(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2011 年 12 月 8 日(08.12.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/151896 A1

(51) 国際特許分類:
F02G 1/053 (2006.01) *F02F 3/24* (2006.01)
F02F 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/059282

(22) 国際出願日: 2010 年 6 月 1 日(01.06.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(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 KAISHA)** [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 片山正章 **(KATAYAMA, Masaaki)** [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). 澤田大作 **(SAWADA, Daisaku)** [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). 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). 立野学 **(TATENO, Manabu)** [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: 片山修平 **(KATAYAMA, Shuhei)**; 〒1040031 東京都中央区京橋１－６－１　三井住友海上テプコビル Tokyo (JP).

(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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

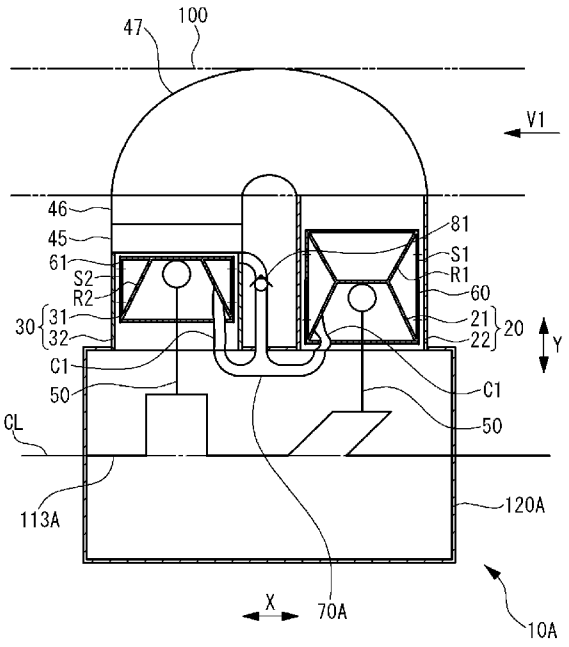
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

[続葉有]

(54) **Title**: STIRLING ENGINE GAS LUBRICATION STRUCTURE

(54) 発明の名称 : スターリングエンジンの気体潤滑構造

[図1]



(57) **Abstract**: When a Stirling engine gas lubrication structure performs aerostatic lubrication in a Stirling engine (10A) provided with a pair of cylinders consisting of a high-temperature-side cylinder (20) and a low-temperature-side cylinder (30), the operating space through which an operating fluid flows in a reciprocating manner between the cylinders (20, 30) is provided with an introduction pipe (70A) for introducing the operating fluid present in a low-temperature operating space, in which the temperature of the operating fluid has a temperature is decreased to below that of the high-temperature operating space inside a high-temperature-side cylinder (22) when the engine is operating, into the interior of at least the expansion piston (21) among an expansion piston (21) and a compression piston (31). Specifically, the low-temperature operating space is an operating space formed inside a low-temperature side cylinder (32).

(57) 要約: スターリングエンジンの気体潤滑構造は、一対の気筒として高温側気筒２０と低温側気筒３０とを備えるスターリングエンジン１０Ａで静圧気体潤滑を行うにあたり、気筒２０、３０間を往復流動するにあたって作動流体が流通する作動空間のうち、機関動作時に高温側シリンダ２２内の作動空間よりも作動流体の温度が低くなる低温作動空間に存在する作動流体を、膨張ピストン２１および圧縮ピストン３１のうち、少なくとも膨張ピストン２１の内部に導入する導入管７０Ａを備えている。低温作動空間は具体的には低温側シリンダ３２内に形成される作動空間となっている。

WO 2011/151896 A1

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（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： スターリングエンジンの気体潤滑構造

技術分野

[0001] 本発明はスターリングエンジンの気体潤滑構造に関する。

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スターリングエンジンが注目されてきている。スターリングエンジンは高い熱効率が期待できる上に、作動流体を外から加熱する外燃機関であるために、熱源を問わず、ソーラー、地熱、排熱といった各種の低温度差代替エネルギーを活用でき、省エネルギーに役立つという利点がある。

スターリングエンジンに関し、構成上、本発明と関連性があると考えられる技術が例えば特許文献１から６までで開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－４７０２２号公報

特許文献2：特開昭６１－２０７８６２号公報

特許文献3：特開２００５－７６５５７号公報

特許文献4：特開２００８－１２８１９０号公報

特許文献5：特開２００７－２７０６６２号公報

特許文献6：特開２００５－３５１２４３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１が開示する技術では、作動空間から導入した作動流体でピストンの静圧気体潤滑を行ういわば自立型の静圧気体潤滑を行っている。このため特許文献１が開示する技術では、静圧気体潤滑を行うにあたってピストンの内部に加圧した作動流体を供給するための加圧ポンプを別途必要としない

点で、コスト的に有利な構成とすることができる。しかしながら、作動空間からピストンの内部に作動流体を導入する場合、高温側気筒側の作動空間では加熱器で受熱した作動流体が流入してくることから、作動流体の温度が非常に高くなっている。このため特許文献１が開示する技術では、例えば導入した作動流体がピストンの熱変形を助長し、この結果、気体潤滑に影響を及ぼすことが考えられる。

また高温側気筒側の作動空間からピストンの内部に導入した作動流体の温度は、給気孔から噴出される際には導入時よりも低下することになる。このためこの場合には、噴出時の作動流体の容積が導入時よりも小さくなり、この結果、気体潤滑に必要な作動流体の量を確保することが困難であることが考えられる。

[0005] そこで本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現可能なスターリングエンジンの気体潤滑構造を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するための本発明は一対の気筒として、高温側シリンダおよび前記高温側シリンダ内を往復運動する高温側ピストンを備える高温側気筒と、低温側シリンダおよび前記低温側シリンダ内を往復運動する低温側ピストンを備える低温側気筒と、を備え、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、少なくとも高温側ピストンが、中空部と、前記中空部から前記高温側シリンダおよび前記低温側シリンダのうち、対応するシリンダとの間に形成されるクリアランスに作動流体を噴出する給気部とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造において、前記高温側気筒および前記低温側気筒間を往復流動するにあたって作動流体が流通する作動空間のうち、機関動作時に前記高温側シリンダ内の作動空間よりも作動流体の温度が低くなる低温作動空間に存在する作動流体を、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、少なくとも高温側ピストンの内部に導入する作動流体の流通構造を備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造である。

[0007] また本発明は一対の気筒として高温側シリンダおよび前記高温側シリンダ内を往復運動する高温側ピストンを備える高温側気筒と、低温側シリンダおよび前記低温側シリンダ内を往復運動する低温側ピストンを備える低温側気筒と、を備え、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、少なくとも高温側ピストンが、中空部と、前記中空部から前記高温側シリンダおよび前記低温側シリンダのうち、対応するシリンダとの間に形成されるクリアランスに作動流体を噴出する給気部とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造において、前記高温側気筒および前記低温側気筒間を往復流動するにあたって作動流体が流通する作動空間のうち、機関動作時に前記高温側シリンダ内の作動空間よりも作動流体の温度が低くなる低温作動空間と、前記高温側ピストンが備える前記中空部とを連通する作動流体の流通構造を備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造である。

[0008] また本発明は前記スターリングエンジンが前記一対の気筒を複数有する４気筒以上の多気筒スターリングエンジンである場合に、前記流通構造が、複数の前記一対の気筒それぞれについての前記低温作動空間のうち、最も温度が低い低温作動空間と、複数の前記一対の気筒それぞれにおいて前記高温側ピストンが備える前記中空部それぞれとを連通する構成であることが好ましい。

[0009] また本発明は前記スターリングエンジンが、前記一対の気筒が備える前記高温側気筒および前記低温側気筒それぞれにつき、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、対応するピストンを直線状に往復運動させる近似直線リンク機構をさらに備えており、前記流通構造を前記中空部に接続するにあたり、対応する前記近似直線リンク機構として、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、接続する前記中空部を備えるピストンに対応する近似直線リンク機構に沿って前記流通構造を設けるとともに、前記流通構造のうち、対応する前記近似直線リンク機構に沿って設けた部分を、対応する前記近似直線リンク機構の動作に応じて回動可能な間接部と、前記間接部を介して互いに連結される配管部とを備えた可動部とし、前記間接

部の回動中心を対応する前記近似直線リンク機構の支点に一致させるようにして設けた構成であることが好ましい。

[0010] また本発明は前記スターリングエンジンが備えるクランクケースの内部空間と、前記一対の気筒として、前記流通構造が連通する前記低温作動空間が形成される一対の気筒において、前記高温側気筒および前記低温側気筒間を往復流動する作動流体が流通する作動空間と、を連通する連通手段をさらに備えた構成であることが好ましい。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例１にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジンの概略構成図である。

[図2]ピストン・クランク部の概略構成図である。

[図3]高温側気筒側を例にして実施例１にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造が備える導入管の可動部を示す図である。

[図4]実施例２にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジンの概略構成図である。

[図5]実施例３にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジンの概略構成図である。

[図6]実施例４にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジンの概略構成図である。

[図7]高温側気筒側を例にして実施例４にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造が備える導入管の可動部を示す図である。

[図8]間接部の具体的な構成例を示す図である。

[図9]実施例５にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジンの概略構成図である。

[図10]実施例６にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジンの要部の概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明を実施するための形態を図面と共に詳細に説明する。

実施例 1

[0014] 図１は本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジン１０Ａの概略構成図である。スターリングエンジン１０Ａは、一対の気筒として、高温側気筒２０と低温側気筒３０とを備えた２気筒α型のスターリングエンジンとなっており、気筒２０、３０はクランク軸線ＣＬの延伸方向と気筒配列方向Ｘとが互いに平行になるように直列平行に配置されている。高温側気筒２０は高温側ピストンである膨張ピストン２１と高温側シリンダ２２とを、低温側気筒３０は低温側ピストンである圧縮ピストン３１と低温側シリンダ３２とをそれぞれ備えている。低温側シリンダ３２内を往復運動する圧縮ピストン３１は、高温側シリンダ２２内を往復運動する膨張ピストンに対して、クランク角で９０°程度遅れて動くように位相差が設けられている。

[0015] 高温側シリンダ２２の上部空間は膨張空間となっている。膨張空間には加熱器４７で加熱された作動流体が流入する。加熱器４７は本実施例では具体的には車両に搭載されたガソリンエンジンの排気管１００の内部に配置されている。この点、スターリングエンジン１０Ａは、排気ガスの流通方向Ｖ１に対して、クランク軸線ＣＬの延伸方向（換言すれば気筒配列方向Ｘ）が平行になるように配置されている。加熱器４７において、作動流体は高温熱源を構成する流体である排気ガスから回収した熱エネルギーにより加熱される。

