

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7195824号
(P7195824)

(45)発行日 令和4年12月26日(2022.12.26)

(24)登録日 令和4年12月16日(2022.12.16)

(51)国際特許分類

F I

F 2 5 B 9/14 (2006.01) F 2 5 B 9/14 5 3 0 Z

F 2 5 B 9/06 (2006.01) F 2 5 B 9/06 A

請求項の数 9 (全14頁)

(21)出願番号	特願2018-167725(P2018-167725)	(73)特許権者	000002107
(22)出願日	平成30年9月7日(2018.9.7)		住友重機械工業株式会社
(65)公開番号	特開2020-41718(P2020-41718A)		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(43)公開日	令和2年3月19日(2020.3.19)	(74)代理人	100105924
審査請求日	令和3年8月26日(2021.8.26)		弁理士 森下 賢樹
		(74)代理人	100116274
			弁理士 富所 輝観夫
		(72)発明者	許 名堯
			東京都西東京市谷戸町二丁目1番1号
			住友重機械工業株式会社田無製造所内
		(72)発明者	包 乾
			東京都西東京市谷戸町二丁目1番1号
			住友重機械工業株式会社田無製造所内
		審査官	笹木 俊男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 極低温冷凍機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリンダと、
前記シリンダ内に配置され、ガス圧により往復動が駆動されるディスプレイサと、
前記ディスプレイサとともに往復動するように前記ディスプレイサに剛に連結されたカ
ラーと、
前記カラーによって上部区画と下部区画とに分けられたカラー室と、
前記ディスプレイサと前記シリンダの間に設けられ、前記下部区画を封じるシール部と、
前記ディスプレイサが下死点にあるとき前記ディスプレイサと前記シリンダとの干渉を
緩和するように前記下部区画に設けられた下部バンパーと、
前記ディスプレイサが下死点にあるとき前記上部区画と前記下部区画との連通を保証す
るよう前記カラーまたは前記カラー室に形成された連通路と、を備え、
前記ディスプレイサは、軸方向一端にて前記シリンダとの間に膨張室を形成し、軸方向他
端にて前記シリンダとの間に室温室を形成し、
第1隙間が、前記カラーの内周面に径方向に内側に隣接して形成され、第2隙間が、前記
カラーの外周面に径方向に外側に隣接して形成され、
前記カラー室の前記上部区画は、前記第1隙間を通じて前記室温室と連通し、
前記カラー室の前記下部区画は、前記第1隙間、前記上部区画、前記第2隙間を通じて前
記室温室と連通し、
前記ディスプレイサが下死点にあるとき前記第2隙間を通じた前記下部区画と前記上部区

画の連通が遮断されることを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項 2】

前記連通路は、前記カラーに形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の極低温冷凍機。

【請求項 3】

前記カラーは、前記ディスプレイサの軸方向に前記ディスプレイサから上方に延在する筒状の本体と、前記本体から径方向に延出するカラー上端と、を備え、

前記連通路は、前記ディスプレイサの軸方向に前記カラー上端を貫通していることを特徴とする請求項 2 に記載の極低温冷凍機。

【請求項 4】

シリンダと、

前記シリンダ内に配置され、ガス圧により往復動が駆動されるディスプレイサと、

前記ディスプレイサとともに往復動するように前記ディスプレイサに剛に連結されたカラーと、

前記カラーによって上部区画と下部区画とに分けられたカラー室と、

前記ディスプレイサと前記シリンダの間に設けられ、前記下部区画を封じるシール部と、

前記ディスプレイサが下死点にあるとき前記ディスプレイサと前記シリンダとの干渉を緩和するように前記下部区画に設けられた下部バンパーと、

前記ディスプレイサが下死点にあるとき前記上部区画と前記下部区画との連通を保証するように前記カラーまたは前記カラー室に形成された連通路と、を備え、

前記連通路は、前記下部バンパーに形成されていることを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項 5】

前記下部バンパーは、前記カラー室の下面に設置された下部緩衝材および下部リテーナを備え、

前記連通路は、前記下部緩衝材とは反対側となる前記下部リテーナの上面に形成された溝を含むことを特徴とする請求項 4 に記載の極低温冷凍機。

【請求項 6】

前記シリンダを含むコールドヘッドハウジングと、

前記ディスプレイサが上死点にあるとき前記ディスプレイサと前記コールドヘッドハウジングとの干渉を緩和するように前記上部区画に設けられた上部バンパーと、をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

【請求項 7】

前記カラー室の前記上部区画は、上部ガスばね室として働き、前記カラー室の前記下部区画は、下部ガスばね室として働くことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

【請求項 8】

前記ディスプレイサを往復動させる前記ガス圧を制御するバルブ部と、

前記バルブ部を駆動する駆動源と、をさらに備え、

前記ディスプレイサおよび前記カラーは、前記駆動源と機械的に連結されていないことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

【請求項 9】

前記極低温冷凍機は、ガス駆動型 G M 冷凍機であることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、極低温冷凍機に関する。

【背景技術】

【0002】

極低温冷凍機の代表例の 1 つである G M (ギフォード・マクマホン、Gifford-McMaho

10

20

30

40

50

n) 冷凍機は、ディスプレイサの駆動源によってモータ駆動型とガス駆動型の２種類に大きく分けられる。モータ駆動型においては、ディスプレイサがモータに機械的に連結され、モータによって駆動される。ガス駆動型においては、ディスプレイサがガス圧によって駆動される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】特開平２－１９７７６５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【０００４】

本発明者らは、ガス駆動型の極低温冷凍機について鋭意研究を重ねた結果、以下の課題を認識するに至った。典型的なガス駆動型の極低温冷凍機では、ガス圧によってディスプレイサがシリンダ端部に干渉（例えば衝突）するまで移動する。干渉は振動および騒音を生じさせうる。ディスプレイサとシリンダ端部との干渉を防止し、振動および騒音を低減するために、「カラーバンパー」と称される設計が採用されうる。しかしながら、カラーバンパー方式のガス駆動型極低温冷凍機では、ディスプレイサが下死点に到達するとき、カラーの一方側に低圧の密閉領域が形成され、カラーの他方側の高圧領域との差圧によって上死点に向かうディスプレイサの移動が妨げられうる。

