

(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
2016年1月14日(14.01.2016)



(10) 国際公開番号

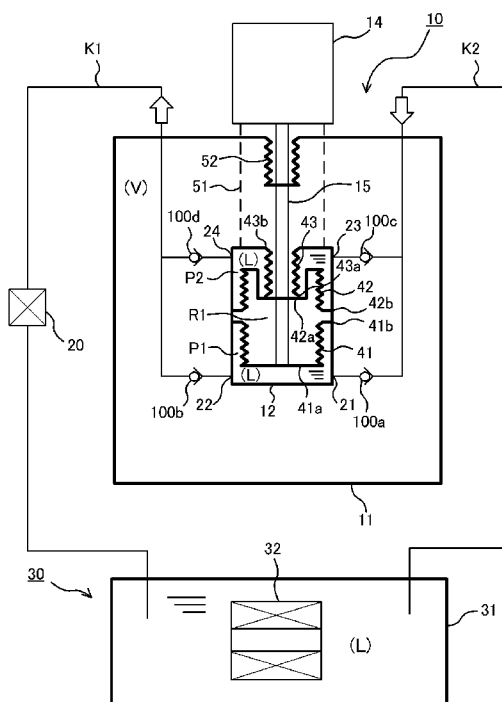
WO 2016/006648 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 9/00 (2006.01) F04B 43/08 (2006.01)
F04B 15/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/069741
- (22) 国際出願日: 2015年7月9日(09.07.2015)
- (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 2014-142553 2014年7月10日(10.07.2014) JP
- (71) 出願人: イーグル工業株式会社 (EAGLE INDUSTRY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1058587 東京都港区芝大門一丁目12番15号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 森 浩一(MORI Koichi); 〒1058587 東京都港区芝大門一丁目12番15号 イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP). 大澤 芳夫(OSAWA Yoshio); 〒1058587 東京都港区芝大門一丁目12番15号 イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP). 古田 清隆(FURUTA Kiyotaka); 〒1058587 東京都港区芝大門一丁目12番15号 イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 世良 和信, 外(SERA Kazunobu et al.); 〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目4番10号 アクロポリス21ビル8階 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: LIQUID SUPPLY SYSTEM

(54) 発明の名称: 液体供給システム



(57) Abstract: Provided is a liquid supply system that achieves an improvement in pump function. The invention is provided with a first bellows (41) and second bellows (42) which are arranged in series in an expansion/contraction direction in a container (12) interior, and in which first end portions on the sides that are adjacent to each other are fixed to the inner wall of the container (12), and second end portions on the sides that are distant from each other are configured to be movable in the expansion/contraction direction, wherein the portion of the container (12) to the outside of the first bellows (41) is a first pump chamber (P1), the portion to the outside of the second bellows (42) is a second pump chamber (P2), and the portion to the inside of the first bellows (41) and second bellows (42) is a sealed space (R1), and the first bellows (41) and second bellows (42) expand/contract due to the reciprocal movement of a shaft (15) to which the second end portions are fixed.

(57) 要約: ポンプ機能の向上を図った液体供給システムを提供する。容器(12)内部に伸縮方向に直列に配置され、互いに近接する側のそれぞれの第1端部がそれぞれ容器(12)の内壁に固定され、互いに遠い側のそれぞれの第2端部がそれぞれ伸縮方向に移動可能に構成された第1ベローズ(41)及び第2ベローズ(42)であって、容器(12)内のうち第1ベローズ(41)の外側が第1ポンプ室(P1)、第2ベローズ(42)の外側が第2ポンプ室(P2)、第1ベローズ(41)及び第2ベローズ(42)の内側が密閉空間(R1)となり、第2端部がそれぞれ固定された軸(15)が往復移動することにより、それぞれ伸縮する第1ベローズ(41)及び第2ベローズ(42)を備える。