低温側シリンダ３２の上部空間は圧縮空間となっている。圧縮空間には冷却器４５で冷却された作動流体が流入する。

再生器４６は、作動空間である膨張空間および圧縮空間の間を往復する作動流体との間で熱の授受を行う。再生器４６は具体的には、作動流体が膨張空間から圧縮空間へと流れる時には作動流体から熱を受け取り、作動流体が圧縮空間から膨張空間へと流れる時には蓄えられた熱を作動流体に放出する

。

作動流体には空気が適用されている。但しこれに限られず、作動流体には例えばＨｅ、H_2、N_2等の気体を適用することができる。

[0016] 次にスターリングエンジン１０Ａの動作について説明する。加熱器４７で作動流体が加熱されると、膨張して膨張ピストン２１が圧下され、これによりクランク軸１１３Ａの回動が行われる。次に膨張ピストン２１が上昇行程に移ると、作動流体は加熱器４７を通過して再生器４６に移送され、そこで熱を放出して冷却器４５へと流れる。冷却器４５で冷却された作動流体は圧縮空間に流入し、さらに圧縮ピストン３１の上昇行程に伴って圧縮される。このようにして圧縮された作動流体は、今度は再生器４６から熱を奪いながら温度を上昇して加熱器４７へ流れ込み、そこで再び加熱膨張せしめられる。すなわち、かかる作動流体の往復流動を通じてスターリングエンジン１０Ａが動作する。

[0017] ところで、本実施例ではスターリングエンジン１０Ａの熱源が車両の内燃機関の排気ガスとなっていることから、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１０Ａを作動させる必要がある。そこで本実施例では、スターリングエンジン１０Ａ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。具体的にはスターリングエンジン１０Ａ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、シリンダ２２、３２とピストン２１、３１との間で気体潤滑を行っている。

[0018] 気体潤滑ではシリンダ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を空中に浮いた形にする。空中に物体を浮上させる気体潤滑は摺動抵抗が極めて小さいため、スターリングエンジン１０Ａの内部フリクションを大幅に低減できる。

気体潤滑が行われるシリンダ２２、３２とピストン２１、３１との間のクリアランスは数十μｍとなっている。そして、このクリアランスにはスターリ

ングエンジン１０Ａの作動流体が介在している。ピストン２１、３１それぞれは気体潤滑によりシリンダ２２、３２と非接触の状態、または許容できる接触状態で支持されている。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。気体潤滑では、微小クリアランスにより膨張空間、圧縮空間それぞれの気密が保たれ、リングレスかつオイルレスでクリアランスシールが行われる。

さらにピストン２１、３１とシリンダ２２、３２とはともに金属製であり、本実施例では具体的には対応するピストン２１、３１およびシリンダ２２、３２同士で線膨張率が同じ金属（ここではＳＵＳ）が適用されている。これにより、熱膨張があっても適正なクリアランスを維持して気体潤滑を行うことができる。

[0019] ところで気体潤滑の場合、負荷能力が小さいことから、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。すなわち、気体潤滑を行う場合にはシリンダ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）が低くなるため、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。

[0020] このため、本実施例ではピストン・クランク部にグラスホッパの機構５０を採用している。直線運動を実現する機構にはグラスホッパの機構５０のほか例えばワットの機構があるが、グラスホッパの機構５０は他の機構に比べて、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。特に本実施例のスターリングエンジン１０Ａは、自動車の床下といった限られたスペースに設置されることになるため、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）し易いという利点も有する。

[0021] 図２はスターリングエンジン１０Ａのピストン・クランク部の概略構成を模式的に示す図である。なお、ピストン・クランク部には高温側気筒２０側と低温側気筒３０側とで共通の構成を採用しているため、以下では、高温側気筒２０側についてのみ説明し、低温側気筒３０側についての説明は省略する。近似直線リンク機構は、グラスホッパの機構５０と、コネクティングロッド１１０と、エクステンションロッド１１１と、ピストンピン１１２とを備えている。膨張ピストン２１は、コネクティングロッド１１０、エクステンションロッド１１１およびピストンピン１１２を介してクランク軸１１３Ａに接続されている。具体的には膨張ピストン２１は、ピストンピン１１２を介してエクステンションロッド１１１の一端側に接続されている。そして、エクステンションロッド１１１の他端側にはコネクティングロッド１１０の小端部１１０ａが接続されている。そして、コネクティングロッド１１０の大端部１１０ｂがクランク軸１１３Ａに接続されている。なお、近似直線リンク機構は、エクステンションロッド１１１およびピストンピン１１２間にさらにリンク部材を設けた構成であってもよい。

[0022] 膨張ピストン２１の往復運動は、コネクティングロッド１１０によってクランクケース１２０Ａに設けられたクランク軸１１３Ａ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１１０はグラスホッパの機構５０によって支持されており、膨張ピストン２１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１１０をグラスホッパの機構５０によって支持することにより、膨張ピストン２１のサイドフォースＦがほとんどゼロになる。このため、負荷能力の小さい気体潤滑を行う場合でも十分に膨張ピストン２１を支持することができる。

[0023] ところで、冷却器４５や再生器４６や加熱器４７などの熱交換器内には製造時に除去し切れなかった微小な金属片などの異物が残存している場合がある。また、金網を内蔵する再生器４６からは、微小な金属片が機関運転中に異物として剥がれ落ちる場合もある。かかる異物はスターリングエンジン１０Ａの作動の際に、作動流体とともに膨張空間や圧縮空間に流入し、さらに

ピストン２１、３１とシリンダ２２、３２間のクリアランスに侵入、成長して凝着に至ることがある。これに対してスターリングエンジン１０Ａでは、高温となるが故に熱膨張や温度の影響を考慮する必要があり、クリアランスを管理することが難しい。この高温環境下での凝着対策として膨張ピストン２１の外周面に層６０が設けられている。

[0024] 層６０は樹脂をコーティングすることによって設けられている。樹脂は金属製の膨張ピストン２１の母材よりも線膨張率が高く、且つ柔軟性のある材料となっている。樹脂は本実施例では具体的にはフッ素系の樹脂である。樹脂は一般に金属よりも線膨張率が４倍から１０倍程度高いため、半径クリアランスが数十μm程度となる膨張ピストン２１の外周面に樹脂を適用することには困難を伴う。層６０の線膨張率は温度上昇に応じて高温側シリンダ２２との間に形成されるクリアランスを小さくすることが可能な線膨張率となっている。

[0025] 常温下の層６０の厚さは、半径クリアランスの大きさ以上となっている。本実施例では層６０の厚さはさらに半径クリアランスの大きさの２倍以上となっている。かかる層６０の厚さは、樹脂を複数回に亘って重ねてコーティングすることで実現されている。さらに常温下の層６０の厚さは、使用条件下で発生する熱膨張があっても、高温側シリンダ２２との間に形成されるクリアランスを維持可能な厚さとなっている。この点、作動流体の温度は大気温度から数百℃まで変化し、常温は最低で例えば－４０℃程度、使用温度は最高で例えば４００℃程度となる。

[0026] 膨張ピストン２１と高温側シリンダ２２とには、前述の通り線膨張率が同じ金属（ここではＳＵＳ）が適用されている。このため、金属部半径クリアランスは熱膨張の前後でほぼ変化しない一方で、金属よりも線膨張率が高い層６０の厚さは熱膨張後に大きくなることから、半径クリアランスは熱膨張後に小さくなる。

一方、半径クリアランスに侵入可能な異物の大きさは、基本的に常温時の半径クリアランスより小さな異物に限られ、例外的に層６０が高温側シリン

ダ２２に接触した状態を想定して最大で半径クリアランスの大きさの２倍程度となる。

[0027] そして、かかる異物が半径クリアランスに侵入し、膨張ピストン２１（より正確には層６０）および高温側シリンダ２２間に介在した場合であっても、介在した異物は例えば熱膨張の際に層６０の柔軟性により層６０に食い込み、捕集される。そして、さらにその後の機関運転中に膨張ピストン２１（より正確には層６０）が高温側シリンダ２２に近接、或いは場合によっては接触した場合に柔軟性のある層６０に埋収される。これにより、介在した異物で面圧が高まることが防止されるため、凝着が発生することを防止できる。

また、侵入した異物同士が結合して成長する場合でも、異物が半径クリアランスと層６０の厚さとを足した大きさになるまで、異物の侵入、成長を許容できる。

また、層６０は固体潤滑機能を持つ材料であるフッ素系の樹脂で形成されているため、層６０そのものに起因して凝着が発生することも防止される。

[0028] なお、スターリングエンジン１０Ａでは、異物を埋収可能な層６１が圧縮ピストン３１にも設けられている。この点、層６１は層６０と比較した場合に、低温側気筒３０側の使用条件下で厚さを設定できる。また、層６０が加熱器４７や高温側シリンダ２２の作動空間に存在する作動流体からの熱害を回避すべく、膨張ピストン２１の下端から上端に到達する前までの所定の範囲内に設けられるのに対して、層６１は圧縮ピストン３１の上端から下端にかけて全般的に設けることができる。

[0029] ところで気体潤滑に関し、スターリングエンジン１０Ａでは、さらに具体的には加圧流体を噴出させ、発生した静圧で物体を浮上させる静圧気体潤滑を行う。

この点、静圧気体潤滑を行うにあたり、膨張ピストン２１には蓄圧室Ｒ１が、圧縮ピストン３１には蓄圧室Ｒ２がそれぞれ設けられている。蓄圧室Ｒ１、Ｒ２はピストン２１、３１の側壁部に沿って設けられており、一周に亘

ってリング状に形成された空間を有している。蓄圧室Ｒ１、Ｒ２はそれぞれ中空部に相当している。

[0030] また膨張ピストン２１には給気孔Ｓ１が、圧縮ピストン３１には給気孔Ｓ２がそれぞれ設けられている。給気孔Ｓ１、Ｓ２はピストン２１、３１の側壁部に設けられており、また給気孔Ｓ１、Ｓ２は周方向に等間隔で複数設けられている。給気孔Ｓ１は蓄圧室Ｒ１からシリンダ２２、３２のうち、対応するシリンダ（すなわち高温側シリンダ２２）との間に形成されるクリアランスに作動流体を噴出し、給気孔Ｓ２は蓄圧室Ｒ２からシリンダ２２、３２のうち、対応するシリンダ（すなわち低温側シリンダ３２）との間に形成されるクリアランスに作動流体を噴出する。給気孔Ｓ１、Ｓ２はそれぞれ給気部に相当している。

[0031] またスターリングエンジン１０Ａは、気筒２０、３０間を往復流動するにあたって作動流体が流通する作動空間のうち、機関動作時に高温側シリンダ２２内の作動空間（すなわち膨張空間）よりも作動流体の温度が低くなる低温作動空間に存在する作動流体を、膨張ピストン２１および圧縮ピストン３１のうち、少なくとも膨張ピストン２１の内部に導入する導入管７０Ａをさらに備えている。

