

(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2017-207275

(P2017-207275A)

(43) 公開日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.

F 2 5 B 9/14 (2006.01)

F I

F 2 5 B 9/14 5 3 0 Z

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2017-147523 (P2017-147523)  
 (22) 出願日 平成29年7月31日 (2017.7.31)  
 (62) 分割の表示 特願2013-187407 (P2013-187407) の分割  
 原出願日 平成25年9月10日 (2013.9.10)

(出願人による申告) 平成25年度、独立行政法人情報通信研究機構「高度通信・放送研究開発委託研究/光・量子情報通信用超伝導単一光子検出システムの小型化技術の研究開発 副題: 小型2K冷凍システム」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000002107  
 住友重機械工業株式会社  
 東京都品川区大崎二丁目1番1号  
 (74) 代理人 100105924  
 弁理士 森下 賢樹  
 (74) 代理人 100116274  
 弁理士 富所 輝観夫  
 (72) 発明者 森江 孝明  
 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重機械工業株式会社横須賀製造所内

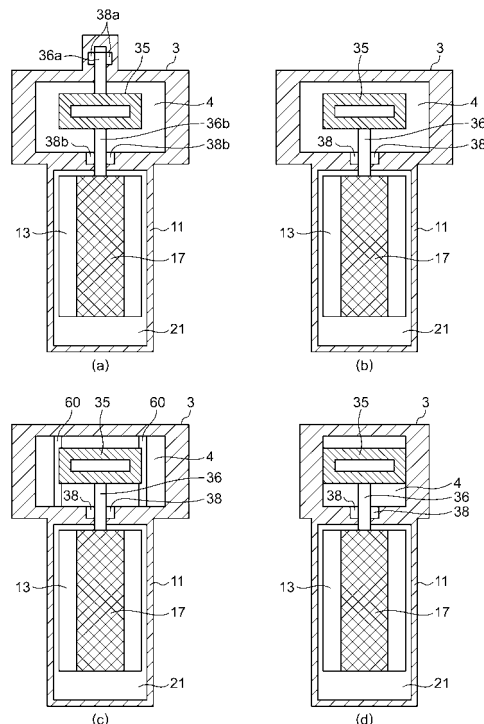
(54) 【発明の名称】 極低温冷凍機

(57) 【要約】

【課題】 極低温冷凍機の全長を短くする技術を提供する。

【解決手段】 極低温冷凍機において、スコッチヨーク機構は、偏心回転体と、偏心回転体の回転により往復移動するヨーク板35と、を備える。ディスプレイサ13は、ヨーク板35とともに往復移動するようヨーク板35に接続されている。シリンダ11は、ディスプレイサ13を収容し、ディスプレイサ13との間に冷媒ガスの膨張空間21を形成する。気密容器は、シリンダ11の高温側に設けられており、スコッチヨーク機構を収容する収容空間4を有し、膨張空間21から排気される冷媒ガスを受け入れるよう構成されている。気密容器は、偏心回転体の回転軸まわりのヨーク板35の傾動を規制するようヨーク板35の側部を支持する支持部を備える。

【選択図】 図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

偏心回転体と、前記偏心回転体の回転により往復移動するヨーク板と、前記ヨーク板から延出する駆動軸と、を備えるスコッチヨーク機構と、

前記ヨーク板とともに往復移動するよう前記ヨーク板に前記駆動軸によって接続されているディスプレイサと、

前記ディスプレイサを収容し、前記ディスプレイサとの間に冷媒ガスの膨張空間を形成するシリンダと、

前記シリンダの高温側に設けられており、前記スコッチヨーク機構を収容する収容空間を形成し、前記膨張空間から排気される冷媒ガスを前記収容空間に受け入れるよう構成されている気密容器と、を備え、

前記ヨーク板の往復移動方向において前記ヨーク板に対し前記ディスプレイサとは反対側において前記気密容器には、前記ヨーク板の駆動軸を収納するための突出部が存在せず、

前記気密容器は、前記偏心回転体の回転軸まわりの前記ヨーク板の傾動を規制するよう前記ヨーク板の側部を支持する支持部を備え、

前記気密容器の前記収容空間は、前記冷媒ガスを回収する圧縮機の吸気口と連通しており、前記収容空間の気密性を保つためのシールが、前記駆動軸を前記気密容器に支持する軸受に設けられていることを特徴とする極低温冷凍機。

**【請求項 2】**

前記支持部は、前記ヨーク板の側部に設けられた溝と、前記気密容器に支持され前記ヨーク板の往復移動方向に延在し、前記溝に挿入されたレールまたはロッドと、を備え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】**

前記レールまたはロッドは、前記気密容器の前記収容空間の上下の壁に支持され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】**

前記ヨーク板を構成する面のうち、前記ディスプレイサに対して反対側の面は、前記気密容器の前記シリンダに対して反対側の壁面と離れていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

**【請求項 5】**

前記支持部は、前記ヨーク板の側部の少なくとも一部を、前記ヨーク板が前記偏心回転体から受ける力の作用点の位置よりも前記ディスプレイサに対して反対側の位置で支持することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

**【請求項 6】**

前記支持部は、前記ヨーク板の動きを規制するガイド機構を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】**

前記ガイド機構は、前記ヨーク板を摺動自在に支持する摺動部を備えることを特徴とする請求項 6 に記載の極低温冷凍機。

**【請求項 8】**

前記ガイド機構の摺動部のうち前記ヨーク板と接触する摺動面と、前記ヨーク板のうち前記ガイド機構の摺動部と接触する摺動面のうち少なくとも一方は、潤滑性を持った膜でコーティングされていることを特徴とする請求項 7 に記載の極低温冷凍機。

**【請求項 9】**

前記潤滑性を持った膜は、フッ素樹脂であることを特徴とする請求項 8 に記載の極低温冷凍機。

**【請求項 10】**

前記ガイド機構は、前記気密容器の壁面に設置されていることを特徴とする請求項 6 から 9 のいずれかに記載の極低温冷凍機。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 1】

前記ガイド機構は、前記ヨーク板を転動自在に支持する転動部を備えることを特徴とする請求項 6 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、スコッチヨーク機構を有する極低温冷凍機に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

極低温を発生する冷凍機としてギフォード・マクマホン（GM）冷凍機が知られている。GM 冷凍機は、シリンダ内でディスプレイサを往復移動することにより、膨張空間の体積を変化させる。この体積変化に対応して膨張空間と圧縮機の吐出側と吸気側とを選択的に接続することで、冷媒ガスが膨張空間で膨張する。ディスプレイサを往復移動させるために、モータが回転させるクランクの回転運動を往復移動に変換する既知のスコッチヨーク機構が用いられることがある。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】実開平 2 - 4 1 6 8 号公報