【０００５】

20

本発明のある態様の例示的な目的のひとつは、カラーバンパー方式のガス駆動型極低温冷凍機においてディスプレイサの下死点から上死点に向かう移動を容易にすることにある。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明のある態様によると、極低温冷凍機は、シリンダと、シリンダ内に配置され、ガス圧により往復動が駆動されるディスプレイサと、ディスプレイサとともに往復動するようにディスプレイサに剛に連結されたカラーと、カラーによって上部区画と下部区画とに分けられたカラー室と、ディスプレイサが下死点にあるときディスプレイサとシリンダとの干渉を緩和するように下部区画に設けられた下部バンパーと、ディスプレイサが下死点にあるとき上部区画と下部区画との連通を保証するようにカラーまたはカラー室に形成された連通路と、を備える。

30

【０００７】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【０００８】

本発明によれば、カラーバンパー方式のガス駆動型極低温冷凍機においてディスプレイサの下死点から上死点に向かう移動を容易にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

40

【図１】実施の形態に係る極低温冷凍機を概略的に示す図である。

【図２】実施の形態に係る極低温冷凍機を概略的に示す図である。

【図３】他の実施の形態に係るカラーおよびバンパーを概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。説明および図面において同一または同等の構成要素、部材、処理には同一の符号を付し、重複する説明は適宜省略する。図示される各部の縮尺や形状は、説明を容易にするために便宜的に設定されており、特に言及がない限り限定的に解釈されるものではない。実施の形態は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。実施の形態に記述されるす

50

べての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

【 0 0 1 1 】

図 1 および図 2 は、実施の形態に係る極低温冷凍機 1 0 を示す概略図である。極低温冷凍機 1 0 は、例えば、ガス駆動型の G M 冷凍機である。

【 0 0 1 2 】

極低温冷凍機 1 0 は、作動ガス（例えばヘリウムガス）を圧縮する圧縮機 1 2 と、作動ガスを断熱膨張により冷却するコールドヘッド 1 4 と、を備える。圧縮機 1 2 は、圧縮機吐出口 1 2 a 及び圧縮機吸入口 1 2 b を有する。圧縮機吐出口 1 2 a 及び圧縮機吸入口 1 2 b はそれぞれ、極低温冷凍機 1 0 の高圧源及び低圧源として機能する。コールドヘッド 1 4 は膨張機とも呼ばれる。

10

【 0 0 1 3 】

詳しくは後述するように、圧縮機 1 2 は、圧縮機吐出口 1 2 a からコールドヘッド 1 4 に高圧（P H）の作動ガスを供給する。コールドヘッド 1 4 には作動ガスを予冷する蓄冷器 1 5 が備えられている。予冷された作動ガスは、コールドヘッド 1 4 内での膨張によって更に冷却される。作動ガスは蓄冷器 1 5 を通じて圧縮機吸入口 1 2 b に回収される。作動ガスは蓄冷器 1 5 を通るとき蓄冷器 1 5 を冷却する。圧縮機 1 2 は、回収した低圧（P L）の作動ガスを圧縮し、再びコールドヘッド 1 4 に供給する。

【 0 0 1 4 】

図示されるコールドヘッド 1 4 は単段式である。ただし、コールドヘッド 1 4 は、多段式であってもよい。

20

【 0 0 1 5 】

コールドヘッド 1 4 は、ガス圧で駆動されるフリーピストンとしての軸方向可動体 1 6 と、気密に構成され軸方向可動体 1 6 を収容するコールドヘッドハウジング 1 8 と、を備える。コールドヘッドハウジング 1 8 は、軸方向可動体 1 6 を軸方向に往復動可能に支持するとともに、作動ガスの圧力容器として構成されている。モータ駆動型の G M 冷凍機とは異なり、コールドヘッド 1 4 は、軸方向可動体 1 6 を駆動するモータおよび連結機構（例えばスコッチヨーク機構）を有しない。

【 0 0 1 6 】

軸方向可動体 1 6 は、軸方向（図 1 において上下方向、矢印 C で示す）に往復動可能なディスプレイサ 2 0 と、ディスプレイサ 2 0 を軸方向に駆動するようにディスプレイサ 2 0 に同軸に連結された駆動ピストン 2 2 と、を備える。駆動ピストン 2 2 は、ディスプレイサ 2 0 が駆動ピストン 2 2 と一体に軸方向に往復動するようにディスプレイサ 2 0 に剛に連結されている。駆動ピストン 2 2 は、ディスプレイサ 2 0 に比べて小さい寸法を有する。駆動ピストン 2 2 の軸方向長さはディスプレイサ 2 0 のそれより短く、駆動ピストン 2 2 の径もディスプレイサ 2 0 のそれより小さい。

30

【 0 0 1 7 】

コールドヘッドハウジング 1 8 は、ディスプレイサ 2 0 を収容するディスプレイサシリンダ 2 6 と、駆動ピストン 2 2 を収容するピストンシリンダ 2 8 と、を備える。ピストンシリンダ 2 8 は、ディスプレイサシリンダ 2 6 と同軸にかつ軸方向に隣接して配設されている。詳細は後述するが、ガス駆動型であるコールドヘッド 1 4 の駆動部は、駆動ピストン 2 2 とピストンシリンダ 2 8 を含んで構成されている。ピストンシリンダ 2 8 の容積はディスプレイサシリンダ 2 6 のそれより小さい。ピストンシリンダ 2 8 の軸方向長さはディスプレイサシリンダ 2 6 のそれより短く、ピストンシリンダ 2 8 の径もディスプレイサシリンダ 2 6 のそれより小さい。

40

【 0 0 1 8 】

ディスプレイサ 2 0 の軸方向往復動は、ディスプレイサシリンダ 2 6 によって案内される。通例、ディスプレイサ 2 0 およびディスプレイサシリンダ 2 6 はそれぞれ軸方向に延在する円筒状の部材であり、ディスプレイサシリンダ 2 6 の内径はディスプレイサ 2 0 の外径に一致するか又はわずかに大きい。同様に、駆動ピストン 2 2 の軸方向往復動は、ピストンシリンダ 2 8 によって案内される。通例、駆動ピストン 2 2 およびピストンシリン

50

ダ 2 8 はそれぞれ軸方向に延在する円筒状の部材であり、ピストンシリンダ 2 8 の内径は駆動ピストン 2 2 の外径に一致するか又はわずかに大きい。

【 0 0 1 9 】

ディスプレイサ 2 0 と駆動ピストン 2 2 は剛に連結されているので、駆動ピストン 2 2 の軸方向ストロークはディスプレイサ 2 0 の軸方向ストロークと等しく、両者はストローク全体にわたって一体に移動する。ディスプレイサ 2 0 に対する駆動ピストン 2 2 の位置は軸方向可動体 1 6 の軸方向往復動の間、不変である。