WO 2016/006648 A1

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：液体供給システム

技術分野

[0001] 本発明は、液体窒素や液体ヘリウムなどの超低温の液体を供給する液体供給システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、超電導ケーブルなどを超低温状態に維持するため、液体窒素などの超低温の液体を超電導ケーブルなどが収容された真空断熱管に供給する技術が知られている。超低温液体の液体供給（循環）システムは、真空断熱管の内部に超電導ケーブルが備えられた被冷却装置に対して、超電導ケーブルを超電導可能な状態で維持させるために、真空断熱管内に超低温の液体を常時供給するものである。

[0003] 従来の超電導ケーブルは長さが短かく、液体供給システムに必要とされる吐出圧は、流量に対して比較的低い吐出圧力で充分であったため、ポンプ機構として、代表的には遠心ポンプが採用されることが多かった。しかし、今後の超電導ケーブルは数kmと長くなり、設置場所も高低差が生じるため、液体供給システムには、流量に対して従来よりも高い吐出圧力が要求される。遠心ポンプ機構を用いた液体供給システムは、単体で液体の長距離移送を行うには、ポンプの吐出圧が低いため、例えば、ケーブルに沿って複数のポンプを配置して吐出圧を維持する必要がある、高コストとなる。また、ケーブルを敷設する地形に高低差があると、ポンプ吐出圧が足りなくなるため、ケーブルの敷設に制限がある。

[0004] また、液体供給システムとしては、他に、図5に示すような、容積型ペローズ・サーキュレータが知られている（特許文献1参照）。しかし、従来の容積型ペローズ・サーキュレータは、ペローズに内圧がかかる構造のため、高圧化が比較的困難であった。また、高い吐出圧力がペローズ内圧としてかかるとペローズが座屈することがある。さらに、真空断熱容器に超低温液体

を充填し、そこに容積型ベローズ・サーキュレータを挿入、浸漬した構成となるため、容積型ベローズ・サーキュレータの支持部材を介した伝熱とともに、真空断熱容器の壁面を介した伝熱による侵入熱が発生する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開WO 2012／124363号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明の目的は、ポンプ機能の向上を図った液体供給システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本発明における液体供給システムは、

システムの外部と通じる第1通路から液体を吸入し、かつ吸入した液体をシステムの外部と通じる第2通路に送出するように構成された容器と、

前記容器の内部に伸縮方向に直列に配置された第1ベローズ及び第2ベローズであって、互いに近接する側のそれぞれの第1端部がそれぞれ前記容器の内壁に固定され、互いに遠い側のそれぞれの第2端部がそれぞれ伸縮方向に移動可能に構成された第1ベローズ及び第2ベローズと、

前記容器の内部に挿通されて前記第1ベローズ及び前記第2ベローズの前記第2端部がそれぞれ固定され、駆動源によって前記伸縮方向に往復移動することにより、前記第1ベローズ及び第2ベローズを伸縮させる軸と、

を備える液体供給システムであって、

前記容器内のうち前記第1ベローズの外側は第1ポンプ室となっており、該第1ポンプ室には、前記第1通路から液体を第1ポンプ室内に吸入する第1吸入口、及び吸入した液体を第1ポンプ室内から前記第2通路に送出する第1送出口が設けられ、

前記容器内のうち前記第2ベローズの外側は第2ポンプ室となっており、

該第2ポンプ室には、前記第1通路から液体を第2ポンプ室内に吸入する第2吸入口、及び吸入した液体を第2ポンプ室内から前記第2通路に送出する第2送出口が設けられ、

前記第1ベローズ及び第2ベローズの内側は、密閉空間が形成されていることを特徴とする。

[0008] 本発明によれば、軸の往復移動によって第1ベローズ及び第2ベローズの第2端部はベローズの伸縮方向に一体的に移動する。すなわち、軸の一方向の移動により、第1ベローズ及び第2ベローズのうち一方は縮んで他方は伸び、第1ポンプ室及び第2ポンプ室のうち一方に第1通路から液体が吸入され、他方から液体が第2通路に送出される。したがって、軸の往復移動によって液体を第1ポンプ室及び第2ポンプ室から交互に連続的に供給することができ、脈動を抑制した液体供給が可能となる。このポンプ動作において、第1ベローズ及び第2ベローズの内側（内周面）に作用する圧力は変化しない。これにより、ベローズに座屈が発生することを抑制することができ、ポンプ動作の安定性を向上させることができる。

