記ピストンと前記可動子が弾性体からなる可倒ロッドを介して連結したので、モータの揺動方向とシリンダの軸が微小にずれた場合でも、可倒ロッドが弾性変形することで、ピストンが軸に平行な方向及び回転方向に変位することが許容されるので、こじりを防ぐという作用を有する。

【００３４】

請求項７記載の発明は、請求項４から６のいずれか一項に記載の発明において、前記可動子の揺動方向をほぼ水平としたものであり、板ばねにより可動子などの重量に抗して軸心を保持しながら、径が小さく長さが長いコンプレッサを水平方向に配置することで、揺動方向を垂直にした場合や他の形式のリニアモータを採用した場合に比較して、コンプレッサの全高を低くすることができるという作用を有する。

【００３５】

請求項８に記載の発明は、請求項７に記載の発明において、潤滑油を使用しないので、冷却システムの熱交換器の伝熱面に潤滑油が付着して、冷媒ガスの熱伝達を阻害することを防止するという作用を有する。

【００３６】

請求項９に記載の発明は、請求項８に記載の発明において、前記ピストンと前記シリンダの摺動部をガスベアリングで構成したので、潤滑油の粘性抵抗によるピストンとシリンダ間の摺動損失が無くなるり、効率が向上するという作用を有する。

【００３７】

請求項１０に記載の発明は、請求項８に記載の発明において、前記ピストンか前記シリンダの少なくとも一方に、自己潤滑性を有する材料を用いたので、ピストンとシリンダの摺動部における潤滑油の粘性抵抗が無く、かつピストンとシリンダの摺動部の摩耗を防止するという作用を有する。

【００３８】

請求項１１に記載の発明は、請求項８に記載の発明において、前記ピストンか前記シリンダの少なくとも一方に、セラミック系材料を用いたので、ピストンとシリンダの摺動部における潤滑油の粘性抵抗が無く、かつピストンとシリンダの摺動部の摩耗を防止するという作用を有する。

【００３９】

【発明の実施の形態】

以下、本発明によるリニアモータとリニアコンプレッサの実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、従来と同一構成については、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

【００４０】

（実施の形態１）

図１は本発明の実施の形態１によるリニアモータの側断面図、図２は板ばねの相対位置を示す模式図、図３はリニアモータの組立状態を示す斜視図、図４はリニアモータの動作原理を示す模式図、図５はリニアモータの電流の流れる方向を示す模式図である。

【００４１】
図１から図５において、略円筒形の固定子２５は、リング状に巻かれた２つのマグネットワイヤ２６ａ，２６ｂと、このマグネットワイヤ２６ａ，２６ｂを収容するとともに、内周に３つの磁極２９ａ，２９ｂ，２９ｃを形成する固定鉄心２７と、固定鉄心２７の外周を支持する枠体２８とからなる。
【００４２】
固定鉄心２７は、磁気的に無方向性でかつ透磁率の高い、例えばＪＩＳ　Ｃ２８５２の無方向性電磁鋼帯に代表されるケイ素鋼板を、前記円筒の軸心に対して放射状に配列している。この固定鉄心２７は内周面に磁極２９ａ，２９ｂ，２９ｃを形成し、あらかじめリング状に捲回したマグネットワイヤ２６ａ，２６ｂを挟み込むように組み立てられている。
【００４３】
マグネットワイヤ２６ａ，２６ｂの巻線の端部２６ｃ，２６ｄ，２６ｅ，２６ｆは、固定鉄心２７の放射状に配置された薄板の一部に隙間を設けて、図５に示すように軸周りに電流が流れる方向が互いに逆向きになるように結線されている。また、端部２６ｇ，２６ｈは、電気絶縁した導線を利用して、固定鉄心２７の外側に引き出されている。
【００４４】
可動子３１は、固定子２５と軸心を共有する略円筒形をなすとともに、前記軸方向に揺動自在に固定子２５の内側に収容され、鉄系材料からなる軸３２と、この軸３２の外周に軸心を中心として放射状に透磁率の高い、例えばＪＩＳ　Ｃ２８５２の無方向性電磁鋼帯に代表されるケイ素鋼板を配列した薄板部３３とが一体となって形成する可動鉄心３４と、固定子２５の内周と一定の空隙をもって可動鉄心３４の外周に接着剤で固定され、軸方向に２つに分離し、表面にそれぞれ異なる磁極を有するマグネット３５ａ，３５ｂとから形成される。マグネット３５は、希土類元素を含み、強磁界を有するマグネットが用いられている。
【００４５】
板ばね４２ａ，４２ｂは、可動子３１の軸方向両側に配置されている。板ばね４２ａ，４２ｂは弾性を有し、柔軟性に富む板状の金属材料で形成され、具体的にはばね鋼や工具鋼、ステンレスなどの鉄系材料で形成されている。板ばね４２ａ，４２ｂは、中心部４２ｃと渦巻状の２本の腕の先端４２ｄ，４２ｅの３ヶ所に貫通穴を備え、中心部４２ｃは可動子３１の軸３２に、また外径側両端４２ｄ，４２ｅは、固定子２５の枠体２８にそれぞれボルトで連結されている。
【００４６】
全ての板ばねは、中心部４２ｃから両端４２ｄ，４２ｅに至る腕部４２ｆ，４２ｇが、シリンダヘッド側から見て反時計方向に旋回するように取り付けられている。また、腕部４２ｆ，４２ｇの位置がモータの両側で一致しない様に、板ばね４２ａの枠体２８への取り付け角度は、板ばね４２ｂの枠体２８への取り付け角度に対してほぼ９０度回転した方向となっている。
【００４７】
板ばね４２ａ，４２ｂにより、可動子３１は固定子２５の磁極２９ａ，２９ｂと一定の空隙を保ちながら対向し、軸心方向に揺動自在に支持されることで、可動子３１と固定子２５等からなるリニアモータ４３を構成している。
【００４８】
以上のように構成されたリニアモータについて、以下その動作を説明する。
【００４９】
リング状のマグネットワイヤ２６ａ，２６ｂに電流を通じると、まず、矢印で示すように固定鉄心、空隙、マグネット、可動鉄心、マグネット、空隙、固定鉄心へとループする磁束Φが発生する。この磁束Φにより、固定鉄心への各磁極２９ａ，２９ｂ，２９ｃはそれぞれＮ極、Ｓ極、Ｎ極に磁化される。可動子３１のマグネット３５ａ，３５ｂの外表面はそれぞれＳ極、Ｎ極に磁化されているので、各磁極と各マグネットとの間には白抜き矢印で示す吸引、反発の力が発生し、可動子３１は矢印イで示す方向に駆動される。

