

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006年7月6日 (06.07.2006)

PCT

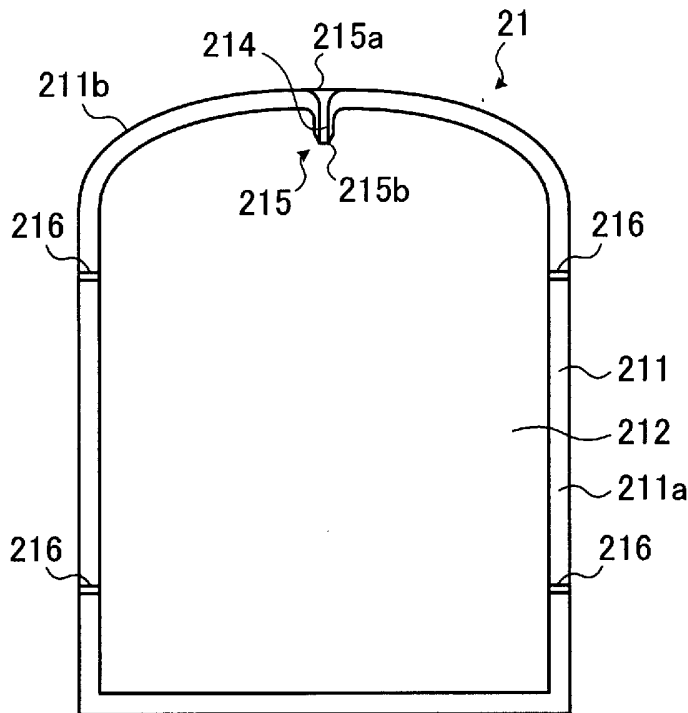
(10) 国際公開番号
WO 2006/070832 A1

- (51) 国際特許分類: F02G 1/053 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/023966
- (22) 国際出願日: 2005年12月27日 (27.12.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願 2004-378172
2004年12月27日 (27.12.2004) JP
特願 2004-378176
2004年12月27日 (27.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI)
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 澤田 大作 (SAWADA, Daisaku) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP). 矢口 寛 (YAGUCHI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 三谷 信一 (MITANI, Shinichi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1006019 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PISTON DEVICE, STIRLING ENGINE, AND EXTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: ピストン装置、スターリングエンジン、及び外燃機関



(57) Abstract: A piston device, a Stirling engine, and an external combustion engine. In the piston device, a gas bearing is formed by leading a compressed working medium in a piston and jetting the working medium from a plurality of holes formed in the side peripheral part of the piston into a clearance part between the piston and a cylinder to suppress the reverse flow of the working medium in the piston into a working space and reliability and life are easily secured. The piston device applied into the external combustion engine (10) comprises a piston body (211), an accumulating chamber (212) formed in the piston body, a lead-in part (214) for leading the compressed working medium into the accumulating chamber, and the holes (216) formed in the side peripheral part (211b) of the piston body and passed from the accumulating chamber to the clearance part between the piston body and the cylinder (22) of the external combustion engine. The lead-in part is formed to be able to flow the working medium in both a lead-in direction into the accumulating chamber and an opposite direction to the lead-in direction, and a flow passage resistance in the opposite direction is larger than that in the lead-in direction at the lead-in part.

(57) 要約: 圧縮された作動媒体をピストン内部に導入し、ピストンの側周部に設けられた複数の孔からシリンダとの間のクリアランス部に噴射することで気体軸受を構成し、ピストン内部の作動媒体が作動空間内に逆流するのが抑制され、かつ、信頼性、寿命を容易に確保するピストン装置を提供する。外燃機関10に適用され、ピストン本体211と、前記ピストン本体の内部に形成された蓄圧室212と、圧縮された作動媒体を前記蓄圧室に導入するための導入部214と、前記ピストン本体の側周部211bに設けられ、前記蓄圧室から、前記ピストン本体と前記外燃機関のシリンダ22との間のクリアランス部に貫通する孔216とを備え、前記導

[続葉有]

WO 2006/070832 A1



- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

ピストン装置、スターリングエンジン、及び外燃機関

技術分野

[0001] 本発明は、ピストン装置、スターリングエンジン、及び外燃機関に関する。

背景技術

[0002] 近年、乗用車やバス、トラック等の車両に搭載される内燃機関の排熱や工場排熱を回収するために、理論熱効率に優れたスターリングエンジンが注目されてきている。

[0003] スターリングエンジンを含む外燃機関に適用可能なピストン装置として、特開2000-46431号公報(特許文献1)に開示された技術が知られている。上記特許文献1に開示された外燃機関のピストンは、ピストンのシリンダ内の往復運動に伴って作動空間内で圧縮、膨張を繰り返す作動媒体の働きにより駆動されるディスプレイサを用いるタイプのスターリングエンジンに適用されるものであって、ピストン内部に形成され、作動空間内で圧縮された作動媒体を一時的に蓄える加圧室と、加圧室内の作動媒体をピストンとシリンダーとのクリアランス部に噴出するオリフィスと、加圧室側のオリフィス端部に設けられた逆止弁とを具備し、逆止弁は、ピストンの動きにより作動空間内の作動媒体圧力が下がったときに加圧室内の作動媒体が作動空間内へ逆流するのを防ぐために設けられている。

[0004] 特許文献1:特開2000-46431号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] スターリングエンジンのような外燃機関の作動空間内で圧縮された作動媒体をピストン内部に導入し、ピストンの側周部(外周部)に設けられた複数の孔からピストンとシリンダとの間のクリアランス部に噴射することで、気体軸受を構成する場合、従来は、機械的な可動部を持ち、ピストンの上下動毎に開閉する逆止弁(チェック弁)が用いられていたため、信頼性、寿命の確保が難しかった。ピストンの上下動に伴う加速度に対してチェック弁の可動部が不安定な動作をして所定の位置に定まらず、チェック弁としての正確な機能が得られないことがあり、設計上、構造上の制約になっていた

。

[0006] 本発明の目的は、外燃機関の作動空間内で圧縮された作動媒体をピストン内部に導入し、ピストンの側周部に設けられた複数の孔からピストンとシリンダとの間のクリアランス部に噴射することで、気体軸受を構成する場合に、ピストン内部の作動媒体が作動空間内に逆流するのを抑制するという機能が確実に得られ、かつ、信頼性、寿命を容易に確保することが可能なピストン装置、スターリングエンジン、及び外燃機関を提供することである。

本発明の他の目的は、作動空間からピストン内に設けられた蓄圧室内へ加圧状態保持手段を介して作動媒体を取り入れ、ピストン側周部から噴出するピストン機関において、加圧状態保持手段に作用する加速度が大きい場合であっても、加圧状態保持手段の動作不良を抑制できるピストン機関を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明のピストン装置は、外燃機関に適用され、ピストン本体と、前記ピストン本体の内部に形成された蓄圧室と、前記外燃機関の作動空間で圧縮された作動媒体を前記蓄圧室に導入するための導入部と、前記ピストン本体の側周部に設けられ、前記蓄圧室から、前記ピストン本体と前記外燃機関のシリンダとの間のクリアランス部に貫通する孔とを備え、前記導入部は、前記作動媒体の前記蓄圧室への導入方向及び前記導入方向の反対方向のいずれの方向にも流通可能に設けられ、前記導入部において前記反対方向の流路抵抗は、前記導入方向の流路方向に比べて大きくなるように構成されていることを特徴としている。

[0008] 本発明のピストン装置において、前記導入部における前記導入方向と前記反対方向の流路抵抗の相違は、弁体のような可動部の作動による前記導入部の流路の開閉動作に基づくものではなく、前記導入部の形状に基づくものであることを特徴としている。

[0009] 本発明のピストン装置において、更に、前記作動空間で圧縮された作動媒体を前記蓄圧室に導入するための流路と、前記蓄圧室に設けられ、前記流路を弁体のような可動部の作動により開閉する流路開閉手段とを備え、前記可動部は、前記ピストン装置の起動時に作動し、前記ピストン装置の常用運転域では作動が停止して前記流

路を閉状態とするように構成されていることを特徴としている。

- [0010] 本発明のピストン装置において、前記作動空間の平均圧に対する増圧側圧力振幅を P_{+P} とし、前記導入部による前記蓄圧室の飽和蓄圧値をPFとすると、前記可動部を開動作させるために必要な圧力 P_c は、 $P_c < P_{+P}$ 、かつ、 $P_c > (P_{+P} - PF)$ に設定されていることを特徴としている。
- [0011] 本発明のピストン装置において、前記流路開閉手段は、前記可動部の作動時の移動方向が前記ピストン本体の上下方向と概ね一致するように配置され、前記ピストン装置の常用運転域よりも低い設定回転数における前記可動部に作用する上向きの最大加速度による前記可動部を開動作させるために必要な圧力の上昇分をPAとすると、前記可動部を開動作させるために必要な圧力 P_c' は、 $(P_c' + PA) < P_{+P}$ 、かつ、 $(P_c' + PA) > (P_{+P} - PF)$ に設定されていることを特徴としている。
- [0012] 本発明のピストン装置において、前記流路上において、前記流路開閉手段と前記作動空間との間には、オリフィスを介して前記作動空間と連通し前記作動媒体が通る部屋が設けられていることを特徴としている。
- [0013] 本発明のピストン装置において、前記ピストン本体は、前記シリンダ内を往復運動するように設けられ、前記導入部は、導入通路であり、前記ピストン本体の運動方向に対して直交する方向に動作して、前記蓄圧室内へ開口した前記導入通路の導入部開口から前記作動媒体を前記蓄圧室へ導入し、また、前記蓄圧室内の作動媒体が前記シリンダ内へ逆流することを防止する加圧状態保持手段を備えることを特徴としている。
- [0014] 本発明のピストン装置において、前記加圧状態保持手段は、板状の弾性体からなり、動作部と固定部とを備えるリード弁であり、前記ピストン本体の動作方向と平行な平面を弁取付部とする弁構成部に前記導入部開口が形成されており、前記リード弁の前記固定部が前記弁取付部に取り付けられ、前記動作部が前記導入部開口を開閉することを特徴としている。
- [0015] 本発明のピストン装置において、前記リード弁の固定部と動作部とは、前記ピストン本体の運動方向と平行な直線上に配置されることを特徴としている。
- [0016] 本発明のピストン装置において、前記ピストン本体の頂面側と裾側とに前記リード弁

の固定部を設け、前記ピストン本体の頂面側と裾側とで前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴としている。

[0017] 本発明のピストン装置において、前記ピストン本体の裾側に前記リード弁の固定部を設け、前記ピストン本体の裾側で前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴としている。

[0018] 本発明のピストン装置において、前記ピストン本体の運動方向と交差する直線上であって、前記ピストン本体の頂面側と裾側とに前記リード弁の固定部を設け、前記ピストン本体の頂面側と裾側とで前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴としている。

[0019] 本発明のピストン装置において、前記ピストン本体の運動方向と直交する方向に前記リード弁の固定部を設け、前記ピストン本体の運動方向と直交する方向で前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴としている。

[0020] 本発明のピストン装置において、前記導入通路、前記導入部開口及び前記加圧状態保持手段は、前記ピストン本体の頂面部の中心部に設けられることを特徴としている。

[0021] 本発明のスターリングエンジンは、上記本発明のピストン装置と、前記シリンダとを備えたことを特徴とするスターリングエンジンである。

[0022] 本発明の外燃機関は、ピストン装置と、シリンダとを備えた外燃機関であって、前記ピストン装置は、ピストン本体と、前記ピストン本体の内部に形成された蓄圧室と、前記ピストン本体の側周部において所定の高さ位置に対応する第1部分に設けられ、前記外燃機関の作動空間で圧縮された作動媒体を前記蓄圧室に導入するための導入部と、前記ピストン本体の側周部において前記所定の高さ位置よりも下方位置に対応する第2部分に設けられ、前記蓄圧室から、前記ピストン本体と前記シリンダとの間のクリアランス部に貫通する孔とを備え、前記ピストン装置が上死点にあるときと下死点にあるときとの比較において、前記ピストン本体の側周部における前記第1部分と、前記シリンダとの間のクリアランス部の大きさは、前記ピストン装置が上死点にあるときの方が、前記ピストン装置が下死点にあるときに比べて、大きくなるように構成されていることを特徴としている。

- [0023] 本発明の外燃機関であって、前記ピストン装置が上死点にあるときと下死点にあるときとの比較において、前記ピストン本体の側周部における前記第2部分と、前記シリンダとの間のクリアランス部の大きさは、概ね同じとなるように構成され、前記ピストン本体の側周部における前記第1部分と前記第2部分との比較において、前記ピストン装置が下死点にあるときの、前記シリンダとの間のクリアランス部の大きさは、概ね同じとなるように構成されていることを特徴としている。
- [0024] 本発明の外燃機関において、前記ピストン装置が下死点にあるときに前記ピストン本体の側周部における前記第1部分が対向する前記シリンダの内周壁部の径よりも、前記ピストン装置が上死点にあるときに前記ピストン本体の側周部における前記第1部分が対向する前記シリンダの内周壁部の径の方が大きくなるように構成されていることを特徴としている。
- [0025] 本発明の外燃機関において、前記外燃機関は、 α 型スターリングエンジンであり、前記ピストン本体の側周部における前記第1部分と、前記シリンダとの間のクリアランス部の大きさは、前記ピストン装置が上死点の前後 45° 以内の範囲にあるときの方が、前記ピストン装置が前記範囲以外にあるときに比べて、大きくなるように構成されていることを特徴としている。
- [0026] 本発明の外燃機関において、前記導入部の上面は、概ね同一の高さとなるように扁平状に形成されていることを特徴としている。
- [0027] 本発明のピストン機関は、シリンダ内を往復運動するピストンと、前記ピストンの内部に形成された中空部と、前記シリンダ内の作動空間と前記中空部とを連通して、前記作動空間内の作動流体を前記中空部に導入する導入通路と、前記ピストンの運動方向に対して直交する方向に動作して、前記中空部内へ開口した前記導入通路の導入部開口から前記作動流体を前記中空部へ導入し、また、前記中空部内の作動流体が前記シリンダ内へ逆流することを防止する加圧状態保持手段と、前記ピストンの側周部に複数設けられ、前記中空部内の前記作動流体を前記ピストンの側周部と前記シリンダとの間に噴出する給気孔と、を備えることを特徴としている。
- [0028] このピストン機関は、シリンダ内の作動空間からピストン内の中空部内へ作動流体を導入し、これをピストンの側周部と前記シリンダとの間に噴出するピストン機関にお

いて、ピストンの運動方向に対して直交する方向に動作する加圧状態保持手段を備える。これによって、ピストンの往復運動に起因する加速度が加圧状態保持手段に加わっても、加圧状態保持手段の動作はほとんど影響を受けない。その結果、加圧状態保持手段に作用する加速度が大きい場合であっても、加圧状態保持手段の動作不良を抑制できる。

発明の効果

- [0029] 本発明によれば、外燃機関の作動空間内で圧縮された作動媒体をピストン内部に導入し、ピストンの側周部に設けられた複数の孔からピストンとシリンダとの間のクリアランス部に噴射することで、気体軸受を構成する場合に、ピストン内部の作動媒体が作動空間内に逆流するのを抑制するという機能が確実に得られ、かつ、信頼性、寿命の確保が容易となる。

図面の簡単な説明

- [0030] [図1]図1は、本発明のピストン装置の第1実施形態を示す正断面図である。
[図2]図2は、本発明のピストン装置の第1実施形態の要部を示す正断面図である。
[図3]図3は、本発明のスターリングエンジンの第1実施形態を示す正面図である。
[図4]図4は、本発明のスターリングエンジンの第1実施形態の筒内圧を説明するグラフである。
[図5]図5は、本発明のスターリングエンジンの第1実施形態において、適用される直線近似機構を説明するための説明図である。
[図6]図6は、本発明のピストン装置の第1実施形態の他の例の要部を示す正断面図である。
[図7]図7は、本発明のピストン装置の第1実施形態の更に他の例の要部を示す正断面図である。
[図8]図8は、本発明のピストン装置の第1実施形態の更に他の例の要部を示す正断面図である。
[図9]図9は、本発明のピストン装置の第1実施形態の第1変形例を示す正断面図である。
[図10]図10は、本発明のピストン装置の第1実施形態の第1変形例の他の例を示す

正断面図である。

[図11]図11は、本発明のピストン装置の第1実施形態の第1変形例の更に他の例を示す正断面図である。

[図12]図12は、本発明のスターリングエンジンの第1実施形態の第2変形例の要部を示す正断面図である。

[図13]図13は、本発明のピストン装置の第2実施形態の一の動作状態を示す正断面図である。

[図14]図14は、本発明のピストン装置の第2実施形態の他の動作状態を示す正断面図である。

[図15]図15は、本発明のピストン装置の第2実施形態の第1変形例を示す正断面図である。

[図16]図16は、本発明のピストン装置の第2実施形態の第1変形例の要部を示す正断面図である。

[図17]図17は、本発明のピストン装置の第2実施形態の第2変形例の要部を示す説明図である。

[図18]図18は、本発明のピストン装置の第2実施形態の第2変形例の要部を示す説明図である。

[図19]図19は、本発明のピストン装置の第3実施形態を示す正断面図である。

[図20]図20は、本発明のピストン装置の第3実施形態において作動空間の圧力と流体素子による飽和蓄圧値を示すグラフ図である。

[図21]図21は、本発明のピストン装置の第3実施形態においてチェック弁の開弁圧設定値を説明する説明図である。

[図22]図22は、本発明のピストン装置の第3実施形態の第1変形例の要部を示す正断面図である。

[図23]図23は、本発明のピストン装置の第3実施形態の第1変形例の他の例の要部を示す正断面図である。

[図24]図24は、本発明のピストン装置の第3実施形態の第1変形例においてチェック弁の開弁圧設定値を説明する説明図である。

[図25]図25は、本発明のピストン装置の第3実施形態の第2変形例の要部を示す正断面図である。

[図26]図26は、本発明のピストン装置の第3実施形態の第2変形例の他の例の要部を示す正断面図である。

[図27]図27は、本発明のピストン装置の第3実施形態の第2変形例において作動空間の圧力の変動の周期を示すグラフ図である。

[図28]図28は、本発明のピストン装置の第3実施形態の第2変形例において小室の圧力変動を示すグラフ図である。

[図29]図29は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係るピストン機関を示す断面図である。

[図30]図30は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係るピストン機関が備えるピストンを示す断面図である。

[図31]図31は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係るピストン機関が備える給気孔を示す正面図である。

[図32]図32は、図30の矢印C方向からリード弁を見た状態を示す説明図である。

[図33]図33は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係るピストン機関が作動している状態を示す説明図である。

[図34]図34は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係る弁構成部を示す断面図である。

[図35]図35は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係る弁構成部にリード弁を取り付けた状態を示す断面図である。

[図36]図36は、クランク角に対するピストン位置、リード弁に加わる加速度及び作動空間内圧力の関係を示す説明図である。

[図37]図37は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係るピストンの頂面部を示す平面図である。

[図38-1]図38-1は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係るピストンの頂面部を示す平面図である。

[図38-2]図38-2は、本発明のピストン装置の第4実施形態に係るピストンの側面図

である。

[図39-1]図39-1は、本発明のピストン装置の第4実施形態の変形例に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例を示す説明図である。

[図39-2]図39-2は、本発明のピストン装置の第4実施形態の変形例に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例を示す説明図である。

[図40-1]図40-1は、本発明のピストン装置の第4実施形態の変形例に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例を示す説明図である。

[図40-2]図40-2は、本発明のピストン装置の第4実施形態の変形例に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例を示す説明図である。

[図41-1]図41-1は、本発明のピストン装置の第4実施形態の変形例に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例を示す説明図である。

[図41-2]図41-2は、本発明のピストン装置の第4実施形態の変形例に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例を示す説明図である。

符号の説明

- [0031] 10 スターリングエンジン
20 高温側パワーピストン
21 膨張ピストン
211 ピストン本体
211a 側周部
211b 頂面部
212 中空部(蓄圧室)
214 連絡流路
215 流体素子
216 給気孔
22 高温側シリンダ
22b 高温側シリンダの頂部
30 低温側パワーピストン
31 圧縮ピストン

- 32 低温側シリンダ
- 45 冷却器
- 46 再生器
- 46a 再生器の上面
- 46b 再生器の下面
- 47 加熱器
- 47a 第1端部
- 47b 第2端部
- 48 空気軸受
- 50 近似直線機構
- 60 ピストンピン
- 100 排気管
- 720 高温側ピストン・シリンダ部
- 721、721a、721b、721c ピストン
- 722 高温側シリンダ
- 730 低温側ピストン・シリンダ部
- 731 ピストン
- 732 低温側シリンダ
- 811 ピストン本体
- 811a 側周部
- 811iw 内壁
- 811s 裾部
- 811b 頂面部
- 812 蓄圧室(中空部)
- 813 仕切り部材
- 814 導入流路
- 814i 作動流体入口
- 814o 作動流体出口

814p 開口面

815、815a、815b、815c リード弁

816 給気孔

816o オリフィス

816s 拡大部

818 弁構成部

818p 弁取付部

Pmax 筒内圧の最大値

W 筒内圧(合成波形)

発明を実施するための最良の形態

[0032] 以下、本発明のピストン装置を適用した排気熱回収装置の一実施形態につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この発明を実施するための最良の形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記発明を実施するための最良の形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

[0033] (第1実施形態)

本実施形態の目的は、 α 型スターリングエンジンの作動空間内で圧縮された作動流体をピストン内部に導入し、ピストンの外周部に設けられた複数の孔からピストンとシリンダとの間のクリアランス部に噴射することで、気体軸受を構成する場合に、ピストン内部の作動媒体が作動空間内に逆流するのを抑制するという機能が確実に得られ、かつ、信頼性、寿命を容易に確保することが可能なピストン装置が適用されるスターリングエンジンからなる排気熱回収装置を提供することである。

[0034] 本実施形態では、特に、スターリングエンジンが例えば車両の内燃機関の排気ガスのような排熱を熱源として作動する場合には、得られる熱量に制約があり、その得られる熱量の範囲でスターリングエンジンを効果的に作動させる必要があることから、ピストンの軽量化が求められている。また、本実施形態では、スターリングエンジンの装置規模(全体構成)の小型化が要求されている。特に、スターリングエンジンが例えば車両の内燃機関の排気ガスのような排熱を熱源として作動する場合には、車両の床

下に配される内燃機関の排気管に隣接するスペースのように、限られた空間にスターリングエンジンを搭載しなくてはならない場合があるためである。以下に説明するスターリングエンジンでは、ピストンの軽量化と装置規模のコンパクト化が実現されている。