## 【発明の概要】

20

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

スコッチヨーク機構はクランクの回転運動を往復移動に変換する機構である。スコッチヨーク機構はクランクの回転運動により往復運動するヨーク板を備える。このヨーク板の往復移動と平行に接続される駆動軸を、軸受を用いて支持することが広く行われている。この際、十分な抗力を担保するために駆動軸を長くすると、GM 冷凍機全体の長さも増加する。

## 【0005】

GM 冷凍機は、例えば超伝導を利用する装置等に組み込んで使用される。この場合、冷凍機を組み込む装置の制約により、冷凍機を無制限に大きくすることはできず、特に全長を短くすることが求められている。

30

## 【0006】

本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、極低温冷凍機の全長を短くする技術を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の極低温冷凍機は、偏心回転体と、偏心回転体の回転により往復移動するヨーク板と、を備えるスコッチヨーク機構と、ヨーク板とともに往復移動するようヨーク板に接続されているディスプレイサと、ディスプレイサを収容し、ディスプレイサとの間に冷媒ガスの膨張空間を形成するシリンダと、シリンダの高温側に設けられており、スコッチヨーク機構を収容し、膨張空間から排気される冷媒ガスを受け入れるよう構成されている気密容器と、を備える。気密容器は、偏心回転体の回転軸まわりのヨーク板の傾動を規制するようヨーク板の側部を支持する支持部を備える。

40

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明によれば、極低温冷凍機の全長を短くする技術を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0009】

【図 1】図 1 は、本発明のある実施の形態である GM 冷凍機の断面図である。

50

【図 2】図 2 は、スコッチヨーク機構を拡大して示す分解斜視図である。

【図 3】図 3 は、ロータリーバルブを拡大して示す分解斜視図である。

【図 4】図 4 ( a ) - ( b ) は、従来技術に係るスコッチヨークにおける回転抑止力を説明する図である。

【図 5】図 5 ( a ) - ( d ) は、収容空間内のスコッチヨークにおけるヨーク板の動きを規制するガイド機構を説明する図である。

【図 6】図 6 ( a ) - ( c ) は、スコッチヨークにおけるヨーク板の動きを規制するガイド機構の一例をより詳細に説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

本発明の実施の形態について図面と共に説明する。

【 0 0 1 1 】

まず、実施の形態の極低温冷凍機の全体構成について説明する。図 1 乃至図 3 は、本発明のある実施の形態である極低温冷凍機を説明するための図である。本実施の形態では、極低温冷凍機としてギフォード・マクマホン冷凍機（以下、GM 冷凍機という）を例に挙げて説明する。本実施の形態に係る GM 冷凍機は、圧縮機 1、シリンダ 2、及びハウジング 3 等を有している。

【 0 0 1 2 】

圧縮機 1 は、低圧配管 1 b が接続された吸気側から低圧の冷媒ガスを回収し、これを圧縮した後に吐出側に接続された高圧配管 1 a に高圧の冷媒ガスを供給する。冷媒ガスとしては、ヘリウムガスを用いることができるがこれに限定されるものではない。

【 0 0 1 3 】

本実施の形態では 2 段式の GM 冷凍機を例に挙げて説明する。2 段式の GM 冷凍機では、シリンダ 2 は第 1 段目シリンダ 1 1 と第 2 段目シリンダ 1 2 の二つのシリンダを有している。第 1 段目シリンダ 1 1 の内部には、第 1 段目ディスプレイサ 1 3 が挿入される。また、第 2 段目シリンダ 1 2 の内部には、第 2 段目ディスプレイサ 1 4 が挿入される。

【 0 0 1 4 】

この第 1 段目及び第 2 段目ディスプレイサ 1 3、1 4 は相互に連結されており、各シリンダ 1 1、1 2 の内部でシリンダの軸方向に往復移動可能な構成とされている。この各ディスプレイサ 1 3、1 4 の内部には内部空間 1 5、1 6 が形成されている。この内部空間 1 5、1 6 には蓄冷材が充填されており、蓄冷器 1 7、1 8 として機能する。

【 0 0 1 5 】

上部に位置する第 1 段目ディスプレイサ 1 3 は、上方（Z 1 方向）に向けて延出する駆動軸 3 6 に連結される。この駆動軸 3 6 は、後述するスコッチヨーク機構 3 2 の一部を構成する。

【 0 0 1 6 】

また、第 1 段目ディスプレイサ 1 3 の高温側側（Z 1 方向側端部）には、ガス流路 L 1 が形成されている。更に、第 1 段目ディスプレイサ 1 3 の低温側側（Z 2 方向側端部）には、内部空間 1 5 と第 1 段目膨張空間 2 1 とを連通するガス流路 L 2 が形成されている。

【 0 0 1 7 】

第 1 段目シリンダ 1 1 の低温側端部（図 1 に矢印 Z 2 で示す方向側の端部）には、第 1 段目膨張空間 2 1 が形成されている。また、第 1 段目シリンダ 1 1 の高温側端部（図 1 に矢印 Z 1 で示す方向側の端部）には、上部室 2 3 が形成されている。

【 0 0 1 8 】

更に、第 2 段目シリンダ 1 2 内の低温側端部（図 1 に矢印 Z 2 で示す方向側の端部）には、第 2 段目膨張室 2 2 が形成されている。

【 0 0 1 9 】

第 2 段目ディスプレイサ 1 4 は、図示しない連結機構により第 1 段目ディスプレイサ 1 3 の下部に取り付けられている。この第 2 段目ディスプレイサ 1 4 の高温側端部（図 1 に矢印 Z 1 で示す方向側の端部）には、第 1 段目膨張空間 2 1 と内部空間 1 6 とを連通する

10

20

30

40

50

ガス流路 L 3 が形成されている。また、第 2 段目ディスプレイサ 1 4 の低温側端部（図 1 に矢印 Z 2 で示す方向側の端部）には、内部空間 1 6 と第 2 段目膨張室 2 2 とを連通するガス流路 L 4 が形成されている。

【 0 0 2 0 】

第 1 段目冷却ステージ 1 9 は、第 1 段目シリンダ 1 1 の外周面で、第 1 段目膨張空間 2 1 と対向する位置に配設されている。また第 2 段目冷却ステージ 2 0 は、第 2 段目シリンダ 1 2 の外周面で第 2 段目膨張室 2 2 と対向する位置に配設されている。