【 0 0 2 0 】

第 1 シール部 3 2 が、駆動ピストン 2 2 とピストンシリンダ 2 8 の間に設けられている。第 1 シール部 3 2 は、駆動ピストン 2 2 またはピストンシリンダ 2 8 のいずれか一方に装着され、駆動ピストン 2 2 またはピストンシリンダ 2 8 の他方と摺動する。第 1 シール部 3 2 は例えば、スリッパシールまたはリングなどのシール部材で構成される。第 1 シール部 3 2 によって、ピストンシリンダ 2 8 は、ディスプレイサシリンダ 2 6 に対し気密に構成されている。第 1 シール部 3 2 が設けられているので、ピストンシリンダ 2 8 とディスプレイサシリンダ 2 6 との直接のガス流通は生じない。ピストンシリンダ 2 8 の内圧とディスプレイサシリンダ 2 6 の内圧は異なる大きさをとることができる。

10

【 0 0 2 1 】

ディスプレイサシリンダ 2 6 は、ディスプレイサ 2 0 によって膨張室 3 4 と室温室 3 6 に仕切られている。ディスプレイサ 2 0 は、軸方向一端にてディスプレイサシリンダ 2 6 との間に膨張室 3 4 を形成し、軸方向他端にてディスプレイサシリンダ 2 6 との間に室温室 3 6 を形成する。室温室 3 6 は圧縮室と呼ぶこともできる。また、コールドヘッド 1 4 には、膨張室 3 4 を外包するようディスプレイサシリンダ 2 6 に固着された冷却ステージ 3 8 が設けられている。

20

【 0 0 2 2 】

蓄冷器 1 5 はディスプレイサ 2 0 に内蔵されている。ディスプレイサ 2 0 はその上蓋部に、蓄冷器 1 5 を室温室 3 6 に連通する入口流路 4 0 を有する。また、ディスプレイサ 2 0 はその筒部に、蓄冷器 1 5 を膨張室 3 4 に連通する出口流路 4 2 を有する。あるいは、出口流路 4 2 は、ディスプレイサ 2 0 の下蓋部に設けられていてもよい。加えて、蓄冷器 1 5 は、上蓋部に内接する入口リテーナ 4 1 と、下蓋部に内接する出口リテーナ 4 3 と、を備える。蓄冷材は、たとえば銅製の金網でもよい。リテーナは蓄冷材よりも粗い金網でもよい。

30

【 0 0 2 3 】

第 2 シール部 4 4 が、ディスプレイサ 2 0 とディスプレイサシリンダ 2 6 の間に設けられている。第 2 シール部 4 4 は、例えばスリッパシールであり、ディスプレイサ 2 0 の筒部または上蓋部に装着されている。ディスプレイサ 2 0 とディスプレイサシリンダ 2 6 とのクリアランスが第 2 シール部 4 4 によって封じられているので、室温室 3 6 と膨張室 3 4 との直接のガス流通（つまり蓄冷器 1 5 を迂回するガス流れ）はない。

【 0 0 2 4 】

作動ガスは、室温室 3 6 から入口流路 4 0 を通じて蓄冷器 1 5 に流入する。より正確には、作動ガスは、入口流路 4 0 から入口リテーナ 4 1 を通って蓄冷器 1 5 に流入する。作動ガスは、蓄冷器 1 5 から出口リテーナ 4 3 および出口流路 4 2 を経由して膨張室 3 4 に流入する。作動ガスが膨張室 3 4 から室温室 3 6 に戻るときは逆の経路を通る。つまり、作動ガスは、膨張室 3 4 から、出口流路 4 2、蓄冷器 1 5、および入口流路 4 0 を通って室温室 3 6 に戻る。蓄冷器 1 5 を迂回してクリアランスを流れようとする作動ガスは第 2 シール部 4 4 によって遮断される。

40

【 0 0 2 5 】

コールドヘッド 1 4 は、使用される現場で図示の向きに設置される。すなわち、ディスプレイサシリンダ 2 6 が鉛直方向下方に、ピストンシリンダ 2 8 が鉛直方向上方に、それぞれ配置されるようにして、コールドヘッド 1 4 は縦向きに設置される。このように、冷却ステージ 3 8 を鉛直方向下方に向ける姿勢で設置されるとき極低温冷凍機 1 0 は冷凍能

50

力が最も高くなる。ただし、極低温冷凍機 10 の配置はこれに限定されない。逆に、コールドヘッド 14 は冷却ステージ 38 を鉛直方向上方に向ける姿勢で設置されてもよい。あるいは、コールドヘッド 14 は、横向きまたはその他の向きに設置されてもよい。コールドヘッド 14 はどのような姿勢で設置されたとしても冷却運転可能である。

【0026】

ディスプレイサ 20 の往復動ストロークの膨張室 34 側の末端をディスプレイサ 20 の下死点と称し、ディスプレイサ 20 の往復動ストロークの室温室 36 側の末端をディスプレイサ 20 の上死点と称する。上死点に向かうディスプレイサ 20 の移動を上動と称し、下死点に向かうディスプレイサ 20 の移動を下動と称してもよい。ただし、こうした用語は、コールドヘッド 14 の姿勢を限定するものではない。

10

【0027】

ディスプレイサ 20 が軸方向に動くとき、膨張室 34 および室温室 36 は相補的に容積を増減させる。すなわち、ディスプレイサ 20 が下動するとき、膨張室 34 は狭くなり室温室 36 は広くなる。逆も同様である。したがって、ディスプレイサ 20 が下死点に位置するとき膨張室 34 の容積は最小となる（室温室 36 の容積は最大となる）。ディスプレイサ 20 が上死点に位置するとき膨張室 34 の容積は最大となる（室温室 36 の容積は最小となる）。

【0028】

さらに、極低温冷凍機 10 は、圧縮機 12 をコールドヘッド 14 に接続する作動ガス回路 52 を備える。作動ガス回路 52 は、ピストンシリンダ 28 とディスプレイサシリンダ 26（すなわち膨張室 34 及び／または室温室 36）との間に圧力差を生成するよう構成されている。この圧力差によって軸方向可動体 16 が軸方向に動く。ピストンシリンダ 28 に対しディスプレイサシリンダ 26 の圧力が低ければ、駆動ピストン 22 が下動し、それに伴ってディスプレイサ 20 も下動する。逆に、ピストンシリンダ 28 に対しディスプレイサシリンダ 26 の圧力が高ければ、駆動ピストン 22 が上動し、それに伴ってディスプレイサ 20 も上動する。