- [0035] 図3は、本実施形態のスターリングエンジンを示す正面図である。図3に示すように、本実施形態のスターリングエンジン10は、 α 型(2ピストン形)のスターリングエンジンであり、二つのパワーピストン(ピストン・シリンダ部)20、30を備えている。二つのパワーピストン20、30は、直列並行に配置されている。低温側パワーピストン30のピストン31は、図4に示すように、高温側パワーピストン20のピストン21に対して、クランク角で 90° 程度遅れて動くように位相差がつけられている。
- [0036] 高温側パワーピストン20のシリンダ(以下高温側シリンダという)22の上部の空間(膨張空間)には、加熱器47によって加熱された作動流体が流入する。低温側パワーピストン30のシリンダ(以下低温側シリンダという)32の上部の空間(圧縮空間)には、冷却器45によって冷却された作動流体が流入する。
- [0037] 再生器(再生熱交換器)46は、膨張空間と圧縮空間を作動流体が往復する際に熱を蓄える。即ち、膨張空間から圧縮空間へと作動流体が流れる時には、再生器46は、作動流体より熱を受け取り、圧縮空間から膨張空間へと作動流体が流れる時には、蓄えられた熱を作動流体に渡す。
- [0038] 二つのピストン21、31の往復動に伴い、作動ガスの往復流動が生じて高温側シリンダ22の膨張空間と低温側シリンダ32の圧縮空間にある作動流体の割合が変化するとともに、全内容積も変わるため、圧力の変動が生じる。二つのピストン21、31がそれぞれ同位置にある場合の圧力を比較すると、膨張ピストン21についてはその上昇時より下降時の方がかなり高く、圧縮ピストン31については逆に低くなる。このため、膨張ピストン21は外部に対し大きな正の仕事(膨張仕事)を行い、圧縮ピストン31は外部から仕事(圧縮仕事)を受ける必要がある。膨張仕事は、一部が圧縮仕事に使われ、残りが駆動軸40を介して出力として取り出される。
- [0039] 駆動軸40は、ケース41内に格納されているクランク軸43と連結されている。クランク軸43は、二つのピストン21、31と、ピストン側連結棒61、連結ピン60、連結棒109

を介して連結されている。そして、2つのピストン21、31の往復運動を回転運動に変換して、駆動軸40へ伝達する。ケース41内は、加圧手段により加圧される。これは、作動流体(本実施形態では空気)を加圧して、スターリングエンジン10からより多くの出力を取り出すためである。

[0040] 本実施形態のスターリングエンジン10は、車両においてガソリンエンジン(内燃機関)と共に用いられてハイブリッドシステムを構成する。即ち、スターリングエンジン10は、ガソリンエンジンの排気ガスを熱源として用いる。スターリングエンジン10の加熱器47が車両のガソリンエンジンの排気管100の内部に配置され、排気ガスから回収した熱エネルギーにより作動流体が加熱されてスターリングエンジン10が作動する。

[0041] 本実施形態のスターリングエンジン10は、排気管100の内部にその加熱器47が収容されるというように車両内の限られたスペースに設置されるため、装置全体がコンパクトである方が設置の自由度が増す。そのために、スターリングエンジン10では、2つのシリンダ22、32をV字形ではなく、直列並行に配置した構成を採用している。

[0042] 加熱器47が排気管100の内部に配置されるに際しては、排気管100の内部において相対的に高温の排気ガスが流れる排気ガスの上流側(ガソリンエンジンに近い側)100aに、加熱器47の高温側シリンダ22側が位置し、相対的に低温の排気ガスが流れる下流側(ガソリンエンジンから遠い側)100bに加熱器47の低温側シリンダ32側が位置するように配置される。加熱器47の高温側シリンダ22側をより多く加熱するためである。

[0043] 高温側シリンダ22及び低温側シリンダ32のそれぞれは、円筒状に形成されており、基準体である基板42に支持されている。本実施形態においては、この基板42が、スターリングエンジン10の各構成要素の位置基準となる。このように構成されることで、スターリングエンジン10の各構成要素の相対的位置精度が確保される。また、この基板42は、スターリングエンジン10が排熱回収対象である排気管(排気通路)100等に取り付けられるときの基準として用いられることができる。

[0044] 排気管100のフランジ100fに対して、断熱材(スペーサ、図示せず)を介して、基板42が固定されている。排気管100と基板42とは、相対的位置精度が確保された状態で固定されるため、基板42は、固定的構造物として排気管100が備えた装置取

付面であると捉えることができる。基板42には、高温側シリンダ22の側面(外周面)に設けられたフランジ22fが固定されている。また、基板42には、再生器46の側面(外周面)46cに設けられたフランジ46fが、断熱材(スペーサ、図示せず)を介して固定されている。また、基板42には、後述する隔壁70が固定されている。

[0045] 基板42に対して、スターリングエンジン10の全ての構造部材が支持されている。このことから、基板42が排気管100内の排気ガスの熱により変形すると、その変形の影響がスターリングエンジン10の全ての構造部材に及ぶ。そのため、排気管100のフランジ100fとの間に上記断熱材を設けるとともに、シュラウド90により、排気管100内の排気ガスの熱が基板42に伝わるのが最小限に抑制されている。

[0046] 排気管100とスターリングエンジン10とは、基板42を介して取り付けられる。このとき、基板42と、高温側シリンダ22において加熱器47が接続される側の端面(頂部22bの上面)、及び低温側シリンダ32において冷却器45が接続される側の端面(頂面32a)とが実質的に平行になるように、スターリングエンジン10が基板42に取り付けられる。あるいは、基板42とクランクシャフト43(又は駆動軸40)の回転軸とが平行になるように、もしくは排気管100の中心軸とクランクシャフト43の回転軸とが平行になるように、スターリングエンジン10が基板42に取り付けられる。これにより、既存の排気管100に大幅な設計変更を加えることなく、容易に排気管100にスターリングエンジン10を取り付けることができる。その結果、排熱回収対象である車両の内燃機関本体の性能や搭載性、騒音等の機能を損なうことなくスターリングエンジン10を排気管100に搭載することができる。また、同一仕様のスターリングエンジン10を異なる排気管に取り付ける場合でも、加熱器47の仕様を変更するだけで対応できるので、汎用性を向上させることができる。

[0047] スターリングエンジン10は、車両の床下に配された排気管100に隣接するスペースに、横置き、即ち、車両の床面(図示せず)に対して、高温側シリンダ22及び低温側シリンダ32のそれぞれの軸線方向が概ね平行になるように配置され、2つのピストン21、31は、水平方向に往復動される。本実施形態では、説明の便宜上、2つのピストン21、31の上死点側を上方向、下死点側を下方向であるとして説明する。

[0048] 作動流体は、その平均圧力が高い程、冷却器45や加熱器47による同じ温度差に

対しての圧力差が大きくなるので高い出力が得られる。そのため、上記のように、高温側シリンダ22、低温側シリンダ32内の作動流体は高圧に保持されている。

[0049] ピストン(ピストン装置)21, 31は、円柱状に形成されている。ピストン21, 31の外周面とシリンダ22, 32の内周面との間には、それぞれ数十 μ mの微小クリアランスが設けられており、そのクリアランスには、スターリングエンジン10の作動流体(気体であり、本実施形態では、空気)が介在して、空気軸受48を構成している。ここで、空気軸受48は、ピストン21, 31とシリンダ22, 32との間の微小なクリアランスで発生する空気の圧力(分布)を利用して、ピストン21, 31がシリンダ22, 32内に浮いた状態とする。ピストン21, 31は、それぞれシリンダ22, 32に対して空気軸受48により非接触の状態に支持されている。したがって、ピストン21, 31の周囲には、ピストンリングは設けられておらず、また、一般にピストンリングと共に使用される潤滑油も使用されていない。なお、シリンダ22, 32の内周面には、固体潤滑材を付すことが好ましい。空気軸受48の機能が十分ではない起動時等において、ピストンとシリンダとの摺動抵抗を低減する効果があるからである。上記のように、空気軸受48は、作動流体(気体)により膨張空間、圧縮空間それぞれの気密を保ち、リングレスかつオイルレスでクリアランスシールを行う。

[0050] 空気軸受48は、図1を参照して、後述するように、スターリングエンジン10の作動空間内で圧縮された作動流体をピストン21, 31の内部に導入し、ピストン21, 31の外周部に設けられた複数の孔からピストン21, 31とシリンダ22, 32との間のクリアランス部に噴射することで構成される、静圧気体軸受である。静圧気体軸受とは、加圧流体を噴出させ、発生した静圧によって物体(この実施形態ではピストン21, 31)を浮上させるものである。

[0051] 本実施形態では、スターリングエンジン10の熱源が車両の内燃機関の排気ガスであることから、得られる熱量に制約があり、その得られる熱量の範囲でスターリングエンジン10を効果的に作動させる必要がある。そのため、膨張空間に、なるべく高温の作動流体が流れるべく、高温側シリンダ22の頂部(上部)22b及び高温側シリンダ22の側面22cの上部が、排気管100の内部に配設されている。これにより、上死点近傍での膨張ピストン21の上部は、排気管100の内部に位置することになり、膨張ピスト

ン21の上部が効果的に加熱される。ここで、本実施形態に係るスターリングエンジン10では、基板42を高温側及び低温側シリンダ22、32の作動流体の導入側に配置して、両シリンダを基板42に組み付ける。このような構成により、高温側及び低温側シリンダ22、32を拘束して、高温側シリンダ22と低温側シリンダ32との距離の増大を抑制する。その結果、スターリングエンジン10の運転中、加熱器47が高温になった場合でも、シリンダとピストンとのクリアランスを維持して空気軸受48の機能を発揮させることができる。

- [0052] 次に、図1及び図2を参照して、ピストン21、31の構成について詳細に説明する。
- [0053] 図1は、ピストン21の構成を示す正面図である。図2は、ピストン21の要部の正断面図である。図3に示すように、ピストン21、31の大きさは異なっているが、その構造は共通である。図1及び図2では、ピストン21、31に共通の構造が示されている。以下では、図1及び図2をピストン21の構成として説明する(同様の構成のピストン31についての説明は省略する)。
- [0054] 図1に示すように、ピストン21は、ピストン本体211と、そのピストン本体211の内部に形成された中空部(蓄圧室)212とを備えている。ピストン本体211は、上部及び下部が塞がれた円筒状に形成されている。
- [0055] ピストン本体211は、高温側シリンダ22(図3)と摺動する側周部(摺動部)211aと、側周部211aと一体として(連続的に)蓋状に設けられた頂面部811bとを有している。頂面部811bには、高温側シリンダ22内の作動空間と中空部212とを連通する連絡流路214が形成されている。
- [0056] 連絡流路214は、順流時に比べて逆流時には著しく流路抵抗が大きく、例えば弁体のような可動部の無い流体素子215によって構成されている。即ち、流体素子215は、連絡流路214を通る作動流体の流れの向きが、下方に向かう方向(作動空間側から中空部212に向かう方向)のとき(順流時)には、流路抵抗が相対的に小さく、反対に、上方に向かう方向(中空部212から作動空間側に向かう方向)のとき(逆流時)には、順流時に比べて、流路抵抗が著しく大きくなるような形状に構成されている。
- [0057] この流体素子215によって、ピストン21の動きにより高温側シリンダ22内の作動空

間の作動流体の圧力が下がったときに、中空部212内の作動流体が高温側シリンダ22内の作動空間に逆流することが抑制される。流体素子215は、チェック弁(逆止弁)の弁体のような可動部を有していないため、信頼性、寿命の確保が容易であり、また、設計上、構造上の制約となることが抑制される。

[0058] 図2は、流体素子215を拡大して示す図である。流体素子215において、順流側入口部215aの曲率R1は相対的に大きく形成され、逆流側入口部215bの曲率R2は無い(ゼロ)又は極めて小さく形成されている。順流側入口部215aは、その開口部の径寸法が漸次小さくなるように形成され、作動流体を連絡流路214に引き込むときの流線が滑らかになるように形成されている。逆流側入口部215bは、エッジが立っており、中空部212内の作動流体が作動空間に逆流しようとする流体の剥離を起こし、縮流効果等によって、中空部212から作動空間に逆流する流量が抑制される。

[0059] 流体素子215において、順流側入口部215a側には、頂面部811bから作動空間側に突出する突起が形成されていないのに対し(符号D1)、逆流側入口部215b側には、中空部212の方に突出する突起部D2が設けられ、その突起部D2の先端に逆流側入口部215bが設けられている。

[0060] 流体素子215において、逆流側入口部215b側の端面Sが連絡流路214の流路となす角度 θ は、鋭角(90°より小)である。但し、逆流側入口部215bの突起部D2の肉厚が薄く端面自体が極めて小さいときには、この角度を定義する必要はない(後述する図6参照)。図1及び図2に示す連絡流路214を構成する流体素子215は、図8に示すように、ピストン21と一体的に(連続的に)形成されている(一体構造)であってもよいし、図6及び図7に示すように、ピストン21と別体の構成であってもよい。

[0061] 図8に示す一体構造の場合には、例えば、ピストン21の頂面部811bに相当する部分をプレスで打ち抜き、塑性変形させることにより形成することができる。別体として構成する場合には、図6に示すように、順流側入口部215aはピストン21と一体的に形成し、突起部(逆流側入口部215b)をピストン21とは別体のチューブ218により構成することができる。また、図7に示すように、流体素子215に対応する部分の全体を、チップ219により構成することができる。

[0062] 図1に示すように、側周部211aには、周方向に等間隔に複数の給気孔216が設け

られている。ピストン21の上昇に伴い、高温側シリンダ22の作動空間の作動流体が圧縮されて、その作動流体の圧力が中空部212の圧力より高くなると、順流側入口部215aから連絡流路214を介して、作動空間の作動流体の一部が中空部212に導入される。連絡流路214を介して作動流体が中空部212に導入されると、中空部212の作動流体の一部が、給気孔216を介して、ピストン21とシリンダ22との間のクリアランスに噴出する。

- [0063] 連絡流路214は、その頂面部811bの面上において中央部に形成されている。これにより、連絡流路214と、複数の給気孔216との距離が等しくなる。作動空間の作動流体が連絡流路214を介して中空部212に導入されたときに、複数の給気孔216からそれぞれ噴射される作動流体の噴射状態(噴射量・噴射圧)が等しくなり易く、クリアランスに作動流体が噴射されるときに、周方向において噴射に関して偏りを生じるおそれが少ない。これにより、空気軸受48がより安定的に機能する。
- [0064] 中空部212に封入される作動流体の圧力は、作動流体の最大圧縮圧力よりも僅かに低い値とされることが望ましい。図4は、高温側ピストン21の頂面位置と低温側ピストン31の頂面位置の変化を示している。上述したように、低温側ピストン31は、高温側ピストン21に対して、クランク角で90°遅れて動くように位相差がつけられている。
- [0065] 図4において、高温側ピストン21の波形と、低温側ピストン31の波形の合成波Wが筒内圧を示している。図4において、符号Pmaxは、圧縮工程時の筒内圧の最大値(最大圧縮圧力)を示している。ピストン21の作動時、ピストン本体211には、最大で、最大圧縮圧力Pmaxが作用する。そのため、中空部212に対し、作動流体の最大圧縮圧力Pmaxよりも僅かに低い圧力の作動流体を封入しておくことにより、ピストン本体211に最大圧縮圧力Pmaxよりも所定値以上低い筒内圧(中空部212の圧力よりも低い圧力)が作用している場合(ピストン21が圧縮工程時の上死点近傍にあるとき以外)には、ピストン本体211は、筒内圧に対して十分な耐圧性能(剛性)を有することになる。これにより、ピストン本体211(特に、側周部211aのうち給気孔216が形成された部分以外)の肉厚は、筒内圧に対する耐圧性能の確保を考慮することなく、薄く形成することができ、軽量化が実現される。
- [0066] 中空部212に対し、作動流体の最大圧縮圧力Pmaxよりも僅かに低い圧力の作動

流体が封入されている場合の動作は、次の通りである。即ち、圧縮工程時において、ピストン21が上死点近傍の位置にあるときに、中空部212の圧力よりも高温側シリンダ22の作動空間の圧力が上回って、連絡流路214から作動空間の作動流体の一部が導入されるとともに、中空部212の作動流体の一部が給気孔216からピストン21の外部に噴出される。また、ピストン21が上記位置にあるとき以外は、中空部212の圧力の方が高温側シリンダ22の作動空間の圧力よりも高いが、流体素子215は、上記のように、逆流時には、順流時に比べて著しく流路抵抗が大きくなるように構成されているため、中空部212内の作動流体が逆流側入口部215bから連絡流路214を介して、高温側シリンダ22内の作動空間に逆流することが抑制される。

- [0067] 給気孔216は、ピストン21の上下方向の長さの中間位置を挟んで上下に少なくとも1つずつ(図1では2つずつ、計4つが図示されている)設けられている。高温側シリンダ22内でピストン21の位置をバランスさせるために有効である。
- [0068] 加熱器47は、複数の伝熱管(管群)47tを有し、それらの複数の伝熱管47tが概ねU字形の形状に形成されてなるものである。各伝熱管47tの第1端部47aが高温側シリンダ22の上部(頂面22a側の端面)22bに接続されている。複数の伝熱管47tの第1端部47aがそれぞれ概ね同一面(フラット面)上に配置されるように設けられている。その概ねフラット面上に配される複数の伝熱管47tの第1端部47aは、それぞれ、概ねフラット面に形成された高温側シリンダ22の上部22bに接続される。これらのことから、複数の伝熱管47tの第1端部47a側の加工及び接続作業が容易となる。一方、各伝熱管47tの第2端部47bが再生器46の上部(加熱器47側の端面)46aに接続されている。
- [0069] 再生器46は、蓄熱材(マトリックス、図示せず)と、その蓄熱材が収容される再生器ハウジング46hとを備えている。再生器ハウジング46hは、低温側シリンダ32の上部と概ね同じ断面形状を有する概ね円柱状の蓄熱材を収容する。そのため、再生器ハウジング46hは、低温側シリンダ32の上部の断面形状と概ね同じ形の底面及び上面を有する円筒形(中空円柱状)に形成されている。
- [0070] 再生器46の側面(外周面)46cには、フランジ46fが設けられており、そのフランジ46fが断熱材を介して基板42に固定されている。再生器46では、蓄熱材として、積層

された金網(積層形材料)が用いられている。金網は、作動流体が流れる方向に沿って積層され、複数の金網が互いに熱伝達を起し難い状態で設けられている。

[0071] 作動流体が膨張空間から圧縮空間へと流れるときに、蓄熱材が作動流体から受熱する場合、まず上記積層された複数の金網のうち最も加熱器47に近い最上部の金網が受熱することで作動流体の温度が低下し、次に加熱器47に近い金網が受熱することで作動流体の温度が更に低下し、更に次に加熱器47に近い金網が受熱することで更に作動流体の温度が低下するというように、再生器46において上方から下方に向けて金網の層を通過する度に、作動流体の温度が低下していく。

[0072] 再生器46には、上述した機能から、以下の条件が要求される。即ち、伝熱性能と蓄熱容量が高く、流動抵抗(流動損失、圧力損失)が小さいことのほか、作動流体の流れ方向の熱伝導率が小さく、温度勾配を大きくとれることが要求される。このことから、複数の金網同士の間熱伝導は極力小さいことが求められる。その金網の材料は、ステンレス鋼であることができる。

[0073] 排気管100の内部に配置された再生器46においては、再生器ハウジング46hの作動流体の流れ方向への熱伝導の悪影響を抑制する必要性が非常に高い。このことから、本実施形態では、再生器ハウジング46hに、シュラウド90が設けられている。シュラウド90は、排気管100の内部の熱(例えば約600~800℃)が、再生器ハウジング46hに伝達されないようにすることを目的としている。この場合、シュラウド90は、特に、再生器ハウジング46hの上面46aを除く面(側面46c及びフランジ46f)に伝達されないようにすることを目的としている。

[0074] なお、上記において、膨張ピストン21の上下方向の長さが圧縮ピストン31に比べて大きく形成され、また、高温側シリンダ22の上下方向の長さが低温側シリンダ32に比べて大きく形成されている理由は、以下の通りである。

[0075] スターリングエンジン10の効率の低下を抑制するため、高温側パワーピストン20における膨張空間以外の空間及び低温側のパワーピストン30における圧縮空間以外の空間、即ち、高温側パワーピストン20及び低温側のパワーピストン30のそれぞれにおけるクランクシャフト43の周辺の空間は、常温に保たれる必要がある。そのため、膨張空間の高温の作動流体がクランクシャフト43の高温側パワーピストン20側の

周辺の空間に流入したり、圧縮空間の低温の作動流体がクランクシャフト43の低温側のパワーピストン30側の周辺の空間に流入することがないように、高温側シリンダ22と膨張ピストン21とのシール及び低温側シリンダ32と圧縮ピストン31とのシールが確実に行われる必要がある(後述のように、そのシールには空気軸受48が使用されている)。

[0076] 一方で、上記のように、膨張空間を高温にすべく、高温側シリンダ22の頂部22b及び側面22cの上部は、排気管100の内部に収容されるため、高温側シリンダ22の上部及び膨張ピストン21の上部が熱膨張する。高温側シリンダ22及び膨張ピストン21のそれぞれの上部の熱膨張する部分では、シールが確実に行えないおそれがある。このことから、本実施形態では、膨張ピストン21及び高温側シリンダ22の上下方向の長さを長く設定し、これにより、膨張ピストン21の上下方向に温度勾配を持たせて、熱膨張の影響を受けない部分(膨張ピストン21の下部)にてシールが確実に行えるようにしている。また、高温側シリンダ22と膨張ピストン21の間は、膨張ピストン21の下部(熱膨張の影響を受けない部分)にてシールされるので、そのシール部の移動距離を十分に確保して膨張空間を十分に圧縮するために、高温側シリンダ22の上下方向の長さが長く設定されている。

[0077] 次に、冷却器45の構成について説明する。

[0078] 図3においては、冷却器45の複数の伝熱管45tのうち一部の伝熱管45tのみが図示され、それ以外の伝熱管45tの図示は省略されている。

[0079] 再生器46と低温側シリンダ32の間には、上記隔壁(部材)70が設けられている。隔壁70は、熱伝導率の低い材質で形成されている。隔壁70において、低温側シリンダ32の軸線方向(上下方向)の長さ寸法は、後述する伝熱管45tの引き回しの機能を果たすために十分な大きさを確保しつつなるべく小さく設計されている。スターリングエンジン10の小型化に寄与するためである。