この点、導入管７０Ａは具体的には低温作動空間に存在する作動流体をピストン２１、３１の内部それぞれに導入するように設けられている。

そしてこのように設けられた導入管７０Ａは、低温作動空間と膨張ピストン２１が備える蓄圧室Ｒ１とを連通しており、また低温作動空間と圧縮ピストン３１が備える蓄圧室Ｒ２とを連通している。

[0032] 低温作動空間は、気筒２０、３０間を往復流動するにあたって作動流体が流通する作動空間のうち、機関動作時に作動流体の温度が最も低くなる部分であることが好ましい。この点、低温作動空間は具体的には低温側シリンダ３２内に形成される作動空間（すなわち圧縮空間）となっている。そしてスターリングエンジン１０Ａではさらに具体的には、導入管７０Ａの低温作動空間側の端部を低温側シリンダ３２のうち、冷却器４５側の端部に接続する

ことで、導入管７０Ａが、低温側シリンダ３２内に形成される作動空間のうち、冷却器４５で冷却された直後の作動流体が流入する冷却器４５側の部分と蓄圧室Ｒ１、Ｒ２とを連通するようにしている。なお、低温作動空間は例えば冷却器４５内に形成される作動空間や、低温側シリンダ３２および冷却器４５内に形成される作動空間それぞれからなる作動空間であってもよい。

[0033] 導入管７０Ａを蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に接続するにあたり、導入管７０Ａは、接続する蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に対して近似直線リンク機構が設けられている側から取り回すようにして設けられている。そして、導入管７０Ａを蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に接続するにあたり、導入管７０Ａは、ピストン２１、３１のうち、接続する蓄圧室を備えるピストン（例えば蓄圧室Ｒ１を備える膨張ピストン２１）の往復運動による位置の変化を吸収可能な可動部Ｃ１を備えている。この点、スターリングエンジン１０Ａでは、ピストン２１、３１のうち、接続する蓄圧室を備えるピストンが上死点に位置する場合に、張力がかからないように、或いは軽い張力がかかる程度に長さが設定された樹脂チューブを可動部Ｃ１に適用している。かかる樹脂チューブは例えばシリコン製とすることができ、樹脂チューブからなる可動部Ｃ１はピストン２１、３１のうち、接続する蓄圧室を備えるピストンが上死点から下死点側に向かって移動するに従って、次第に弛んでくるようになっている。かかる可動部Ｃ１は図３に示すように、弛んだ際に直線近似リンク機構と絡み合わないように設けられている。

[0034] 図１に戻り、導入管７０Ａには第１のチェック弁８１が設けられている。第１のチェック弁８１は低温作動空間からの作動流体の流通を許可するとともに、低温作動空間への作動流体の流通を禁止するように設けられている。この点、第１のチェック弁８１は具体的には、低温作動空間側の端部から蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に向かって導入管７０Ａが分岐するまでの間の部分に設けられている。

そしてこのように設けられた第１のチェック弁８１は、膨張ピストン２１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ１）に導入した作動流体の加圧状態を保持でき

るように設けられており、また圧縮ピストン３１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ２）に導入した作動流体の加圧状態を保持できるように設けられている。そして第１のチェック弁８１は、導入管７０Ａが導入した作動流体の加圧状態を保持する加圧流体保持手段となっている。

なお、導入管７０Ａが導入した作動流体の加圧状態を保持するにあたり、ピストン２１、３１およびシリンダ２２，３２間のクリアランスは数十μｍであることから、蓄圧室Ｒ１、Ｒ２内に導入された作動流体は、蓄圧室Ｒ１、Ｒ２内の圧力がある程度高まるまでの間は給気孔Ｓ１、Ｓ２から流出し難くなっている。

導入管７０Ａは作動流体の流通構造に相当しており、スターリングエンジン１０Ａでは、静圧気体潤滑を行うにあたり、導入管７０Ａと第１のチェック弁８１とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造が実現されている。

[0035] 次に本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造の作用効果について説明する。この気体潤滑構造では、静圧気体潤滑を行うにあたって、導入管７０Ａが低温作動空間から膨張ピストン２１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ１）に作動流体を導入する。このためこの気体潤滑構造は、加熱器４７で受熱した作動流体が流入する膨張空間から作動流体を導入する場合と比較して、膨張ピストン２１の熱変形が助長されることを防止できる。そしてこれによりこの気体潤滑構造は、気体潤滑に影響を及ぼすことを防止或いは抑制できる点で、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

またこの気体潤滑構造は、高温側気筒２０側で静圧気体潤滑に起因して層６０に影響を及ぼすことを防止或いは抑制できる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

[0036] またこの気体潤滑構造では、圧縮空間を低温作動空間としている。この点、圧縮空間には冷却器４５で冷却された作動流体が流入してくることから、作動流体の温度が低くなっている。このためこの気体潤滑構造は、熱害の発生を好適に防止或いは抑制できるとともに、加熱器４７で受熱した直後の作

動流体を静圧気体潤滑に利用する場合に生じるような熱損失の発生も抑制できる点で、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。さらにこの気体潤滑構造は、導入管７０Ａの低温作動空間側の端部を低温側シリンダ３２のうち、冷却器４５側の端部に接続することで、静圧気体潤滑を行うにあたり、より温度が低い状態にある作動流体を導入できる点で、より好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

[0037] またこの気体潤滑構造では、低温作動空間から膨張ピストン２１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ１）に作動流体を導入することで、膨張ピストン２１の内部に導入されてから噴出されるまでの間に、作動流体が温度上昇することになり、この結果、噴出時の作動流体の容積が導入時よりも大きくなる。このためこの気体潤滑構造は、高温側気筒２０側においてより少ない作動流体の量で静圧気体潤滑を行うことが可能になる。そしてこれによりこの気体潤滑構造は、作動流体の量を確保し易くできるとともに、作動空間から作動流体を一部抜き取るかたちで導入することで、スターリングエンジン１０Ａの出力低下が発生することを抑制できる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

[0038] またこの気体潤滑構造では、導入管７０Ａがさらに低温作動空間から圧縮ピストン３１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ２）に作動流体を導入している。そしてこれによりこの気体潤滑構造は、低温側気筒３０側で静圧気体潤滑を行うにあたり、加圧流体を保持する第１のチェック弁８１を気筒２０、３０間で共用することができ、これにより構成の簡素化を図ることができる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

またこの気体潤滑構造では、連通する蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に対して導入管７０Ａを設けるにあたり、導入管７０Ａがピストン２１、３１の往復運動に対して長さに余裕を持たせた樹脂チューブからなる可動部Ｃ１を備えている。そしてこれによりこの気体潤滑構造は、簡素な構成で低温作動空間からピストン２１、３１の内部に作動流体を導入できる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

実施例 2

[0039] 図４は本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジン１０Ｂの概略構成図である。スターリングエンジン１０Ｂは、高温側気筒２０と低温側気筒３０とからなる一対の気筒を複数（ここでは２つ）有する４気筒の多気筒スターリングエンジンとなっている点と、これに伴いクランク軸１１３Ａの代わりにクランク軸１１３Ｂを、クランクケース１２０Ａの代わりにクランクケース１２０Ｂをそれぞれ備えるとともに、導入管７０Ａの代わりに導入管７０Ｂを備えている点以外、スターリングエンジン１０Ａと実質的に同一のものとなっている。

[0040] クランク軸１１３Ｂおよびクランクケース１２０Ｂは、４気筒の多気筒スターリングエンジンに対応したものとなっている点以外、クランク軸１１３Ａおよびクランクケース１２０Ａと実質的に同一のものとなっている。この点、クランク軸１１３Ｂは具体的には、複数の一対の気筒が備える気筒２０、３０のピストン２１、３１それぞれの往復運動を回転運動に変換するものとなっている。また、クランクケース１２０Ｂは具体的には、複数の一対の気筒が備える気筒２０、３０が、複数の一対の気筒間においても互いに直列平行に設けられたものとなっている。

[0041] 導入管７０Ｂは、スターリングエンジン１０Ｂで静圧気体潤滑を行うにあたり、複数の一対の気筒それぞれについてではなく、複数の一対の気筒それぞれについての低温作動空間のうち、いずれかの低温作動空間に存在する作動流体を複数の一対の気筒それぞれが備えるピストン２１、３１のうち、少なくとも膨張ピストン２１の内部それぞれに導入するようになっている。

この点、導入管７０Ｂは具体的には、上述の低温作動空間に存在する作動流体を複数の一対の気筒それぞれが備えるピストン２１、３１の内部それぞれに導入するように設けられている。

そしてこのように設けられた導入管７０Ｂは、上述の低温作動空間と、複数の一対の気筒それぞれにおいて膨張ピストン２１が備える蓄圧室Ｒ１それぞれとを連通しており、また上述の低温作動空間と、複数の一対の気筒それ

ぞれにおいて圧縮ピストン３１が備える蓄圧室Ｒ２それぞれとを連通している。

[0042] 低温作動空間は、実施例１の場合と同様に膨張空間となっている。この点、スターリングエンジン１０Ｂでも、上述の低温作動空間から作動流体を導入するにあたって、導入管７０Ｂの低温作動空間側の端部を低温側シリンダ３２のうち、冷却器４５側の端部に接続している。スターリングエンジン１０Ｂでは、上述の低温作動空間が、具体的には複数の一対の気筒それぞれのうち、排気流通方向Ｖ１において上流側に位置する一対の気筒についての低温作動空間となっている。但しこれに限られず、導入管７０Ｂが連通する低温作動空間は、例えば複数の一対の気筒それぞれのうち、排気流通方向Ｖ１において下流側に位置する一対の気筒についての低温作動空間であってもよい。この点、導入管７０Ｂが連通する低温作動空間は、例えば複数の一対の気筒それぞれについての低温作動空間のうち、最も温度が低い低温作動空間とすることができる。

[0043] 導入管７０Ｂを蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に接続するにあたり、導入管７０Ｂも実施例１の場合と同様に可動部Ｃ１を備えている。

また導入管７０Ｂにも、実施例１の場合と同様に第１のチェック弁８１が設けられており、第１のチェック弁８１は導入管７０Ｂのうち、上述の低温作動空間側の端部から、導入管７０Ｂが分岐するまでの間の部分に設けられている。

そしてこのように設けられた第１のチェック弁８１は、複数の一対の気筒それぞれが備える膨張ピストン２１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ１）に導入した作動流体の加圧状態を保持できるように設けられており、また複数の一対の気筒それぞれが備える圧縮ピストン３１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ２）に導入した作動流体の加圧状態を保持できるように設けられている。

導入管７０Ｂは作動流体の流通構造に相当しており、スターリングエンジン１０Ｂでは、静圧気体潤滑を行うにあたり、導入管７０Ｂと第１のチェック弁８１とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造が実現されている