【００５０】
次にマグネットワイヤ２６ａ，２６ｂに逆向きの電流が流れると、前述と逆の動作が生じ、可動子３１は矢印イと逆向きに駆動される。電流の方向と大きさを交互に切り換えるよう制御することで可動子３１の往復動作が行われる。
【００５１】
ここでマグネット３５ａ，３５ｂは可動鉄心３４外周に固定してあるため、従来の可動マグネット型のリニアモータに比べ、マグネット３５ａ，３５ｂと可動鉄心３４の間に空隙が存在しない分、磁束ループ中の空隙が少ない。その結果、磁気抵抗が小さくなるため、磁束は可動マグネット型に比べ流れやすく、必要推力を得るため一定の磁束を発生させるマグネットワイヤ２６ａ，２６ｂへの電流を少なくすることができ、効率の向上やマグネット量の低減を図ることができる。
【００５２】
可動子３１において、マグネット３５ａ，３５ｂは可動鉄心３４に接着されているため構造が強固であり、外径寸法の精度向上が容易である。さらに、可動子３１は固定子２５に対して板ばね４２ａ，４２ｂにより支持されているが、板ばね４２ａ，４２ｂは、軸方向のばね定数に比べ半径方向の剛性が高いため、可動子３１と固定子２５の間に、可動子３１の自重による荷重や磁気吸着力のアンバランス等が作用しても、可動子３１と固定子２５の間の空隙の変化が極めて小さい。従って、可動子３１が変形して騒音を発生したり、可動子３１と固定子２５が衝突することを防止できる。
【００５３】
板ばね４２ａ，４２ｂは、同一方向に旋回しながら伸びる複数の腕部４２ｆ，４２ｇを持つので、径に比較して相対的に長い腕部を形成するため、弾性範囲内での揺幅を大きくできるため、ばねの応力増加を緩和できる。
【００５４】
また、板ばね４２ａ，４２ｂの腕部４２ｆ，４２ｇの旋回方向は同じであるため、２つのばねの往復動に伴うばねの微小なねじれによって生ずる回転の方向も同じとなり、円筒形の可動子３１がわずかに回転することで、ねじりを拘束した時に生ずる応力増加を防止し信頼性を向上することができる。
【００５５】
また、可動子３１を固定子２５に対して固定する際、幅の小さい薄板状の隙間ゲージを複数枚、可動子３１と固定子２５の間に挿入して均一な空隙を確保する事が必要であるが、モータの両端面に板ばね４２ａ，４２ｂを配置することで、可動子３１と固定子２５の間の空隙部が板ばね４２ａ，４２ｂの影に隠れてしまい、露出している空隙部は図２に示すように少なくなっている。ところが、板ばね４２ａ，４２ｂの取り付け角度を可動子３１の両側で互いに９０度程度ずらして配置し、モータの両側から隙間ゲージを挿入することで、ほぼ全周に隙間ゲージを挿入することができる。従って、隙間ゲージを挿入後、可動子３１と固定子２５を板ばねで連結することで、均一な空隙を確保することができる。その結果、磁気吸着力のアンバランスにより、こじりの力が発生することを防止できるので、摺動ロスの発生を低減し、摩耗を防止することができる。
【００５６】
（実施の形態２）
図６は本発明の実施の形態２によるリニアコンプレッサの側断面図、図７は図６の水平断面図である。
【００５７】
図６および図７において、リニアモータ４３を備えたコンプレッサ本体５３が、密閉ケーシング１内に収納されている。
【００５８】
リニアモータの固定子２５に連結されたシリンダ５１に、リニアモータ４３の可動子３１に連結されたピストン５２が往復動自在に挿入されている。シリンダ５１の端面には、シリンダヘッド５４、吸入マフラ５５が取り付けられ、シリンダ５１および固定子２５など