[0080] 上記のように、隔壁70は、基板42に固定されている。隔壁70の上面70aは、再生器46の下面(加熱器47側の上記端面46aと反対側の端面)46bに、直接接触するように設けられている。隔壁70の下面70bは、低温側シリンダ32の頂面32aを兼ねている。隔壁70の側面(外周面)70cには、冷却器45のクーラ容器45cが固定されて

いる。

- [0081] 冷却器45は、水冷の多管式熱交換器(shell-and-tubeexchanger,tubularexchanger)により構成されている。冷却器45は、複数の伝熱管(管群)45tと、クーラ容器45cとを有している。冷却器45の複数の伝熱管45tの大部分は、クーラ容器45cに收容されている。伝熱管45tのクーラ容器45cに收容された部分は、クーラ容器45cに供給された冷却水(冷媒)Wtと接触し、これにより、伝熱管45tを流れる作動流体が冷却される。
- [0082] 上記のように、クーラ容器45cは、隔壁70の外周面70cに固定されている。クーラ容器45cは、外周面70cの周方向に亘ってリング状に設けられている。このクーラ容器45cは、低温側シリンダ32の外周部32kの上部(圧縮空間に対応する部分)を周方向に囲むようなリング状に形成されている。クーラ容器45cは、低温側シリンダ32の外周部32kの周方向の全周に亘って設けられている。または、これに代えて、クーラ容器45cは、低温側シリンダ32の外周部32kの周方向の一部を囲むように設けられることができる。
- [0083] 次に、ピストン・シリンダのシール構造及びピストン・クランク部の機構について説明する。
- [0084] 上記のように、スターリングエンジン10の熱源が車両の内燃機関の排気ガスであることから、得られる熱量に制約があり、その得られる熱量の範囲でスターリングエンジン10を作動させる必要がある。そこで、本実施形態では、スターリングエンジン10の内部フリクションを可能な限り低減させることとしている。本実施形態では、スターリングエンジンの内部フリクションのうち最も摩擦損失が大きいピストンリングによる摩擦損失を無くすため、ピストンリングを使用せずに、その代わりに、シリンダ22、32とピストン21、31との間には、それぞれ空気軸受(エアベアリング)48が設けられる。
- [0085] 空気軸受48は、摺動抵抗が極めて小さいため、スターリングエンジン10の内部フリクションを大幅に低減させることができる。空気軸受48を用いても、シリンダ22、32とピストン21、31との間の気密は確保されるため、高圧の作動流体が膨張・収縮の際に漏れるという問題は生じない。
- [0086] 空気軸受48は、シリンダ22、32とピストン21、31の間の微小なクリアランスで発生

する空気の圧力(分布)を利用して、ピストン21、31が空中に浮いた形となる軸受である。本実施形態の空気軸受48では、シリンダ22、32とピストン21、31との間の直径クリアランスは数十 μm である。空中に物体を浮上させる空気軸受を実現するには、上記静圧気体軸受が適用される。静圧気体軸受とは、加圧流体を噴出させ、発生した静圧によって物体(本実施形態ではピストン21、31)を浮上させるものである。

[0087] また、空気軸受48を使用することで、ピストンリングで用いる潤滑油が不要となるので、潤滑油によりスターリングエンジン10の熱交換器(再生器46, 加熱器47)が劣化するという問題が発生しない。

[0088] 空気軸受48を用いて、ピストン21、31をシリンダ22、32内で往復運動させる際には、直線運動精度を空気軸受48の直径クリアランス未満にしなくてはならない。また、空気軸受48の負荷能力が小さいため、ピストン21、31のサイドフォースを実質的にゼロにしなくてはならない。即ち、空気軸受48は、シリンダ22、32の直径方向(横方向, スラスト方向)の力に耐える能力(耐圧能力)が低いため、シリンダ22、32の軸線に対するピストン21、31の直線運動精度が高い必要がある。特に、本実施形態で採用する、微小クリアランスの空気圧を用いて浮上させて支持するタイプの空気軸受48は、高圧の空気を吹き付けるタイプに比べても、スラスト方向の力に対する耐圧能力が低いため、その分だけ高いピストンの直線運動精度が要求される。

[0089] 上記の理由から、本実施形態では、ピストン・クランク部にグラスホッパの機構(近似直線リンク)50を採用する。グラスホッパの機構50は、他の直線近似機構(例えばワットの機構)に比べて、同じ直線運動精度を得るために必要な機構のサイズが小さくて済むため、装置全体がコンパクトになるという効果が得られる。特に、本実施形態のスターリングエンジン10は、自動車の排気管の内部にその加熱器47が収容されるというように限られたスペースに設置されるため、装置全体がコンパクトである方が設置の自由度が増す。また、グラスホッパの機構50は、同じ直線運動精度を得るために必要な機構の重量が他の機構よりも軽量で済むため、燃費の点で有利である。さらに、グラスホッパの機構50は、機構の構成が比較的簡単であるため、構成(製造・組み立て)し易い。

- [0090] 図5は、スターリングエンジン10のピストン・クランク機構の概略構成を示している。本実施形態において、ピストン・クランク機構は、高温側パワーピストン20側と低温側パワーピストン30側とで共通の構成を採用しているため、以下では、低温側パワーピストン30側についてのみ説明し、高温側パワーピストン20側についての説明は省略する。
- [0091] 図5及び図3に示すように、圧縮ピストン31の往復運動は、ピストンピン62、ピストン側連結棒61、連結ピン60及びコネクティングロッド109を介してクランク軸43に伝達され、ここで、回転運動に変換される。コネクティングロッド109は、図5に示すグラスホッパ機構(近似直線機構)50によって支持されており、低温側シリンダ32を直線状に往復運動させる。このように、コネクティングロッド109をグラスホッパ機構50によって支持することにより、圧縮ピストン31のサイドフォースFがほとんどゼロになるので、負荷能力の小さい空気軸受48によって十分に圧縮ピストン31を支持することができる。
- [0092] 以上に述べた上記実施形態では、スターリングエンジン10は、車両の内燃機関の排ガスを熱源とすべく排気管100に取り付けた構成について説明した。但し、本発明のスターリングエンジンは、車両の内燃機関の排気管に取り付けられる形式のものに限定されるものではない。
- [0093] なお、上記においては、ピストン装置がスターリングエンジンのピストンに適用された例を用いて、その構成、作用、効果を説明したが、そのピストン装置は、スターリングエンジンのピストン以外の外燃機関に対する用途にも容易に適用可能であり、適用された場合には、上記と同様の有用性を有する。
- [0094] (第1実施形態の第1変形例)
次に、図9から図11を参照して、第1実施形態の第1変形例について説明する。
- [0095] 図9に示すように、流体素子215は、小室(バッファ)220を介して、2段(多段)構成であってもよい。流体素子215を2段構成にした場合には、上記第1実施形態の1段構成よりも更に高い圧力を中空部212内に取り込むことができる。多段構成にした場合には、逆流時の流路抵抗が順流時に比べて更に小さくなるため、中空部212内の作動流体が逆流側入口部215bから連絡流路214を介して、高温側シリンダ22内の

作動空間に逆流することが更に抑制されるためである。

[0096] 図10に示すように、小室220を介して、流体素子215が2段構成にされる場合には、中空部212側の流体素子215-1の連絡流路214-1が相対的に小さく、作動空間側の流体素子215-2の連絡流路214-2が相対的に大きく構成されるのが好ましい。更に、2段構成の機能を高める場合には、図11に示すように、2つの流体素子215-1, 215-2の連絡流路214-1, 214-2の流線がオフセットされるように設けられるのが効果的である。2つの流体素子215-1, 215-2の連絡流路214-1, 214-2の流線がずれていると、逆流の抑制効果が増加する。

[0097] (第1実施形態の第2変形例)

次に、図12を参照して、第1実施形態の第2変形例について説明する。

[0098] 本実施形態では、静圧浮上機構が高温側シリンダ22側に設けられていてもよい。図12において、符号201は、高温側シリンダ22に設けられた蓄圧室であり、符号202は、連絡流路であり、符号203は、浮上用静圧供給孔(給気孔)である。

[0099] 連絡流路202は、ピストン21の上死点位置よりも上方に設けられており、高温側シリンダ22の作動空間と蓄圧室201とを連通する。連絡流路202は、順流時に比べて逆流時には著しく流路抵抗が大きく、可動部の無い流体素子204によって構成されている。即ち、流体素子204は、連絡流路202を通る作動流体の流れの向きが、順流(作動空間側から蓄圧室201に向かう流れ)のときには、流路抵抗が相対的に小さく、反対に、逆流(蓄圧室201から作動空間側に向かう方向)のときには、順流時に比べて、流路抵抗が著しく大きくなるような形状に構成されている。

[0100] 高温側シリンダ22には、周方向に等間隔に複数の給気孔203が設けられている。ピストン21の上昇に伴い、高温側シリンダ22の作動空間の作動流体が圧縮されて、その作動流体の圧力が蓄圧室201の圧力より高くなると、流体素子204の順流側入口部から連絡流路202を介して、作動空間の作動流体の一部が蓄圧室201に導入される。連絡流路202を介して作動流体が蓄圧室201に導入されると、蓄圧室201の作動流体の一部が、給気孔203を介して、ピストン21とシリンダ22との間のクリアランスに噴出する。また、流体素子204によって、ピストン21の動きにより高温側シリンダ22内の作動空間の作動流体の圧力が下がったときに、蓄圧室201内の作動流体

が高温側シリンダ22内の作動空間に逆流することが抑制される。

[0101] (第2実施形態)

次に、図13から図18を参照して、第2実施形態について説明する。

第2実施形態において、上記実施形態と共通する部分についての重複する説明は省略する。

[0102] 図13及び図14において、符号301は、高温側シリンダ22内の作動空間であり、符号22gは、高温側シリンダ22の拡径部であり、符号314はピストン21に設けられた連通孔(連絡流路)である。

[0103] 上記第1実施形態と同様に、ピストン21のピストン本体211において、高温側シリンダ22と摺動する側周部(摺動部)211aには、周方向に等間隔に複数の給気孔216が設けられている。側周部211aにおいて、給気孔216が設けられた位置よりも上部には、高温側シリンダ22内の作動空間301と中空部212とを連通する連絡流路314が形成されている。

[0104] 連絡流路314は、ピストン21が上死点近傍にあるときのみ、中空部212と作動空間301が連通し(図14)、それ以外の時には高温側シリンダ22の壁部により閉ざされる位置に設けられている(図13)。連絡流路314は、高温側シリンダ22の内周壁部に近接対峙する、側周部211a上の頂面部811b近傍に設けられた孔である。

[0105] 高温側シリンダ22の内周壁部の上部(作動空間301を形成する部分)には、それ以外の部分に比べて拡径された拡径部22gが設けられている。連絡流路314は、ピストン21が上死点近傍にあるときのみ、拡径部22gの高さに位置して、中空部212と作動空間301とを連通させ(図14)、それ以外の時には、高温側シリンダ22の拡径部22g以外の壁部により閉ざされる(図13)。

[0106] 即ち、図13に示す状態では、ピストン21の動きにより高温側シリンダ22内の作動空間301の作動流体の圧力が下がるが、連絡流路314と高温側シリンダ22の内周壁部との間のクリアランスは、給気孔216と高温側シリンダ22の内周壁部との間のクリアランスと同様に小さく、中空部212内の圧力が外部に流出し難い。

[0107] 図14に示すように、ピストン21の上昇に伴い、高温側シリンダ22の作動空間301の作動流体が圧縮されるとともに、ピストン21に設けられた連絡流路314が拡径部2

2gの高さに達して、高温側シリンダ22の内周壁部との間のクリアランスが広がり、作動空間301と連通すると、連絡流路314を介して、作動空間301の作動流体の一部が中空部212に導入される。連絡流路314を介して作動流体が中空部212に導入されると、中空部212の作動流体の一部が、給気孔216を介して、ピストン21とシリンダ22との間のクリアランスに噴出する。

- [0108] 上記のように、連絡流路314は、ピストン本体211の側周部211aにおいて所定の高さ位置に対応する第1部分に設けられ、作動空間301で圧縮された作動流体を蓄圧室212に導入するために用いられる。給気孔216は、ピストン本体211の側周部211aにおいて前記所定の高さ位置よりも下方位置に対応する第2部分に設けられ、蓄圧室212から、ピストン本体211と高温側シリンダ22との間のクリアランス部に貫通している。
- [0109] ピストン21が上死点にあるときと下死点にあるときとの比較において、ピストン本体211の側周部211aにおける前記第1部分と、高温側シリンダ22との間のクリアランス部の大きさは、ピストン21が上死点にあるときの方が、ピストン21が下死点にあるときに比べて、大きくなるように構成されている。
- [0110] ピストン21が上死点にあるときと下死点にあるときとの比較において、ピストン本体211の側周部211aにおける前記第2部分と、高温側シリンダ22との間のクリアランス部の大きさは、概ね同じとなるように構成されている。ピストン本体211の側周部211aにおける前記第1部分と前記第2部分との比較において、ピストン21が下死点にあるときの、高温側シリンダ22との間のクリアランス部の大きさは、概ね同じとなるように構成されている。
- [0111] ピストン21が下死点にあるときにピストン本体211の側周部211aにおける前記第1部分が対向する高温側シリンダ22の内周壁部の径よりも、ピストン21が上死点にあるときにピストン本体211の側周部211aにおける前記第1部分が対向する高温側シリンダ22の内周壁部22gの径の方が大きくなるように構成されている。
- [0112] 図4に示すように、各ピストン21、31の上死点と圧縮工程時の筒内圧の最大値(最大圧縮圧力) P_{max} の点とは、約 45° (クランク角)の位相ずれがあるため、中空部212に高圧を確保するため、及び中空部212と作動空間301の間の作動流体の出入

りによる効率の悪化を防ぐために、各ピストン21、31の上死点の近傍45°（上死点の前後の45°、即ち、90°の幅）以内で連絡流路314が開（図14の状態）となるように設定する。

[0113] 上記のように、ピストン本体211の側周部211aにおける前記第1部分と、高温側シリンダ22との間のクリアランス部の大きさは、ピストン21が上死点の前後45°以内の範囲にあるときの方が、ピストン21が前記範囲以外にあるときに比べて、大きくなるように構成されている。

[0114] 第2実施形態においても、連通孔314は、チェック弁（逆止弁）の弁体のような可動部を有していないため、信頼性、寿命の確保が容易であり、また、設計上、構造上の制約となることが抑制される。

[0115] （第2実施形態の第1変形例）

図15及び図16を参照して、第2実施形態の第1変形例について説明する。

[0116] 図15及び図16に示すように、連絡流路315は、上記第1実施形態と同様に、順流時に比べて逆流時には著しく流路抵抗が大きく、可動部の無い流体素子316によって構成されている。即ち、流体素子316は、連絡流路315を通る作動流体の流れの向きが順流時には、流路抵抗が相対的に小さく、逆流時には、順流時に比べて、流路抵抗が著しく大きくなるような形状に構成されている。

[0117] 本変形例によれば、中空部212と作動空間310の間の作動流体の出入りによる効率の悪化を防ぐ作用が向上する。

[0118] （第2実施形態の第2変形例）

図17及び図18を参照して、第2実施形態の第2変形例について説明する。

[0119] 図17及び図18に示すように、第2変形例の流体素子317、318では、上記第1変形例の流体素子316と異なり、作動空間301の作動流体の一部が連絡流路315を介して中空部212に流入する際の入口を形成する面のうち上面317a、318aが扁平状に形成されている。これにより、ピストン21の上昇に伴い、流体素子317、318の入口の上面317a、318aの全体が同時に拡張部22gの高さに達して、作動空間310と連通するため、連絡流路315が作動空間301と連通している期間（開期間）の精度が向上する。

[0120] (第3実施形態)

次に、図19から図23を参照して、第3実施形態について説明する。

第3実施形態において、上記実施形態と共通する部分についての説明は省略する。

[0121] 上記第1実施形態のように作動機構(可動部)の無い流体素子を用いると、信頼性、寿命の確保が容易となるが、起動時に中空部の蓄圧値の上昇が遅く、気体軸受により、ピストン21(図1)が十分な浮上力を得られない時間が長くなる。このため、耐摩耗性確保のため、ピストン・シリンダ表面に特殊な硬化処理が必要となる。以下に、起動時に中空部の蓄圧値の上昇が遅くなる理由について説明する。

[0122] 上記のように、流れの方向(順流、逆流)によって流路抵抗が大幅に変化する流体素子を使用すると、単位時間当たりの導入流量を小さく設計する必要がある。これは、流速を高くとりながら作動空間と蓄圧空間の呼吸(入出量)を小さくするためである。このことから、起動時の蓄圧値の立ち上げに数10サイクルが必要となる。

[0123] そこで、第3実施形態では、図19に示すように、ピストン21の中空部(蓄圧室)212への圧力導入装置として、流体素子215とチェック弁401を並用する。ピストン21の頂面部811bには、高温側シリンダ22内の作動空間と中空部212とを連通する第1及び第2の連絡流路214, 414が形成されている。第1連絡流路214は、順流時には流路抵抗が相対的に小さく、逆流時には順流時に比べて流路抵抗が著しく大きくなるような流体素子215によって構成されている。また、中空部212において、第2連絡流路414に臨む位置には、チェック弁401が設けられている。

[0124] チェック弁401は、弁体(可動部)402と、弁座403と、弁体402を弁座403に押し付けるばね404とを備えている。チェック弁401は、起動時のみ作動(弁が開放)し、通常の運転状態(常用運転域)に入ると、弁体402が停止して(閉じて)、チェック弁としての機能が働かず、常時、第2連絡流路414を閉鎖する。

[0125] 図20において、符号501は、高温側シリンダ22の作動空間の圧力を示しており、符号502は、起動直後のPFの動きを示している。図20及び図21に示すように、作動空間の圧力501の平均値(平均圧) P_{mean} に対する増圧側圧力振幅を P_{+P} 、流体素子215による飽和蓄圧値PFとすると、チェック弁401の開弁圧設定値 P_c が、下記

のように設計されることにより、チェック弁401は、上記機能を奏する。

$P_c < P_{+P}$ 、かつ、

$P_c > (P_{+P} + PF)$ 、又は、 $(P_c + PF) > P_{+P}$

- [0126] 起動時、PFが小さな時には、 P_{+P} は、チェック弁401の開弁圧設定値 P_c に打ち勝つてチェック弁401が開となり、中空部212は、第2連絡流路414から圧力を導入する。PFが高くなる(起動後中空部212の蓄圧値が上昇する)と、チェック弁401が開弁しなくなり、チェック弁401の弁体402は弁座403に固定され、動かなくなる。
- [0127] チェック弁401の開弁圧設定値 P_c は、図22に示すように、ばね404の力とシート面積に基づいて設計される。また、図23に示すように、リード弁430では、リード431に対して上記開弁圧設定値 P_c に対応する残留応力を与える(シート状態のときに)ことによっても達成される。図23において、符号432は、弁ガイドである。
- [0128] 第3実施形態によれば、起動時(起動直後を含む)にチェック弁401、430を介して、中空部212の蓄圧値を比較的早期に立ち上げることができる。また、起動時に中空部212の蓄圧値を所定値まで立ち上げた後は、チェック弁401、430の可動部402、431は停止した(閉じた)ままとなるため、上記第1実施形態において述べたように、作動の確実性、信頼性、耐久性が問題となることは抑制される。
- [0129] (第3実施形態の第1変形例)
- 図22から図24を参照して、上記第3実施形態の第1変形例について説明する。
- [0130] 図22または図23のように、チェック弁401、430の可動部402、431の移動方向がピストン21の上下(加速度)方向と一致するようにチェック弁401、430を配置し、弁可動部402、431に作用する加速度を考慮すれば、上記第3実施形態に比べて、更に特性に良いピストン装置が得られる。
- [0131] 図24において、符号503は、チェック弁401、430の可動部402、431に作用する上向き(弁を閉じる方向)の最大加速度(ピストン21の上死点)による開弁圧上昇分を示している。同図に示すように、可動部402、431に作用する上向きの最大加速度による開弁圧上昇分503は、スターリングエンジン10の回転数[rpm]に応じて上昇することが示されている。
- [0132] これに対して、符号504は、チェック弁401、430の可動部402、431に作用する下

向き(弁を開ける方向)の最大加速度(ピストン21の下死点)による閉弁圧上昇分を示している。同図に示すように、可動部402, 431に作用する下向きの最大加速度による閉弁圧上昇分504は、スターリングエンジン10の回転数に応じて上昇することが示されている。

- [0133] 図24に示すように、常用運転域よりも低い設定された回転数N1における、チェック弁401, 430の可動部402, 431に作用する上向きの最大加速度による閉弁圧上昇分をPAとすると、チェック弁401, 430の可動部402, 431の開弁圧Pc'は、以下の通りとする。

$$Pc' \leq (P_{+p} - PA)、かつ、$$

$$Pc' + PA < (P_{+p} - PF)、又は、Pc' > (P_{+p} - PF - PA)$$

- [0134] 上記を満足するように、本変形例によれば、チェック弁401, 430の可動部402, 431の開弁圧Pc'は、上記第3実施形態の上記開弁圧設定値Pcに比べて、PAの分だけ、小さく設計することができ(例えばチェック弁401では、ばね404の力を弱く設計でき)、起動初期にチェック弁401, 430が開き易くすることで、起動初期により少ないサイクル数で中空部212の蓄圧値を立ち上げることができる。

- [0135] 本変形例では、スターリングエンジン10の回転数の上昇に応じて、可動部402, 431に作用する上向きの最大加速度による閉弁圧上昇分503が上昇し、チェック弁401, 430が開き難くなることを利用して、チェック弁401, 430の可動部402, 431の開弁圧Pc'を小さく設計することができる。これにより、スターリングエンジン10の回転数が低いとき(起動初期)には、チェック弁401, 430が開き易くことができ、より少ないサイクル数で中空部212の蓄圧値を立ち上げることができる。

- [0136] なお、ピストン21が下死点では、可動部402, 431に下向きの最大加速度による閉弁圧上昇分が作用するが、このとき、高温側シリンダ22の作動空間は、中空部212の蓄圧室よりも低い圧力であるので、チェック弁401, 430の可動部402, 431の開弁圧Pc'を小さく設計しても、チェック弁401, 430は開き難い。スターリングエンジン10の回転数が上昇して、可動部402, 431に作用する下向きの最大加速度による閉弁圧上昇分504が上昇しても、閉弁圧上昇分504が $(Pc' + PF - P_{-p})$ を上回らなければ、チェック弁401, 430は開かない。図24の例では、回転数が3000回転までは