【 0 0 2 1 】

上記の第 1 段目及び第 2 段目ディスプレイサ 1 3、1 4 は、スコッチヨーク機構 3 2 により第 1 段目及び第 2 段目シリンダ 1 1、1 2 内を図中上下方向（矢印 Z 1、Z 2 方向）に移動する。

10

【 0 0 2 2 】

図 2 は、スコッチヨーク機構 3 2 を拡大して示している。スコッチヨーク機構 3 2 は、クランク 3 3 とスコッチヨーク 3 4 等を有している。このスコッチヨーク機構 3 2 は、例えばモータ 3 1 等の駆動手段により駆動することができる。

【 0 0 2 3 】

クランク 3 3 は、モータ 3 1 の回転軸（以下、駆動回転軸 3 1 a という）に固定される。このクランク 3 3 は、駆動回転軸 3 1 a の取り付け位置から偏心した位置にクランクピン 3 3 b を設けた構成とされている。従って、クランク 3 3 を駆動回転軸 3 1 a に取り付けると、駆動回転軸 3 1 a に対しクランクピン 3 3 b は偏心した状態となる。この意味で、クランクピン 3 3 b は、偏心回転体として機能する。

20

【 0 0 2 4 】

スコッチヨーク 3 4 は、駆動軸 3 6、ヨーク板 3 5、及びころ軸受 3 7 等を有している。ハウジング 3 内には、収容空間 4 が形成されている。収容空間 4 は、スコッチヨーク 3 4 及び後述するロータリーバルブ 4 0 のロータバルブ 4 2 等を収容する気密性を持った気密容器となっている。この収容空間 4 は、低压配管 1 b を介して圧縮機 1 の吸気口と連通している。そのため、収容空間 4 は常に低压に維持される。

【 0 0 2 5 】

駆動軸 3 6 は、ヨーク板 3 5 から下方（Z 2 方向）に延出している。この駆動軸 3 6 は、ハウジング 3 内に設けられた摺動軸受 3 8 によって支持されている。よって駆動軸 3 6 も、図中上下方向（図中矢印 Z 1、Z 2 方向）に移動可能な構成となっている。

30

【 0 0 2 6 】

駆動軸 3 6 が摺動軸受 3 8 によって支持されることにより、スコッチヨーク 3 4 はハウジング 3 内で上下方向（図中矢印 Z 1、Z 2 方向）に移動可能な構成となっている。

【 0 0 2 7 】

なお、本実施の形態では、極低温冷凍機の構成要素の位置関係を分かりやすく表すために、「軸方向」という用語を使用することがある。軸方向は駆動軸 3 6 が延在する方向を表し、ディスプレイサ 1 3、1 4 が移動する方向とも一致する。便宜上、軸方向に関して膨張空間又は冷却ステージに相対的に近いことを「下」、相対的に遠いことを「上」と呼ぶことがある。つまり、低温側端部から相対的に遠いことを「上」、相対的に近いことを「下」と呼ぶことがある。なお、こうした表現は GM 冷凍機が取り付けられたときの配置とは関係しない。例えば、GM 冷凍機は鉛直方向に膨張空間を上向きにして取り付けられてもよい。

40

【 0 0 2 8 】

ヨーク板 3 5 は、横長窓 3 5 a が形成されている。この横長窓 3 5 a は、駆動軸 3 6 の延出する方向に対して交差する方向、例えば直交する方向（図 2 中、矢印 X 1、X 2 方向）に延在している。

【 0 0 2 9 】

ころ軸受 3 7 は、この横長窓 3 5 a 内に配設されている。ころ軸受 3 7 は、横長窓 3 5 a 内で回転可能な構成とされている。また、クランクピン 3 3 b と係合する孔 3 7 a は、

50

ころ軸受 37 の中心位置に形成されている。横長窓 35 a は、クランクピン 33 b およびころ軸受 37 の横方向の移動を許容する。横長窓 35 a は、横方向に延在する上枠部及び下枠部と、上枠部及び下枠部それぞれの横方向端部にて軸方向ないし縦方向に延在し上枠部と下枠部とを結合する第 1 側枠部及び第 2 側枠部と、を備える。

【0030】

モータ 31 が駆動し駆動回転軸 31 a が回転すると、クランクピン 33 b は円弧を描くように回転する。これにより、スコッチヨーク 34 は図中矢印 Z1、Z2 方向に往復移動する。この際、ころ軸受 37 は、横長窓 35 a 内を図中矢印 X1、X2 方向に往復移動する。

【0031】

第 1 段目ディスプレーサ 13 は、スコッチヨーク 34 の下部に配設された駆動軸 36 に接続されている。よって、スコッチヨーク 34 が図中矢印 Z1、Z2 方向に往復移動することにより、第 1 段目ディスプレーサ 13 及びこれに連結された第 2 段目ディスプレーサ 14 も第 1 段目シリンダ 11 及び第 2 段目シリンダ 12 内で矢印 Z1、Z2 方向に往復移動する。

【0032】

次に、バルブ機構について説明する。本実施の形態ではバルブ機構としてロータリーバルブ 40 を用いている。

【0033】

ロータリーバルブ 40 は、冷媒ガスの流路を切り換えるものである。このロータリーバルブ 40 は、圧縮機 1 の吐出側から吐出された高圧の冷媒ガスを第 1 段目ディスプレーサ 13 の上部室 23 に導く供給用バルブとして機能すると共に、上部室 23 から冷媒ガスを圧縮機 1 の吸気側に導く排気用バルブとして機能する。

【0034】

このロータリーバルブ 40 は、図 1 に加えて図 3 に示すように、ステータバルブ 41 とロータバルブ 42 とを有している。ステータバルブ 41 は平坦なステータ側摺動面 45 を有し、ロータバルブ 42 は同じく平坦なロータ側摺動面 50 を有している。そして、このステータ側摺動面 45 とロータ側摺動面 50 が面接触することにより、冷媒ガスの漏れが防止される。

【0035】

ステータバルブ 41 は、ハウジング 3 内に固定ピン 43 で固定される。この固定ピン 43 で固定されることにより、ステータバルブ 41 は回転が規制される。

【0036】

ロータバルブ 42 のロータ側摺動面 50 と反対側に位置する反対側端面 52 には、クランクピン 33 b と係合する係合穴（図示せず）が形成されている。クランクピン 33 b は、ころ軸受 37 に挿通された際にその先端部がころ軸受 37 から矢印 Y1 方向に突出する（図 1 参照）。