[0009] 前記密閉空間は、真空状態でもよいし、あるいは気体によって満たされていてもよい。

[0010] ベローズ内側の密閉空間が真空状態であることにより、各ベローズに作用する圧力が外圧のみとなり、ベローズの伸縮動作の安定性を向上させることができる。また、ベローズ内側の密閉空間に満たされた気体による加圧により、ベローズに作用する圧力のピーク値を低減することができる。したがって、ポンプ吐出圧を高める高圧設計における設計自由度を高めることができる。

[0011] 内部が真空にされた外側容器をさらに備え、
前記容器は、真空空間に囲まれるように前記外側容器内に配置され、
前記軸は、前記外側容器の外部から前記容器の内部に至るように挿通される
とよい。

[0012] これにより、容器への伝熱経路は、外側容器壁面からの熱輻射と、第1及び第2通路や容器支持部材などに限定され、断熱効果を高めることができる。このように送出する液体への侵入熱が低減されることで、冷却効率を高めることができる。

[0013] 前記第2ベローズに対して伸縮方向に直列に配置される第3ベローズであって、内側が前記容器の外部に開放されるように、一方の端部が前記容器に固定されるとともに、他方の端部が前記第2ベローズの前記第2端部に連結され、前記第2ベローズの伸縮にともなって伸縮する第3ベローズをさらに備え、

前記軸は、前記第3ベローズの内側を挿通されて前記第2端部に連結されるとよい。

[0014] これにより、軸と容器との間に摺動部位を形成することなく、軸と各ベローズの第2端部とを連結し、各ベローズを伸縮させることができる。したがって、軸の摺動摩擦による発熱のない構成とすることができる。

[0015] 前記第3ベローズは、外径が前記第2ベローズの内径よりも小さく、少なくとも一部が前記第2ベローズの内側に入り込むように配置されるとよい。

[0016] これにより、容器のベローズ伸縮方向におけるサイズダウンを図ることができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、ポンプ機能の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、本発明の実施例に係る液体供給システムの構成を示す模式図である。

[図2]図2は、本発明の実施例に係る液体供給システムの動作を説明する模式図である。

[図3]図3は、実施例1に係る液体供給システムの吐出圧の変動を示す図である。

[図4]図4は、実施例2に係る液体供給システムの吐出圧の変動を示す図であ

る。

[図5]図5は、従来例に係る液体供給システムの動作を説明する模式図である。

。

[図6]図6は、従来例に係る液体供給システムの吐出圧の変動を示す図である。

。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に図面を参照して、この発明を実施するための形態を、実施例に基づいて例示的に詳しく説明する。ただし、この実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは、特に特定の記載がない限りは、この発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

[0020] (実施例1)

図1を参照して、本発明の実施例に係る液体供給システムについて説明する。図1は、本発明の実施例に係る液体供給システムの概略構成図である。

[0021] 液体供給システム10は、低温流体用のポンプ装置であり、樹脂製の容器31の内部に超電導ケーブル32が備えられた被冷却装置30に対して、超電導ケーブル32を超伝導可能な状態で維持させるために、容器31内に超低温の液体Lを常時供給するものである。超低温の液体Lの具体例としては、液体窒素や液体ヘリウムを挙げることができる。

[0022] 液体供給システム10は、概略、内部が真空にされた第1容器（外側容器）11と、第1容器11の内部に真空空間で囲まれるように配置される第2容器12とを備えている。第2容器12は、概略、内部に3つのベローズ41、42、43がそれぞれの伸縮方向に直列に配置され、これらベローズ41～43により容器内部が3つの密閉空間に仕切られている。第2容器12は、第1容器11の外部から第1容器11の内部に挿通された支持部材51によって第1容器11の内部で支持されている。

[0023] 第1ベローズ41と第2ベローズ42は、同径であり、軸中心を一致させてそれぞれの伸縮方向に互いに直列に並んで配置されている。第1ベローズ41と第2ベローズ42は、互いに近接する側のそれぞれの端部（第1端部