、閉弁圧上昇分504が、符号505で示す($P_{c'} + PF - P_{-p}$)を、上回っていないため、チェック弁401, 430は開かないことが示されている。

[0137] 本変形例では、上記に鑑みて、実用運転域の所定回転数にて、閉弁圧上昇分504が、($P_{c'} + PF - P_{-p}$)505を上回らないように設計する。または、チェック弁401, 430の可動部402, 431の質量を小さくして回転数に応じて上昇する閉弁圧上昇分504の傾きを小さくすることで、実用運転域の所定回転数にて、閉弁圧上昇分504が、($P_{c'} + PF - P_{-p}$)505を上回らないように設計する。

[0138] なお、回転数が上昇しても、又は、チェック弁401, 430の可動部402, 431の質量が大きい場合であっても、可動部402, 431に対する、下向きの最大加速度による閉弁圧上昇分504の影響が及ばないようにして、ピストン21の下死点においてチェック弁401, 430の開きを確実に抑制するためには、図22に示すように、チェック弁の可動部の移動方向がピストン21の上下(加速度)方向と一致しないように構成すればよい。

[0139] (第3実施形態の第2変形例)

図25から図28を参照して、上記第3実施形態の第2変形例について説明する。

[0140] 図25及び図26に示すチェック弁440, 450と、高温側シリンダ22の作動空間との間には、それぞれ小室(バッファ)610, 620が設けられている。小室610, 620は、それぞれオリフィス611, 621を介して作動空間と連通している。図25において、符号441はチェック弁440のばねであり、符号442は蓄圧室への連通孔であり、符号443は作動流体の導入孔である。図26において、符号451及び452は、それぞれ、チェック弁450の弁体、ばねである。

[0141] 図27は、作動空間の圧力501の変動の周期が時間の経過とともに短くなる(スターリングエンジン10の回転数が上がる)ことを示している。図28において、符号509は、小室610, 620の圧力を示している。

[0142] 図27に示すように、起動後、回転数が上昇し、作動空間の圧力変動の周期が短くなると、図28に示すように、その作動空間の圧力変動に対応した小室610, 620内の圧力振幅が小さくなり、高圧側のピーク圧がチェック弁440, 450の開弁圧設定値 P_c よりも低くなる。これにより、チェック弁440, 450は閉じた状態に固定される。

- [0143] 本変形例では、チェック弁440, 450と作動空間との間に、作動空間とオリフィス611, 621で連通された小室610, 620を設けることで、スターリングエンジン10の回転数の上昇(作動空間の圧力変動の周期が小さくなること)に応じて、チェック弁440, 450が開き難くなることを利用して、チェック弁440, 450の開弁圧 P_c を小さく設計することができる。これにより、スターリングエンジン10の回転数が低いとき(起動初期)には、チェック弁440, 450を開き易くすることができ、より少ないサイクル数で中空部212の蓄圧値を立ち上げることができる。
- [0144] 本変形例は、チェック弁440, 450と作動空間との間に、作動空間とオリフィス611, 621で連通された小室610, 620を設けることで、上記第3実施形態で述べた開弁圧設定値 P_c についての条件を満たさない場合であっても、起動時のみチェック弁を作動させ、常用運転域ではチェック弁を閉じるという機能を奏することが可能である。なお、本変形例は、上記第3実施形態又は上記第3実施形態の第1変形例と組み合わせることができる。
- [0145] (第4実施形態)
- 次に、第4実施形態について説明する。
- 以下においては、ピストン機関の一例としてスターリングエンジンを取り上げる。そして、スターリングエンジンを用いて車両等に搭載される内燃機関の排熱を回収する例を説明するが、排熱の回収対象は内燃機関に限られない。例えば工場やプラント、あるいは発電施設の排熱を回収する場合にも本発明は適用できる。
- [0146] この実施形態に係るピストン機関は、シリンダ内の作動空間からピストン内の中空部内へ作動流体を導入し、これをピストンの側周部と前記シリンダとの間に噴出するピストン機関である。そして、ピストンの運動方向に対して直交する方向に動作して、中空部内へ開口した導入通路の導入部開口から作動流体を中空部へ導入し、また、中空部内の作動流体が前記シリンダ内へ逆流することを防止する加圧状態保持手段を備える点に特徴がある。
- [0147] 図29は、この実施形態に係るピストン機関を示す断面図である。図30は、この実施形態に係るピストン機関が備えるピストンを示す断面図である。図31は、この実施形態に係るピストン機関が備える給気孔を示す正面図である。図32は、図30の矢印C

方向から加圧状態保持手段であるリード弁を見た状態を示す説明図である。図33は、この実施形態に係るピストン機関が作動している状態を示す説明図である。なお、これらの図において、上述した構成要素と同様の構成要素については同じ符号又は対応する符号を付して、その説明を省略する。

[0148] 高温側ピストン・シリンダ部720のピストン721は、シリンダ(高温側シリンダ)722内に収められており、この中で往復運動する。また、低温側ピストン・シリンダ部730のピストン731は低温側シリンダ732内に収められており、この中を往復運動する。高温側シリンダ722の加熱器47側における空間(以下、便宜上膨張空間ESという)には、加熱器47によって加熱された作動流体が流入する。シリンダ(低温側シリンダ)732の再生熱交換器(以下再生器という)46側の空間(以下、便宜上圧縮空間PSという)には、冷却器45によって冷却された作動流体が流入する。なお、膨張空間ESと、圧縮空間PSとは、ともに作動空間MSともいう。

[0149] 次に、図30～図33を参照して、ピストン721、731の構成について詳細に説明する。ここで、図29に示すように、ピストン721、731の大きさは異なっているが、その構造は共通である。この実施形態に係るピストン721、ピストン731は、ともに共通の構成を備えるので、以下では、ピストン721について説明し、ピストン731については説明を省略する。

[0150] ピストン721は、ピストン本体811と、そのピストン本体811の内部(すなわちピストン721の内部)に形成された中空部(以下蓄圧室という)812と、仕切り部材813とを備えている。この実施形態において、仕切り部材813は、ピストン本体811の裾部811sでピストン721の内壁811iwに取り付けられる。そして、図30に示すように、仕切り部材813は、ピストン側連結棒61にピストン721を取り付けるためのピストンピン62を避けるように構成される。このような構成によって、ピストン本体811は、仕切り部材813によって上部及び下部が塞がれて、内部に蓄圧室812が形成される。なお、裾部811sは、ピストンピン721よりもクランク軸43側である(図29参照)。

[0151] ピストン本体811は、高温側シリンダ722(図29)と摺動する側周部(摺動部)811aと、側周部811aと一体として(連続的に)、ピストン本体のピストン頂部811t側へ蓋状に設けられた頂面部811bとを有している。なお、頂面部811bの蓄圧室812側には

、内部に導入流路814を備える弁構成部818が設けられる。導入流路814は、高温側シリンダ722内の作動空間MSと蓄圧室812とを連通する。導入流路814は、頂面部811bに作動流体入口814iが開口し、蓄圧室812内には作動流体出口814oが開口している。作動流体出口814oには、蓄圧室812内に導入された作動流体の逆流を防止するため、加圧状態保持手段としてリード弁815が設けられている。

[0152] リード弁815は、リード弁ガイド819とともに、固定手段であるねじ818sによって弁構成部818に固定される(図30、図32参照)。なお、リード弁815は、ピストン721の下側、すなわち裾部811s側で固定される。リード弁815は、板状の弾性体であり、例えば、ステンレス等の薄板(0.2mm~0.5mm程度)によって作られる。リード弁815は、動作の応答性を向上させるため、できるだけ軽量化することが好ましい。特に、スターリングエンジン10が高回転になるほど、応答性を向上させる必要がある。

[0153] リード弁815は、固定部815₁(図30、図32)をねじ818sによって弁構成部818に固定される。これによって、リード弁815は、片持ち状態となって、固定部815₁を中心として動作部815₂が動き、導入流路814の作動流体出口814oを開閉する。このように、リード弁815を片持ちで構成することにより、ピストン721の中心軸(以下ピストン中心軸)Z方向に対するリード弁815の長さを短くできるので、ピストン中心軸Z(図30、図32)方向の長さを小さくできる。なお、リード弁ガイド819は、リード弁の開き過ぎを抑制し、リード弁の耐久性低下を抑制する。

[0154] リード弁815は、導入流路814を通る作動流体の流れを、作動空間MSから蓄圧室812に向かう方向に限定する。リード弁815は、ピストン721の動きにより高温側シリンダ722内の作動空間MSに存在する作動流体の圧力(作動空間内圧力)Pcが上昇し、蓄圧室812内の圧力(蓄圧室内圧力)Ppよりも高くなったときに開いて、高温側シリンダ722内の作動空間MS内の作動流体を蓄圧室812内へ導入する。また、リード弁815は、ピストン721の動きにより高温側シリンダ722内の作動空間MSに存在する作動空間内圧力Pcが下がり、蓄圧室内圧力Ppよりも低くなったときには、弁構成部818に押し付けられて、中空部812内の作動流体が高温側シリンダ722内の作動空間MSへ逆流することを防ぐ。このように、リード弁815は、加圧状態保持機能を有するとともに、作動流体導入機能を有する。

- [0155] ピストン本体811の側周部811aには、周方向に略等間隔に複数の給気孔816が設けられている。図30、図31に示すように、給気孔816は、オリフィス816oと拡大部816sとで構成される。図33に示すように、作動流体は、オリフィス816oを通過して拡大部816sで広がってピストン721と高温側シリンダ722の内壁722iwとの間のクリアランスに噴出する。拡大部816sは、オリフィス816oから噴出された作動流体を溜めて蓄圧する機能を有するので、ピストン721の起動時には、高温側シリンダ722の受圧面積を大きくして、より大きな力で安定してピストン721を浮上させることができる。また、ピストン721が往復運動を開始した後に、ピストン721と高温側シリンダ722との間のクリアランスが変化した場合には、オリフィス816oによって流量が調整される。これによって、ピストン721と高温側シリンダ722との間のクリアランスが略一定に保たれる。
- [0156] ピストン721の上昇にともない、高温側シリンダ722の作動空間MSの作動流体が圧縮されて、作動空間内圧力 P_c が蓄圧室内圧力 P_p よりも高くなると、リード弁815が開く。そして、導入流路814を介して、作動空間MSの作動流体の一部が蓄圧室812に導入される。導入流路814を介して作動流体が蓄圧室812に導入されると、図33に示すように、蓄圧室812の作動流体の一部が、給気孔816を介してピストン721と高温側シリンダ722との間のクリアランスに噴出し、空気軸受48を構成する。なお、クリアランスの大きさ t_c は、 $15\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 程度である。次に、加圧状態保持手段であるリード弁815、及びこれを取り付ける弁構成部818についてより詳細に説明する。
- [0157] 図34は、この実施形態に係る弁構成部を示す断面図である。図35は、この実施形態に係る弁構成部にリード弁を取り付けた状態を示す断面図である。図34に示すように、リード弁815が固定される弁構成部818の弁座と同一平面内にある弁取付部818pは、ピストン中心軸Zと平行に形成される。そして、導入流路814の作動流体出口814oの開口面814pは、弁取付部818p及びピストン中心軸Zに対して平行となる。なお、ピストン中心軸Zは、ピストン721(図30)の運動方向MDと平行である。
- [0158] すでに説明したように、リード弁815は板状の弾性部材なので、リード弁815が弁構成部818にねじ818sによって固定されると、弁取付部818pと接触して導入流路814の作動流体出口814oを閉じる(図35)。これによって、リード弁815の板面は、ピス

トン中心軸Z、すなわちピストン721の運動方向MDと平行になる。

- [0159] 作動空間内圧力Pcが蓄圧室内圧力Ppよりも大きくなり、両者の差圧に起因するリード弁に作用する力が、リード弁815を弁取付部818pに押し付ける付勢力を上回ると、リード弁815は弁取付部818pから離れるように動作する。これによって、導入流路814を通して作動流体出口814oから作動流体が蓄圧室812(図30参照)へ流れ込む。
- [0160] 作動空間内圧力Pcが蓄圧室内圧力Ppよりも小さくなり、両者の差圧に基づいてリード弁に作用する力が、リード弁815がそれ自身を弁取付部818pに押し付ける付勢力を下回ると、リード弁815は弁取付部818pへ向かって動作する。これによって、作動流体出口814oが閉じられるため、蓄圧室812(図30参照)に対する作動流体の流入は停止する。作動流体出口814oの開閉にあたり、リード弁815は図35に示す矢印Xの方向に動作するが、この動作方向(動作を開始する瞬間の方向)は、ピストン721の運動方向MD(ピストン中心軸Zと平行)に直交するように構成される。この理由について説明する。
- [0161] 図36は、クランク角に対するピストン位置、リード弁に加わる加速度及び作動空間内圧力の関係を示す説明図である。スターリングエンジン10の運転中、リード弁815にはピストン721の往復運動に起因する加速度が加わる。その方向は、ピストン721の運動方向MD(図35)と平行である。
- [0162] スターリングエンジン10の運転中にピストン721の位置がTDC(TopDeadCenter: 上死点)及びBDC(BottomDeadCenter: 下死点)にきた場合、リード弁815に加わる加速度の絶対値は最も大きくなる。TDCにおいてリード弁815に加わる加速度を α_{TDC} 、BDCにおいてリード弁815に加わる加速度を α_{BDC} とする。図35に示すように、TDC及びBDCにおいて、リード弁815には、 $F_{TDC} (= \alpha_{TDC} \times m)$ 、 $F_{BDC} (= \alpha_{BDC} \times m)$ の力が、図35の矢印 F_{TDC} 、 F_{BDC} の方向に作用する。なお、mはリード弁815の質量である。ここで、TDC、BDCにおいてリード弁815に作用する力 F_{TDC} 、 F_{BDC} の方向は、ピストン721の運動方向MD、すなわちピストン中心軸Z方向と平行である。
- [0163] 図36に示すように、この実施形態に係るスターリングエンジン10では、TDC近傍で作動空間内圧力Pcが蓄圧室内圧力Ppよりも大きくなって、蓄圧室812内へ作動流

体が導入される。リード弁815は、このときの作動空間内圧力 P_c と蓄圧室内圧力 P_p との差圧で開弁する必要があるが、この差圧は小さいため、リード弁815は小さい圧力でも開閉するように設定する必要がある。

[0164] ここで、特許文献1に開示されている技術では、逆止弁の動作方向が、ピストン721の往復運動に起因する加速度と平行であるため、逆止弁が開く方向に向かう最大の力が発生するBDCにおいて逆止弁が誤動作しないように設定すると、TDCにおいては逆止弁が開かないおそれがある。機関が高回転で運転されるときに、これは顕著になる。このため、特許文献1に開示されている技術では、TDCにおいてピストン内空間に気体を導入し、次の気体の導入までこれを維持するように逆止弁を設定することは困難である。特に機関が高回転で運転される場合、前記設定はほとんど不可能であり、特許文献1に開示されている技術は、事実上機関が低回転で運転される場合にしか適用できない。

[0165] この実施形態に係るスターリングエンジン10では、すでに説明したように、リード弁815の板面は、ピストン721の運動方向MDと平行である(すなわちピストン中心軸Zと平行)。これによって、リード弁815の動作方向は、ピストン721の運動方向MD(ピストン中心軸Zと平行な方向)に対して直交し、TDCあるいはBDCにおいて、ピストン721の往復運動に起因して発生する加速度の方向と直交することになる。

[0166] その結果、ピストン721の往復運動に起因する加速度がリード弁815に加わっても、リード弁815の動作にはほとんど影響を与えない。すなわち、リード弁815の弾性率や厚さ等で決定されるリード弁815の開弁圧力は、前記加速度によってはほとんど影響を受けない。これによって、前記加速度に関係なく、リード弁815を開閉させることができる。そして、スターリングエンジン10が高回転で運転されても、すなわち高加速度下においてもリード弁815は確実に動作して、TDCにおいてピストン内空間に気体を導入し、次の気体の導入までこれを維持することができる。

[0167] また、特許文献1に開示されている逆止弁は、弁体にばねで圧力を付勢する、機械的な稼動部を持つものであるが、このような逆止弁では、動作時に弁体とばねとが摺動する。このため、ピストンの往復運動が繰り返されることに起因する振動によって、弁体とばねとにはフレッチング摩耗等が発生して、逆止弁の耐久性が低下するおそ

れもある。この実施形態においては、加圧状態保持手段として、弾性変形のみによって動作するリード弁を用いるので、リード弁の動作時には摺動は発生しない。このため、ピストンの往復運動に起因する振動によるフレッチング摩耗等は極めて低減される。その結果、加圧状態保持手段の耐久性は極めて高くなる。

[0168] また、この実施形態においては、加圧状態保持手段(リード弁815)は振動の減衰率が低い気体中で使用される。したがって、特許文献1に開示されている技術のように、加圧状態保持手段の動作方向を、ピストンの往復運動に起因する加速度の方向と平行にすると、前記加速度の変化に起因する振動の影響で、加圧状態保持手段は共振する。かかる場合、振動の減衰率が低い気体中で加圧保持手段が使用されると、加圧状態保持手段の振動が減衰し難くなる結果、加圧状態保持手段は容易に共振してしまう。しかし、この実施形態においては、加圧状態保持手段(リード弁815)の動作方向とピストン21の運動方向とは直交するので、加圧状態保持手段には、前記加速度の変化による振動の影響はほとんど受けない。これによって、加圧状態保持手段(リード弁815)の共振の発生を抑制して、安定した運転が実現できる。

[0169] TDC近傍においては、リード弁815に上向き、すなわちピストン721の頂面部811bに向かうの加速度が作用し、TDCで最大となる。すでに説明したように、リード弁815は、ピストン721の下側、すなわち裾部811s側で弁構成部818に固定される(図30)。したがって、TDC近傍において、リード弁815は前記加速度によって上側に引っ張られることになるため、リード弁815は座屈することはない。

[0170] 一方、BDC近傍においては、リード弁815に下向き、すなわちピストン721の裾部811s方向の加速度が作用し、BDCで最大となる。図36に示すように、BDCにおいては作動空間内圧力 P_c が最小となる。一方、蓄圧室内圧力 P_p は略一定なので、蓄圧室内圧力 P_p と作動空間内圧力 P_c との差圧 ΔP はBDCにおいて最大となる。BDCにおいて、リード弁815は弁構成部818の弁取付部818pに対して ΔP で押し付けられるため、BDC近傍においてリード弁815に下向きの力が作用しても、座屈を抑制することができる。ここで、加圧状態保持手段(リード弁815)の動作方向とピストン721の運動方向とは、正確に90度であることが好ましいが、製作上の誤差は許容される。また、ピストン721の往復運動に起因する加速度の影響が許容できる範囲内で、加

圧状態保持手段(リード弁815)の動作方向とピストン721の運動方向との交差角度は90度から外れてもよい。

[0171] 図37、図38-1は、この実施形態に係るピストンの頂面部を示す平面図である。図38-2は、この実施形態に係るピストンの側面図である。図30、図35に示す弁構成部818、リード弁815及びねじ818sからなる構造体SI(図37)は、ピストン721の頂面部811bの中央部に設けることが好ましい。すなわち、ピストン中心軸Zに近づけて設けることが好ましい。

[0172] このようにすれば、図30に示す弁構成部818内に形成される導入流路814と、複数の給気孔816との距離を等しくできる。これによって、作動空間MSの作動流体が導入流路814を介して蓄圧室812に導入されたときに、複数の給気孔816からそれぞれ噴出される作動流体の噴出状態(噴出量・噴出圧)が等しくなりやすい。その結果、クリアランスに作動流体が噴出されるときに、ピストン721の周方向において噴出の偏りを生じるおそれを低減でき、空気軸受48を安定して機能させることができる。

[0173] また、前記構造体SIがピストン721の中央部に配置されることは、ピストン721の重心Gとの関係で好ましい。特に、この実施形態においては、空気軸受48が使用されているので、ピストン721の往復運動の軌跡を直線に近似することが重要になる。このような観点から、前記構造体SIをピストン721の頂面部811bの中央部に設けるにあたり、図38-1、図38-2に示すように、前記構造体SIの重心gとピストン721の重心Gとの、ピストン721の運動方向と直交する断面内における位置を、できるだけ一致させることがより好ましい。なお、図38-1においては、わかりやすくするため、構造体SIの重心gは、正規の位置よりもややずらして記載してある。

[0174] (第4実施形態の変形例)

次に、この実施形態に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例について説明する。図39-1～図41-2は、この実施形態に係るピストン機関が備える加圧状態保持手段の変形例を示す説明図である。図39-1、図39-2に示す加圧状態保持手段であるリード弁815aは、図39-1に示すピストン721aの中心軸と平行な直線Zc上に、リード弁815aの固定部815a₁、815a₁と動作部815a₂とが配置される。そして、このリード弁815aは、ピストン721aの頂面部811b側と裾部811s側との二箇

所で、ねじ818sによって弁構成部818に固定される。図39-1に示す固定部815a₁、815a₁と動作部815a₂とは、連結部815a₃で接続されている。

[0175] 動作部815a₂は、導入流路814の作動流体出口814oを覆っており、作動空間内圧力Pcと蓄圧室内圧力Ppとの差圧がリード弁815aの開弁圧を超えると弁構成部818から離れる。このリード弁815aは、ピストン721aの中心軸と平行な直線Zc上で、かつピストン721aの頂面部811b側と裾部811s側との二箇所で弁構成部818に固定される。このため、ピストン721を備えるピストン機関が極めて高回転で運転されて、リード弁815aに大きな加速度が加わっても、リード弁815aの変形が抑制されて、確実に動作する。また、動作部815a₂の動作量は、上記実施形態で説明したリード弁815(図30、図35)よりも小さいので、リード弁ガイド819(図30、図35)を設けなくともよい。これによって、構造を簡略化できるとともに、軽量化にも寄与する。

[0176] 図40-1、図40-2に示す加圧状態保持手段であるリード弁815bは、ピストン721bの中心軸と平行な直線Zcと交差する方向に、リード弁815aの固定部815b₁、815b₁が配置される。そして、このリード弁815bは、二箇所の固定部815b₁、815b₁で、ねじ818sによって、リード弁ガイド819b(図40-2)とともに弁構成部818に固定される。固定部815b₁、815b₁と動作部815b₂とは、連結部815b₃で接続されている。なお、連結部815b₃は、前記直線Zcに対して角度θの傾きを有している。