とともに固定部５７を形成している。
【００５９】
また、ピストン５２、可動子３１などから可動部５８は構成され、可動子３１の軸３２の先端には、ピストン５２が取り付けられ、軸３２とピストン５２はボールジョイント６１を介して、回転自在な状態で連結されている。
【００６０】
板ばね４２ａ，４２ｂはそれぞれ、中心部が可動部５８に、両端部が固定部５７に取付けられており、共振ばね５９を構成されている。
【００６１】
シリンダ５１はリニアモータ４３の固定子２５の枠体２８に取り付けられ、円筒状の内面５１ａにピストン５２が揺動自在な状態で挿入されている。
【００６２】
コンプレッサ本体５３は、密閉ケーシング１内で、リニアモータ４３の往復方向がほぼ水平になるように、サスペンションスプリング６４により弾性支持されている。
【００６３】
さらに、毛細管６６の一端は、密閉ケーシング１の底部に貯溜された潤滑油４に浸漬し、他端は吸入マフラ５５の管部５５ａ内に開口している。
【００６４】
以上のように構成されたリニアコンプレッサについて、以下その動作を説明する。
【００６５】
リニアモータ４３に電流を通じると、可動子３１の往復動作により、これに取り付けられたピストン５２がシリンダ５１内で往復し、コンプレッサとしての動作を行う。この際、電流の周波数を、固定部５７および可動部５８の質量と共振ばね５９のばね定数で決まる共振周波数の近傍とすることで、共振作用によりリニアモータ４３は効率良く往復運動することが可能となる。
【００６６】
冷媒ガスは吸入マフラ５５より、圧縮室１８へ吸入されるが、その際、毛細管６６から潤滑油が供給され、ピストン５２とシリンダ５１の摺動部などの潤滑を行う。
【００６７】
可動子３１と固定子２５の間に働く荷重は板ばね４２ａ，４２ｂで支持されているため、ピストン５２とシリンダ５１の摺動部には側方向の力はほとんど作用しない。さらに、ピストン５２と可動子３１はボールジョイント６１を介して連結されていることから、部品の寸法や組立の精度の影響で、リニアモータ４３の揺動方向とシリンダ５１の軸が微小にずれた場合でもボールジョイント６１が回転するので、ピストン５２とシリンダ５１のこじりを防止できる。従って、摺動損失の増加による効率の低下や、摩擦による信頼性低下を防止できる。
【００６８】
また、本発明のリニアコンプレッサでは、シリンダ５１、板ばね４２ｂ、モータ４３、板ばね４２ａの順で軸方向に直列配置されているため、従来のモータ内にシリンダが配置されるリニアコンプレッサに比べ、直径は小さいものの、軸方向の長さが長くなってしまう。しかし、軸が水平方向に向くように配置することで、従来のコンプレッサに比べ全高を低くすることができる。この結果、冷蔵庫に搭載される際、コンプレッサを収納する機械室の容積を小さくすることができ、冷蔵庫の庫内容積を大きくすることができる。
【００６９】
しかも、可動部５８は板ばね４２ａ，４２ｂにより確実に支持されているため、コンプレッサを横置きしても可動部５８の重量がピストン５２とシリンダ５１の接触荷重として作用することが無いため、摺動損失の増加による効率の低下や摩擦による信頼性低下を防止できる。
【００７０】
（実施の形態３）