20

【0029】

作動ガス回路 52 は、バルブ部 54 を備える。バルブ部 54 は、コールドヘッドハウジング 18 と一体となるようにピストンシリンダ 28 に隣接して配設され、圧縮機 12 と配管で接続されていてもよい。バルブ部 54 は、コールドヘッドハウジング 18 の外に配設され、圧縮機 12 およびコールドヘッド 14 それぞれと配管で接続されていてもよい。

30

【0030】

バルブ部 54 は、膨張室圧力切替バルブ（以下、主圧力切替バルブともいう）60 と駆動室圧力切替バルブ（以下、副圧力切替バルブともいう）62 を備える。主圧力切替バルブ 60 は、主吸気開閉バルブ V1 と主排気開閉バルブ V2 とを有する。副圧力切替バルブ 62 は、副吸気開閉バルブ V3 と副排気開閉バルブ V4 とを有する。

【0031】

作動ガス回路 52 は、圧縮機 12 をバルブ部 54 に接続する高圧ライン 13a および低圧ライン 13b を備える。高圧ライン 13a は、圧縮機吐出口 12a から延び、途中で分岐し、主吸気開閉バルブ V1 と副吸気開閉バルブ V3 に接続されている。低圧ライン 13b は、圧縮機吸入口 12b から延び、途中で分岐し、主排気開閉バルブ V2 と副排気開閉バルブ V4 に接続されている。

40

【0032】

また、作動ガス回路 52 は、コールドヘッド 14 をバルブ部 54 に接続する主連通路 64 および副連通路 66 を備える。主連通路 64 は、ディスプレイサシリンダ 26 を主圧力切替バルブ 60 に接続する。主連通路 64 は、室温室 36 から延び、途中で分岐して、主吸気開閉バルブ V1 と主排気開閉バルブ V2 に接続されている。副連通路 66 は、ピストンシリンダ 28 を副圧力切替バルブ 62 に接続する。副連通路 66 は、ピストンシリンダ 28 から延び、途中で分岐して、副吸気開閉バルブ V3 と副排気開閉バルブ V4 に接続されている。

50

【 0 0 3 3 】

主圧力切替バルブ 6 0 は、圧縮機吐出口 1 2 a または圧縮機吸入口 1 2 b をディスプレイサシリンダ 2 6 の室温室 3 6 に選択的に連通するよう構成されている。主圧力切替バルブ 6 0 においては、主吸気開閉バルブ V 1 および主排気開閉バルブ V 2 がそれぞれ排他的に開放される。すなわち、主吸気開閉バルブ V 1 および主排気開閉バルブ V 2 が同時に開くことは禁止されている。なお主吸気開閉バルブ V 1 および主排気開閉バルブ V 2 が一時的にともに閉じられてもよい。

【 0 0 3 4 】

主吸気開閉バルブ V 1 が開いているとき主排気開閉バルブ V 2 は閉じられる。圧縮機吐出口 1 2 a から高圧ライン 1 3 a および主連通路 6 4 を通じてディスプレイサシリンダ 2 6 に作動ガスが流れる。上述のように作動ガスは室温室 3 6 から蓄冷器 1 5 を通じて膨張室 3 4 に流れる。こうして、高圧 P H の作動ガスが圧縮機 1 2 から膨張室 3 4 に供給され、膨張室 3 4 は昇圧される。逆に主吸気開閉バルブ V 1 が閉じているときは、圧縮機 1 2 から膨張室 3 4 への作動ガスの供給は停止される。

10

【 0 0 3 5 】

一方、主排気開閉バルブ V 2 が開いているとき主吸気開閉バルブ V 1 は閉じられる。まず高圧 P H の作動ガスが膨張室 3 4 で膨張し減圧される。膨張室 3 4 から蓄冷器 1 5 を通じて室温室 3 6 に作動ガスが流れる。ディスプレイサシリンダ 2 6 から主連通路 6 4 および低圧ライン 1 3 b を通じて圧縮機吸入口 1 2 b に作動ガスが流れる。こうして、低圧 P L の作動ガスがコールドヘッド 1 4 から圧縮機 1 2 に回収される。主排気開閉バルブ V 2 が閉じているときは、膨張室 3 4 から圧縮機 1 2 への作動ガスの回収は停止される。

20

【 0 0 3 6 】

副圧力切替バルブ 6 2 は、圧縮機吐出口 1 2 a または圧縮機吸入口 1 2 b をピストンシリンダ 2 8 に選択的に連通するよう構成されている。副圧力切替バルブ 6 2 は、副吸気開閉バルブ V 3 および副排気開閉バルブ V 4 がそれぞれ排他的に開放されるよう構成されている。すなわち、副吸気開閉バルブ V 3 および副排気開閉バルブ V 4 が同時に開くことは禁止されている。なお副吸気開閉バルブ V 3 および副排気開閉バルブ V 4 が一時的にともに閉じられてもよい。

【 0 0 3 7 】

副吸気開閉バルブ V 3 が開いているとき副排気開閉バルブ V 4 は閉じられる。圧縮機吐出口 1 2 a から高圧ライン 1 3 a および副連通路 6 6 を通じてピストンシリンダ 2 8 に作動ガスが流れる。こうして、高圧 P H の作動ガスが圧縮機 1 2 からピストンシリンダ 2 8 に供給され、ピストンシリンダ 2 8 は昇圧される。副吸気開閉バルブ V 3 が閉じているときは、圧縮機 1 2 からピストンシリンダ 2 8 への作動ガスの供給は停止される。

30

【 0 0 3 8 】

一方、副排気開閉バルブ V 4 が開いているとき副吸気開閉バルブ V 3 は閉じられる。ピストンシリンダ 2 8 から副連通路 6 6 および低圧ライン 1 3 b を通じて圧縮機吸入口 1 2 b に作動ガスが回収され、ピストンシリンダ 2 8 は低圧 P L に降圧される。副排気開閉バルブ V 4 が閉じているときは、ピストンシリンダ 2 8 から圧縮機 1 2 への作動ガスの回収は停止される。