[0177] 動作部815b₂は、導入流路814の作動流体出口814oを覆っており、作動空間内圧力Pcと蓄圧室内圧力Ppとの差圧がリード弁815bの開弁圧を超えると弁構成部818から離れる。このリード弁815bは、二箇所で弁構成部818に固定される。このため、ピストン721bを備えるピストン機関が高回転で運転されて、リード弁815bに大きな加速度が加わっても、リード弁815bの変形が抑制されて、確実に動作する。また、リード弁815bの固定部815b₁、815b₁は、ピストン721bの中心軸と平行な直線Zcと交差する方向に配置される。これによって、ピストン721bの運動方向におけるリード弁815bの寸法を小さくできるので、前記運動方向におけるピストン721bの寸法も小さくすることができる。

[0178] 図41-1、図41-2に示す加圧状態保持手段であるリード弁815cは、ピストン721cの中心軸と平行な直線Zcと直交する方向に、リード弁815cの固定部815c₁が配置

される。そして、このリード弁815cは、前記固定部815c₁で、ねじ818sによって、リード弁ガイド819c(図41-2)とともに弁構成部818に固定される。リード弁815cは、平面視が矩形の板状部材であり、固定部815c₁で固定された端部とは反対側が動作部815c₂となる。

[0179] 動作部815c₂は、導入流路814の作動流体出口814oを覆っており、作動空間内圧力Pcと蓄圧室内圧力Ppとの差圧がリード弁815cの開弁圧を超えると弁構成部818から離れる。このリード弁815cは、ピストン721cの中心軸と平行な直線Zcと直交する方向で弁構成部818に固定される。このため、ピストン721cの運動方向におけるリード弁815bの寸法を小さくできるので、前記運動方向におけるピストン721cの寸法も小さくすることができる。なお、このリード弁815cは、ピストン721cを備えるピストン機関が比較的low回転で運転される場合に有効な構成である。

[0180] 以上、第4実施形態及びその変形例では、シリンダ内の作動空間からピストン内の中空部内へ作動流体を導入し、これをピストンの側周部と前記シリンダとの間に噴出するピストン機関において、ピストンの運動方向に対して直交する方向に動作する加圧状態保持手段を備える。これによって、加圧状態保持手段は、ピストンの往復運動に起因する加速度が加圧状態保持手段に加わっても、加圧状態保持手段の動作はほとんど影響を受けない。その結果、前記加速度に関係なく、加圧状態保持手段を動作させることができる。そして、ピストン機関が高回転で運転されても、すなわち加圧状態保持手段に作用する加速度が大きい場合であっても加圧状態保持手段は確実に動作して、TDCにおいてピストン内空間に気体を導入し、次の気体の導入までこれを維持することができる。

[0181] なお、上記説明では、スターリングエンジンは、車両の内燃機関の排気ガスを熱源とすべく排気管に取り付けた構成について説明した。ただし、本発明のスターリングエンジンは、車両の内燃機関の排気管に取り付けられる形式のものに限定されるものではない。また、上記においては、ピストン機関がスターリングエンジンである場合を用いて、その構成、作用、効果を説明したが、この実施形態に係るピストン機関は、スターリングエンジン以外のピストン機関に対しても容易に適用可能である。そして、適用された場合には、上記と同様の作用、効果を奏し、また上記と同様の有用性を

有する。

産業上の利用可能性

[0182] 以上のように、本発明に係るピストン装置は、ピストンリングを用いないピストン装置に有用であり、特に、ピストン本体の内部に蓄圧部が設けられ、この蓄圧部からシリンダ内面に向かって流体を噴出させるピストン装置に適している。

請求の範囲

- [1] 外燃機関に適用され、
ピストン本体と、
前記ピストン本体の内部に形成された蓄圧室と、
前記外燃機関の作動空間で圧縮された作動媒体を前記蓄圧室に導入するための導入部と、
前記ピストン本体の側周部に設けられ、前記蓄圧室から、前記ピストン本体と前記外燃機関のシリンダとの間に貫通する孔とを備え、
前記導入部は、前記作動媒体の前記蓄圧室への導入方向及び前記導入方向の反対方向のいずれの方向にも流通可能に設けられ、前記導入部において前記反対方向の流路抵抗は、前記導入方向の流路方向に比べて大きくなるように構成されている
ことを特徴とするピストン装置。
- [2] 請求項1記載のピストン装置において、
前記導入部における前記導入方向と前記反対方向の流路抵抗の相違は、弁体のような可動部の作動による前記導入部の流路の開閉動作に基づくものではなく、前記導入部の形状に基づくものである
ことを特徴とするピストン装置。
- [3] 請求項1または2に記載のピストン装置において、
更に、
前記作動空間で圧縮された作動媒体を前記蓄圧室に導入するための流路と、
前記蓄圧室に設けられ、前記流路を弁体のような可動部の作動により開閉する流路開閉手段とを備え、
前記可動部は、前記ピストン装置の起動時に作動し、前記ピストン装置の常用運転域では作動が停止して前記流路を閉状態とするように構成されている
ことを特徴とするピストン装置。
- [4] 請求項3記載のピストン装置において、
前記作動空間の平均圧に対する増圧側圧力振幅を P_{+P} とし、前記導入部による前

記蓄圧室の飽和蓄圧値をPFとするとき、前記可動部を開動作させるために必要な圧力 P_c は、

$$P_c < P_{+P}、かつ、$$

$$P_c > (P_{+P} - PF)$$

に設定されている

ことを特徴とするピストン装置。

- [5] 請求項4記載のピストン装置において、
前記流路開閉手段は、前記可動部の作動時の移動方向が前記ピストン本体の上下方向と概ね一致するように配置され、

前記ピストン装置の常用運転域よりも低い設定回転数における前記可動部に作用する上向きの最大加速度による前記可動部を開動作させるために必要な圧力の上昇分を PA とするとき、前記可動部を開動作させるために必要な圧力 P_c' は、

$$(P_c' + PA) < P_{+P}、かつ、$$

$$(P_c' + PA) > (P_{+P} - PF)$$

に設定されている

ことを特徴とするピストン装置。

- [6] 請求項3から5のいずれか1項に記載のピストン装置において、
前記流路上において、前記流路開閉手段と前記作動空間との間には、オリフィスを介して前記作動空間と連通し前記作動媒体が通る部屋が設けられている

ことを特徴とするピストン装置。

- [7] 請求項1記載のピストン装置において、
前記ピストン本体は、前記シリンダ内を往復運動するように設けられ、
前記導入部は、導入通路であり、
前記ピストン本体の運動方向に対して直交する方向に動作して、前記蓄圧室内へ開口した前記導入通路の導入部開口から前記作動媒体を前記蓄圧室へ導入し、また、前記蓄圧室内の作動媒体が前記シリンダ内へ逆流することを防止する加圧状態保持手段を備える

ことを特徴とするピストン装置。

- [8] 請求項7記載のピストン装置において、
前記加圧状態保持手段は、板状の弾性体からなり、動作部と固定部とを備えるリード弁であり、
前記ピストン本体の動作方向と平行な平面を弁取付部とする弁構成部に前記導入部開口が形成されており、前記リード弁の前記固定部が前記弁取付部に取り付けられ、前記動作部が前記導入部開口を開閉することを特徴とするピストン装置。
- [9] 請求項8記載のピストン装置において、
前記リード弁の固定部と動作部とは、前記ピストン本体の運動方向と平行な直線上に配置される
ことを特徴とするピストン装置。
- [10] 請求項8又は9に記載のピストン装置において、
前記ピストン本体の頂面側と裾側とに前記リード弁の固定部を設け、前記ピストン本体の頂面側と裾側とで前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴とするピストン装置。
- [11] 請求項8又は9に記載のピストン装置において、
前記ピストン本体の裾側に前記リード弁の固定部を設け、前記ピストン本体の裾側で前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴とするピストン装置。
- [12] 請求項8又は9に記載のピストン装置において、
前記ピストン本体の運動方向と交差する直線上であって、前記ピストン本体の頂面側と裾側とに前記リード弁の固定部を設け、前記ピストン本体の頂面側と裾側とで前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴とするピストン装置。
- [13] 請求項8又は9に記載のピストン装置において、
前記ピストン本体の運動方向と直交する方向に前記リード弁の固定部を設け、前記ピストン本体の運動方向と直交する方向で前記リード弁を前記弁取付部に固定することを特徴とするピストン装置。

- [14] 請求項7から13のいずれか1項に記載のピストン装置において、
前記導入通路、前記導入部開口及び前記加圧状態保持手段は、前記ピストン本体の頂面部の中心部に設けられる
ことを特徴とする記載のピストン装置。
- [15] 請求項1から14のいずれか1項に記載のピストン装置と、
前記シリンダとを備えたことを特徴とするスターリングエンジン。
- [16] ピストン装置と、
シリンダとを備えた外燃機関であって、
前記ピストン装置は、
ピストン本体と、
前記ピストン本体の内部に形成された蓄圧室と、
前記ピストン本体の側周部において所定の高さ位置に対応する第1部分に設けられ、前記外燃機関の作動空間で圧縮された作動媒体を前記蓄圧室に導入するための導入部と、
前記ピストン本体の側周部において前記所定の高さ位置よりも下方位置に対応する第2部分に設けられ、前記蓄圧室から、前記ピストン本体と前記シリンダとの間のクリアランス部に貫通する孔とを備え、
前記ピストン装置が上死点にあるときと下死点にあるときとの比較において、前記ピストン本体の側周部における前記第1部分と、前記シリンダとの間のクリアランス部の大きさは、前記ピストン装置が上死点にあるときの方が、前記ピストン装置が下死点にあるときに比べて、大きくなるように構成されている
ことを特徴とする外燃機関。
- [17] 請求項16記載の外燃機関において、
前記ピストン装置が上死点にあるときと下死点にあるときとの比較において、前記ピストン本体の側周部における前記第2部分と、前記シリンダとの間のクリアランス部の大きさは、概ね同じとなるように構成され、
前記ピストン本体の側周部における前記第1部分と前記第2部分との比較において、前記ピストン装置が下死点にあるときの、前記シリンダとの間のクリアランス部の大き

さは、概ね同じとなるように構成されている

ことを特徴とする外燃機関。

- [18] 請求項16または17に記載の外燃機関において、
前記ピストン装置が下死点にあるときに前記ピストン本体の側周部における前記第1部分が対向する前記シリンダの内周壁部の径よりも、前記ピストン装置が上死点にあるときに前記ピストン本体の側周部における前記第1部分が対向する前記シリンダの内周壁部の径の方が大きくなるように構成されている

ことを特徴とする外燃機関。

- [19] 請求項16から18のいずれか1項に記載の外燃機関において、
前記外燃機関は、 α 型スターリングエンジンであり、
前記ピストン本体の側周部における前記第1部分と、前記シリンダとの間のクリアランス部の大きさは、前記ピストン装置が上死点の前後 45° 以内の範囲にあるときの方が、前記ピストン装置が前記範囲以外にあるときに比べて、大きくなるように構成されている

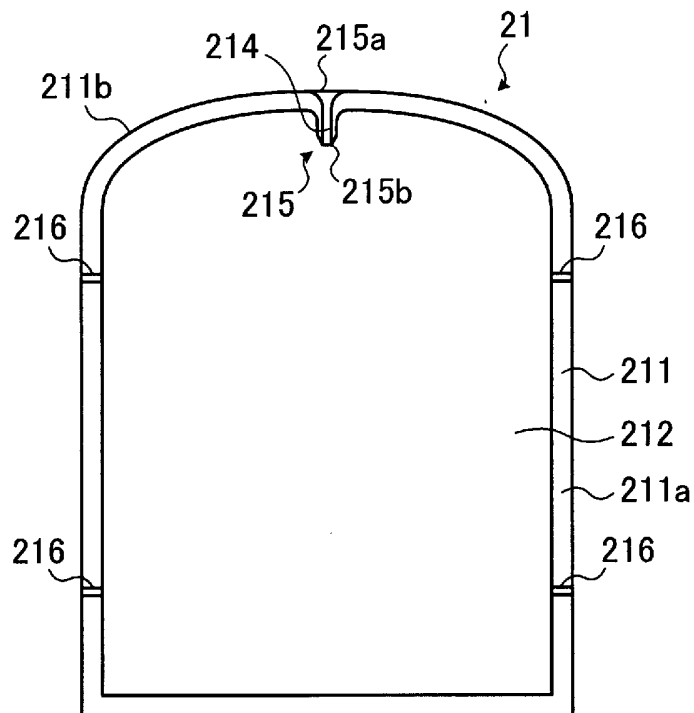
ことを特徴とする外燃機関。

- [20] 請求項16から19のいずれか1項に記載の外燃機関において、
前記導入部の上面は、概ね同一の高さとなるように扁平状に形成されている
ことを特徴とする外燃機関。

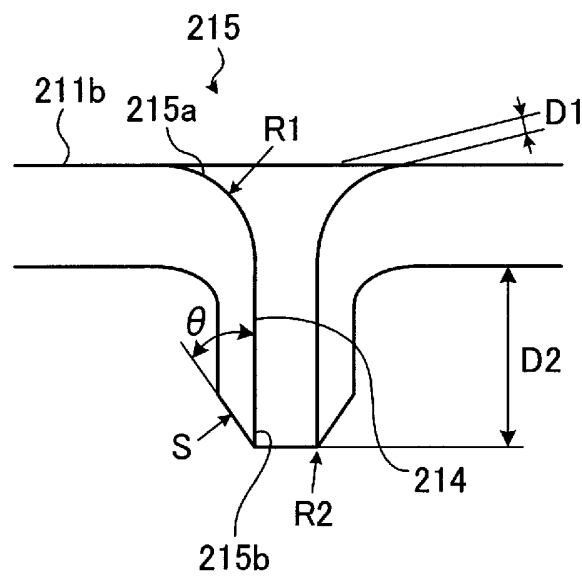
- [21] シリンダ内を往復運動するピストンと、
前記ピストンの内部に形成された中空部と、
前記シリンダ内の作動空間と前記中空部とを連通して、前記作動空間内の作動流体を前記中空部に導入する導入通路と、
前記ピストンの運動方向に対して直交する方向に動作して、前記中空部内へ開口した前記導入通路の導入部開口から前記作動流体を前記中空部へ導入し、また、前記中空部内の作動流体が前記シリンダ内へ逆流することを防止する加圧状態保持手段と、
前記ピストンの側周部に複数設けられ、前記中空部内の前記作動流体を前記ピストンの側周部と前記シリンダとの間に噴出する給気孔と、

を備えることを特徴とするピストン機関。

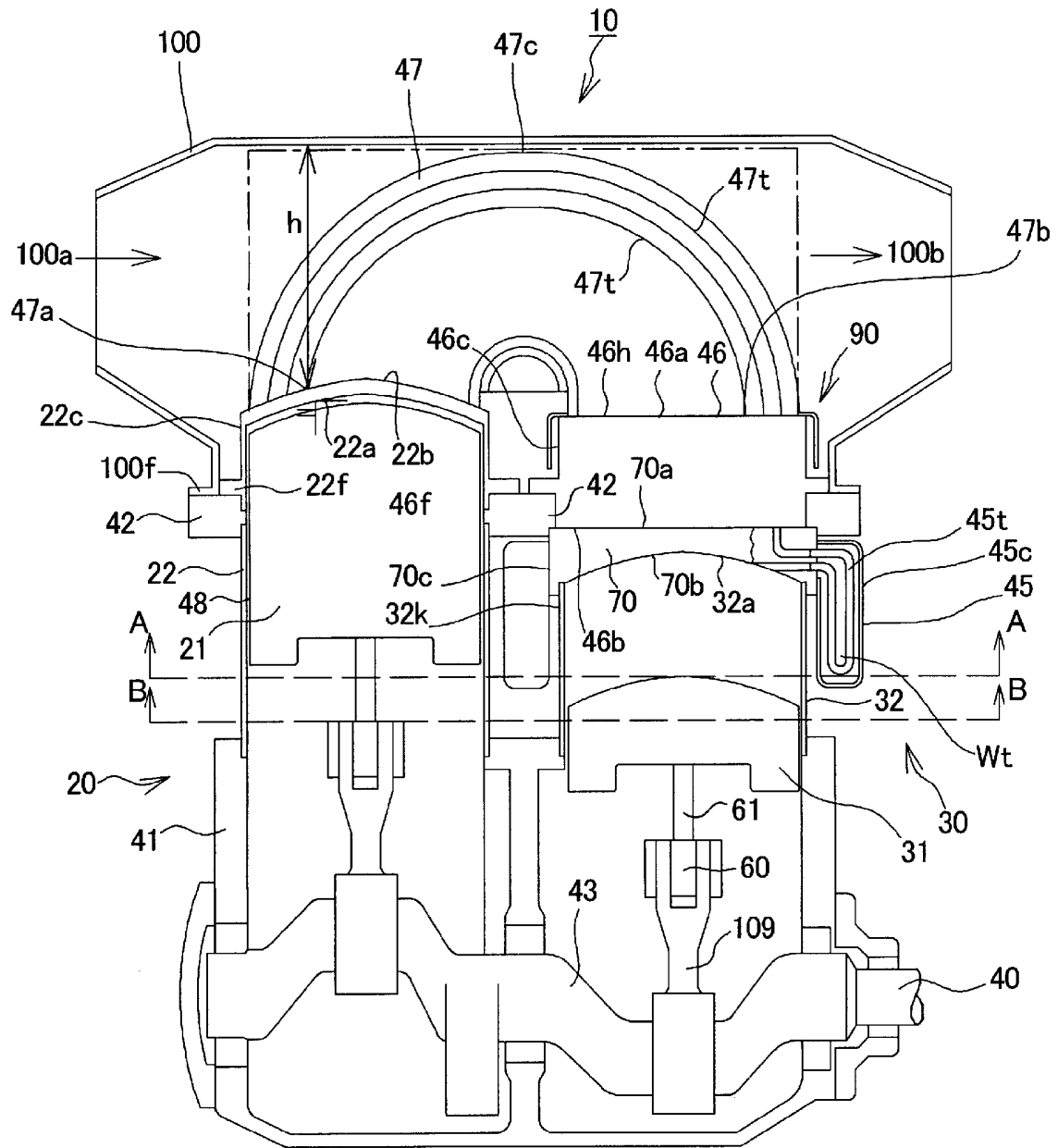
[図1]



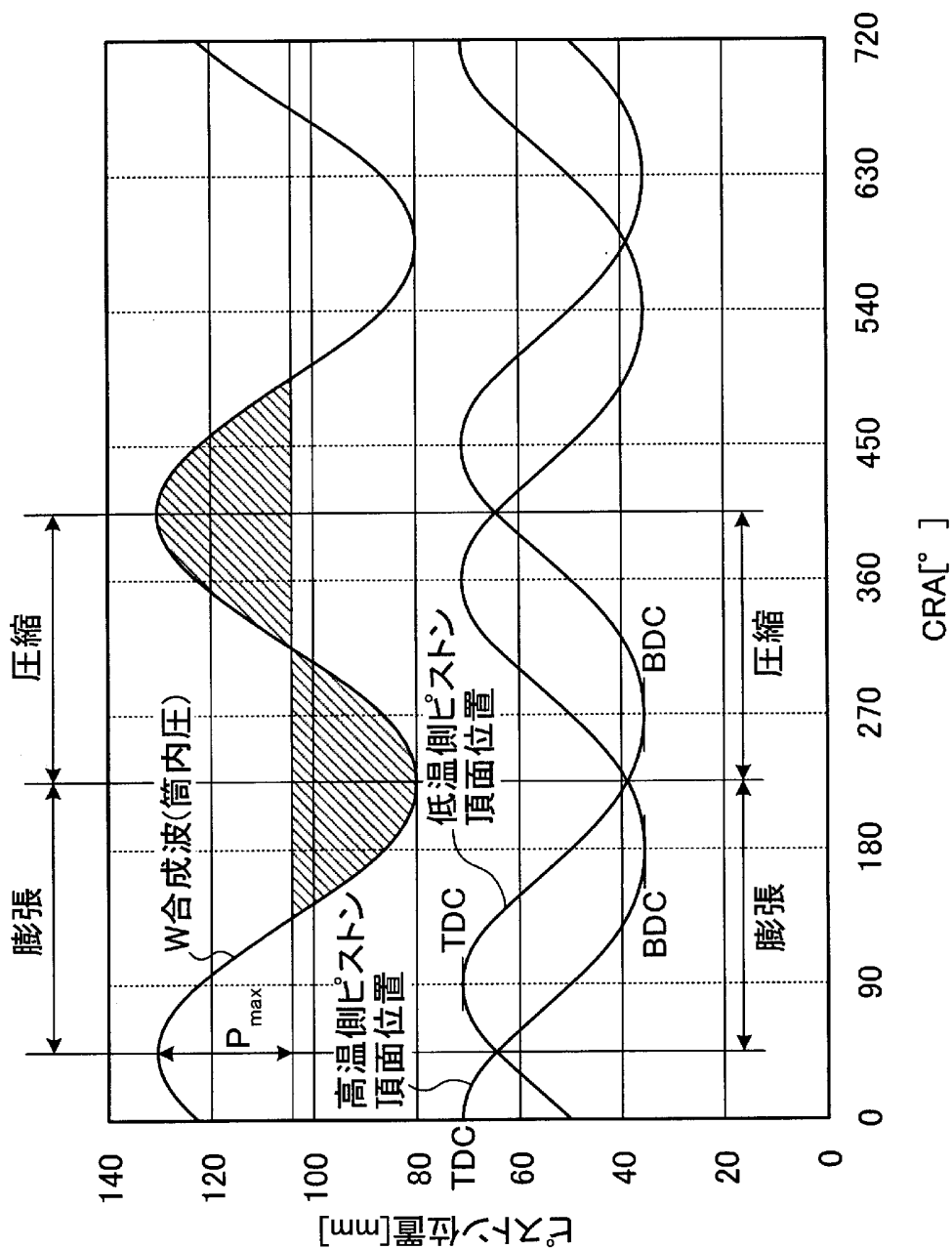
[図2]