。

[0044] 次に本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造の作用効果について説明する。この気体潤滑構造は、導入管７０Ｂを備えることで実施例１の場合と同様の作用効果を奏することができる。

一方、この気体潤滑構造では、導入管７０Ｂが複数の一対の気筒それぞれについて形成される低温作動空間のうち、いずれかの低温作動空間に存在する作動流体を複数の一対の気筒それぞれが備えるピストン２１、３１の内部それぞれに導入するようになっている。このためこの気体潤滑構造は、低温作動空間から作動流体を導入するにあたって、１つの導入管７０Ｂで済ますことができ、これにより複数の一対の気筒それぞれにつき導入管７０Ａを適用する場合と比較して、部品点数の削減や構成の簡素化を図ることができる点で、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。またこれによりこの気体潤滑構造は、加圧流体を保持する第１のチェック弁８１をすべての気筒２０、３０間で共用することができ、以って部品点数の削減や構成の簡素化を図ることができる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

また導入管７０Ｂが連通する低温作動空間を、複数の一対の気筒それぞれについての低温作動空間のうち、最も温度が低い低温作動空間とすることで、この気体潤滑構造は熱害の発生を好適に防止或いは抑制できるとともに、熱損失の発生を好適に抑制できる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

実施例 3

[0045] 図５は本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジン１０Ｃの概略構成図である。スターリングエンジン１０Ｃは、導入管７０Ａの代わりに導入管７０Ｃを備えている点と、低温側気筒３０の代わりに低温側気筒３０´を備えている点以外、スターリングエンジン１０Ａと実質的に同一のものとなっている。この点、低温側気筒３０´は、圧縮ピストン３１の代わりに圧縮ピストン３１´を備えている点以外、低温側気筒３０と実質的に同一のものとなっている。また圧縮ピストン３１´

は、低温側気筒３０´側で静圧気体潤滑を行うにあたり、圧縮ピストン３１とは異なる方法で作動流体を導入するように構成されている点以外、圧縮ピストン３１と実質的に同一のものとなっている。なお、同様の変更を例えば実施例２で前述したスターリングエンジン１０Ｂに適用することも可能である。

[0046] 低温側気筒３０´側で静圧気体潤滑を行うにあたり、圧縮ピストン３１´には第２のチェック弁８２が設けられている。第２のチェック弁８２は具体的には圧縮ピストン３１´の上部、且つ圧縮ピストン３１´の内部（具体的には蓄圧室Ｒ２）に設けられており、圧縮空間からの作動流体の流通を許可するとともに、圧縮空間への作動流体の流通を禁止するように設けられている。そしてこのように設けられた第２のチェック弁８２は、低温側気筒３０´側で静圧気体潤滑を行うにあたり、圧縮空間から圧縮ピストン３１´の内部（具体的には蓄圧室Ｒ２）に作動流体を直接的に導入するとともに、圧縮ピストン３１´の内部に導入した作動流体の加圧状態を保持できるように設けられている。

[0047] 一方、導入管７０Ｃは、低温作動空間に存在する作動流体をピストン２１、３１´のうち、膨張ピストン２１の内部にのみ導入するように設けられている点以外、導入管７０Ａと実質的に同一のものとなっている。そしてこのように設けられた導入管７０Ｃは、具体的には低温作動空間と膨張ピストン２１が備える蓄圧室Ｒ１とを連通している。したがってスターリングエンジン１０Ｃでは、第１のチェック弁８１は、ピストン２１、３１´のうち、膨張ピストン２１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ１）に導入した作動流体の加圧状態を保持できるように設けられている。

導入管７０Ｃは作動流体の流通構造に相当しており、スターリングエンジン１０Ｃでは、静圧気体潤滑を行うにあたり、導入管７０Ｃと第１のチェック弁８１とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造が実現されている。

[0048] 次に本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造の作用効果に

ついて説明する。この気体潤滑構造では、導入管７０Ｃが低温作動空間に存在する作動流体を、ピストン２１、３１´のうち、膨張ピストン２１の内部（具体的には蓄圧室Ｒ１）にのみ導入するようになっている。このためこの気体潤滑構造では、第１のチェック弁８１を気筒２０、３０´間で共用することはできないものの、導入管７０Ｃを備えることで、その他の点において実施例１で前述した気体潤滑構造と同様の作用効果を奏することができる。

一方、この気体潤滑構造では、導入管７０Ｃを備えることで、実施例１で前述した導入管７０Ａが備える可動部Ｃ１のうち、圧縮ピストン３１に対応する可動部Ｃ１を不要化することができる。この点、樹脂チューブからなる可動部Ｃ１は長期に亘る使用を想定した場合に、耐久性などの面から妥当な信頼性を得られるか否かについて懸念が残ることが考えられる。したがってこの気体潤滑構造は、信頼性について懸念される可動部Ｃ１の数を減少させることによって信頼性を高めることができる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

実施例 4

[0049] 図６は本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジン１０Ｄの概略構成図である。スターリングエンジン１０Ｄは、導入管７０Ａの代わりに導入管７０Ｄを備えている点以外、スターリングエンジン１０Ａと実質的に同一のものとなっている。また導入管７０Ｄは、可動部Ｃ１の代わりに可動部Ｃ２を備えている点以外、導入管７０Ａと実質的に同一のものとなっている。なお、同様の変更を例えば実施例２で前述したスターリングエンジン１０Ｂ、１０Ｃに適用することも可能である。

[0050] 導入管７０Ｄを蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に接続するにあたり、スターリングエンジン１０Ｄでは、図７に示すように対応する近似直線リンク機構として、ピストン２１、３１のうち、接続する蓄圧室（図７に示す例では蓄圧室Ｒ１）を備えるピストン（図７に示す例では膨張ピストン２１）に対応する近似直線リンク機構に沿って導入管７０Ｄを設けている。

そしてスターリングエンジン１０Ｄでは、導入管７０Ｄのうち、対応する

近似直線リンク機構に沿って設けた部分を、対応する近似直線リンク機構の動作に応じて回動可能な間接部Ｃ２１と、間接部Ｃ２１を介して互いに連結される配管部Ｃ２２とを備えた可動部Ｃ２とし、間接部Ｃ２１の回動中心を対応する近似直線リンク機構の支点Ｐに一致させるようにして設けている。そしてかかる構成の可動部Ｃ２は、近似直線リンク機構の動作に追従した動作を行うようになっている。

[0051] 間接部Ｃ２１は、具体的には例えば図８に示すように間接部Ｃ２１を介して互いに連結される２つの配管部Ｃ２２のうち、一方の配管部Ｃ２２１の端部にリング状の接続部Ｃ２１１を設けるとともに、他方の配管部Ｃ２２２の端部にリング状の接続部Ｃ２１１に嵌合する円柱状の接続部Ｃ２１２を設け、リング状の接続部Ｃ２１１に円柱状の接続部Ｃ２１２を回動自在に固定することで構成することができる。この場合、２つの配管部Ｃ２２１、Ｃ２２２の流路それぞれは、間接部Ｃ２１において、リング状の接続部Ｃ２１１の内周面に設けられた開口部（例えばリング状の開口部）と、円柱状の接続部Ｃ２１２の外周面に設けられた開口部（例えば円孔状の開口部）とを介して互いに連通するようにすることができる。なお、接続部Ｃ２１１と配管部Ｃ２２１とは一体の部品で構成されていてもよく、互いに別個の部品となっていてもよい。またこれは接続部Ｃ２１２と配管部Ｃ２２２についても同様である。

導入管７０Ｄは作動流体の流通構造に相当しており、スターリングエンジン１０Ｄでは、静圧気体潤滑を行うにあたり、導入管７０Ｄと第１のチェック弁８１とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造が実現されている。

[0052] 次に本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造の作用効果について説明する。この気体潤滑構造では、導入管７０Ｄを蓄圧室Ｒ１、Ｒ２に接続するにあたり、導入管７０Ｄが近似直線リンク機構の動作に追従した動作を行う可動部Ｃ２を備えている。このためこの気体潤滑機構は、可動部Ｃ２を樹脂と比較して耐久性の高い金属製にすることが可能になり、これに

より信頼性を高めることができる点で、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

実施例 5

[0053] 図９は本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジン１０Ｅの概略構成図である。スターリングエンジン１０Ｅは、連通管７１Ａと第３のチェック弁８３と絞り弁８４とをさらに備えている点以外、スターリングエンジン１０Ａと実質的に同一のものとなっている。なお、同様の変更を例えば実施例２、３、４で前述した各スターリングエンジン１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄに適用することも可能である。

[0054] 連通管７１Ａは、クランクケース１２０Ａの内部空間と、導入管７０Ａが連通する低温作動空間が形成される一対の気筒において、高温側気筒２０および低温側気筒３０間を往復流動する作動流体が流通する作動空間と、を連通するように設けられており、連通手段に相当している。

この点、連通管７１Ａは具体的にはクランクケース１２０Ａの内部空間と、導入管７０Ａが連通する低温作動空間とを連通するように設けられている。このため連通管７１Ａは、さらに具体的にはクランクケース１２０Ａの内部空間と、圧縮空間を連通するように設けられており、このように設けられた連通管７１Ａの低温作動空間側の端部は、低温側シリンダ３２のうち、冷却器４５側の端部に接続されている。

[0055] 第３のチェック弁８３は連通管７１Ａに介在するようにして設けられており、またクランクケース１２０Ａの内部空間からの作動流体の流通を許可するとともに、クランクケース１２０Ａの内部空間への作動流体の流通を禁止するように設けられている。

そしてこのように設けられた第３のチェック弁８３は、クランクケース１２０Ａの内部空間への作動流体の流通を禁止しつつ、連通管７１Ａが連通する作動空間の圧力が、クランクケース１２０Ａ内の内部空間の圧力よりも低い場合に、クランクケース１２０Ａ内から連通管７１Ａが連通する作動空間に作動流体を補充可能な補充手段となっている。

[0056] 絞り弁８４は連通管７１Ａのうち、第３のチェック弁８３よりもクランクケース１２０Ａ側の部分に介在するようにして設けられており、連通管７１Ａを流通する作動流体の流量を調節する流量調節手段となっている。この点、絞り弁８４の絞り度合いは、クランクケース１２０Ａ内から連通管７１Ａが連通する作動空間に補充する作動流体の流量が適量になるように予め設定されている。

スターリングエンジン１０Ｅでは、静圧気体潤滑を行うにあたり、導入管７０Ａと連通管７１Ａと第１のチェック弁８１と第３のチェック弁８３と絞り弁８４とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造が実現されている。