40

【 0 0 3 9 】

このようにして、主圧力切替バルブ 6 0 は、高圧 P H と低圧 P L の周期的な圧力変動を膨張室 3 4 に生成する。また、副圧力切替バルブ 6 2 は、ピストンシリンダ 2 8 に高圧 P H と低圧 P L の周期的な圧力変動を生成する。

【 0 0 4 0 】

副圧力切替バルブ 6 2 は、駆動ピストン 2 2 がディスプレイサ 2 0 の軸方向往復動を駆動するようにピストンシリンダ 2 8 の圧力を制御するように構成されている。典型的には、ピストンシリンダ 2 8 での圧力変動は、膨張室 3 4 での圧力変動と同じ周期でほぼ逆の位相で生成される。膨張室 3 4 が高圧 P H のときピストンシリンダ 2 8 は低圧 P L となり、駆動ピストン 2 2 はディスプレイサ 2 0 を上動させることができる。膨張室 3 4 が低圧

50

ＰＬのときピストンシリンダ２８は高圧ＰＨとなり、駆動ピストン２２はディスプレイサ２０を下動させることができる。

【００４１】

バルブ部５４は、ロータリーバルブの形式をとってもよい。この場合、一群のバルブ（Ｖ１～Ｖ４）がバルブ部５４に組み込まれており、同期して駆動される。バルブ部５４は、バルブ本体（またはバルブステータ）に対するバルブディスク（またはバルブロータ）の回転摺動によってバルブ（Ｖ１～Ｖ４）が適正に切り替わるよう構成されている。一群のバルブ（Ｖ１～Ｖ４）は、極低温冷凍機１０の運転中に同一周期で切り替えられ、それにより４つの開閉バルブ（Ｖ１～Ｖ４）は周期的に開閉状態を変化させる。４つの開閉バルブ（Ｖ１～Ｖ４）はそれぞれ異なる位相で開閉される。

10

【００４２】

極低温冷凍機１０は、バルブ部５４を回転させるようバルブ部５４に連結された回転駆動源５６を備えてもよい。回転駆動源５６はバルブ部５４と機械的に連結される。回転駆動源５６は例えばモータである。ただし、回転駆動源５６は、軸方向可動体１６には機械的に接続されていない。また、極低温冷凍機１０は、バルブ部５４を制御する制御部５８を備えてもよい。制御部５８は、回転駆動源５６を制御してもよい。

【００４３】

ある実施形態においては、一群のバルブ（Ｖ１～Ｖ４）は、複数の個別に制御可能なバルブの形式をとってもよい。各バルブ（Ｖ１～Ｖ４）は、電磁開閉弁であってもよい。この場合、回転駆動源５６が設けられるのではなく、各バルブ（Ｖ１～Ｖ４）は、制御部５

20

【００４４】

図１には、ディスプレイサ２０が下死点に位置する状態が示され、図２には、ディスプレイサ２０が上死点に位置する状態が示されている。

【００４５】

極低温冷凍機１０はカラーバンパー方式であるため、コールドヘッド１４は、カラー７０と、カラー７０によって上部区画７２ａと下部区画７２ｂとに分けられたカラー室７２とを備える。カラー７０は、ディスプレイサ２０とともに往復動するようにディスプレイサ２０に剛に連結されており、軸方向可動体１６の一部を構成する。後述するように、カ

30

【００４６】

ディスプレイサシリンダ２６は、シリンダ上部開口を定めるシリンダフランジ２６ａを備える。シリンダフランジ２６ａは、ディスプレイサシリンダ２６の軸方向上端から径方向外側に延出している。コールドヘッドハウジング１８は、天板３０とスリーブ７３とを備える。ピストンシリンダ２８およびスリーブ７３は天板３０に固定され、バルブ部５４が天板３０上に搭載されている。シリンダフランジ２６ａはスリーブ７３を介して天板３０に接続されている。スリーブ７３は、ピストンシリンダ２８を囲むようにピストンシリンダ２８の外側に配置されている。

40

【００４７】

カラー７０は、筒状の本体７０ａと、カラー上端７０ｂとを備える。本体７０ａは、ディスプレイサ２０とほぼ同一の外径を有し、ディスプレイサ２０の室温室３６側から上方に延びている。本体７０ａの内径は、ピストンシリンダ２８の外径より大きい。カラー上端７０ｂは、ディスプレイサ２０の外径よりも外側に存在する。カラー上端７０ｂによって、カラー室７２は、上部区画７２ａと下部区画７２ｂとに分けられている。カラー室７２は、室温室３６に連通している。ディスプレイサ２０がディスプレイサシリンダ２６内を往復するとき、カラー７０は、ディスプレイサシリンダ２６およびピストンシリンダ２８と摩擦することなくカラー室７２を往復する。カラー７０は、スリーブ７３の内周面と摩擦することもない。

50

【 0 0 4 8 】

また、コールドヘッド 1 4 は、ディスプレイサ 2 0 が上死点にあるときディスプレイサ 2 0 とディスプレイサシリンダ 2 6 との干渉を緩和するように上部区画 7 2 a に設けられた上部バンパー 7 4 を備える。上部バンパー 7 4 は、カラー室 7 2 の上面に設置され、上部緩衝材 7 4 a および上部リテーナ 7 4 b を有する。上部バンパー 7 4 は、例えば、スリーブ 7 3 に取り付けられている。上部緩衝材 7 4 a は、例えばリングのような樹脂製の環状部材であり、カラー室 7 2 の上面と上部リテーナ 7 4 b に挟まれている。上部リテーナ 7 4 b は例えば樹脂材料で形成されている。なお、上部リテーナ 7 4 b は設けられていなくてもよい。

【 0 0 4 9 】

上部バンパー 7 4 は、ディスプレイサ 2 0 が上死点に位置するときカラー 7 0 と接触し、ディスプレイサ 2 0 とディスプレイサシリンダ 2 6 との室温室 3 6 側での衝突を防止する。カラー上端 7 0 b は、ディスプレイサ 2 0 が上動するときディスプレイサ 2 0 がピストンシリンダ 2 8 に衝突する前に、カラー室 7 2 内で上部バンパー 7 4 と係合する。このとき、カラー上端 7 0 b は上部リテーナ 7 4 b に接触し、上部緩衝材 7 4 a が圧縮され、衝撃が吸収される。