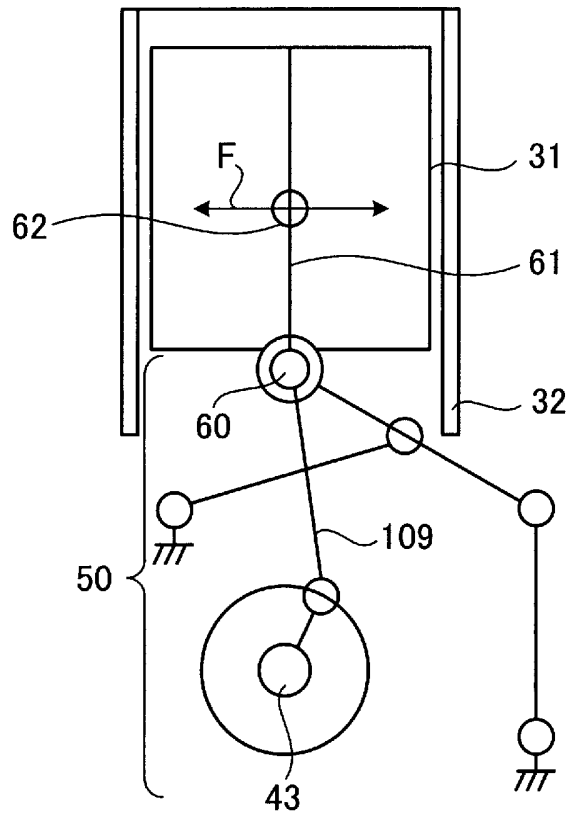
[図3]



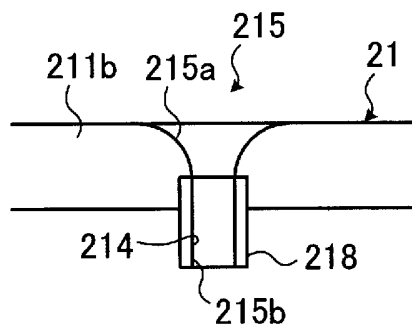
[図4]



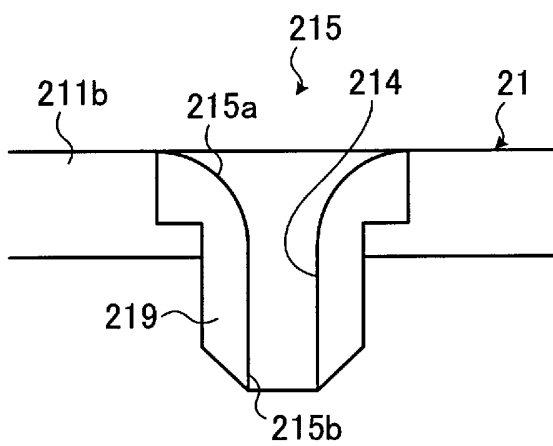
[図5]



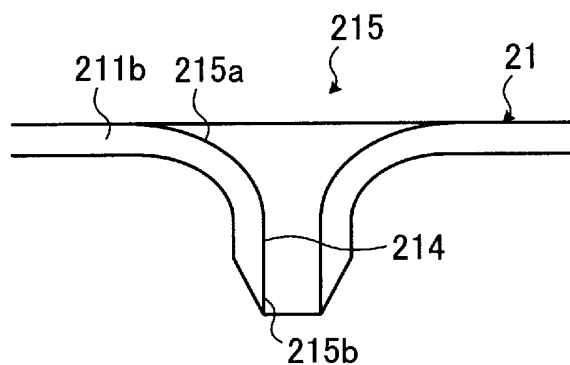
[図6]



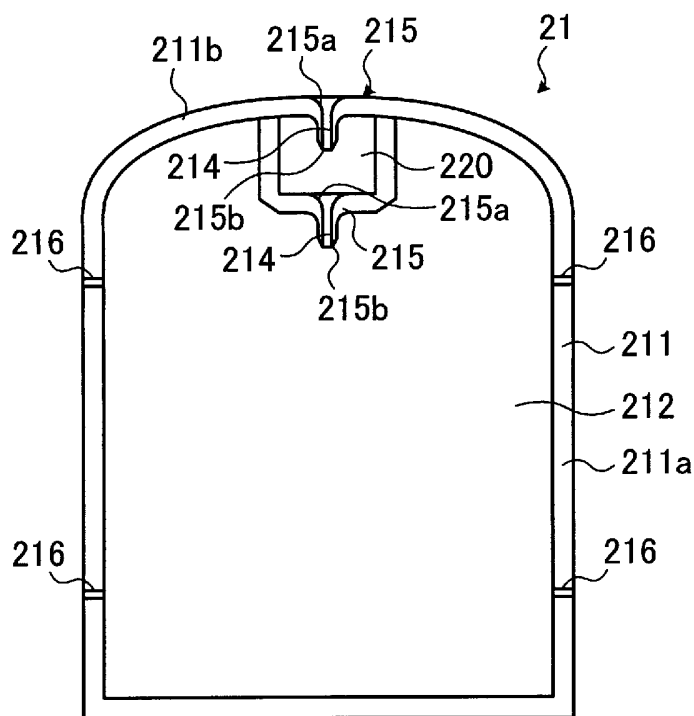
[図7]



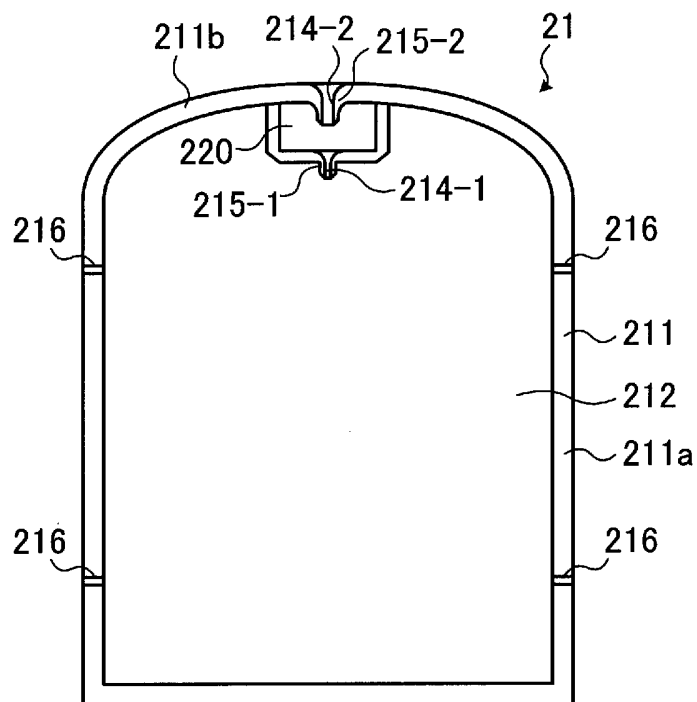
[図8]



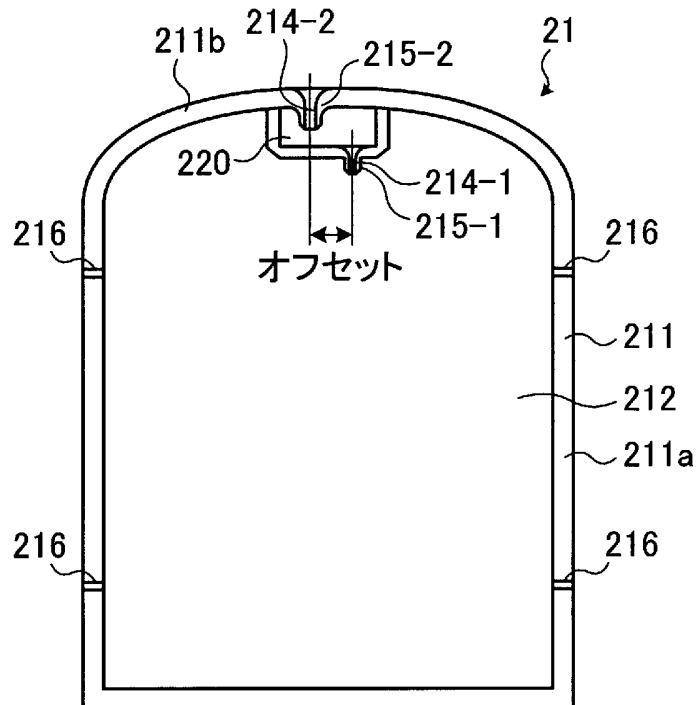
[図9]



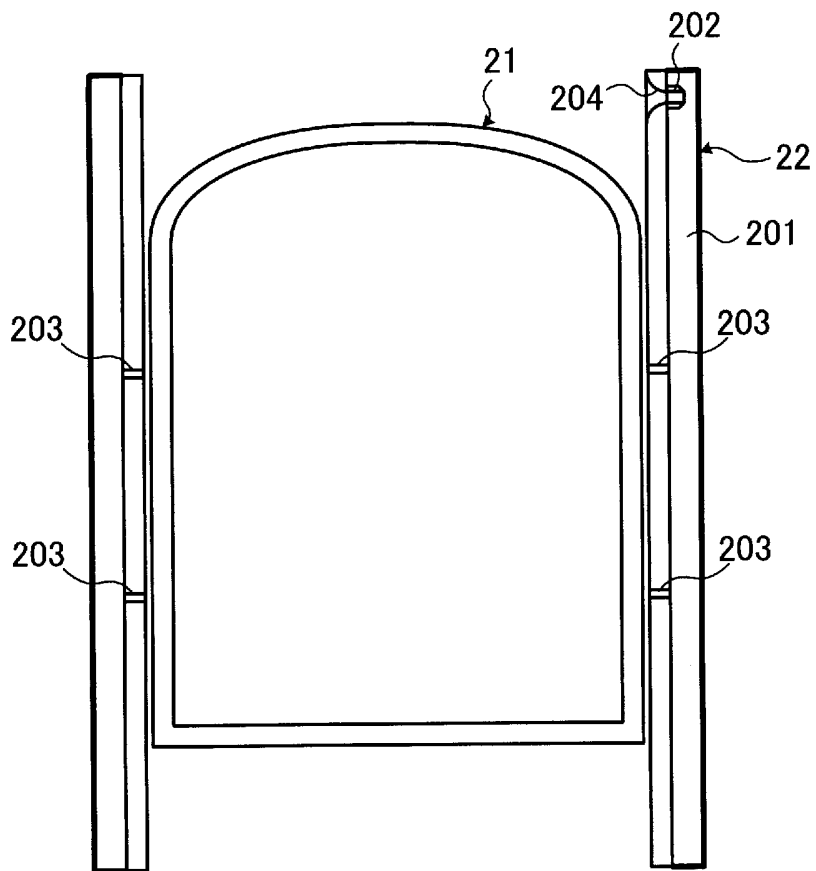
[図10]



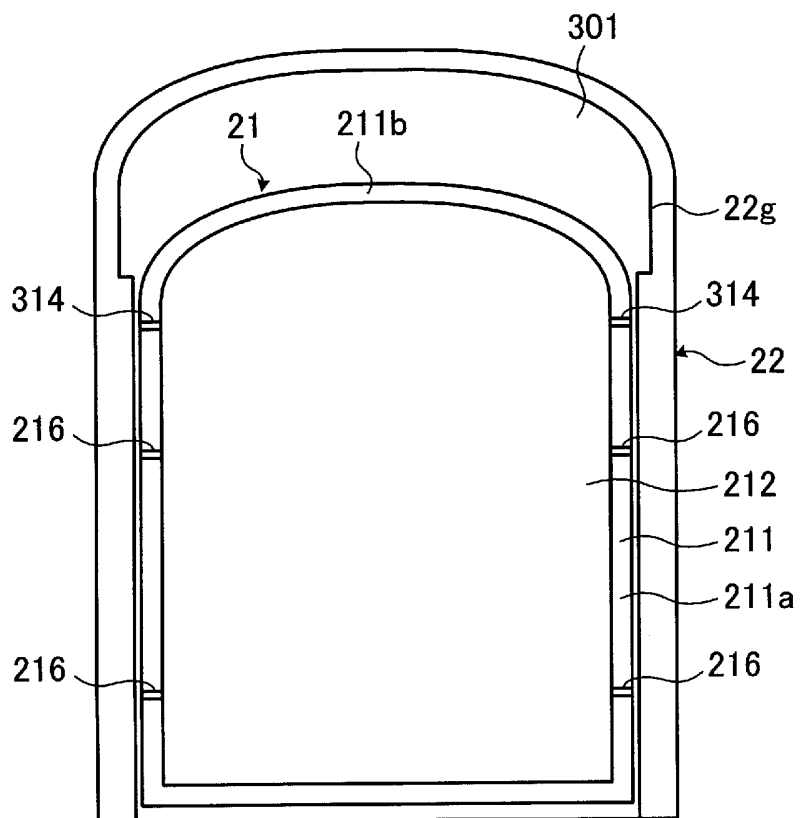
[図11]



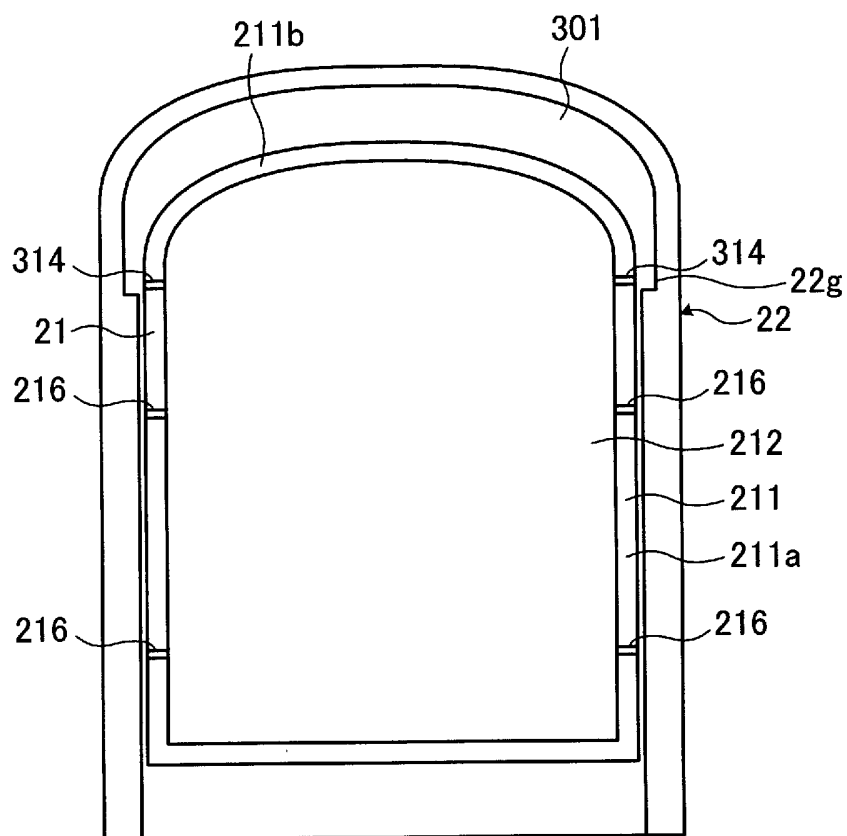
[図12]



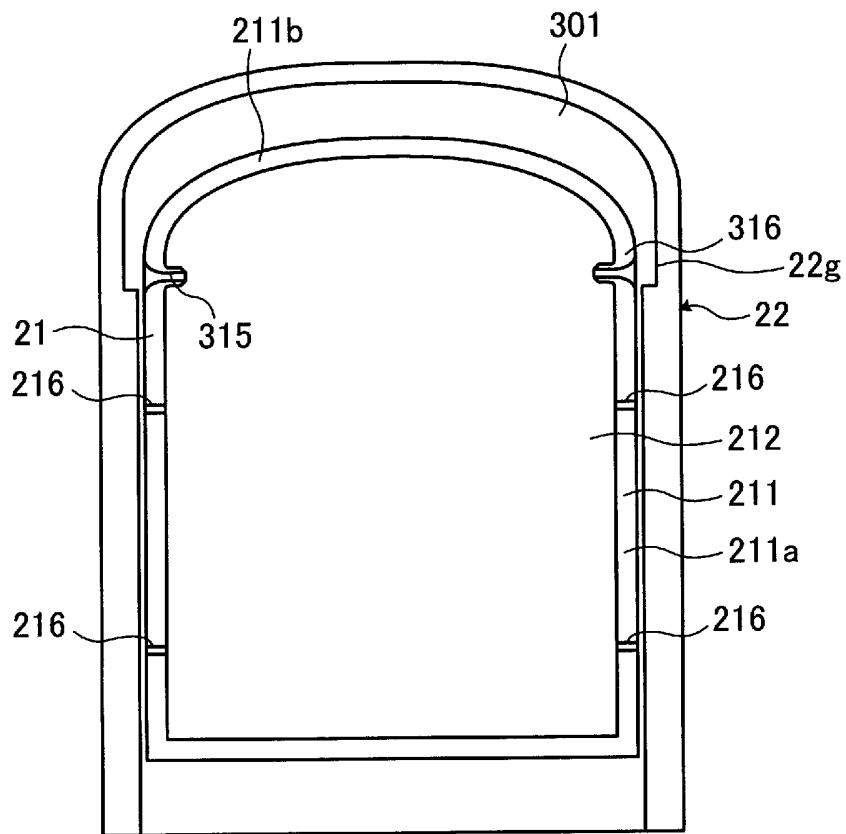
[図13]



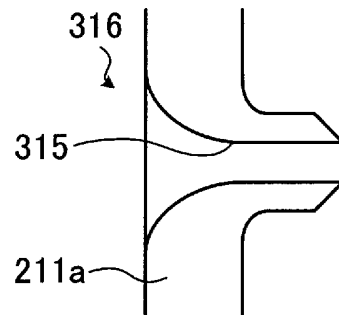
[図14]



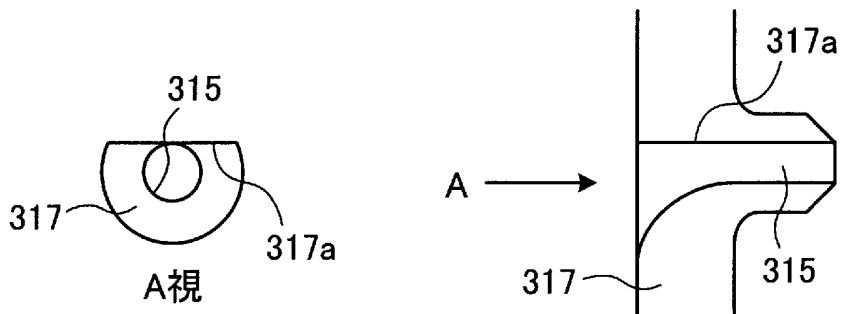
[図15]



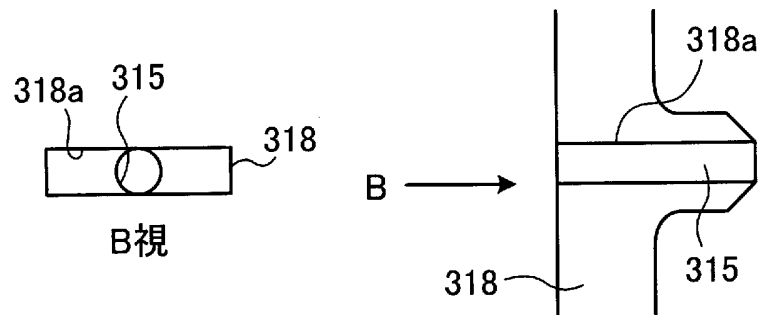
[図16]



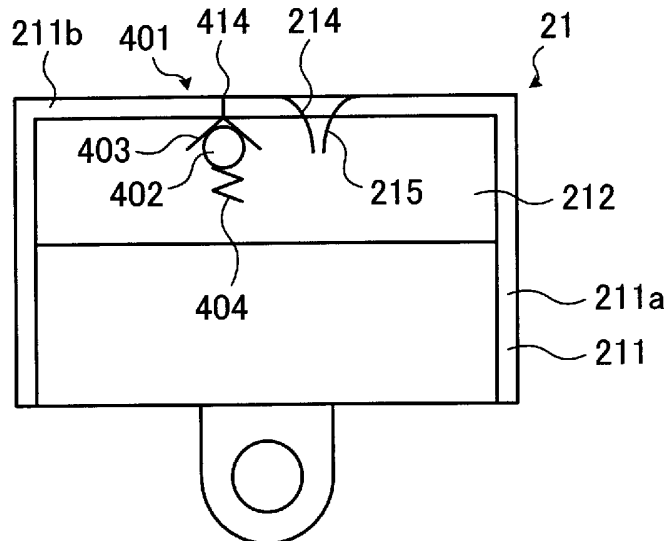
[図17]



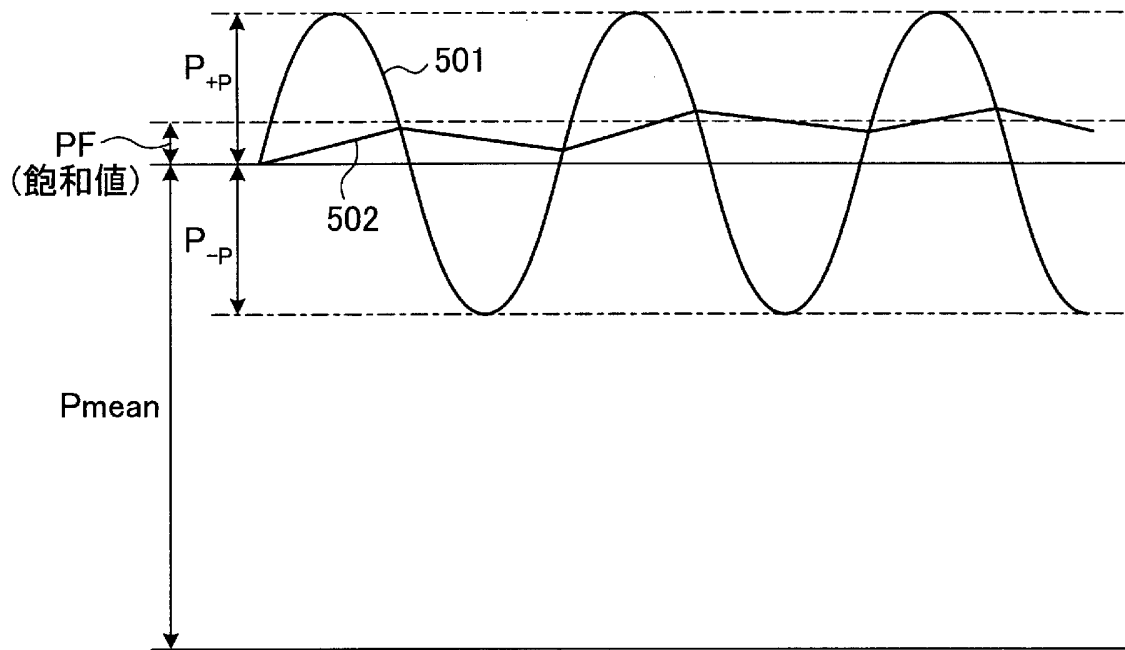
[図18]