図８は本発明の実施の形態３によるリニアコンプレッサの断面図である。
【００７１】
図８において、ピストン７１と可動子３１は、可倒ロッド７２を介して連結されている。
【００７２】
可倒ロッド７２は、軸方向に荷重を支持できるだけの剛性を与えながら、横方向への柔軟性と弾性を有するように径の細い棒状の弾性体で構成され、具体的にはステンレスやばね鋼などの弾力性と剛性を有する金属材料で構成されている。
【００７３】
なお、可倒ロッド７２以外の構成は図６とまったく同様であるため、同一箇所は同一符号を付して詳細な説明を省略する。
【００７４】
以上のように構成されたリニアコンプレッサにおいて、以下その動作を説明する。
【００７５】
ピストン７１と可動子３１が横方向に柔軟な可倒ロッド７２で連結されているため、可動子３１の往復軸３２とシリンダ５１の軸がわずかにずれても、可倒ロッド７２がピストン７１の軸と平行な方向への移動、および回転方向の変形が可能であるため、ピストン７１とシリンダ５１のこじりを防止し、摩擦や摩耗を防止することができる。
【００７６】
（実施の形態４）
図９は本発明の実施の形態４によるリニアコンプレッサの断面図である。
【００７７】
図９において、シリンダ８１には、シリンダヘッド５４の高圧室５４ａから、内面８１ａのピストン５２に対向する位置まで連通するガス通路８１ｂが設けられ、ガスベアリング８２が形成されている。また、本実施例のリニアコンプレッサにおいて、潤滑油を必要としないため、図６に示す潤滑油４及び毛細管６６を備えていない。
【００７８】
なお、これ以外の構成は図６、７とまったく同様であるため、同一構成については、同一符号を付して詳細な説明を省略する。
【００７９】
以上のように構成されたリニアコンプレッサにおいて、以下その動作を説明する。
【００８０】
ガスベアリング８２において、シリンダヘッド５５の高圧室５５ａから供給された高圧の冷媒ガスにより、ピストン５２はシリンダ８１に対して浮上した状態になる。
【００８１】
通常ガスベアリング８２は、固体同士の接触を防止するため、非常に摩擦が少ないが、大きな荷重を支持するためには大量のガスを流す必要が有り、コンプレッサのピストン５２とシリンダ８１間に用いる際には、ガスの漏れが損失の要因となっていた。ところが、本発明においては、可動子が板ばねで支持されているため、ガスベアリング８２には小さな荷重しか作用しない。しかも、ボールジョイント６１によりピストン５２がシリンダ８１に対して傾斜することを防止できるため、摺動損失と漏れ損失の両方を小さくすることが可能となり、コンプレッサの効率を向上すると共に、摩擦による信頼性の低下を防止することができる。
【００８２】
さらに、潤滑油を使用しないことで、冷却システムの熱交換器の伝熱面に潤滑油が付着しないので冷媒との熱伝達を改善し、冷却システムの効率を改善することができる。
【００８３】
（実施の形態５）
図１０は本発明の実施の形態５によるリニアコンプレッサの断面図である。
【００８４】
図１０において、シリンダ９１は自己潤滑性を有する材料で構成されている。具体的には

摺動面にダイヤモンドライクカーボン皮膜を施したものである。また、本実施例のリニアコンプレッサにおいて、潤滑油を必要としないため、図６に示す潤滑油４及び毛細管６６を備えていない。

【００８５】

なお、これ以外の構成は図６とまったく同様であるため、同一構成については、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

【００８６】

以上のように構成されたリニアコンプレッサにおいて、以下その動作を説明する。

【００８７】

ピストン５２とシリンダ９１の摺動部は荷重が小さいため、シリンダ９１表面の自己潤滑性により、潤滑油を用いなくとも摩耗を防止し、摺動部の信頼性を確保することができる。

【００８８】

また、潤滑油を用いていないため、ピストン５２とシリンダ９１の間に粘性摩擦が作用しないため、効率を向上することができる。

【００８９】

なお、本実施の形態では、ダイヤモンドライクカーボン皮膜を用いたが、これ以外にカーボン等の自己潤滑性を有する材料を添加した材料や、ＰＴＦＥなどの材料を用いても同様の効果が得られる。

【００９０】

また、本実施の形態では、自己潤滑性を有する材料をシリンダ９１に用いたが、ピストン５２に用いても同様の効果が得ることができる。

【００９１】

（実施の形態６）

図１１は本発明の実施の形態６によるリニアコンプレッサの断面図である。

【００９２】

図１１においてピストン９６は、セラミック系の材料、具体的には表面にタングステンカーバイトの皮膜を施したものである。また、本実施例のリニアコンプレッサにおいて、潤滑油を必要としないため、図６に示す潤滑油４及び毛細管６６を備えていない。