[0057] 次に本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造の作用効果について説明する。この気体潤滑構造では、連通管７１Ａがクランクケース１２０Ａの内部空間と、導入管７０Ａが連通する低温作動空間が形成される一対の気筒における作動空間とを連通している。このためこの気体潤滑構造では、導入管７０Ａを介した作動流体の導入を行う静圧気体潤滑に伴い、作動空間の圧力が低下した場合であっても、圧力差に応じてクランクケース１２０Ａの内部空間から作動空間に連通管７１Ａを介した作動流体の補充を行うことで、かかる圧力低下を防止或いは抑制できる。このためこの気体潤滑構造は、導入管７０Ａを介した作動流体の導入を行う静圧気体潤滑に伴い、スターリングエンジン１０Ｅの出力が低下することを防止或いは抑制できる点で、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

またこの気体潤滑構造は、クランクケース１２０Ａの内部空間と導入管７０Ａが連通する低温作動空間とを連通するように連通管７１Ａを設けることで、高い応答性で作動流体を補充できる点でも好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

[0058] またこの気体潤滑構造は、連通管７１Ａに第３のチェック弁８３を設けることで、簡素な構成で作動空間の圧力を保持しつつ、作動流体の補充を行える点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

またこの気体潤滑構造は、連通管７１Ａに絞り弁８４を設けることで、例えば大きな圧力差に応じてクランクケース１２０Ａの内部空間から作動空間に必要以上に作動流体が補充される事態も防止或いは抑制でき、これにより所望するスターリングエンジン１０Ｅの出力を得る上で、作動流体の補充量を適量にできる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

実施例 6

[0059] 図１０は本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造を備えるスターリングエンジン１０Ｆの要部の概略構成図である。スターリングエンジン１０Ｆは、導入管７０Ａの代わりに導入管７０Ｅを、連通管７１Ａの代わりに連通管７１Ｂをそれぞれ備えている点以外、スターリングエンジン１０Ｅと実質的に同一のものとなっている。なお、同様の変更を例えば実施例５と同様の変更を適用したスターリングエンジン１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄに適用することも可能である。

[0060] 導入管７０Ｅおよび連通管７１Ｂは、作動流体を流通させる流路の一部を共通化したものとなっている点以外、導入管７０Ａおよび連通管７１Ａと実質的に同一のものとなっている。この点、導入管７０Ｅおよび連通管７１Ｂは具体的には低温作動空間側の端部を共通化したものとなっている。

スターリングエンジン１０Ｆでは、静圧気体潤滑を行うにあたり、導入管７０Ｅと連通管７１Ｂと第１のチェック弁８１と第３のチェック弁８３と絞り弁８４とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造が実現されている。

[0061] 次に本実施例にかかるスターリングエンジンの気体潤滑構造の作用効果について説明する。この気体潤滑構造は、導入管７０Ｅおよび連通管７１Ｂ間で作動流体を流通させる流路の一部を共通化することで、部品点数削減によるコストの低減やスターリングエンジン１０Ｆのコンパクト化を図ることができる点で、スターリングエンジン１０Ｅと比較して好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

またこの気体潤滑構造では、導入管７０Ｅおよび連通管７１Ｂ間で低温作

動空間側の端部を共通化することで、低温側シリンダ３２に導入管７０Ｅおよび連通管７１Ｂの接続口を設けるにあたって、導入管７０Ｅおよび連通管７１Ｂの接続口を共通化できる。このためこの気体潤滑構造は、これにより低温側シリンダ３２に導入管７０Ｅおよび連通管７１Ｂの接続口を設けるにあたって、接続口の共通化による低温側シリンダ３２の製作容易化や低コスト化を図ることができる点でも、好適な自立型の静圧気体潤滑を実現できる。

[0062] 上述した実施例は本発明の好適な実施の例である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施可能である。

例えば上述した各実施例では低温側気筒３０側でも静圧気体潤滑が行われる場合について説明した。しかしながら、本発明においては必ずしもこれに限られず、低温側気筒側では例えば動圧気体潤滑が行われてもよい。また低温側気筒側では、例えば各実施例で前述した静圧気体潤滑以外のその他の静圧気体潤滑が適宜行われてもよい。

符号の説明

[0063] １０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄ、１０Ｅ、１０Ｆ　スターリングエンジン

２０　高温側気筒

２１　膨張ピストン

２２　高温側シリンダ

３０、３０´　低温側気筒

３１、３１´　圧縮ピストン

３２　低温側シリンダ

５０　グラスホッパの機構

７０Ａ、７０Ｂ、７０Ｃ、７０Ｄ、７０Ｅ　導入管

７１Ａ、７１Ｂ　連通管

８１　第１のチェック弁

８２　第２のチェック弁

８３　第３のチェック弁

８４　絞り弁

請求の範囲

[請求項1] 一対の気筒として、高温側シリンダおよび前記高温側シリンダ内を往復運動する高温側ピストンを備える高温側気筒と、低温側シリンダおよび前記低温側シリンダ内を往復運動する低温側ピストンを備える低温側気筒と、を備え、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、少なくとも高温側ピストンが、中空部と、前記中空部から前記高温側シリンダおよび前記低温側シリンダのうち、対応するシリンダとの間に形成されるクリアランスに作動流体を噴出する給気部とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造において、

前記高温側気筒および前記低温側気筒間を往復流動するにあたって作動流体が流通する作動空間のうち、機関動作時に前記高温側シリンダ内の作動空間よりも作動流体の温度が低くなる低温作動空間に存在する作動流体を、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、少なくとも高温側ピストンの内部に導入する作動流体の流通構造を備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造。

[請求項2] 一対の気筒として、高温側シリンダおよび前記高温側シリンダ内を往復運動する高温側ピストンを備える高温側気筒と、低温側シリンダおよび前記低温側シリンダ内を往復運動する低温側ピストンを備える低温側気筒と、を備え、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、少なくとも高温側ピストンが、中空部と、前記中空部から前記高温側シリンダおよび前記低温側シリンダのうち、対応するシリンダとの間に形成されるクリアランスに作動流体を噴出する給気部とを備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造において、

前記高温側気筒および前記低温側気筒間を往復流動するにあたって作動流体が流通する作動空間のうち、機関動作時に前記高温側シリンダ内の作動空間よりも作動流体の温度が低くなる低温作動空間と、前記高温側ピストンが備える前記中空部とを連通する作動流体の流通構造を備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造。

[請求項3] 請求項２記載のスターリングエンジンの気体潤滑構造であって、

前記スターリングエンジンが前記一対の気筒を複数有する４気筒以上の多気筒スターリングエンジンである場合に、前記流通構造が、複数の前記一対の気筒それぞれについての前記低温作動空間のうち、最も温度が低い低温作動空間と、複数の前記一対の気筒それぞれにおいて前記高温側ピストンが備える前記中空部それぞれとを連通するスターリングエンジンの気体潤滑構造。

[請求項4] 請求項２または３記載のスターリングエンジンの気体潤滑構造であって、

前記スターリングエンジンが、前記一対の気筒が備える前記高温側気筒および前記低温側気筒それぞれにつき、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、対応するピストンを直線状に往復運動させる近似直線リンク機構をさらに備えており、

前記流通構造を前記中空部に接続するにあたり、対応する前記近似直線リンク機構として、前記高温側ピストンおよび前記低温側ピストンのうち、接続する前記中空部を備えるピストンに対応する近似直線リンク機構に沿って前記流通構造を設けるとともに、

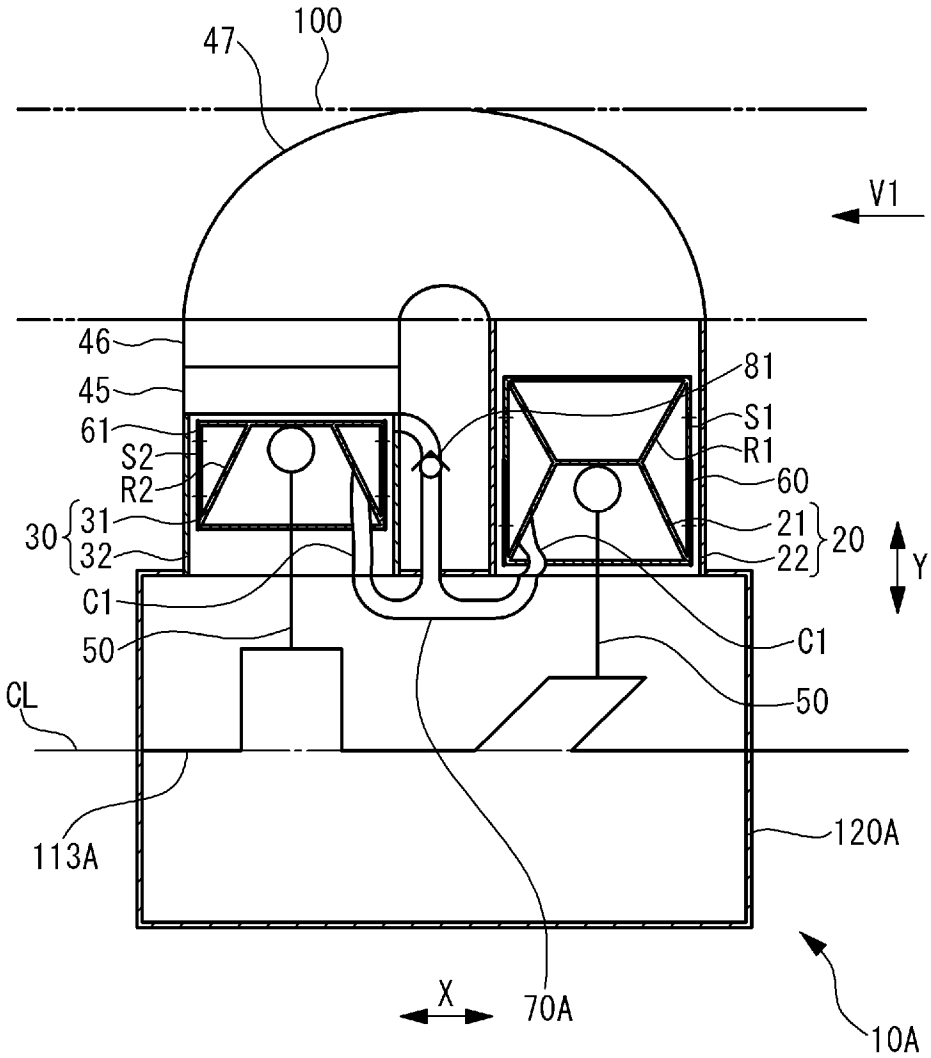
前記流通構造のうち、対応する前記近似直線リンク機構に沿って設けた部分を、対応する前記近似直線リンク機構の動作に応じて回動可能な間接部と、前記間接部を介して互いに連結される配管部とを備えた可動部とし、前記間接部の回動中心を対応する前記近似直線リンク機構の支点に一致させるようにして設けたスターリングエンジンの気体潤滑構造。