【0037】

そして、ころ軸受 37 から突出したクランクピン 33 b の先端部は、ロータバルブ 42 に形成された係合穴と係合する。よって、クランクピン 33 b が回転（偏心回転）することにより、ロータバルブ 42 はスコッチヨーク機構 32 と同期して回転する。

【0038】

ステータバルブ 41 は、冷媒ガス供給孔 44、円弧状溝 46、及びバルブ側流路 49 a を有している。冷媒ガス供給孔 44 は圧縮機 1 の高圧配管 1 a に接続されており、ステータバルブ 41 の中心部を貫通するよう形成されている。

【0039】

円弧状溝 46 は、ステータ側摺動面 45 に形成されている。この円弧状溝 46 は、冷媒ガス供給孔 44 を中心とした円弧形状を有している。

【0040】

ガス流路 49 は、ステータバルブ 41 及びハウジング 3 に形成されている。このガス流

10

20

30

40

50

路 4 9 は、ステータバルブ 4 1 内に形成されたバルブ側流路 4 9 a と、ハウジング 3 内に形成されたハウジング側流路 4 9 b とにより構成されている。

【 0 0 4 1 】

バルブ側流路 4 9 a の一端部は、円弧状溝 4 6 内に開口し開口部 4 8 を形成している。また、バルブ側流路 4 9 a の他端部 4 7 ( 図 3 参照 ) は、ステータバルブ 4 1 の側面に開口している。

【 0 0 4 2 】

このバルブ側流路 4 9 a の他端部 4 7 は、ハウジング側流路 4 9 b の一端部と連通している。また、ハウジング側流路 4 9 b の他端部は、上部室 2 3、ガス流路 L 1、蓄冷器 1 7 等を介して膨張空間 2 1 に接続されている。

10

【 0 0 4 3 】

一方、ロータバルブ 4 2 は、長円状溝 5 1 及び円弧状孔 5 3 を有している。

【 0 0 4 4 】

長円状溝 5 1 は、ロータ側摺動面 5 0 にその中心から径方向に延在するよう形成されている。また円弧状孔 5 3 は、ロータバルブ 4 2 のロータ側摺動面 5 0 から反対側端面 5 2 まで貫通し、収容空間 4 と接続している。この円弧状孔 5 3 は、ステータバルブ 4 1 の円弧状溝 4 6 と同一円周上に位置するよう形成されている。

【 0 0 4 5 】

上記した冷媒ガス供給孔 4 4、長円状溝 5 1、円弧状溝 4 6、及び開口部 4 8 により供給弁が構成される。また、開口部 4 8、円弧状溝 4 6、及び円弧状孔 5 3 により排気弁が構成される。本実施の形態では、長円状溝 5 1、円弧状溝 4 6 などのバルブの内部に存在する空間をまとめてバルブ内部空間と呼ぶことがある。

20

【 0 0 4 6 】

上記構成とされた G M 冷凍機において、モータ 3 1 によりスコッチヨーク機構 3 2 が駆動されると、スコッチヨーク 3 4 は Z 1、Z 2 方向に往復移動する。このスコッチヨーク 3 4 の動作により、第 1 段目及び第 2 段目ディスプレイサ 1 3、1 4 は、第 1 段目及び第 2 段目シリンダ 1 1、1 2 内を下死点と上死点との間で往復移動する。

【 0 0 4 7 】

第 1 段目及び第 2 段目ディスプレイサ 1 3、1 4 が下死点に達する際に、排気弁が閉じると共に供給弁が開く。即ち、冷媒ガス供給孔 4 4、長円状溝 5 1、円弧状溝 4 6、及びガス流路 4 9 との間に冷媒ガス流路が形成される。

30

【 0 0 4 8 】

よって高圧の冷媒ガスは、圧縮機 1 から上部室 2 3 に充填され始める。その後、第 1 段目及び第 2 段目ディスプレイサ 1 3、1 4 は下死点を過ぎて上昇を始め、冷媒ガスは蓄冷器 1 7、1 8 を上から下に通過し、各膨張空間 2 1、2 2 に充填されてゆく。

【 0 0 4 9 】

そして、第 1 段目及び第 2 段目ディスプレイサ 1 3、1 4 が上死点に達する際に、供給弁は閉じると共に排気弁が開弁する。即ち、ガス流路 4 9、円弧状溝 4 6、及び円弧状孔 5 3 との間に冷媒ガス流路が形成される。

【 0 0 5 0 】

これにより、高圧の冷媒ガスは各膨張空間 2 1、2 2 内で膨張することによって寒冷を発生させ、各冷却ステージ 1 9、2 0 を冷却する。また、寒冷を発生させた低温の冷媒ガスは、蓄冷器 1 7、1 8 内の蓄冷材を冷却しながら下から上に流れ、その後に圧縮機 1 の低压配管 1 b に還流する。

40

【 0 0 5 1 】

その後、第 1 段目及び第 2 段目ディスプレイサ 1 3、1 4 が下死点に達する際に、排気弁は閉じると共に供給弁が開いて 1 サイクルを終了する。このようにして、冷媒ガスの圧縮、膨張のサイクルを繰り返すことによって、G M 冷凍機の各冷却ステージ 1 9、2 0 は極低温に冷却される。G M 冷凍機の各冷却ステージ 1 9、2 0 は、膨張空間 2 1、2 2 内の冷媒ガスを膨張させることにより発生した寒冷を、第 1 段目及び第 2 段目シリンダ 1 1

50

、 1 2 の外部に伝導する。

【 0 0 5 2 】

以上説明したように、実施の形態に係る G M 冷凍機においては、モータ 3 1 等の駆動装置が回転するクランク 3 3 の動きをスコッチヨーク機構 3 2 が軸方向の往復移動に変換する。このため、スコッチヨーク機構 3 2 中のヨーク板 3 5 には、往復移動以外の横方向の動きも加えられることになる。以下、スコッチヨーク機構 3 2 において、往復移動以外の動きを抑制する回転抑止力について説明する。

【 0 0 5 3 】

図 4 ( a ) - ( b ) は、従来技術に係るスコッチヨーク 3 4 における回転抑止力を説明する図である。スコッチヨーク 3 4 は、その特性上、直線駆動軸である駆動軸 3 6 からずれた位置にてモータ 3 1 等の駆動装置から作用する力を受ける。このため、スコッチヨーク 3 4 の駆動軸 3 6 には、駆動装置の駆動回転軸 3 1 a を回転軸として回転または傾斜（以下、駆動軸 3 6 が駆動回転軸 3 1 a を回転軸として回転または傾斜することを、駆動軸 3 6 の「ローリング」と記載することがある。）しようとする力が働く。一般にスコッチヨーク 3 4 では、ローリングしようとする力を押さえるための軸受け機構が設けられている。