【００９３】

なお、これ以外の構成は図６とまったく同様であるため、同一箇所は同一符号を付して詳細な説明を省略する。

【００９４】

以上のように構成されたリニアコンプレッサにおいて、以下その動作を説明する。

【００９５】

ピストン９６表面には耐摩耗性の高いタングステンカーバイト皮膜を設けているため、潤滑油を用いなくても摩耗を防止し、摺動部の信頼性を確保することができる。

【００９６】

また、本実施例では潤滑油を用いていないことにより、粘性摩擦を低減することができる。

【００９７】

なお、本実施の形態ではセラミック系の材料として、タングステンカーバイトを用いたが、他のジルコニアなどのセラミック系材料を用いても信頼性を向上することができる。

【００９８】

【発明の効果】

以上の説明したように請求項１に記載の発明は、摺動部をなくすことで損失を低減できる。

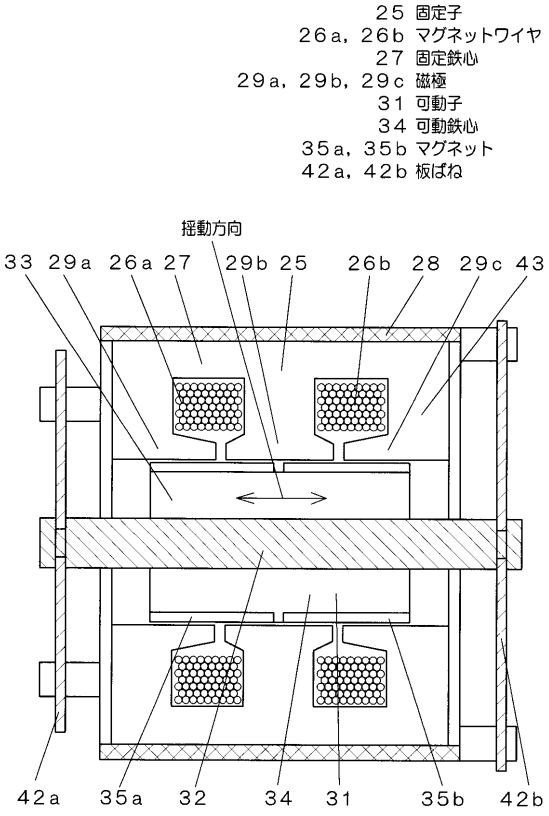
【００９９】

また、請求項２に記載の発明は、板ばねの応力を小さくすることで信頼性を向上することができる。

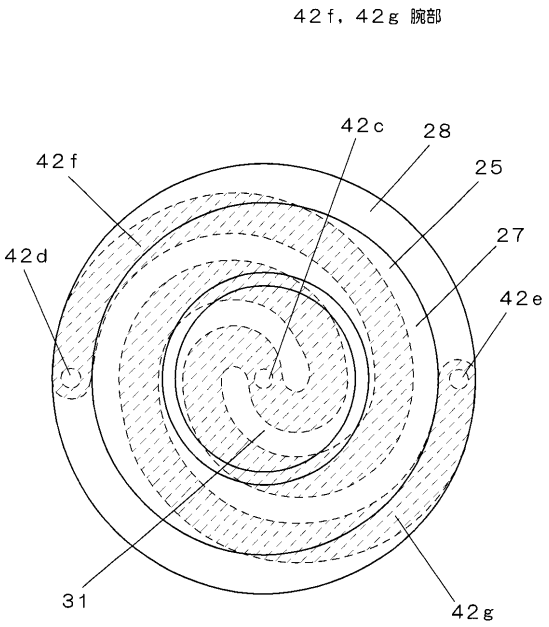
【０１００】
また、請求項３に記載の発明は、空隙を確実に確保した状態で組み立てが可能となる。
【０１０１】
また、請求項４に記載の発明は、ピストンとシリンダの間にかかる荷重を低減することで損失を低減することができる。
【０１０２】
また、請求項５に記載の発明は、ピストンとシリンダのこじりを防止し、摺動損失を低減すると共に信頼性を向上することができる。
【０１０３】
また、請求項６に記載の発明は、ピストンとシリンダのこじりを防止し、摺動損失を低減すると共に信頼性を向上することができる。
【０１０４】
また、請求項７記載の発明は、冷蔵庫の庫内容積を拡大することができる。
【０１０５】
また、請求項８に記載の発明は、冷却システムの効率を改善できる。
【０１０６】
また、請求項９に記載の発明は、摩擦を低減することで効率を向上するとともに信頼性を確保することができる。
【０１０７】
また、請求項１０に記載の発明は、摩擦を低減することで効率を向上するとともに信頼性を確保することができる。
【０１０８】
また、請求項１１に記載の発明は、摩擦を低減することで効率を向上するとともに信頼性を確保することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明によるリニアモータの実施の形態１の側断面図
【図２】同実施の形態の板ばねの相対位置を示す模式図
【図３】同実施の形態のリニアモータの斜視図
【図４】同実施の形態のリニアモータの動作原理を示す模式図
【図５】同実施の形態のリニアモータの電流の流れを示す模式図
【図６】本発明によるリニアコンプレッサの実施の形態２の側断面図
【図７】図６の水平断面図
【図８】本発明によるリニアコンプレッサの実施の形態２の側断面図
【図９】本発明によるリニアコンプレッサの実施の形態３の側断面図
【図１０】本発明によるリニアコンプレッサの実施の形態４の側断面図
【図１１】本発明によるリニアコンプレッサの実施の形態５の側断面図
【図１２】従来のリニアコンプレッサの断面図
【符号の説明】
２５　固定子
２６ａ，２６ｂ　マグネットワイヤ
２７　固定鉄心
２９ａ，２９ｂ，２９ｃ　磁極
３１　可動子
３４　可動鉄心
３５ａ，３５ｂ　マグネット
４２ａ，４２ｂ　板ばね
４２ｆ，４２ｇ　腕部
５１　シリンダ
５２　ピストン
５７　固定部