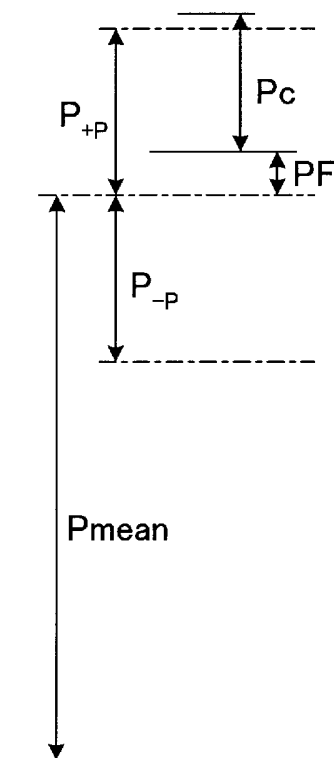
[図19]



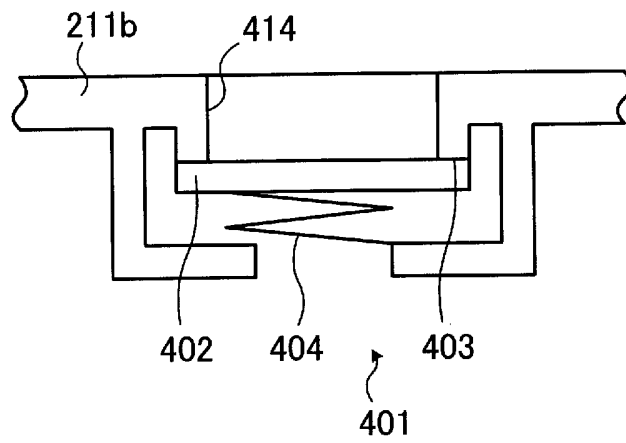
[図20]



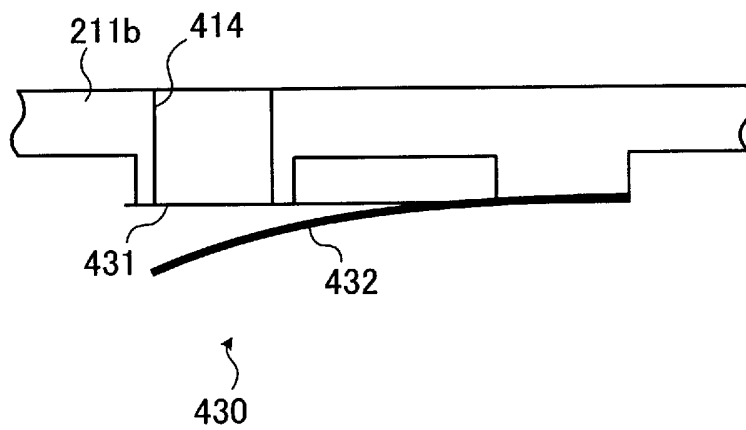
[図21]



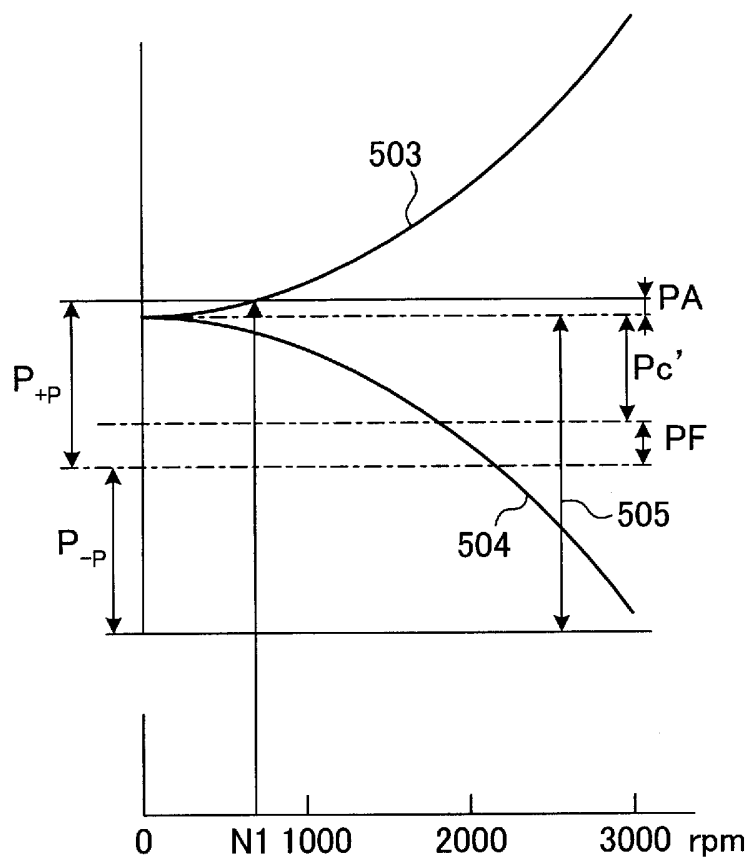
[図22]



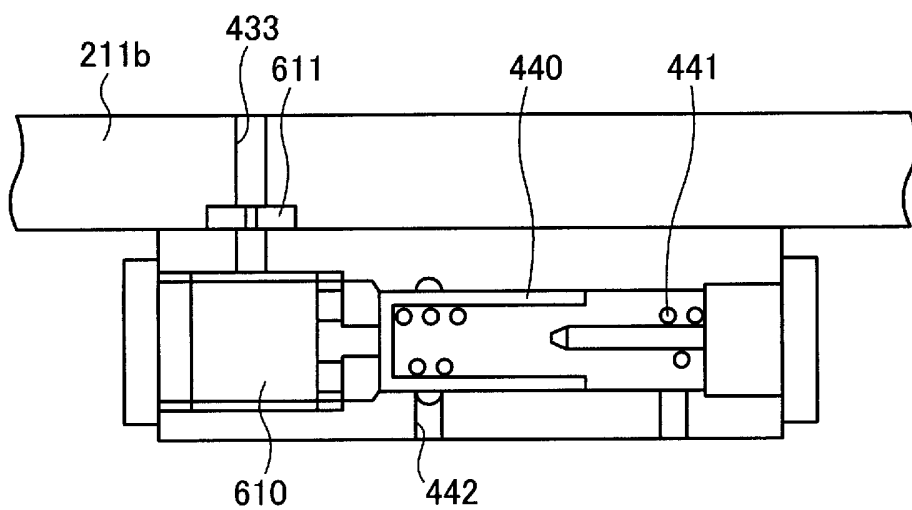
[図23]



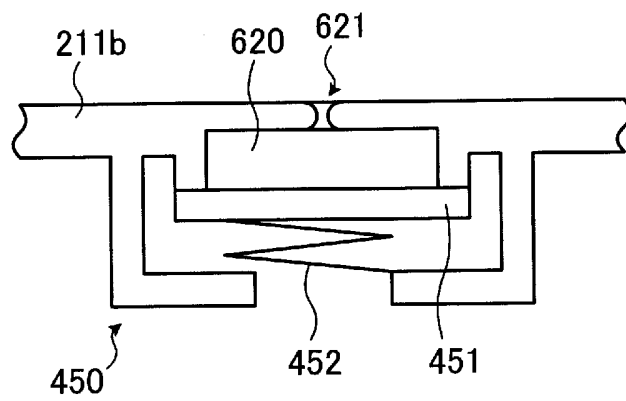
[図24]



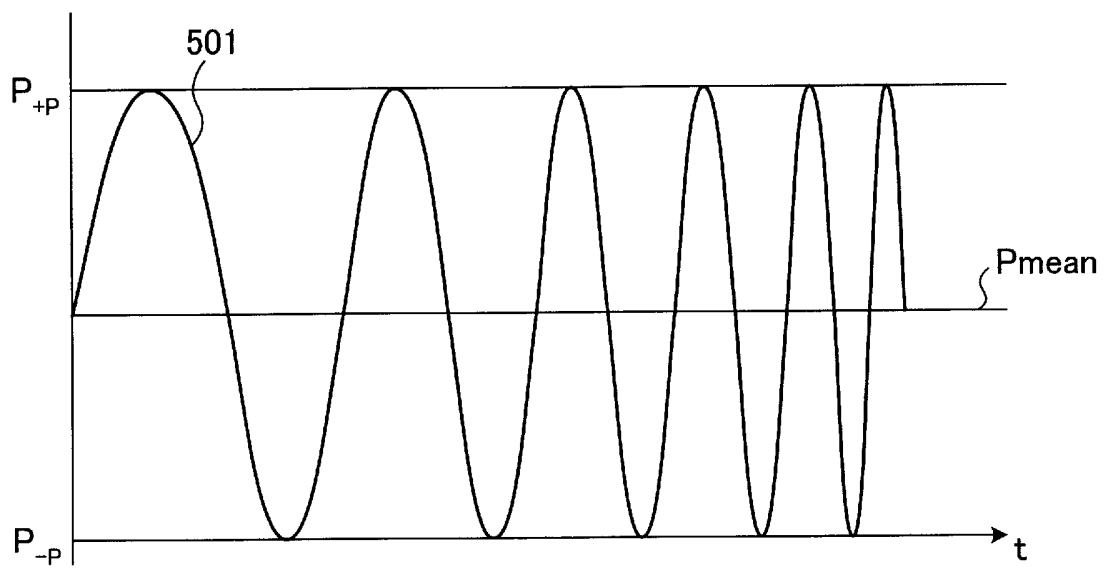
[図25]



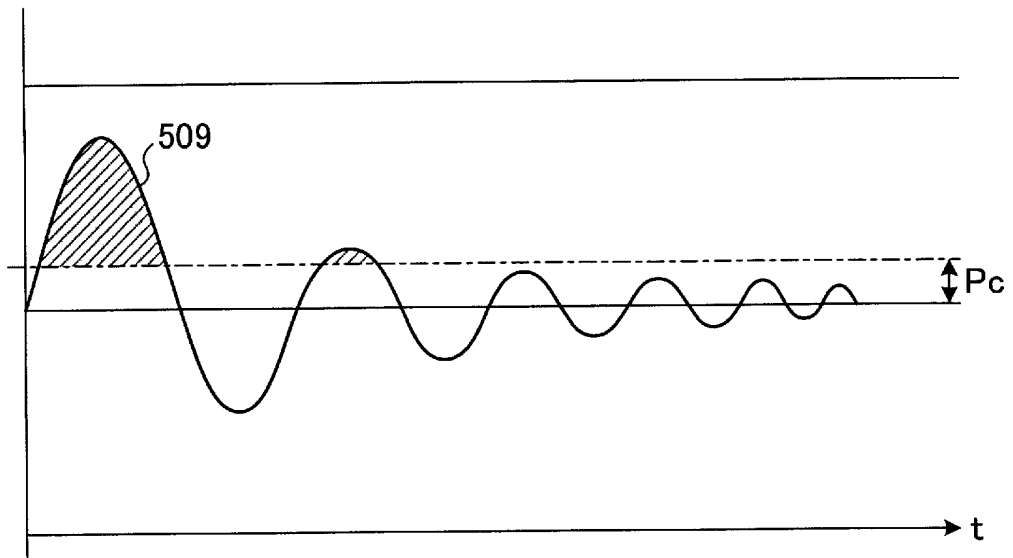
[図26]



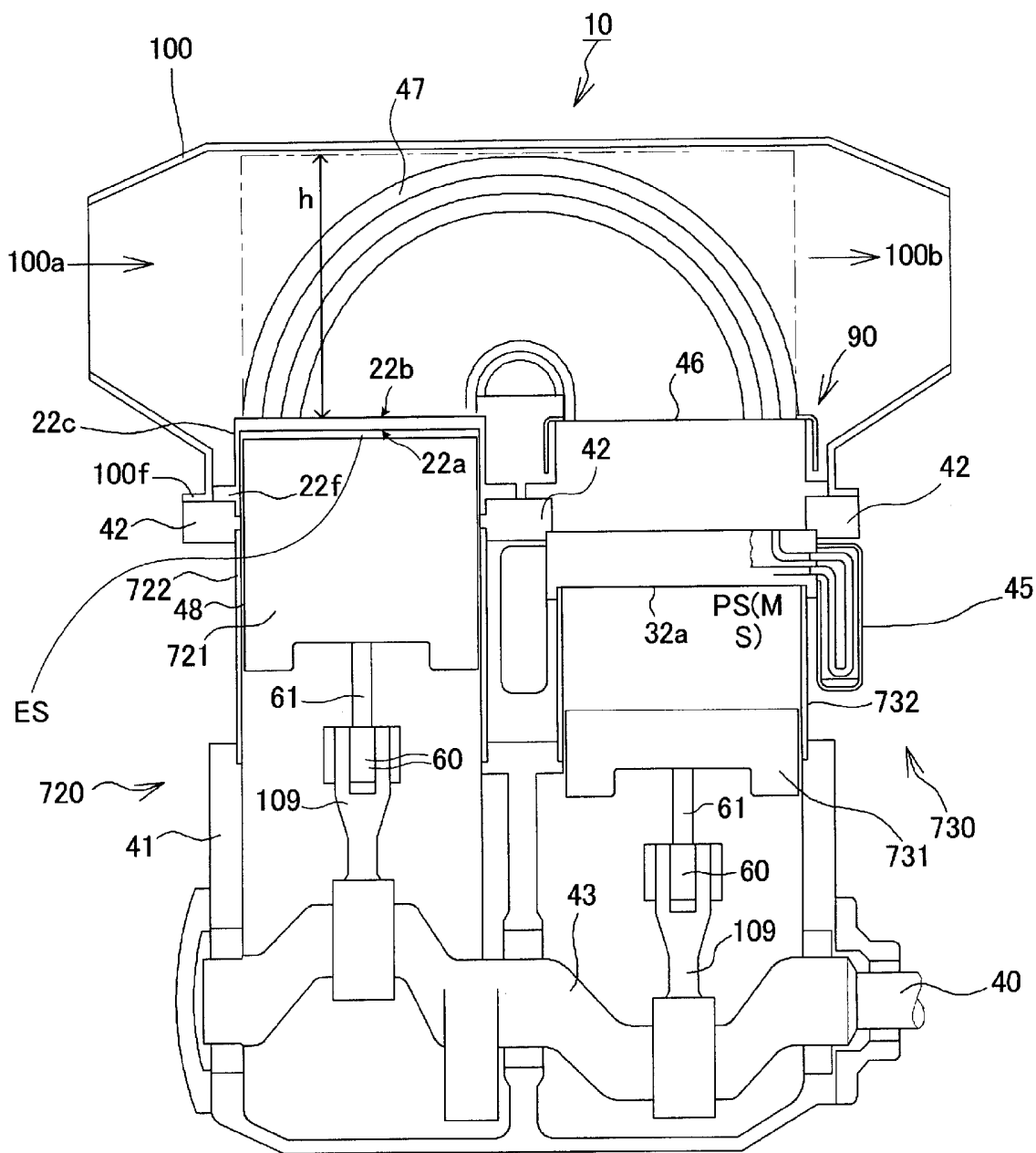
[図27]



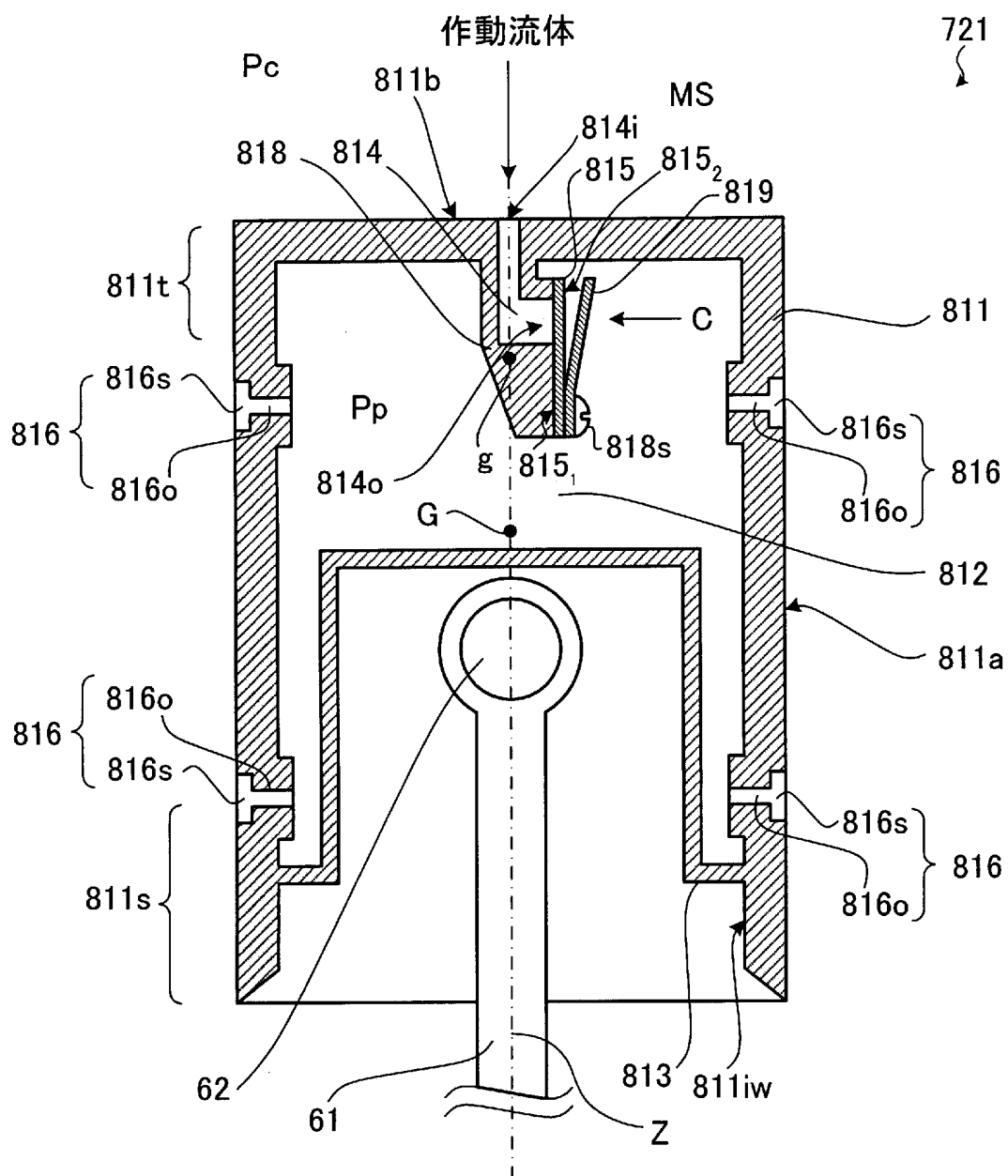
[図28]



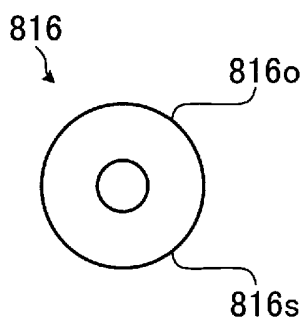
[図29]



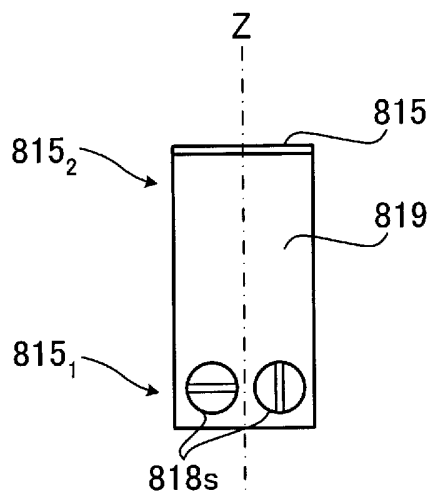
[図30]



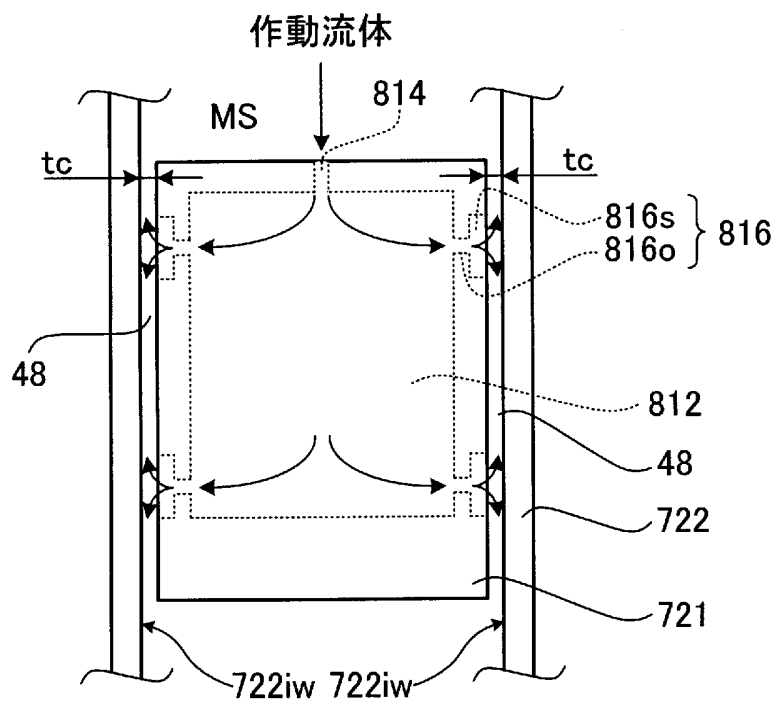
[図31]



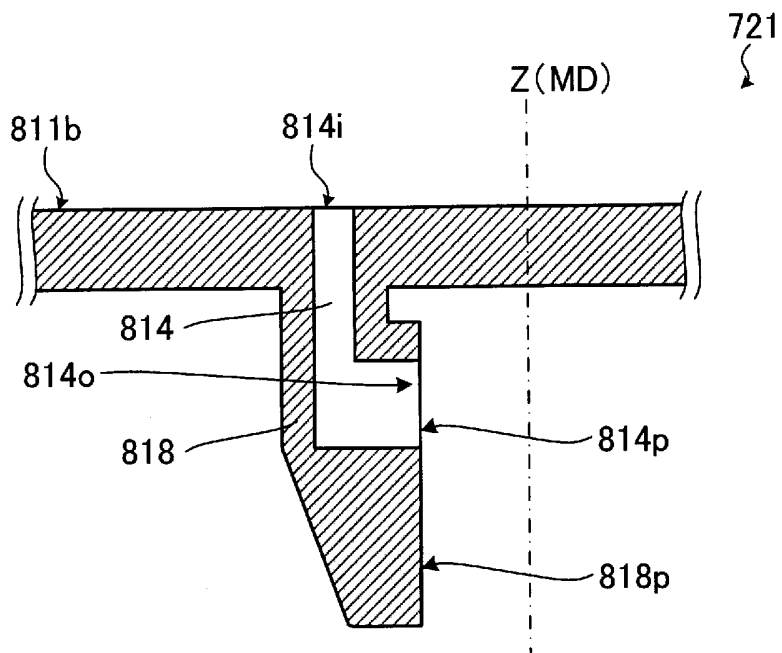
[図32]