【 0 0 5 0 】

コールドヘッド 1 4 は、ディスプレイサ 2 0 が下死点にあるときディスプレイサ 2 0 とディスプレイサシリンダ 2 6 との干渉を緩和するように下部区画 7 2 b に設けられた下部バンパー 7 6 を備える。下部バンパー 7 6 は、カラー室 7 2 の下面に設置され、下部緩衝材 7 6 a および下部リテーナ 7 6 b を有する。下部バンパー 7 6 は、例えば、シリンダフランジ 2 6 a に取り付けられている。下部バンパー 7 6 は、スリーブ 7 3 に取り付けられていてもよい。下部緩衝材 7 6 a は、例えばリングのような樹脂製の環状部材であり、カラー室 7 2 の下面と下部リテーナ 7 6 b に挟まれている。下部リテーナ 7 6 b は例えば樹脂材料で形成されている。なお、下部リテーナ 7 6 b は設けられていなくてもよい。

【 0 0 5 1 】

下部バンパー 7 6 は、ディスプレイサ 2 0 が下死点に位置するときカラー 7 0 と接触し、ディスプレイサ 2 0 とディスプレイサシリンダ 2 6 との膨張室 3 4 側での衝突を防止する。カラー上端 7 0 b は、ディスプレイサ 2 0 が下動するときディスプレイサ 2 0 が膨張室 3 4 側でディスプレイサシリンダ 2 6 と衝突する前に、カラー室 7 2 内で下部バンパー 7 6 と係合する。このとき、カラー上端 7 0 b は下部リテーナ 7 6 b に接触し、下部緩衝材 7 6 a が圧縮され、衝撃が吸収される。

【 0 0 5 2 】

上部区画 7 2 a は、室温室 3 6 と連通している。ピストンシリンダ 2 8 の外周面とカラー 7 0 の内周面との間に第 1 隙間 7 8 a が形成され、第 1 隙間 7 8 a を通じて室温室 3 6 と上部区画 7 2 a との間で作動ガスが流れることができる。

【 0 0 5 3 】

下部区画 7 2 b は、上部区画 7 2 a と連通している。スリーブ 7 3 の内周面とカラー上端 7 0 b の外周面との間に第 2 隙間 7 8 b が形成され、第 2 隙間 7 8 b を通じて上部区画 7 2 a と下部区画 7 2 b との間で作動ガスが流れることができる。ただし、ディスプレイサ 2 0 が下死点に位置するときには、カラー上端 7 0 b が下部バンパー 7 6 と接触し、第 2 隙間 7 8 b を通じた下部区画 7 2 b と上部区画 7 2 a の連通は遮断される。ディスプレイサ 2 0 が上死点に位置するときには、カラー上端 7 0 b が上部バンパー 7 4 と接触し、第 2 隙間 7 8 b を通じた下部区画 7 2 b と上部区画 7 2 a の連通は遮断される。よって、ディスプレイサ 2 0 が上死点と下死点との間の中間位置にあるとき、下部区画 7 2 b は、上部区画 7 2 a を通じて室温室 3 6 に連通し、室温室 3 6 と下部区画 7 2 b との間で作動ガスが流れることができる。また、下部区画 7 2 b は、第 2 シール部 4 4 によって封じられているので、膨張室 3 4 とは連通していない。

【 0 0 5 4 】

また、コールドヘッド 1 4 は、ディスプレイサ 2 0 が下死点にあるとき上部区画 7 2 a

10

20

30

40

50

と下部区画 7 2 b との連通を保証する連通路 8 0 を備える。連通路 8 0 は、カラー上端 7 0 b が下部バンパー 7 6 と接触した状態において上部区画 7 2 a が下部区画 7 2 b と連通するように、カラー 7 0 に形成されている。連通路 8 0 は、上部区画 7 2 a から下部区画 7 2 b へとカラー 7 0 (例えばカラー上端 7 0 b) を貫通するように形成され、周方向に少なくとも 1 つあればよい。図示されるように、カラー上端 7 0 b がカラー 7 0 の本体 7 0 a から径方向外向きに延出している場合には、連通路 8 0 は、下部バンパー 7 6 に対して径方向内側の位置においてカラー上端 7 0 b に形成される。連通路 8 0 は、カラー 7 0 の本体 7 0 a を貫通するように形成されてもよい。

【 0 0 5 5 】

第 1 隙間 7 8 a、第 2 隙間 7 8 b、および連通路 8 0 は、流路抵抗として働く。そのため、ディスプレイサ 2 0 が往復するとき、上部区画 7 2 a および下部区画 7 2 b はそれぞれガスばね力を発生させることができる。ディスプレイサ 2 0 が上動するとともにカラー上端 7 0 b も上動し、上部区画 7 2 a は狭くなる。このとき上部区画 7 2 a のガスは圧縮され、圧力が高まる。上部区画 7 2 a の圧力はカラー上端 7 0 b の上面に下向きに作用する。よって、上部区画 7 2 a は、カラー 7 0 およびディスプレイサ 2 0 の上動に抗するガスばね力を発生させる。同様に、ディスプレイサ 2 0 が下動するとき、下部区画 7 2 b は、カラー 7 0 およびディスプレイサ 2 0 の下動に抗するガスばね力を発生させる。上部区画 7 2 a および下部区画 7 2 b はそれぞれ、上部ガスばね室および下部ガスばね室と称してもよい。ガスばね力は、カラー 7 0 が上部バンパー 7 4 および下部バンパー 7 6 と接触するとき生じうる振動および騒音を低減することに役立つ。

【 0 0 5 6 】

極低温冷凍機 1 0 の動作を説明する。ディスプレイサ 2 0 が下死点またはその近傍の位置にあるとき、極低温冷凍機 1 0 の吸気工程が開始される。主吸気開閉バルブ V 1 は開かれ、主排気開閉バルブ V 2 は閉じる。圧縮機吐出口 1 2 a から主吸気開閉バルブ V 1 を通じてコールドヘッド 1 4 のディスプレイサシリンダ 2 6 に作動ガスが供給され、膨張室 3 4 および室温室 3 6 は、高圧 P H となる。膨張室 3 4 への吸気と同時にピストンシリンダ 2 8 の排気が行われる。副吸気開閉バルブ V 3 は閉じ、副排気開閉バルブ V 4 が開かれる。ピストンシリンダ 2 8 から副排気開閉バルブ V 4 を通じて圧縮機吸入口 1 2 b へと作動ガスが排出され、ピストンシリンダ 2 8 は低圧 P L へと降圧される。