５８　可動部
６１　ボールジョイント
７１　ピストン
７２　可倒ロッド
８１　シリンダ
８２　ガスベアリング
９１　シリンダ
９６　ピストン

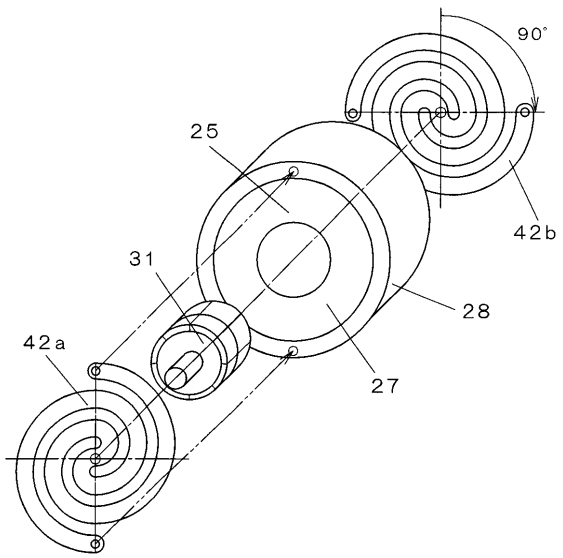
【図１】



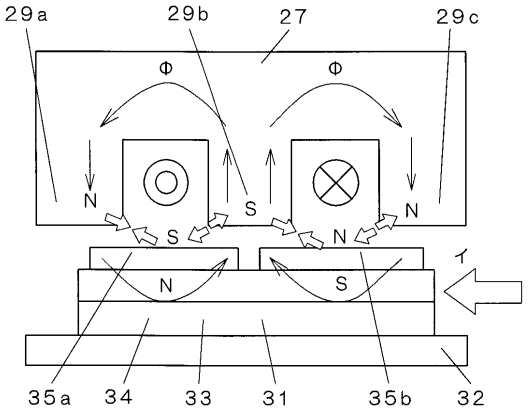
【図２】



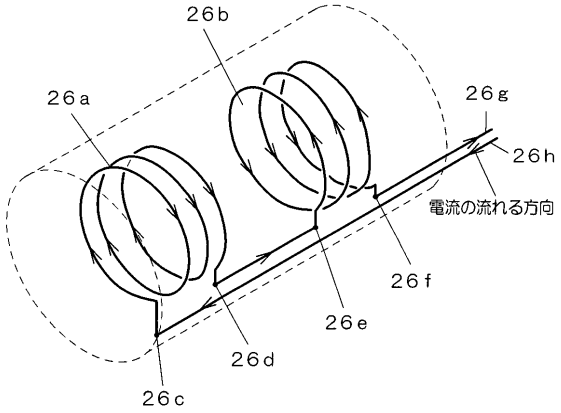
【図３】


90°
25
42b
31
28
42a
27

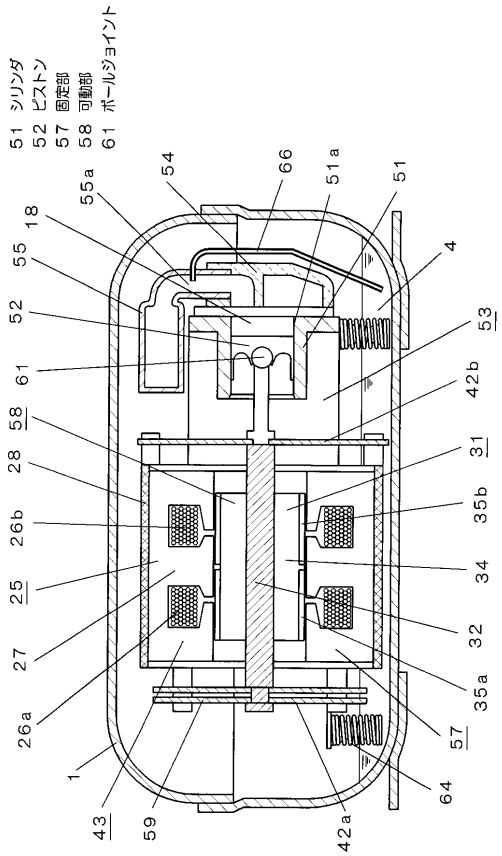
【図４】


29a
29b
27
29c
Φ
Φ
N