[請求項5] 請求項２または３記載のスターリングエンジンの気体潤滑構造であって、

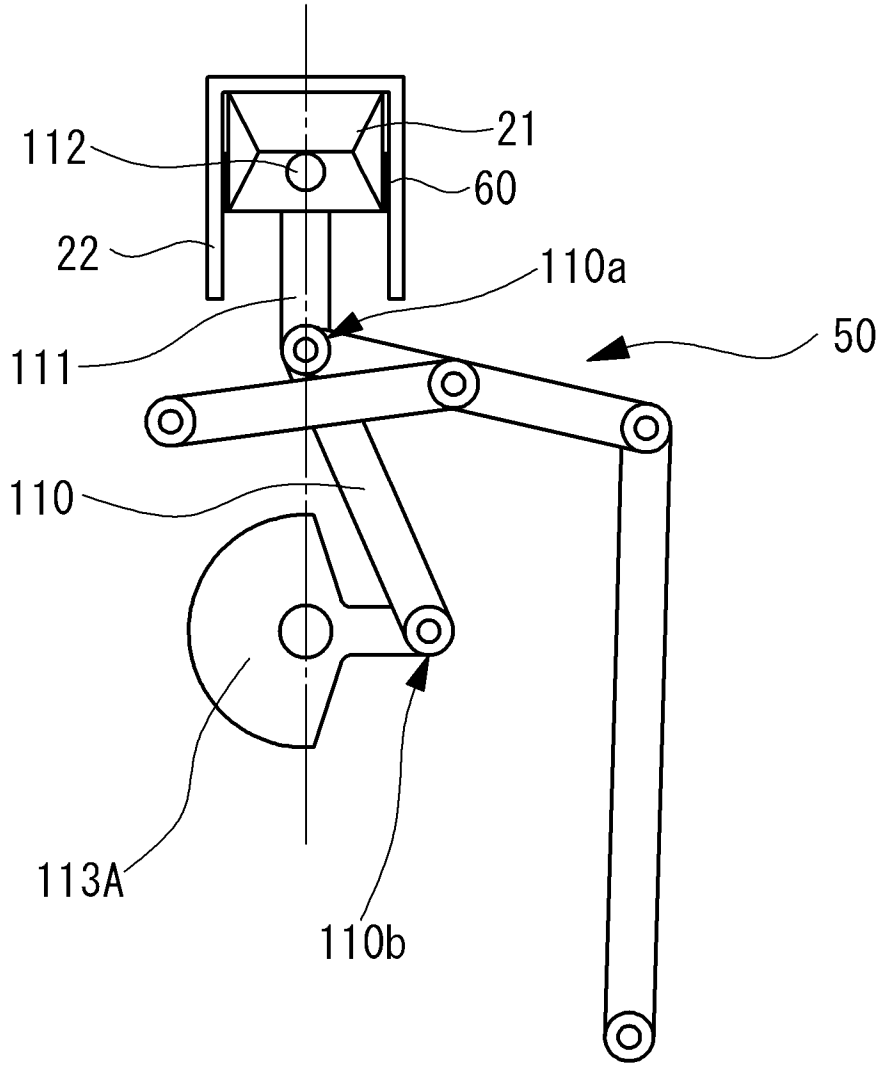
前記スターリングエンジンが備えるクランクケースの内部空間と、前記一対の気筒として、前記流通構造が連通する前記低温作動空間が形成される一対の気筒において、前記高温側気筒および前記低温側気

筒間を往復流動する作動流体が流通する作動空間と、を連通する連通手段をさらに備えたスターリングエンジンの気体潤滑構造。

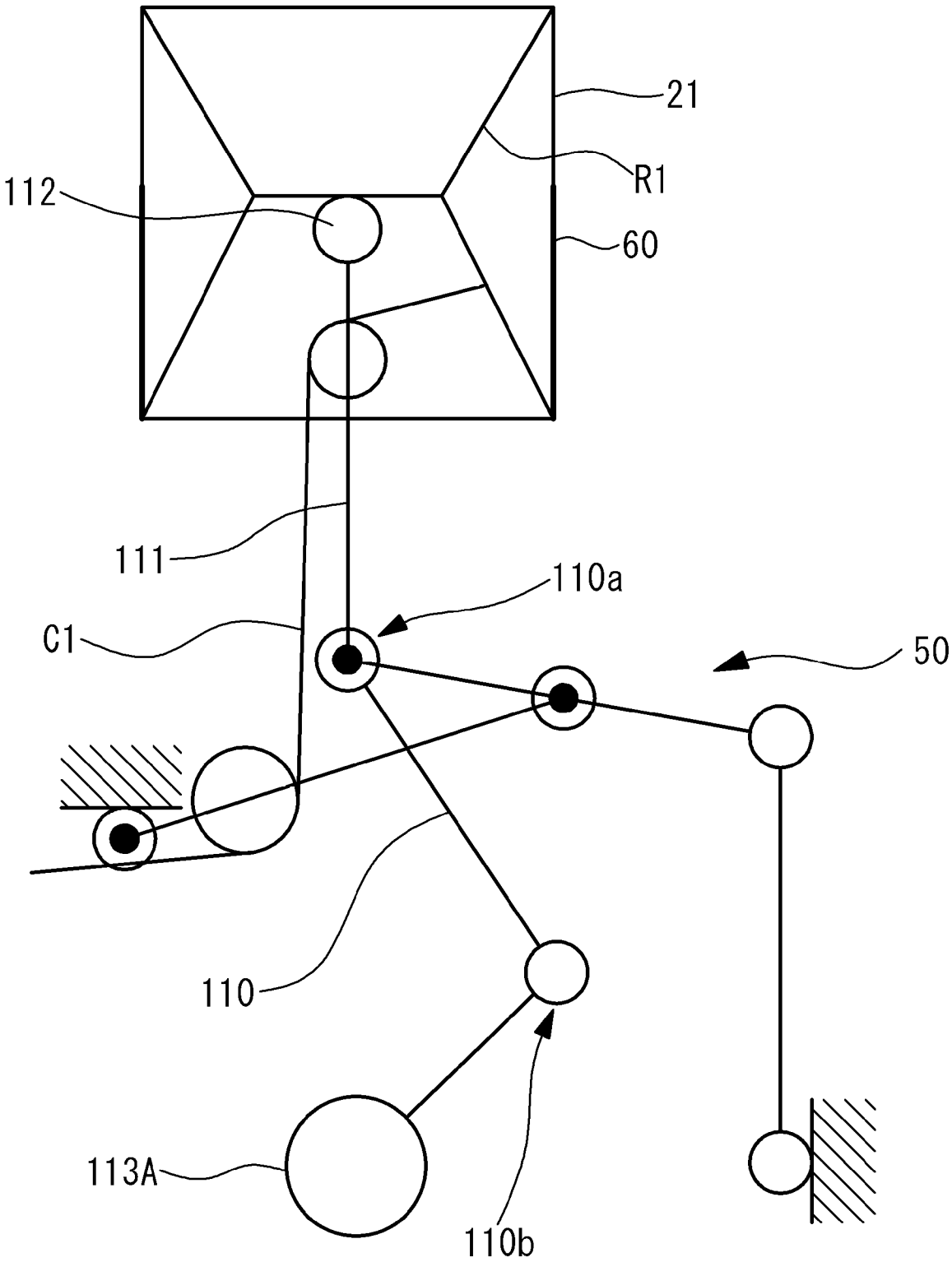
[図1]


47
100
V1
46
45
61
S2
R2
30
31
32
81
S1
R1
60
21
22
20
Y
C1
50
CL
113A
C1
50
120A
X
70A
10A

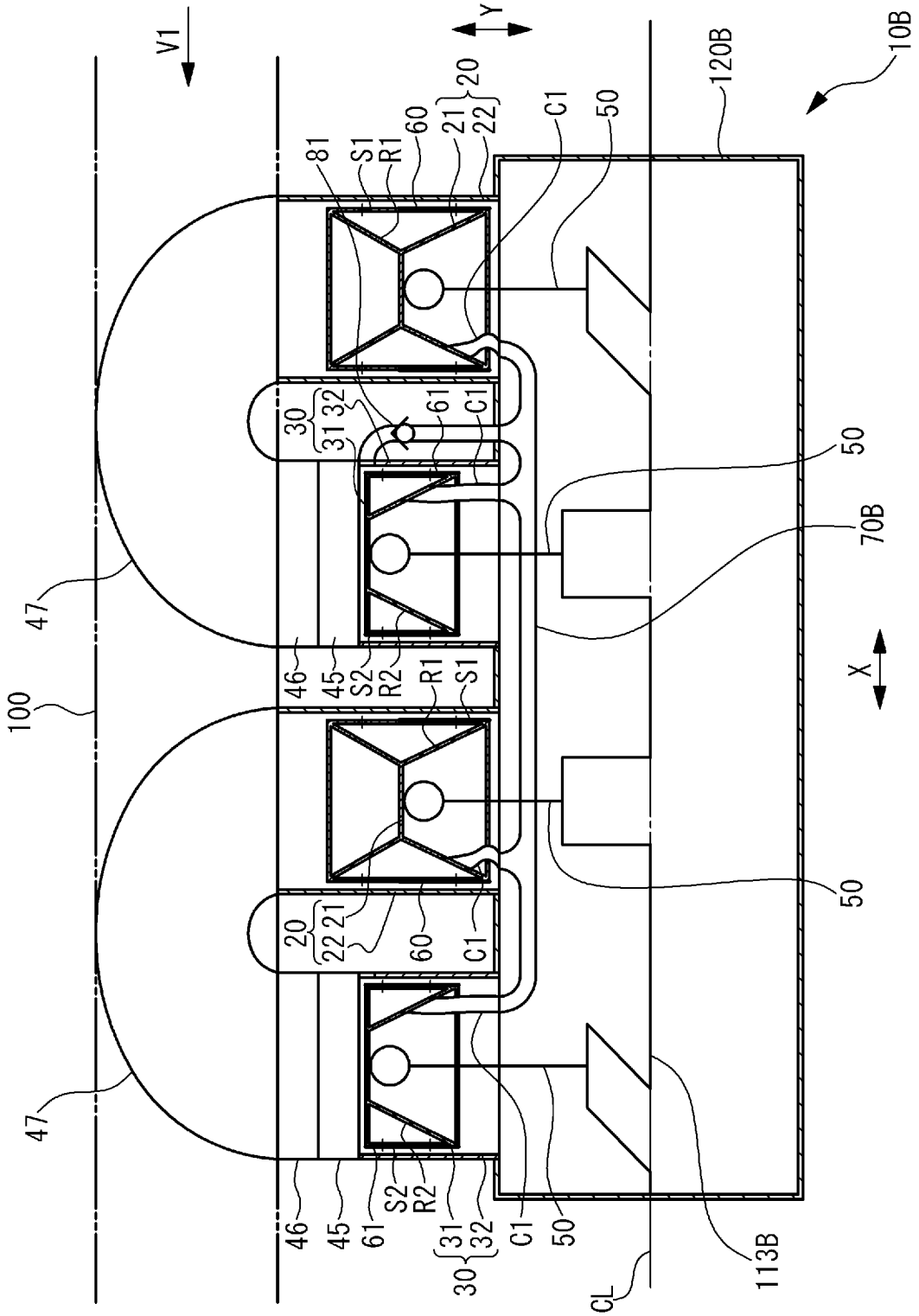
[図2]