）４１ｂ、４２ｂが、容器１２の内壁に固定されている。また、第１ベローズ４１と第２ベローズ４２において互いに遠い側のそれぞれの端部（第２端部）４１ａ、４２ａは、後述する軸１５が固定されることで一体化されており、それぞれの伸縮方向に移動可能に構成されている。

[0024] また、第３ベローズ４３は、第２ベローズ４２に対して第１ベローズ４１とは反対側に直列に並んで配置されている。第３ベローズ４３は、外径が第２ベローズ４２の内径よりも小さく、伸縮方向において一部が第２ベローズ４２の内側に入り込むように配置されている。第３ベローズ４３の一方の端部４３ｂは、第３ベローズ４３の内側が容器１２の外部に開放されるように容器１２の内壁に固定されている。第３ベローズ４３の他方の端部４３ａは、第２ベローズ４２の端部４２ａと連結されており、第３ベローズ４３は、第２ベローズ４２の伸縮にともなって伸縮する。

[0025] 第１ベローズ４１の端部４１ａは塞がっており、第２容器１２内のうち第１ベローズ４１の外側の領域によって形成される密閉空間が、第１ポンプ室Ｐ１を構成している。第２容器１２内のうち第２ベローズ４２及び第３ベローズ４３の外側の領域によって形成される密閉空間が、第２ポンプ室Ｐ２を構成している。第２ベローズ４２の端部４２ａと第３ベローズ４３の端部４３ａとの間は塞がっており、第１ベローズ４１の端部４１ｂと第２ベローズ４２の端部４２ｂとの間は開放されており、第２容器１２内において、第１ベローズ４１の内側の領域と第２ベローズ４２の内側の領域とが１つの密閉空間Ｒ１を構成している。

[0026] 第２容器１２には、液体Ｌをシステムの外部に通じる戻り通路（戻り管）Ｋ２から第１ポンプ室Ｐ１内に吸入する第１吸入口２１と、吸入した液体Ｌを第１ポンプ室Ｐ１内からシステムの外部に通じる供給通路（供給管）Ｋ１に送出する第１送出口２２とが設けられている。また、第２容器１２には、液体Ｌを戻り通路Ｋ２から第２ポンプ室Ｐ２内に吸入する第２吸入口２３と、吸入した液体Ｌを第２ポンプ室Ｐ２内から供給通路Ｋ１に送出する第２送出口２４も設けられている。また、第１吸入口２１及び第２吸入口２３には

、それぞれ逆止弁 100a、100c が設けられており、第 1 送出口 22 及び第 2 送出口 24 にも、それぞれ逆止弁 100b、100d が設けられている。

[0027] また、駆動源としてのリニアアクチュエータ 14 によって往復移動するように構成された軸 15 が、第 1 容器 11 の外部から第 3 ベローズ 43 の内側を通して第 2 容器 12 の密閉空間 R1 の内部に入り込み、第 1 ベローズ 41 の端部 41a と第 2 ベローズ 42 の端部 42a がそれぞれ固定されている。これにより、軸 15 が往復移動することによって、各ベローズが伸縮する。

[0028] 軸 15 は、第 1 容器 11 に設けられたベローズ 52 を介して、第 1 容器 11 の外部から内部に挿通された構成となっている。ベローズ 52 は、一端が第 1 容器 11 に固定され、他端が軸 15 に固定されており、軸 15 の往復移動に伴って伸縮するように構成されている。

[0029] 図 2 を参照して、液体供給システム 10 の動作について説明する。図 2 は、本発明の実施例に係る液体供給システムの動作を説明する模式図である。図 2 (a) は、ベローズ 41、42 が伸びる方向にも、縮む方向にも変位していない状態の第 2 容器 12 の内部を示す図である。図 2 (b) は、第 1 ポンプ室 P1 に戻り通路 (第 1 通路) K2 から液体 L が吸入されるとともに、第 2 ポンプ室 P2 から供給通路 (第 2 通路) K1 に液体 L が送出されるとき、つまり、ベローズ 41 が最大に縮んだ状態、及びベローズ 42 が最大に伸びた状態の第 2 容器 12 の内部を示す図である。図 2 (c) は、第 2 ポンプ室 P2 に戻り通路 (第 1 通路) K2 から液体 L が吸入されるとともに、第 1 ポンプ室 P1 から供給通路 (第 2 通路) K1 に液体 L が送出されるとき、つまり、ベローズ 41 が最大に伸びた状態、及びベローズ 42 が最大に縮んだ状態の第 2 容器 12 の内部を示す図である。