10

【 0 0 5 4 】

図 4 ( a ) に示すように、従来技術に係るスコッチヨーク 3 4 は、駆動軸 3 6 a はヨーク板 3 5 から上方に延出しており、摺動軸受 3 8 a によって支持される。よって駆動軸 3 6 a は、図中上下方向に移動可能な構成となっている。また駆動軸 3 6 b は、ヨーク板 3 5 から下方に延出しており、摺動軸受 3 8 b によって支持される。従来技術に係るスコッチヨーク 3 4 では、摺動軸受 3 8 a および摺動軸受 3 8 b が、ローリングしようとする力を押さえるための軸受け機構となる。

20

【 0 0 5 5 】

説明の簡略化のため、駆動軸 3 6 a および駆動軸 3 6 b の太さを無視して考える。図 4 ( a ) において、駆動軸 3 6 a および駆動軸 3 6 b から距離  $L$  ずれた位置にて、ヨーク板 3 5 は駆動装置から作用する力  $F$  を受けるとする。この力  $F$  は、図 4 ( a ) には図示しないディスプレイサ 1 3、1 4 の両端圧力損失による荷重  $B$  と同程度の大きさである。

【 0 0 5 6 】

図 4 ( a ) において、摺動軸受 3 8 a および摺動軸受 3 8 b が、駆動軸 3 6 a および駆動軸 3 6 b のそれぞれから受ける抗力を  $N_H$ 、 $N_L$  とし、かつ  $N_H = N_L = N$  とする。また、スコッチヨーク 3 4 の駆動軸 3 6 がローリングしようとする力を押さえるため回転抑止力を  $N_B$  とする。このとき、 $N_B = 2 \times l \times N$  となる。ここで  $l$  は、ヨーク板 3 5 上の駆動装置から作用する力を受けた位置から、摺動軸受 3 8 a または摺動軸受 3 8 b までの距離を表す。

30

【 0 0 5 7 】

ここで、 $N$  が小さいほど摺動軸受 3 8 a および摺動軸受 3 8 b に係る抗力は小さくなり、低負荷にて駆動軸 3 6 がローリングしようとする力を抑えることができる。すなわち、ヨーク板 3 5 上の駆動装置から作用する力  $F$  を受ける位置から、摺動軸受 3 8 a または摺動軸受 3 8 b までの距離  $l$  が長いほど、低負荷で駆動軸 3 6 がローリングしようとする力を押さえることができる。

40

【 0 0 5 8 】

したがって、従来技術に係るスコッチヨーク 3 4 では、ヨーク板 3 5 の上下方向に駆動軸 3 6 a と駆動軸 3 6 b とをそれぞれ設け、回転抑止力  $N_B$  を維持するための有効長  $l$  を長くしている。しかしながら、このような構造を取ると、ヨーク板 3 5 の上部の駆動軸 3 6 a を冷凍機に収容する必要があるため、冷凍機の全長が長くなる。

【 0 0 5 9 】

図 4 ( b ) は、別の従来技術に係るスコッチヨーク 3 4 における回転抑止力を説明する図である。図 4 ( b ) に示すスコッチヨークでは、図 4 ( a ) の問題点を鑑みて、ヨーク板 3 5 の上部の駆動軸 3 6 a および摺動軸受 3 8 a を廃し、ヨーク板 3 5 の下部の駆動軸

50

36bを摺動軸受38bで駆動軸36のローリングを抑止する。駆動軸36aおよび摺動軸受38aが存在しないため、図4(a)に示す場合と比較すると、摺動軸受38bに係る抗力 $N_L$ は大きくなる。そこで図4(b)に示す別の従来技術に係るスコッチヨーク34は、ヨーク板35の下部に、摺動軸受38bに加えてさらに副ガイド38cを設けることで、駆動軸36がローリングしようとする力を抑制する。

#### 【0060】

しかしながら、ヨーク板35の下部に回転抑止力を発生させるためのガイドを設ける構造では、駆動軸36がローリングしようとする力にある程度の長さを持って対応する必要がある。結果として、ヨーク板35の下部の駆動軸36bの全長が長くなり、冷凍機的全長も長くなる。また、ヨーク板35の下部に回転抑止力を発生させるためのガイドを設ける構造では、十分な回転抑止力を得られない場合もある。

10

#### 【0061】

これを解決するために、実施の形態に係るスコッチヨーク34は、まずヨーク板35の上部の駆動軸36aおよび摺動軸受38aを廃止する。その上で、実施の形態に係るスコッチヨーク34は、ヨーク板35上において駆動装置から作用する力Fを受ける位置よりも上側に、駆動軸36がローリングしようとする力を抑制する機構を設ける。以下、実施の形態に係るスコッチヨーク34について詳細に説明する。

#### 【0062】

図5(a) - (d)は、収容空間4内のスコッチヨーク34におけるヨーク板35の動きを規制するガイド機構を説明する図である。なお、図1においては2段式のGM冷凍機を示したが、説明の簡略化のため、図5(a) - (d)では、1段式のGM冷凍機を示している。より具体的には、5(a) - (d)は、スコッチヨーク34、スコッチヨーク34を収納するハウジング3および第1段目シリンダ11、第1段目ディスプレイサ13および蓄冷器17を備える1段式のGM冷凍機を模式的に示している。しかしながら、本願発明は2段式のGM冷凍機であっても成立することは当業者であれば容易に理解できることである。

20

#### 【0063】

図5(a)は、比較のために従来技術に係るGM冷凍機の断面を簡略化して示す図であり、上述した図4(a)に対応する図である。図4(a)を参照して説明したように、図5(a)に示す例では、ヨーク板35の上部に駆動軸36aおよび摺動軸受38aを有し、これらを収納するためにハウジング3の該当箇所が突出している。なお限定はしないが、一例として、実施の形態に係る2段式のGM冷凍機の全長は50cm程度である。このうちハウジング3において駆動軸36aおよび摺動軸受38aを収納するために突出する部分の全長方向の長さは7cm程度である。したがって、2段式のGM冷凍機の全長のうち、およそ10%程度が、駆動軸36aおよび摺動軸受38aを収納するための部分となる。これは駆動軸36を含むスコッチヨーク34の長さが、冷凍機全体の長さに大きく寄与することを示している。