【 0 0 5 7 】

したがって、吸気工程において駆動ピストン 2 2 にはピストンシリンダ 2 8 と膨張室 3 4 との差圧 (P H - P L) による駆動力が上向きに作用する。その結果、ディスプレイサ 2 0 は駆動ピストン 2 2 とともに、下死点から上死点に向けて動く。こうして、膨張室 3 4 の容積が増加されるとともに高圧ガスで満たされる。

【 0 0 5 8 】

ディスプレイサ 2 0 とともにカラー 7 0 も上動する。カラー 7 0 は、ディスプレイサ 2 0 がディスプレイサシリンダ 2 6 の高温端部 (例えばピストンシリンダ 2 8) と衝突する前に、上部バンパー 7 4 に接触する。上部緩衝材 7 4 a が圧縮され、衝撃が吸収される。カラー 7 0 が上動する間、上部区画 7 2 a は第 1 隙間 7 8 a を通じて室温室 3 6 に連通し、下部区画 7 2 b は第 2 隙間 7 8 b および連通路 8 0 を通じて上部区画 7 2 a に連通しているから、上部区画 7 2 a および下部区画 7 2 b は、室温室 3 6 と同様に高圧 P H となる。

【 0 0 5 9 】

ディスプレイサ 2 0 が上死点またはその近傍の位置にあるとき、極低温冷凍機 1 0 の排気工程が開始される。主排気開閉バルブ V 2 が開かれ、主吸気開閉バルブ V 1 は閉じる。高圧ガスは膨張室 3 4 で膨張し冷却される。膨張したガスは、蓄冷器 1 5 を冷却しながら室温室 3 6 を経て圧縮機吸入口 1 2 b に回収される。膨張室 3 4 および室温室 3 6 は、低圧 P L となる。膨張室 3 4 からの排気と同時にピストンシリンダ 2 8 への吸気が行われる。副排気開閉バルブ V 4 は閉じ、副吸気開閉バルブ V 3 が開かれる。圧縮機吐出口 1 2 a から副吸気開閉バルブ V 3 を通じてピストンシリンダ 2 8 に作動ガスが供給され、ピストンシリンダ 2 8 は高圧 P H へと昇圧される。

【 0 0 6 0 】

したがって、排気工程において駆動ピストン 2 2 にはピストンシリンダ 2 8 と膨張室 3 4 との差圧 ($P_H - P_L$) による駆動力が下向きに作用する。その結果、ディスプレイサ 2 0 は駆動ピストン 2 2 とともに、上死点から下死点に向けて動く。こうして、膨張室 3 4 の容積が減少されるとともに低圧ガスは排出される。

【 0 0 6 1 】

ディスプレイサ 2 0 とともにカラー 7 0 も下動する。カラー 7 0 は、ディスプレイサ 2 0 がディスプレイサシリンダ 2 6 の低温端部と衝突する前に、下部バンパー 7 6 に接触する。下部緩衝材 7 6 a が圧縮され、衝撃が吸収される。カラー 7 0 が下動する間、上部区画 7 2 a は第 1 隙間 7 8 a を通じて室温室 3 6 に連通し、下部区画 7 2 b は第 2 隙間 7 8 b および連通路 8 0 を通じて上部区画 7 2 a に連通しているから、上部区画 7 2 a および下部区画 7 2 b は、室温室 3 6 と同様に低圧 P_L となる。

10

【 0 0 6 2 】

極低温冷凍機 1 0 はこのような冷凍サイクル (すなわち G M サイクル) を繰り返すことで、冷却ステージ 3 8 を冷却する。それにより、極低温冷凍機 1 0 は、冷却ステージ 3 8 に熱的に結合された被冷却物 (図示せず) を冷却することができる。

【 0 0 6 3 】

極低温冷凍機 1 0 は、カラーバンパー方式であるため、カラー 7 0 とバンパー (7 4 、 7 6) との接触によりディスプレイサ 2 0 とディスプレイサシリンダ 2 6 との干渉 (例えば衝突) を防止し、振動および騒音を低減することができる。

20

【 0 0 6 4 】

ところで、典型的なカラーバンパー方式のガス駆動型極低温冷凍機は、上述の実施の形態と異なり、連通路 8 0 を有しない。この場合、カラー 7 0 が下死点に位置するとき、下部区画 7 2 b には低圧 P_L の作動ガスが密閉されうる。この状態において吸気工程の開始時に上部区画 7 2 a が高圧 P_H に昇圧されると、カラー上端 7 0 b が差圧 ($P_H - P_L$) によって下部バンパー 7 6 に押し付けられうる。この差圧力は、ディスプレイサ 2 0 の上動を妨げうる。

【 0 0 6 5 】

しかしながら、実施の形態に係る極低温冷凍機 1 0 は、ディスプレイサ 2 0 が下死点にあるとき上部区画 7 2 a と下部区画 7 2 b との連通を保証するようにカラー 7 0 に形成された連通路 8 0 を備える。そのため、カラー 7 0 が下死点に位置しカラー上端 7 0 b が下部バンパー 7 6 に接触していても、下部区画 7 2 b が連通路 8 0 を通じて上部区画 7 2 a に連通している。下部区画 7 2 b は密閉されない。上部区画 7 2 a と下部区画 7 2 b との間に生じうる差圧は連通路 8 0 を通じて低減または解消されるので、ディスプレイサ 2 0 の上動は妨げられない。したがって、ディスプレイサ 2 0 は下死点から上死点に向けて移動することができる。

30

【 0 0 6 6 】

連通路 8 0 は、カラー 7 0 に形成されている。このようにすれば、製造上、連通路 8 0 を形成することが容易である。

【 0 0 6 7 】

図 3 は、他の実施の形態に係るカラーおよびバンパーを概略的に示す図である。図示されるように、連通路 8 0 は、カラー 7 0 の本体 7 0 a またはカラー上端 7 0 b に形成されるのではなく、カラー室 7 2 に形成されてもよい。連通路 8 0 は、例えば、下部バンパー 7 6 に形成されてもよい。連通路 8 0 は、例えば、下部緩衝材 7 6 a とは反対側となる下部リテーナ 7 6 b の上面に形成された溝であってもよい。図 3 に示されるカラー室 7 2 に形成された連通路 8 0 は、図 1 および図 2 に示される極低温冷凍機 1 0 またはその他のカラーバンパー方式のガス駆動型極低温冷凍機に適用可能である。

40

【 0 0 6 8 】

このようにしても、連通路 8 0 は、ディスプレイサ 2 0 が下死点にあるとき上部区画 7 2 a と下部区画 7 2 b との連通を保証することができる。上部区画 7 2 a と下部区画 7 2