S
S
N
N
S
N
S
イ
35a
34
33
31
35b
32

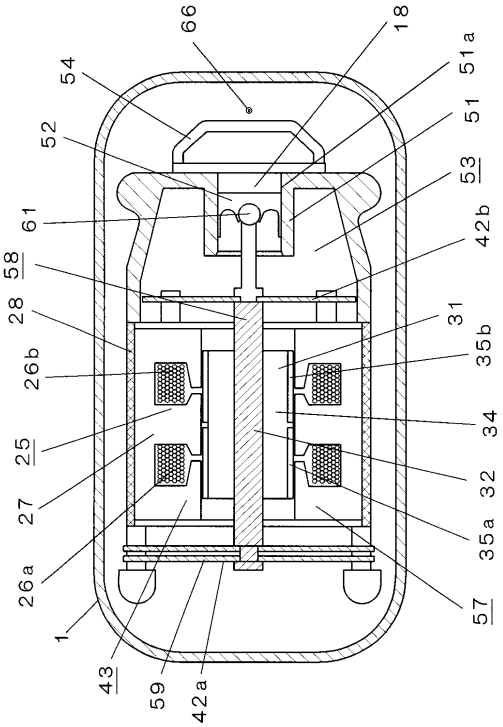
【図５】


26b
26a
26g
26h
電流の流れる方向
26f
26e
26d
26c

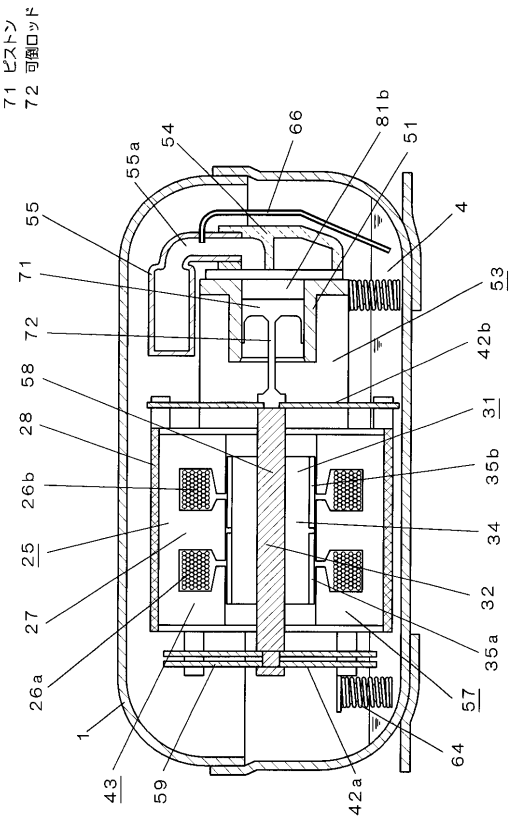
【図６】


51 シリンダ
52 ピストン
57 固定部
58 可動部
61 ボールジョイント
55a
54
66
51a
51
18
55
4
52
53
61
42b
58
31
28
35b
26b
34
25
32
27
35a
26a
57
1
64
43
59
42a