30

#### 【0064】

図5(b)は、ヨーク板35の上部に駆動軸36aおよび摺動軸受38aを廃した場合のGM冷凍機の断面を簡略化して示す図である。図5(b)に示すGM冷凍機は、ハウジング3において駆動軸36aおよび摺動軸受38aを収納するための突出部が存在しないため、図5(a)に示すGM冷凍機と比較して全長が短くなる。しかしながら、駆動軸36がローリングしようとする力を抑制する箇所は摺動軸受38のみであるため、十分な回転抑止力を得られない場合もありうる。

40

#### 【0065】

また上述したように、収容空間4は気密容器となっており、摺動軸受38には収容空間4の気密性を保つためのシールが存在する。図5(b)に示すように駆動軸36がローリングしようとする力を抑制する箇所が摺動軸受38だけの場合、摺動軸受38に多くの負荷が集中する。そのため、GM冷凍機を長期間運転すると摺動軸受38の摩耗により、シールの性能が低下することも起こりうる。

50

## 【 0 0 6 6 】

そこで実施の形態に係るGM冷凍機では、収容空間4の一部としてヨーク板35の動きを規制するガイド機構60を設ける。

## 【 0 0 6 7 】

図5(c)は、実施の形態に係るヨーク板35の動きを規制するガイド機構60を示す図である。図5(c)に示すように、ガイド機構60は、ハウジング3内の収容空間4の一部として構成されている。ガイド機構60は、収容空間4内においてヨーク板35の往復移動以外の動きを規制する。ガイド機構60は収容空間4の一部として構成されているため、ガイド機構60の少なくとも一部は、ヨーク板35上において駆動装置から作用する力Fを受ける位置よりも上側に存在することになる。ガイド機構60は、クランク33の回転軸まわりにおけるヨーク板35の傾動を規制するように、ヨーク板35の側部を支持するように取り付けられる。これにより、駆動軸36およびヨーク板35がローリングしようとする力を抑制することが可能となる。以下、ヨーク板35の面のうち、ガイド機構60が取り付けられる面を、「ガイド取付面」と言うことがある。なお詳細は後述するが、ヨーク板35の動きを規制するガイド機構60は、ヨーク板35の側面よりも内側に配置されることもある。したがって、本明細書においてヨーク板35の「側部」とはヨーク板35の側面に限定されず、ヨーク板35の側面から内側に入り込んだ領域も含まれる。

10

## 【 0 0 6 8 】

また、ヨーク板35は収容空間4内を往復移動する。このため、ヨーク板35を構成する面のうち、第1段目ディスプレイサ13に対して反対側の面(以下、「ヨーク板35の上面」ということがある。)は、収容空間4を構成する壁面のうち、ヨーク板35の上面と対向する壁面(以下、「収容空間4の上面」ということがある。)と離れている。収容空間4の上面は、収容空間4を構成する壁面のうち、第1段目シリンダ11に対して反対側の面と表現することもできる。第1段目ディスプレイサ13が上死点にあるとき、ヨーク板35の上面と収容空間4の上面とは接触してもよいが、第1段目ディスプレイサ13が上死点にあるときもヨーク板35の上面と収容空間4の上面とは離れていることが好ましい。このような場合には、ガイド機構60は、常に収容空間4の上面よりも下の位置においてのみヨーク板35の往復移動以外の動きを規制する。

20

## 【 0 0 6 9 】

図6(a)-(c)は、スコッチヨーク34におけるヨーク板35の動きを規制するガイド機構60の一例をより詳細に説明する図である。より具体的に、図6(a)は、リニアガイド機構61を用いてガイド機構60を実現した場合の例を示す図である。図6(a)に示すように、ヨーク板35の面のうち、ガイド取付面に溝を設け、レール63を挿入する。レール63は収容空間4の上下の壁に支持され、ヨーク板35の往復移動方向に延在する。さらにヨーク板35とレール63との間に複数のボール62を挿入し、ヨーク板35はレール63に沿って転動するように構成する。リニアガイド機構61は、ヨーク板35を往復移動させる転動部として機能する。リニアガイド機構61をこのように構成することにより、駆動軸36およびヨーク板35がローリングしようとする力を抑制することができる。また、ヨーク板35が駆動軸36を回転軸として回転するヨーイングを抑制することもできる。さらに加えて、ヨーク板35が図1におけるX1またはX2方向を回転軸として回転するピッチングも抑制することもできる。

30

40

## 【 0 0 7 0 】

図6(b)は、サイドガイド構造64を用いてガイド機構60を実現した場合の例を示す図である。図6(a)に示す場合と同様に、ヨーク板35のガイド取付面に溝を設け、収容空間4の上下の壁に支持されるロッド65を挿入する。しかしながら、図6(b)に示す例は、図6(a)に示す場合と異なり、ヨーク板35とロッド65の間にはボールを設けず、ヨーク板35とロッド65とが摺動するように構成される。すなわち、図6(b)に示すサイドガイド構造64は、ヨーク板35を往復移動させる摺動部として機能する。なお、図6(b)は、ロッド65として断面が円形の円筒ロッドを採用する場合を示

50

すが、ロッド 6 5 の形状は円筒に限られず、断面が矩形や楕円等の他の形状であってもよい。

【 0 0 7 1 】

上述したとおり、収容空間 4 は、低圧配管 1 b を介して圧縮機 1 の吸気口と連通している。つまり、収容空間 4 は冷媒ガスが循環する空間の一部を構成する。このため、ヨーク板 3 5 の溝部とロッド 6 5 との間に、グリース等の潤滑材を用いると循環ラインの汚染を引き起こす可能性もある。

【 0 0 7 2 】

そこで実施の形態に係るロッド 6 5 を用いたサイドガイド構造 6 4 においては、ロッド 6 5 のうちヨーク板 3 5 の溝と接触する摺動面は、潤滑性を持った膜がコーティングされている。同様に、ヨーク板 3 5 のうち、ロッド 6 5 と接触する接触面にも、潤滑性を持った膜がコーティングされてもよい。潤滑性を持った膜は、ロッド 6 5 のうちヨーク板 3 5 の溝と接触する摺動面と、ヨーク板 3 5 のうちロッド 6 5 と接触する接触面のうち少なくとも一方又は両方にコーティングされてもよい。これにより、グリース等の潤滑材を用いることなく、ロッド 6 5 とヨーク板 3 5 との摺動面に生じる摩擦を低減することができる。潤滑性を持った膜は、例えばフッ素樹脂や、ダイヤモンドライクカーボン (Diamond-Like Carbon; DLC) 等の硬質膜を用いて実現できる。サイドガイド構造 6 4 をこのように構成することにより、駆動軸 3 6 およびヨーク板 3 5 がローリングしようとする力を抑制することができる。さらに、ヨーク板 3 5 が駆動軸 3 6 を回転軸として回転するヨーイングや、図 1 における X 1 または X 2 方向を回転軸として回転するピッチングも抑制することもできる。