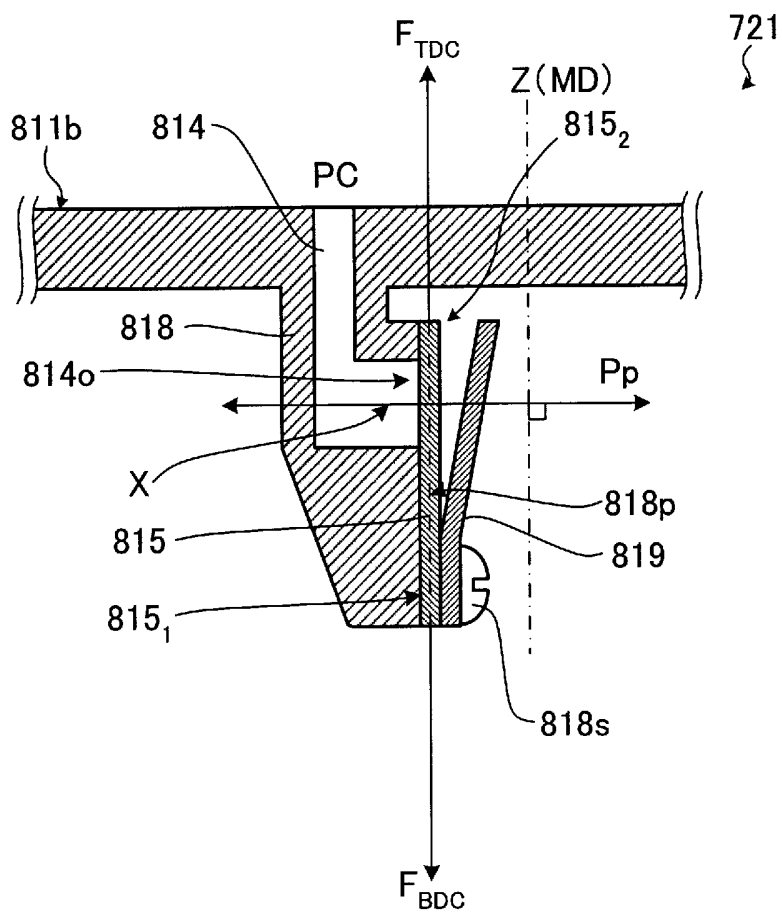
[図33]



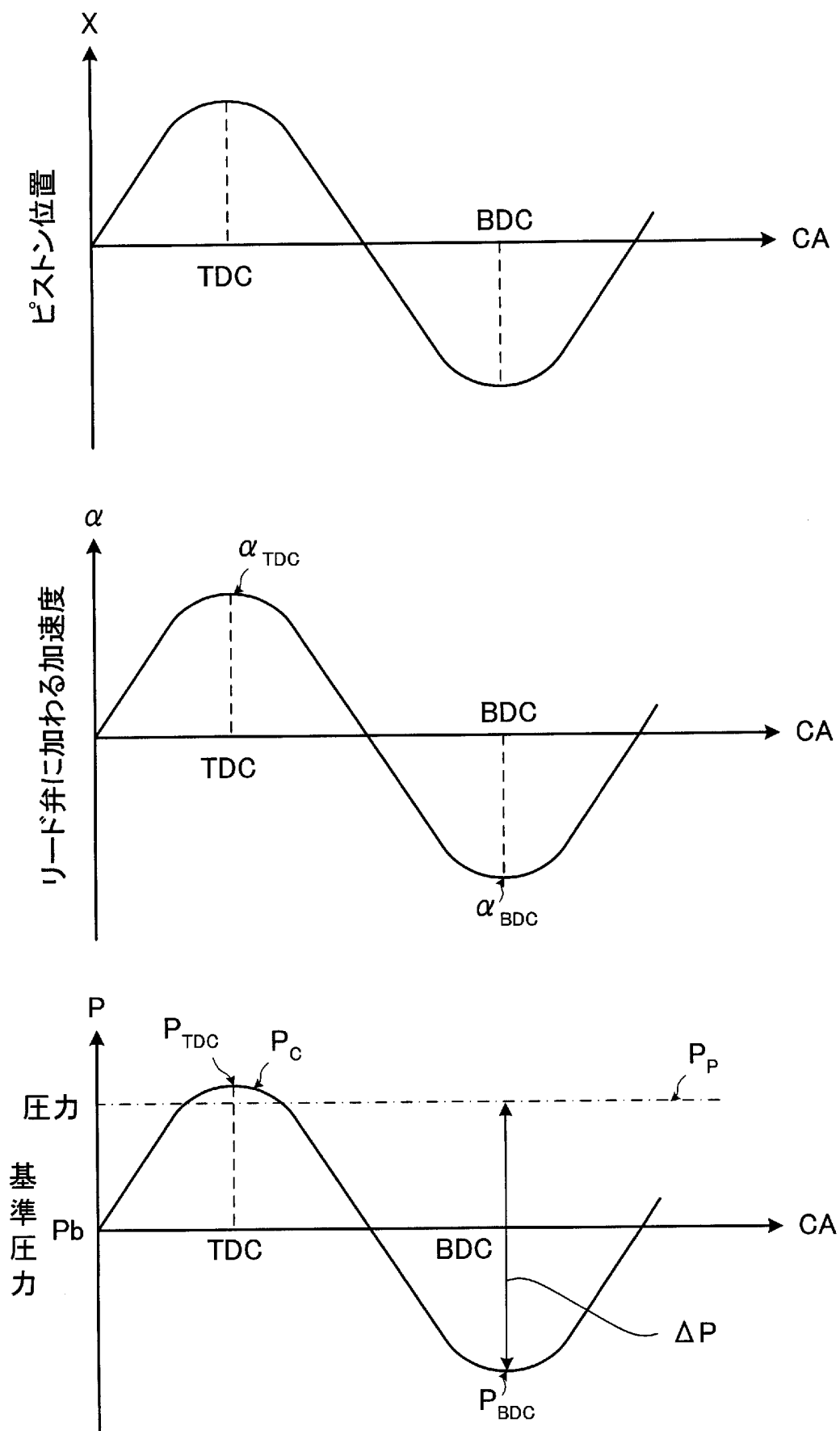
[図34]



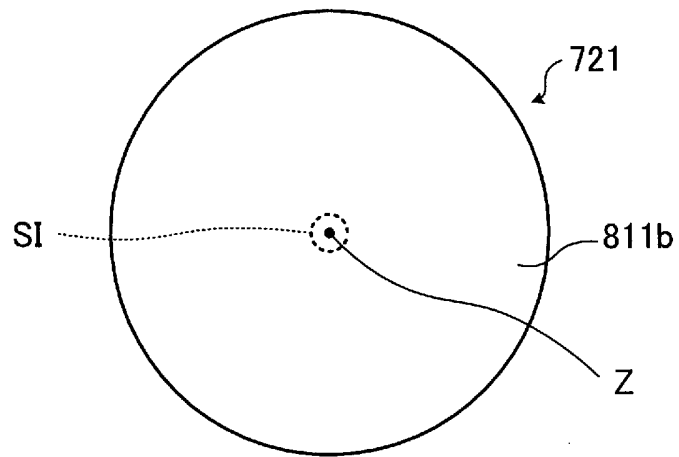
[図35]



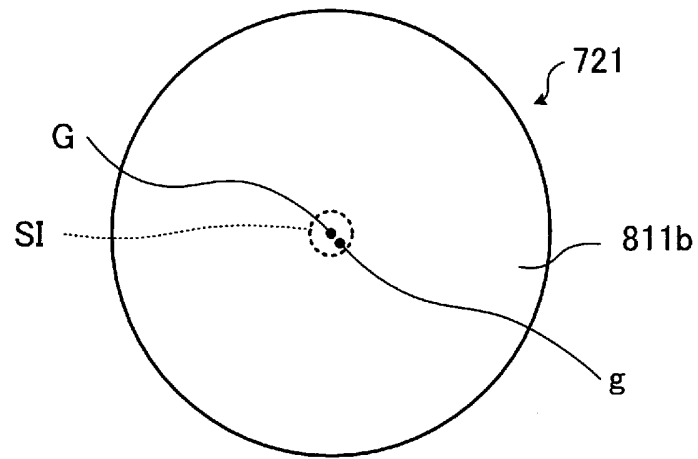
[図36]



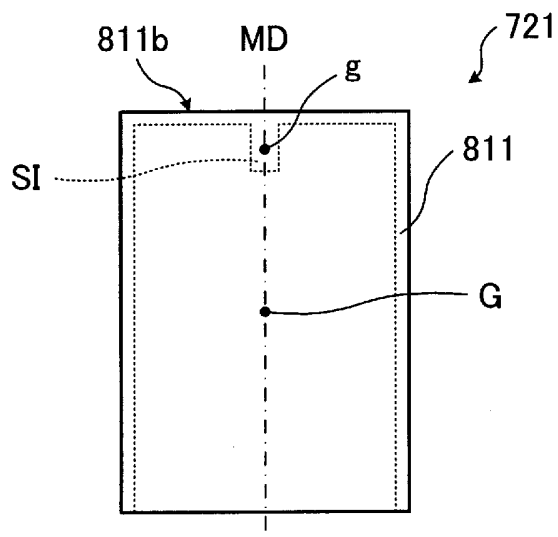
[図37]



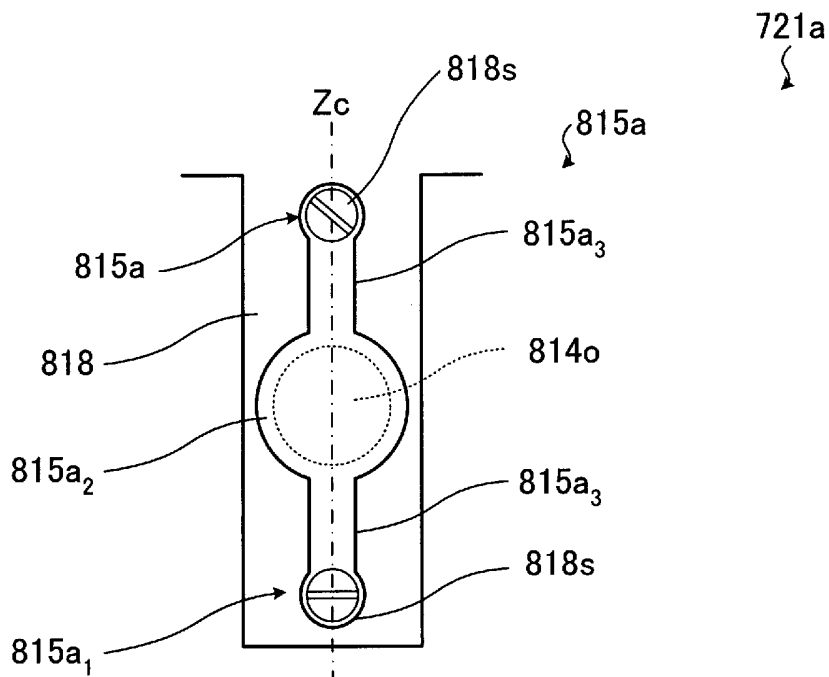
[図38-1]



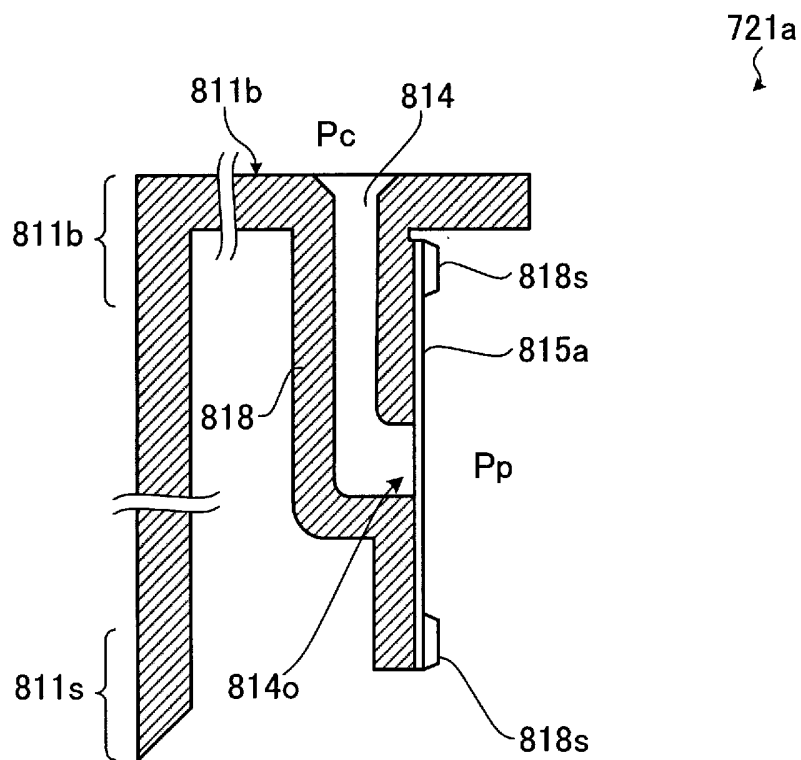
[図38-2]



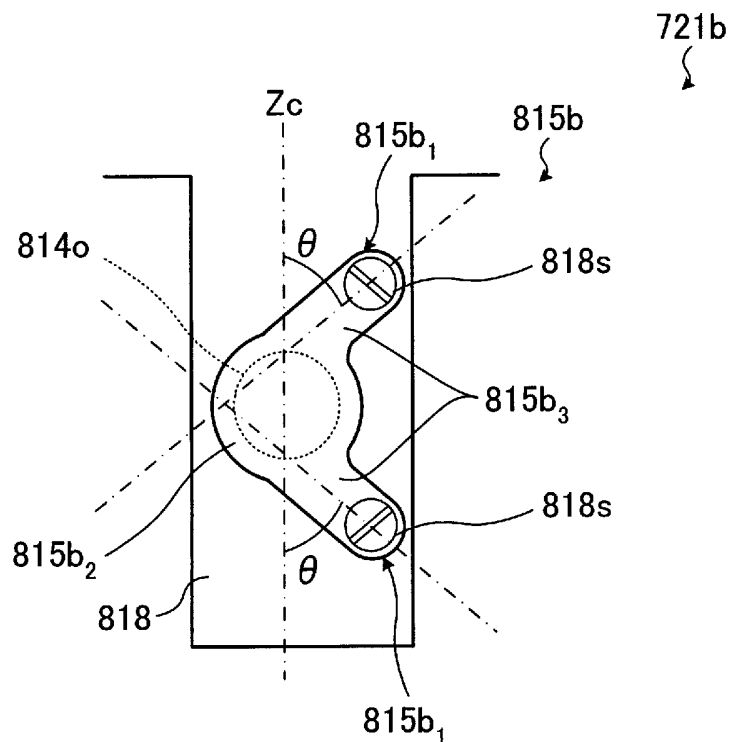
[図39-1]



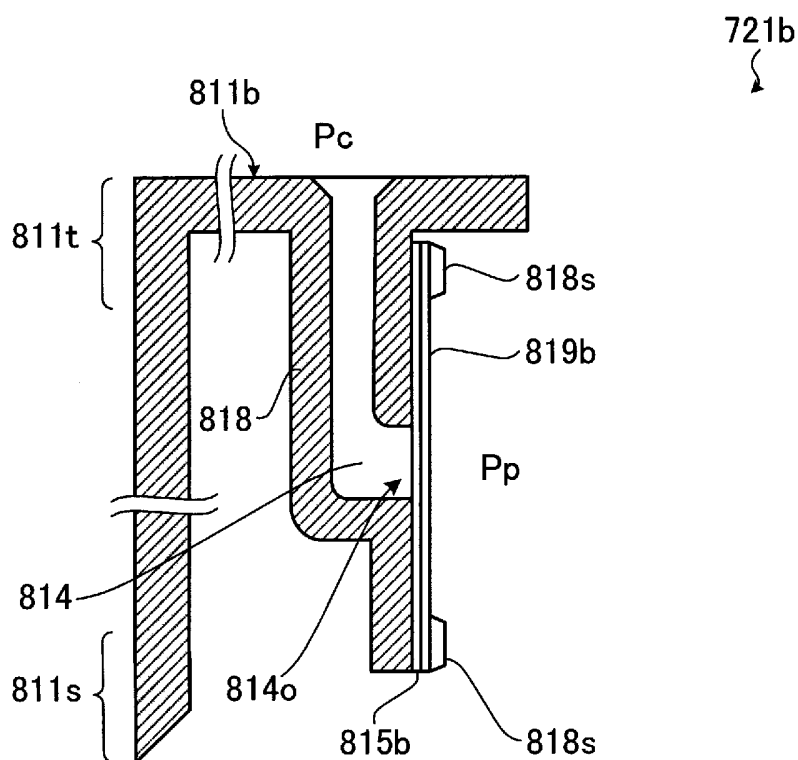
[図39-2]



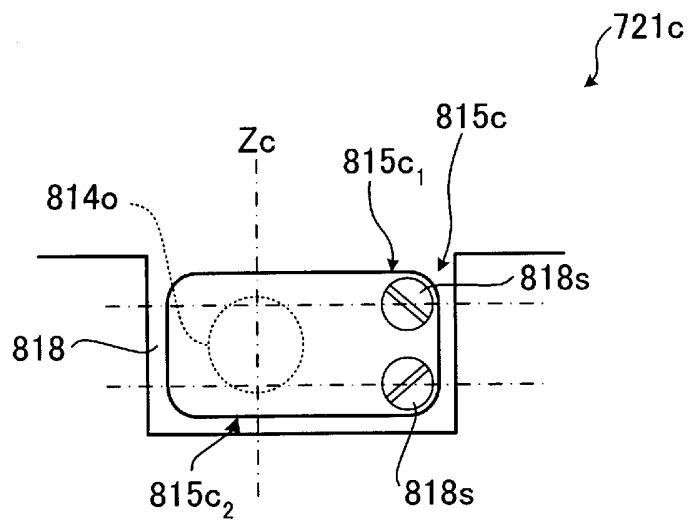
[図40-1]



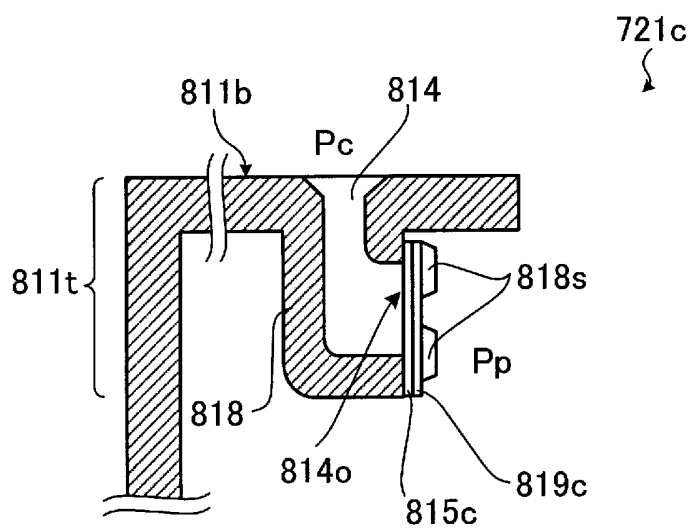
[図40-2]



[図41-1]



[図41-2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023966

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02G1/053 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F02G1/053

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2002-349347 A (Sharp Corp.), 04 December, 2002 (04.12.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-7, 14, 15, 21 8-13, 16-20

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
 08 March, 2006 (08.03.06)

Date of mailing of the international search report
 14 March, 2006 (14.03.06)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023966

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-15 and 16-21 share such a technical feature that the piston device comprises the accumulating chamber formed in the piston body, the lead-in part for leading the working medium compressed in the working space of the external combustion engine into the accumulating chamber, and the holes formed in the side peripheral part of the piston body and passed from the accumulating chamber to the clearance between the piston body and the cylinder of the external combustion engine. The shared technical feature such that the piston device comprises the accumulating chamber
(continued to extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

the

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023966

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

formed in the piston body, the lead-in part for leading the working medium compressed in the working space of the external combustion engine into the accumulating chamber, and the holes formed in the side peripheral part of the piston body and passed from the accumulating chamber to the clearance between the piston body and the cylinder of the external combustion engine is not novel since it is disclosed in JP2000-46431 A (Sharp Corp.), 18 Feb., 2000 (18.02.00), (Family: none) presented by the applicant. Since the shared technical feature makes no contribution over the prior art, it is not a special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT Rule 13.2. Accordingly, Claims 1-15 and 16-21 are not considered to be so technically related as to involve a special technical feature. As a result, the number of the inventions of this International Application is considered to be two.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F02G1/053 (2006.01)

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F02G1/053

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 2002-349347 A (シャープ株式会社) 2002.12.04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7, 14, 15, 21 8-13, 16-20

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
 24.03.2006

国際調査報告の発送日
 14.03.2006

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員) 3T 3019
 植村 貴昭
 電話番号 03-3581-1101 内線 3395

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-15, 16-21は、ピストン本体の内部に形成された蓄圧室と、外燃機関の作動空間で圧縮された作動媒体を蓄圧室に導入するための導入部と、ピストン本体の側周部に設けられ、蓄圧室から、ピストン本体と外燃機関のシリンダとの間に貫通する孔とを備えるという共通する技術的特徴を有する。このピストン本体の内部に形成された蓄圧室と、外燃機関の作動空間で圧縮された作動媒体を蓄圧室に導入するための導入部と、ピストン本体の側周部に設けられ、蓄圧室から、ピストン本体と外燃機関のシリンダとの間に貫通する孔とを備えるという共通する技術的特徴は出願人が提示したJP2000-46431 A (シャープ株式会社) 2000.02.18 (ファミリーなし) に開示されているから新規ではない。結果として、上記の共通する技術的特徴は、先行技術に対して行う貢献を明示するものではなく、PCT規則13.2の第2文の意味における、特別な技術的特徴ではない。したがって、請求の範囲1-15, 16-21の間には、特別な技術的特徴を含む技術的關係があるとは認められない。よって、本件国際出願の発明の数は2であると認められる。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。