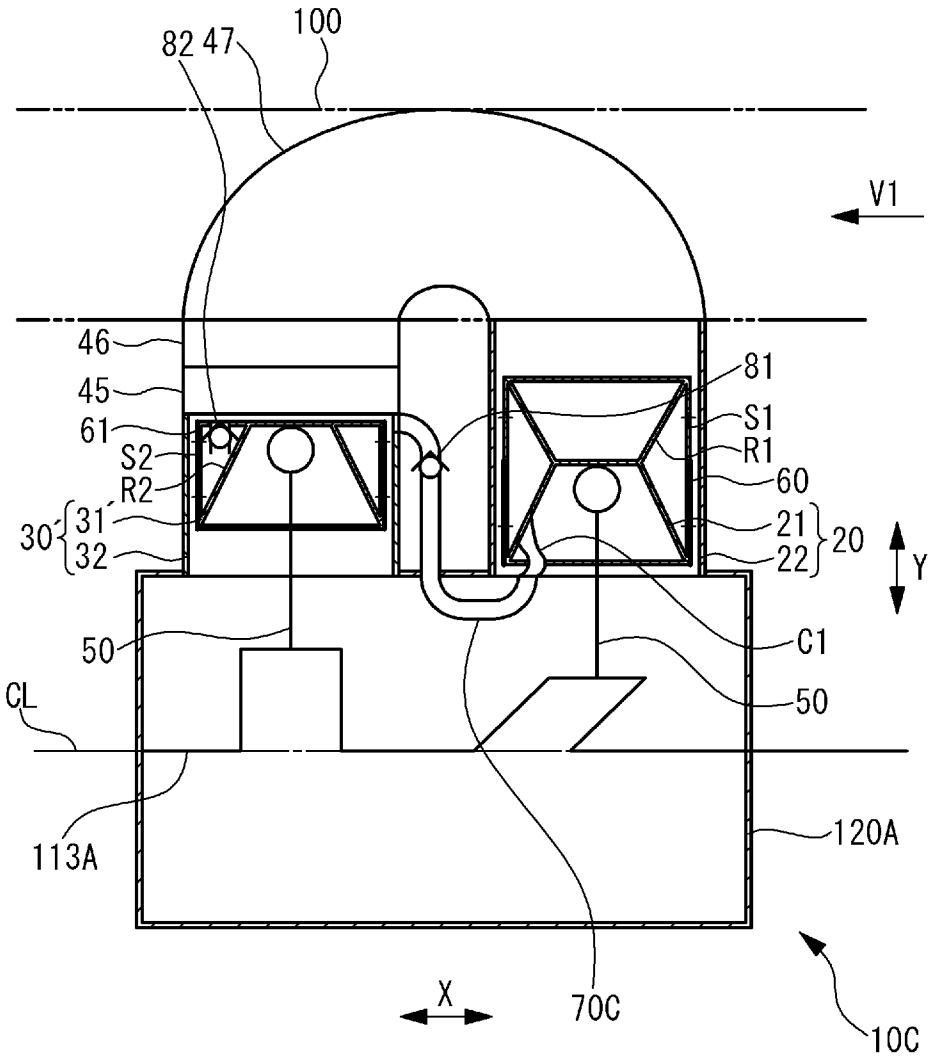
[図3]



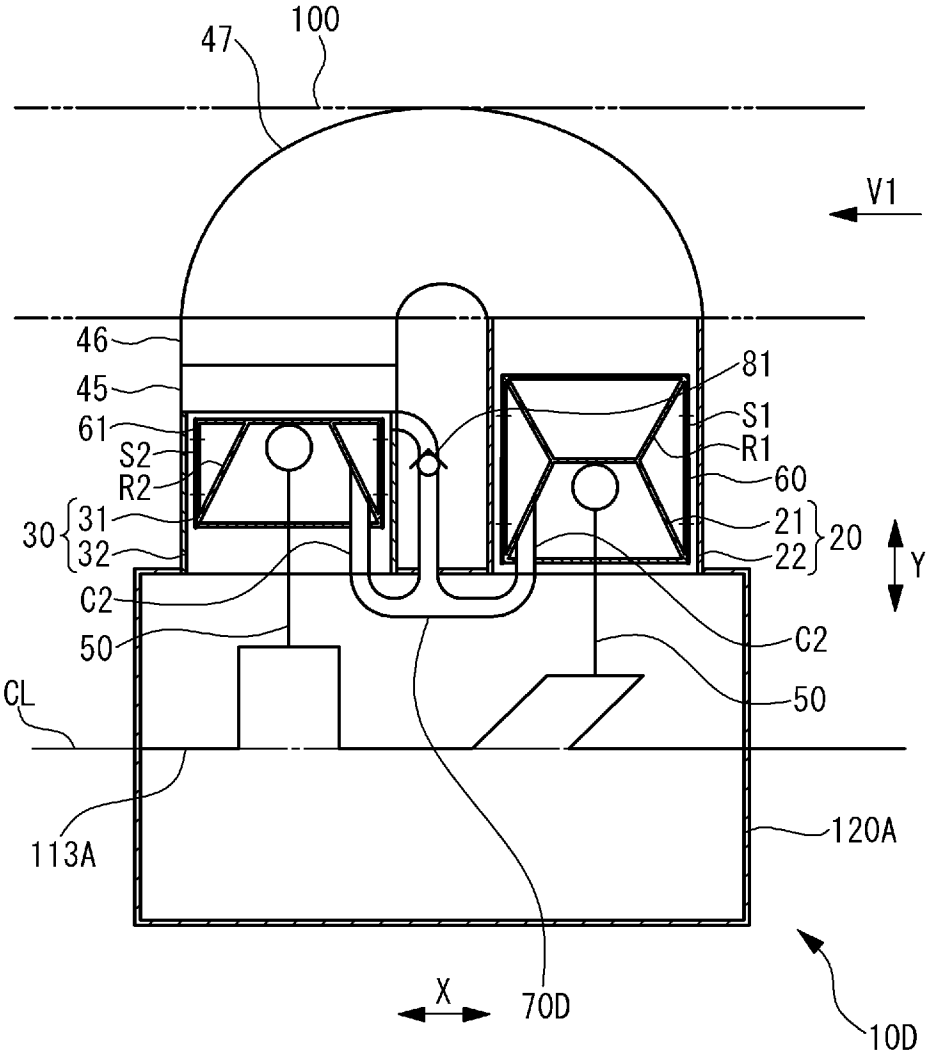
[図4]


V1
Y
X
10B
120B
70B
100
47
81
S1
R1
60
21
22
20
C1
50
30
31
32
61
46
45
S2
R2
113B
CL

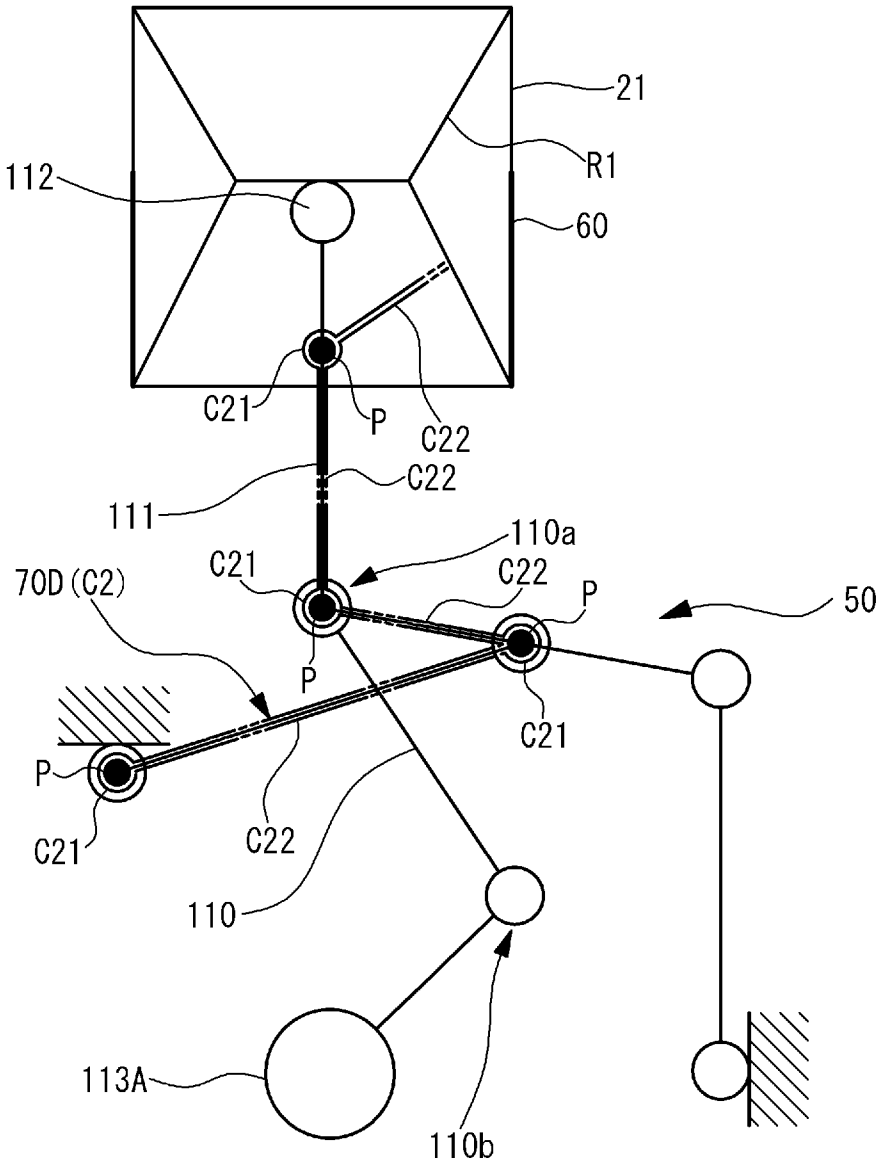
[図5]