10

20

【 0 0 7 3 】

図 6 ( c ) は、バネ 6 6 および滑りピンジョイント 6 8 を用いたヨーク板 3 5 の保持機構を示す図である。図 6 ( c ) に示すように、収容空間 4 の壁面のうち、ヨーク板 3 5 におけるガイド取付面と対向する壁面に、ヨーク板 3 5 の動きを規制するためのバネ 6 6 が設けられている。バネ 6 6 とヨーク板 3 5 とは、球形の滑りピンジョイント 6 8 を介して接触している。これにより、駆動軸 3 6 およびヨーク板 3 5 がローリングしようとする力は、バネ 6 6 の弾性力が抗力となって抑制される。またバネ 6 6 とヨーク板 3 5 とは、球形の滑りピンジョイント 6 8 を介して接触しているため、ヨーク板 3 5 の往復移動の摩擦が低減される。

30

【 0 0 7 4 】

以上、図 6 ( a ) - ( c ) を参照して説明したように、収容空間 4 内部に設けられたガイド機構によって、ヨーク板 3 5 の往復移動の摩擦以外の動きを規制することができる。

【 0 0 7 5 】

なお、ヨーク板 3 5 の動きを規制するガイド機構として、収容空間 4 内部ではなく、収容空間 4 を構成するハウジング 3 の壁面を利用してもよい。

【 0 0 7 6 】

図 5 の説明に戻り、図 5 ( d ) は、収容空間 4 の壁面をガイド機構に利用する場合の例を示す図である。図 5 ( d ) に示すように、ヨーク板 3 5 のガイド取付面は、収容空間 4 の壁面と接触している。このため、収容空間 4 の壁面自体が、駆動軸 3 6 およびヨーク板 3 5 がローリングしようとする力を抑制するガイド機構となる。

40

【 0 0 7 7 】

図 5 ( d ) に示す例では、図 5 ( c ) に示す例と比較して、ヨーク板 3 5 の大きさは変わらない。そのため図 5 ( d ) に示す例では、図 5 ( c ) に示す例と比較して、収容空間 4 の壁面がヨーク板 3 5 に接触するまで収容空間 4 を小さくしている。これにより、図 5 ( d ) に示す例では、GM 冷凍機をスリム化する効果もある。なお、図 5 ( d ) に示す例において、ヨーク板 3 5 のガイド取付面と、収容空間 4 の壁面のうちヨーク板 3 5 と接触する部分に、フッ素樹脂等の摩擦を低減するための潤滑性を持った膜をコーティングするのが好ましい。

【 0 0 7 8 】

50

なお、図示はしないが、収容空間 4 の壁面がヨーク板 3 5 に接触するまで収容空間 4 を小さくすることに替えて、ヨーク板 3 5 が収容空間 4 の壁面に接触するまで大きくしてもよい。あるいは、ヨーク板 3 5 と収容空間 4 の壁面とが接触するまで、ヨーク板 3 5 を大きくしつつ、かつ収容空間 4 を小さくしてもよい。

【 0 0 7 9 】

このように、収容空間 4 の壁面自体に抗力を発生させることで、駆動軸 3 6 およびヨーク板 3 5 がローリングしようとする力を抑制することができる。図示はしないが、ヨーク板 3 5 が駆動軸 3 6 を回転軸としてヨーイングしようとすることを抑えるために、収容空間 4 の壁面にガイド機構を設けてもよい。これは例えば収容空間 4 の壁面に、ヨーク板 3 5 を往復移動自在となるようにはめ込む溝を設けることで実現できる。また、収容空間 4 の壁面に凸部を形成し、ヨーク板 3 5 に凸部をはめ込む溝を設けてもよい。凸部は、メンテナンス時にスコッチヨークを収容空間 4 から取り出すために、収容空間 4 の壁面に対して進退可能に設けてもよい。

10

【 0 0 8 0 】

以上説明したように、実施の形態に係る G M 冷凍機は、冷凍機の全長を短くすることができる。

【 0 0 8 1 】

特に、収容空間 4 の一部に設けられたガイド機構を用いてヨーク板 3 5 の動きを規制することにより、駆動軸 3 6 およびヨーク板 3 5 がローリングしようとする力の他、ヨーイングしようとする力も抑制することができる。さらに収容空間 4 の壁面自体をガイド機構として用いる場合には、G M 冷凍機をスリム化することもできる。

20

【 0 0 8 2 】

以上、実施の形態に基づき本発明を説明したが、実施の形態は、本発明の原理、応用を示すにすぎない。また、実施の形態には、請求の範囲に規定された本発明の思想を逸脱しない範囲において、多くの変形例や配置の変更が可能である。