50

bとの間に生じうる差圧は連通路80を通じて低減または解消されるので、ディスプレイサ20の下死点から上死点に向かう移動を容易にすることができる。

【0069】

連通路80がカラー室72に形成される他の例においては、連通路80は、コールドヘッドハウジング18に形成された流路であってもよい。例えば、連通路80は、上部区画72aからスリーブ73およびシリンダフランジ26aを経由して下部区画72bへと延びていてもよい。このようにしても、連通路80は、ディスプレイサ20が下死点にあるとき上部区画72aと下部区画72bとの連通を保證することができる。

【0070】

以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは、当業者に理解されるところである。ある実施の形態に関連して説明した種々の特徴は、他の実施の形態にも適用可能である。組合せによって生じる新たな実施の形態は、組み合わされる実施の形態それぞれの効果をあわせもつ。

10

【0071】

上述の実施の形態では、カラー上端70bは、ディスプレイサ20に対して径方向に外側に設けられているが、こうした具体的形状であることは必須ではない。例えば、カラー上端70bは、本体70aから径方向に内向きに延出し、ディスプレイサ20の外径よりも内側に存在してもよい。この場合、カラー室72は、上述のようにスリーブ73側に形成されるのではなく、ピストンシリンダ28側に形成される。

20

【0072】

上述の実施の形態では、上部バンパー74は、カラー室72の上面に取り付けられ、上部区画72aに配置され、下部バンパー76は、カラー室72の下面に取り付けられ、下部区画72bに配置されている。しかし、上部バンパー74および下部バンパー76がカラー70に取り付けられてもよい。例えば、上部バンパー74がカラー上端70bの上面に取り付けられて上部区画72aに配置され、下部バンパー76がカラー上端70bの下面に取り付けられて下部区画72bに配置されてもよい。このようにしても、カラー室72とバンパー(74、76)との接触によりディスプレイサ20とディスプレイサシリンダ26との干渉(例えば衝突)を防止し、振動および騒音を低減することができる。

【0073】

30

上述の実施の形態は、GM冷凍機を例として説明したが、上述の連通路80を有するカラーバンパー方式の設計は、ガス駆動型の他の極低温冷凍機にも適用されうる。その場合、上述の説明における「ディスプレイサ」および「駆動ピストン」との用語はそれぞれ、「第1ピストン」および「第2ピストン」を意味する。

【符号の説明】

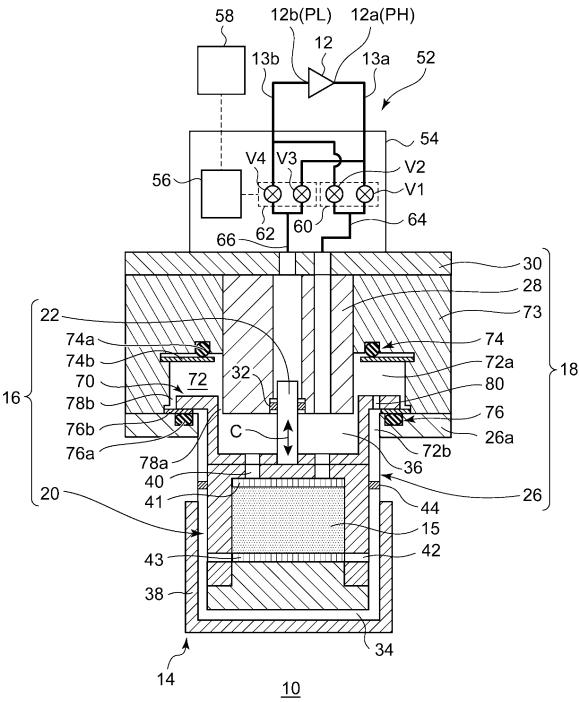
【0074】

10 極低温冷凍機、 20 ディスプレーサ、 70 カラー、 72 カラー室、 72a 上部区画、 72b 下部区画、 76 下部バンパー、 80 連通路。

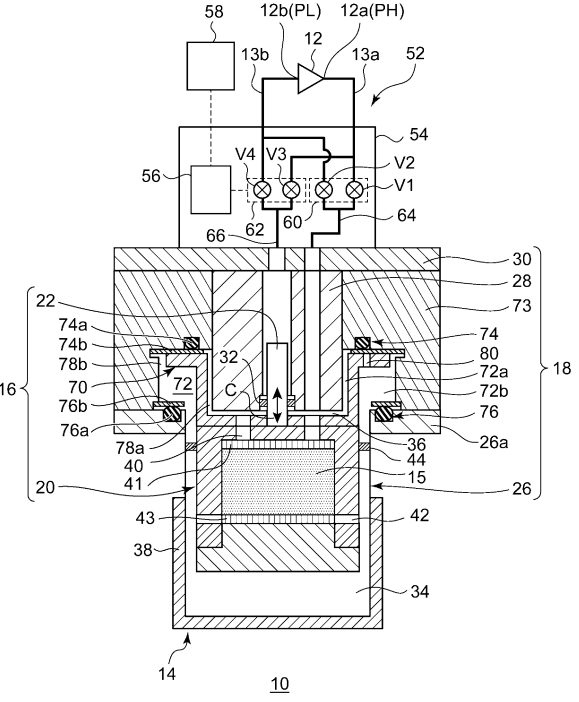
40

【図面】

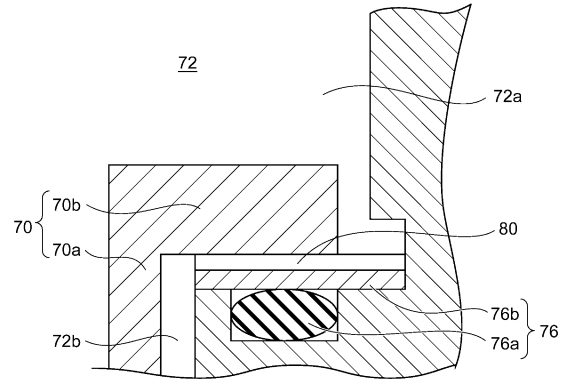
【図 1】



【図 2】



【図 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 実開平 0 2 - 0 4 4 6 6 2 (J P , U)
特開 2 0 1 8 - 0 3 6 0 4 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 8 / 1 0 1 2 7 1 (W O , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
F 2 5 B 9 / 0 0 ~ 9 / 1 4