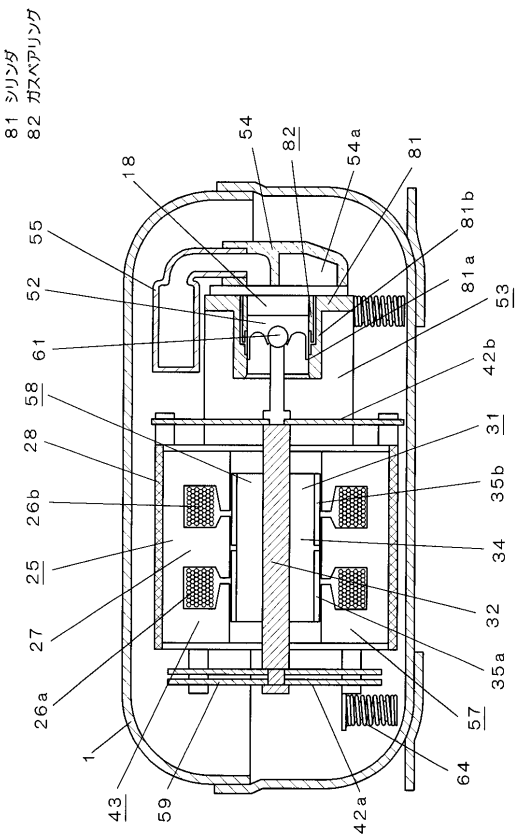
【図７】


66
18
54
51a
52
51
53
61
42b
58
31
28
35b
26b
34
25
32
27
35a
26a
57
1
43
59
42a

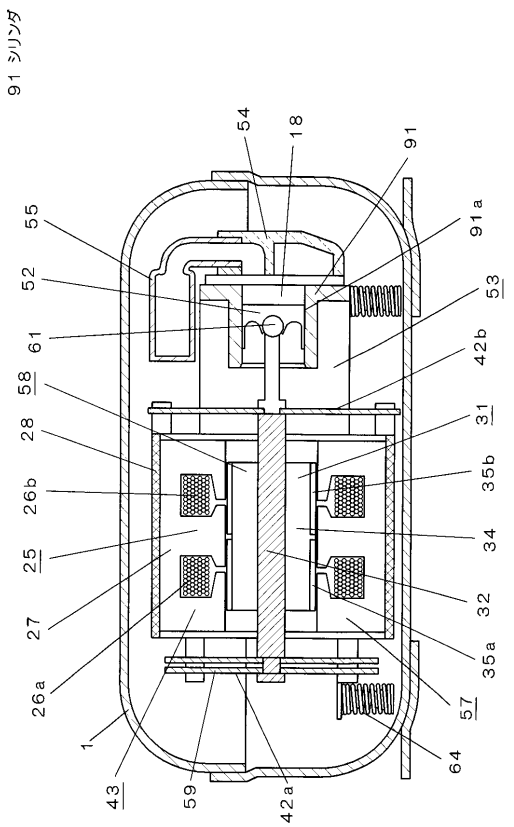
【図８】


71 ピストン
72 可動ロッド
55a
54
66
81b
51
4
55
71
72
58
28
26b
25
27
26a
1
43
59
42a
64
57
35a
32
34
35b
31
42b
53

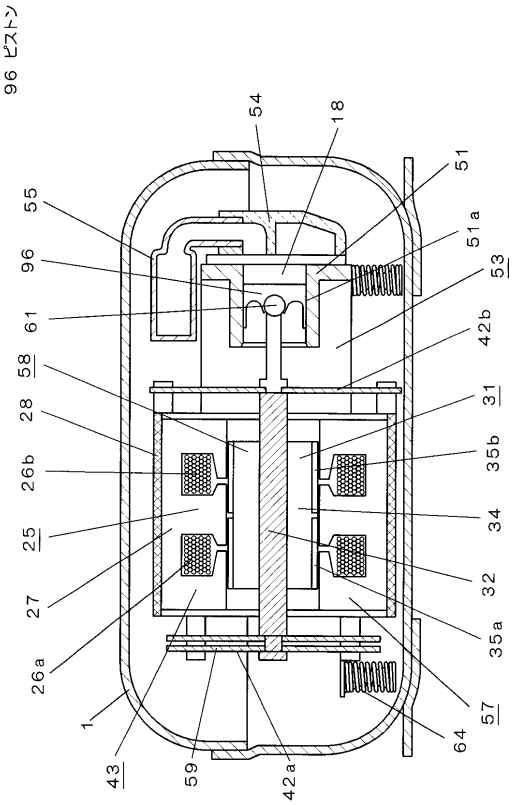
【図９】


81 シリンダ
82 ガスベアリング
18
54
82
54a
81
81b
81a
53
55
52
61
58
28
26b
25
27
26a
1
43
59
42a
64
57
35a
32
34
35b
31
42b

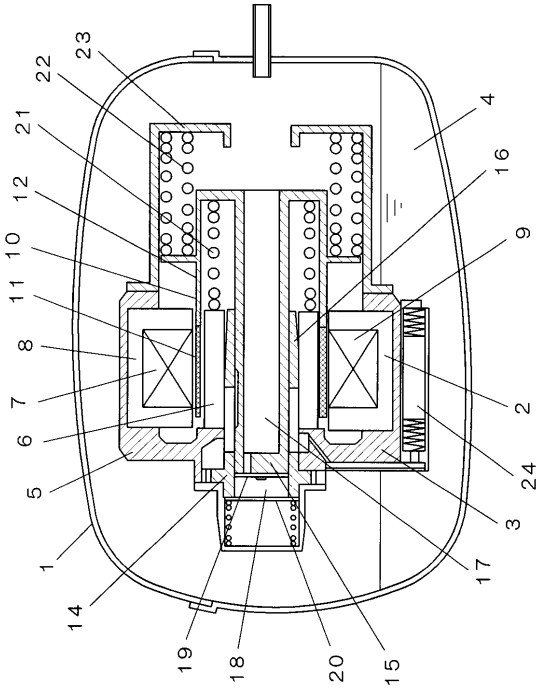
【図１０】


91 シリンダ
54
18
91
91a
53
55
52
61
58
28
26b
25
27
26a
1
43
59
42a
64
57
35a
32
34
35b
31
42b

【図１１】


96 ピストン
54
18
51
51a
53
55
96
61
58
28
26b
25
27
26a
1
43
59
42a
64
57
35a
32
34
35b
31
42b

【図１２】



フロントページの続き

Ｆターム(参考) 3H076 AA02 BB18 BB21 BB26 CC03 CC31
5H633 BB08 GG02 GG04 GG08 GG12 GG13 GG17 HH03 HH07 HH12
HH18 HH22 JA03