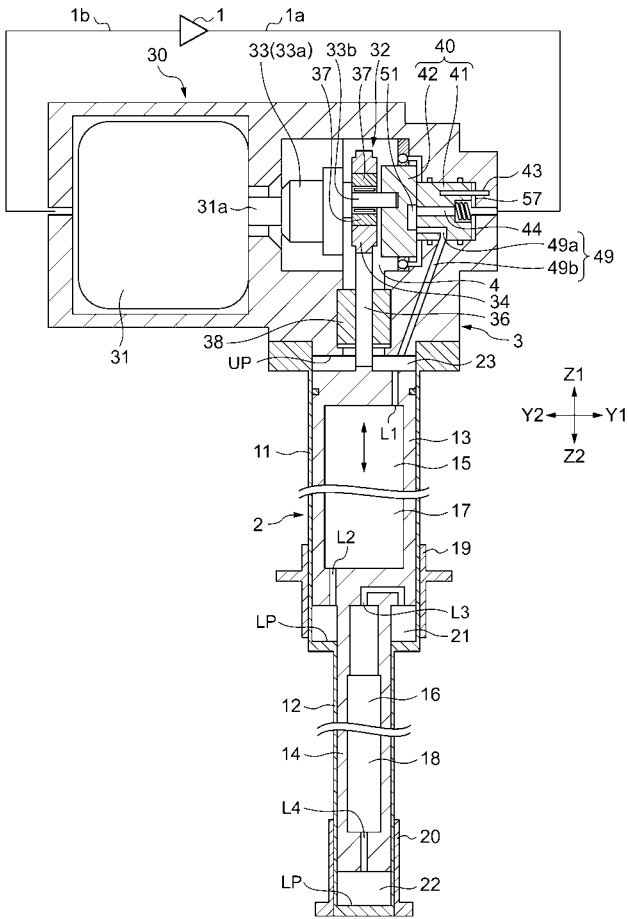
【 符号の説明 】

【 0 0 8 3 】

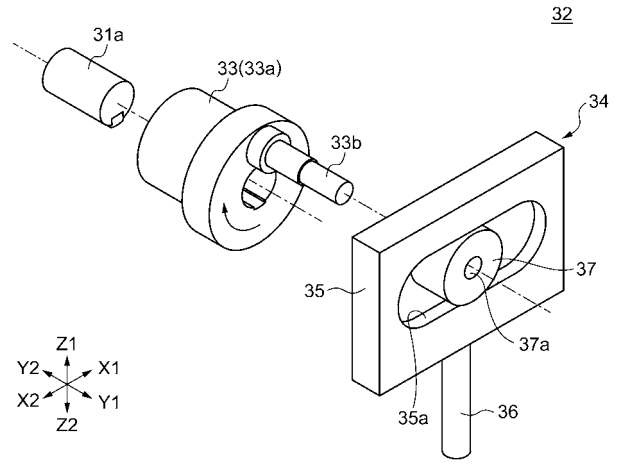
1 圧縮機、 2 シリンダ、 3 ハウジング、 4 収容空間、 1 1 シリンダ、 1 3 ディスプレサ、 1 5、1 6 内部空間、 1 7 蓄冷器、 1 9 冷却ステージ、 2 1 膨張空間、 2 3 上部室、 3 1 モータ、 3 1 a 駆動回転軸、 3 2 スコッチヨーク機構、 3 3 クランク、 3 3 b クランクピン、 3 4 スコッチヨーク、 3 5 ヨーク板、 3 5 a 横長窓、 3 6 駆動軸、 3 7 ころ軸受、 3 7 a 孔、 3 8 摺動軸受、 3 8 c 副ガイド、 4 0 ロータリーバルブ、 4 1 ステータバルブ、 4 2 ロータバルブ、 4 3 固定ピン、 4 4 冷媒ガス供給孔、 4 5 ステータ側摺動面、 4 6 円弧状溝、 4 7 他端部、 4 8 開口部、 4 9 ガス流路、 4 9 a バルブ側流路、 4 9 b ハウジング側流路、 5 0 ロータ側摺動面、 5 1 長円状溝、 5 2 反対側端面、 5 3 円弧状孔、 6 0 ガイド機構、 6 1 リニアガイド機構、 6 2 ボール、 6 3 レール、 6 4 サイドガイド構造、 6 5 ロッド、 6 6 パネ、 6 8 滑りピンジョイント。

30

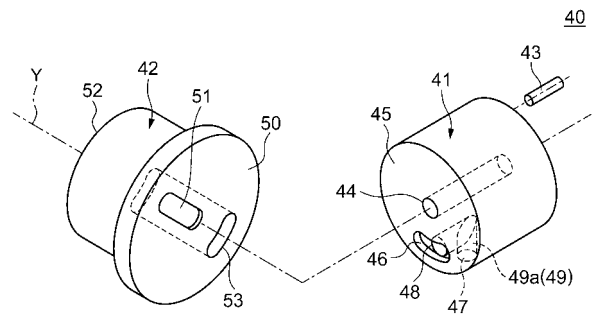
【 図 1 】



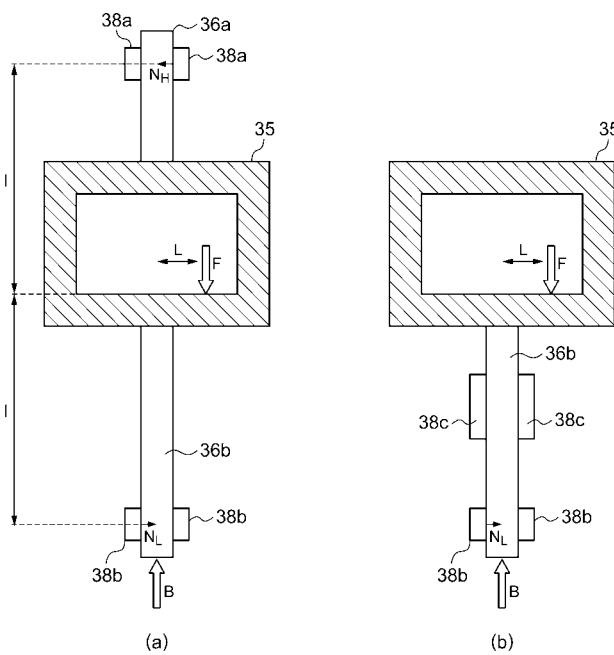
【 図 2 】



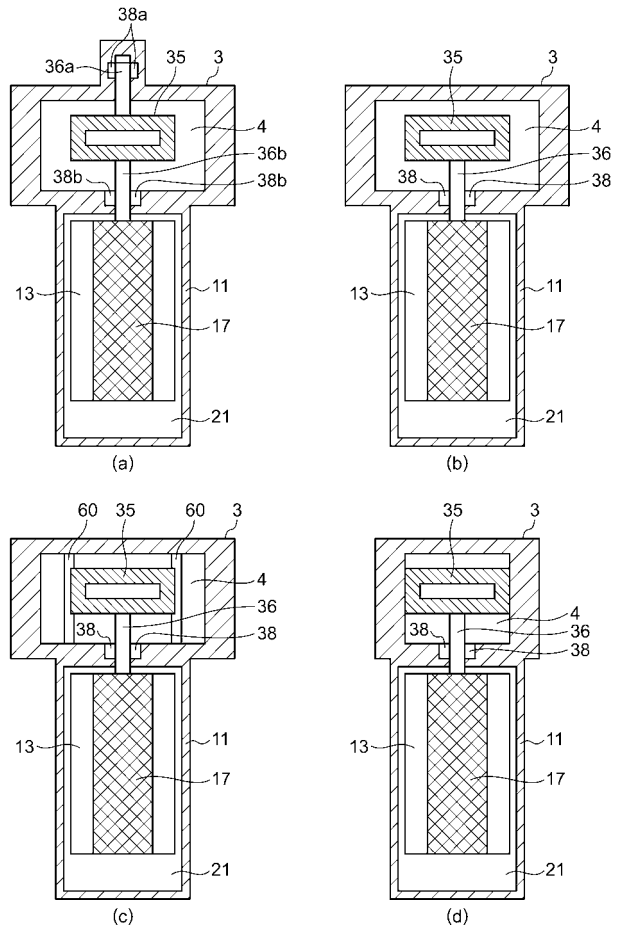
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