100
82 47
V1
46
45
61
S2
R2
30
31
32
81
S1
R1
60
21
22
20
Y
50
C1
50
CL
113A
120A
X
70C
10C

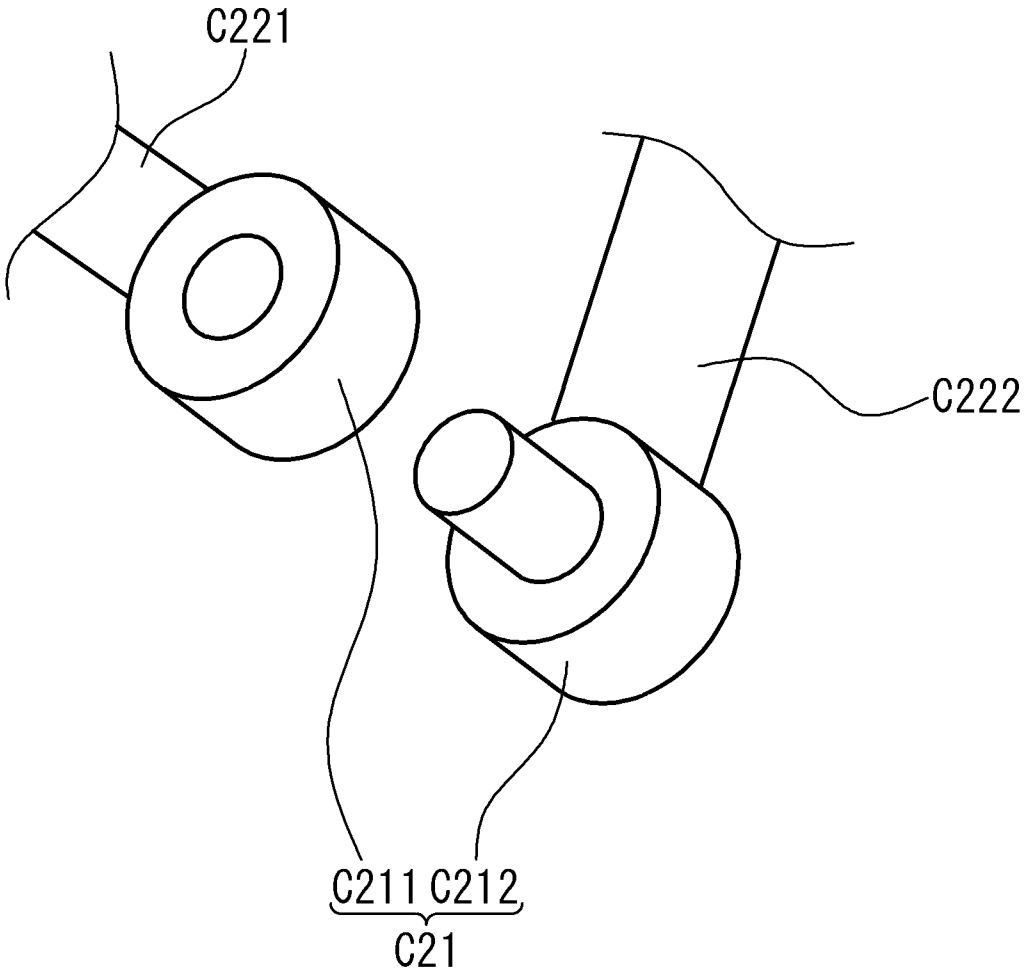
[図6]


47
100
V1
46
45
61
S2
R2
30
31
32
81
S1
R1
60
21
22
20
Y
C2
50
C2
50
CL
113A
120A
X
70D
10D

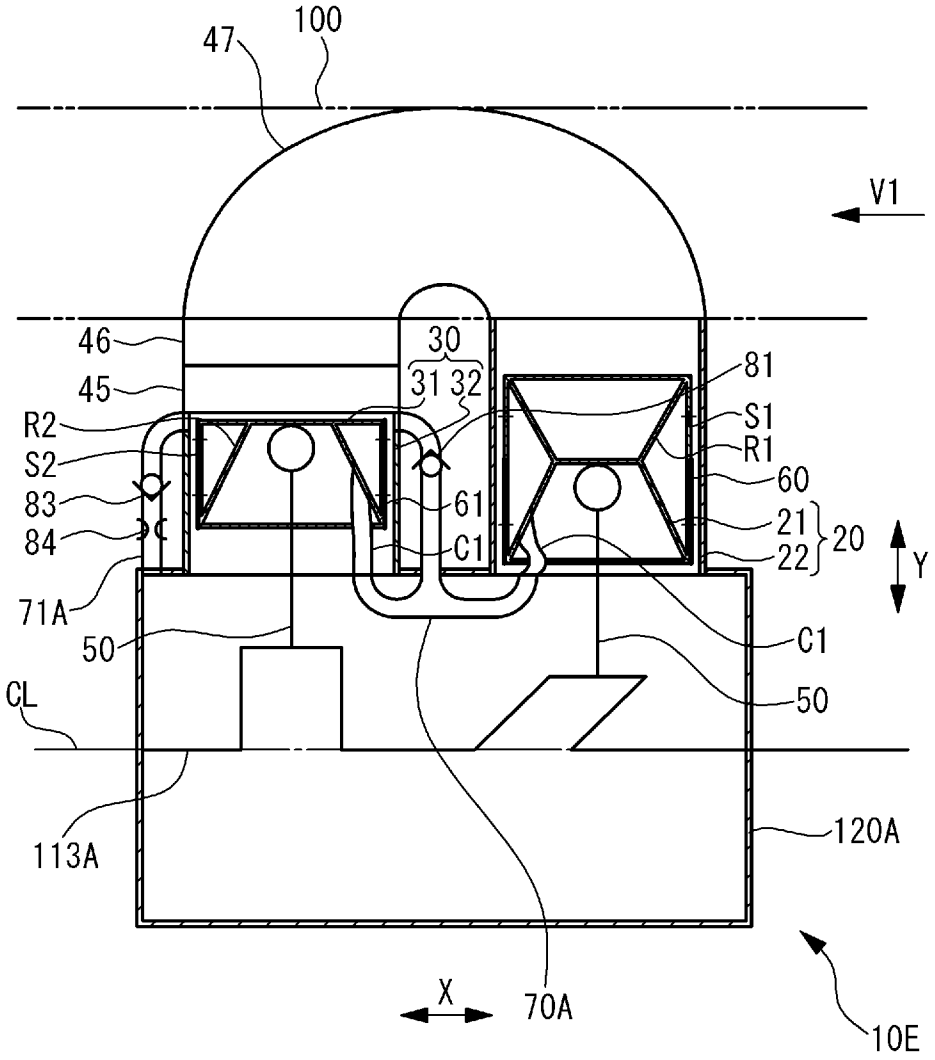
[図7]


21
R1
112
60
C21
P
C22
C22
111
110a
C21
C22
P
70D (C2)
50
P
C21
P
C21
C22
110
113A
110b

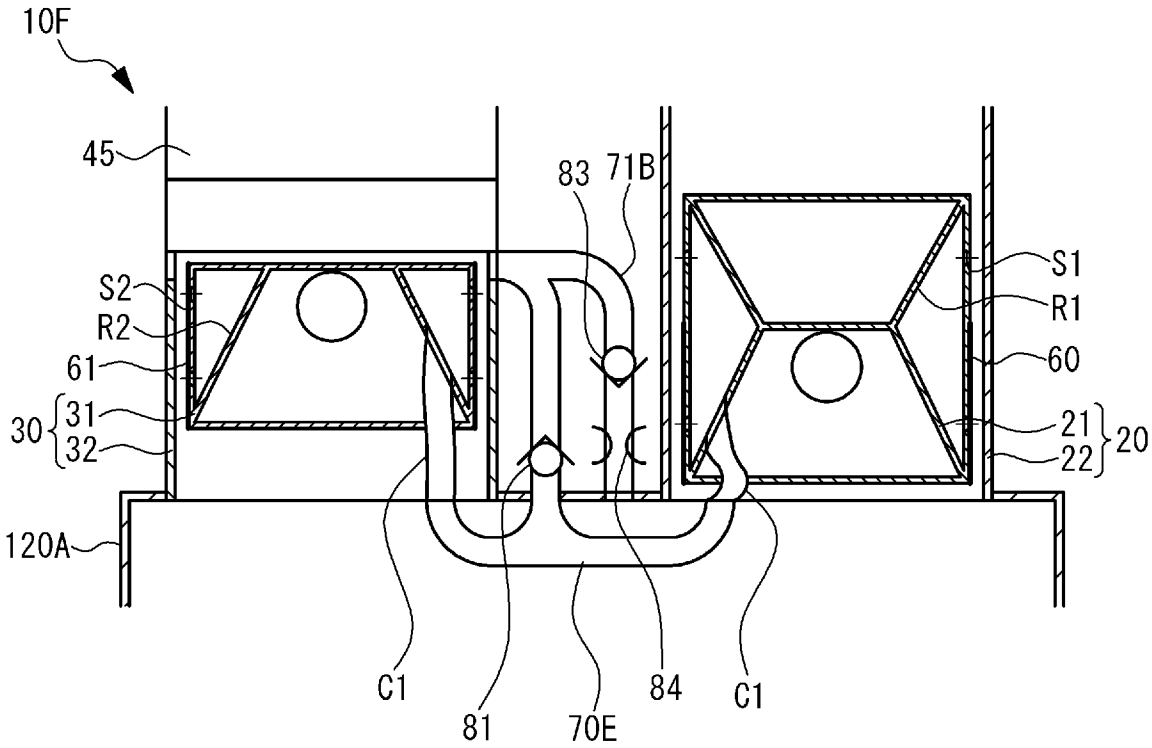
[図8]



[図9]


47
100
V1
46
45
R2
S2
83
84
71A
50
CL
113A
30
31
32
81
S1
R1
60
61
C1
21
22
20
Y
C1
50
120A
X
70A
10E

[図10]


10F
45
83
71B
S2
R2
61
30
31
32
120A
S1
R1
60
21
22
20
C1
81
70E
84
C1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/059282

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02G1/053(2006.01)i, *F02F3/00*(2006.01)i, *F02F3/24*(2006.01)i

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, F02F3/00, F02F3/24

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 2009-52479 A (Toyota Motor Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraph [0039]; fig. 1 to 2 & WO 2009/028498 A1	1-5
A	JP 2007-270662 A (Toyota Motor Corp.), 18 October 2007 (18.10.2007), paragraph [0027]; fig. 1, 2-1 (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 August, 2010 (11.08.10)	24 August, 2010 (24.08.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５９２８２

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)i, F02F3/00(2006.01)i, F02F3/24(2006.01)i

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, F02F3/00, F02F3/24

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（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	関連する請求項の番号
A	JP 2009-52479 A (トヨタ自動車株式会社) 2009.03.12, 段落 0039, 図 1-2 & WO 2009/028498 A1	１－５
A	JP 2007-270662 A (トヨタ自動車株式会社) 2007.10.18, 段落 0027, 図 1, 図 2-1 (ファミリーなし)	１－５

☐　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

「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

「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

「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）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「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

「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

「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

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １１．０８．２０１０	国際調査報告の発送日 ２４．０８．２０１０
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　３７２７ 寺町　健司 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３９５