[0030] 第 1 ベローズ 41 が縮み、第 2 ベローズ 42 が伸びるように、軸 15 が移動すると (図 2 (a) → 図 2 (b))、第 2 送出口 24 を介して第 2 ポンプ室 P2 内から液体 L が供給通路 K1 に送出され、かつ第 1 吸入口 21 を介して液体 L が第 1 ポンプ室 P1 内に吸入される。また、第 1 ベローズ 41 が伸

び、第2ペローズ42が縮むように、軸15が移動すると（図2（b）→図2（a）→図2（c））、第2吸入口23を介して液体Lが第2ポンプ室P2内に吸入され、かつ第1送出口22を介して第1ポンプ室P1内から液体Lが供給通路K1に送出される。このように、軸15が往復移動する際のいずれの方向においても液体Lが供給通路K1に送出される。

[0031] 図3の上段は、実施例1に係る液体供給システムのペローズ42にかかる圧力の変動を概略的に示す図であり、図3の下段は、ペローズ41にかかる圧力の変動を概略的に示す図である。本実施例では、密閉空間R1を真空空間としている。したがって、本実施例に係る液体供給システム10のペローズ42にかかる圧力は、軸15の往復移動による各ペローズの伸縮にともない、図3に示すように、ゼロと最大吐出圧（ $P_{吐}$ ）との間の交互に行き来するように変動する。ここでは、最大吐出圧（ $P_{吐}$ ）が1MPaの場合の圧力変動を示す。また、図3において、（a）は図2（a）の軸15の変位位置に対応し、（b）は図2（b）の軸15の変位位置に対応し、（c）は図2（c）の軸15の変位位置に対応する。ペローズ41、42にかかる圧力はペローズ外部の圧力とペローズ内部の圧力との差圧であり、本装置起動前の軸15の変位が無い状態ではポンプ室内に液体を吸入、吐出しておらず、ペローズ41、42の外部圧力と内部圧力の差は無いため、ペローズにかかる圧力は0であり、（b）の状態に近づく（第1ポンプ室P1が吐出し、第2ポンプ室P2が吸入を行う）につれ、ペローズ42にかかる圧力が大きくなり、ペローズ外部が最大吐出圧（ $P_{吐}$ ）になった際、ペローズ42にかかる圧力は最大（ $P_{吐}$ ）になる。また、（c）の状態に近づく（第1ポンプ室P1が吸入し、第2ポンプ室P2が吐出を行う）につれ、ペローズ42にかかる圧力は小さくなり、吸入圧は0であるため、ペローズ42にかかる圧力は0になる。尚、この圧力変動はペローズ41でも位相が異なるのみで、同様の挙動を示す。

[0032] 以上のように、液体供給システム10においては、軸15の往復移動及び各ペローズの伸縮動作の繰り返しによって、供給通路K1を通じて、液体L

が被冷却装置 30 に供給される。また、液体供給システム 10 と被冷却装置 30 とを繋ぐ戻り通路 K 2 を通じて、被冷却装置 30 に供給された分だけ、液体供給システム 10 に液体 L が戻るように構成されている。また、供給通路 K 1 の途中には液体 L を超低温の状態まで冷却する冷却機 20 が設けられている。このような構成により、冷却機 20 によって超低温まで冷却された液体 L は、液体供給システム 10 と被冷却装置 30 との間を循環する。

[0033] 以上説明したように、2つのポンプ室を有し、その2つのポンプ室から交互に流体を供給するため、各ベローズが縮む際、及び伸びる際のいずれにおいても液体 L が供給通路 K 1 に送出され、各ベローズの伸縮動作による液体供給量を、例えば、第1ポンプ室 P 1 のみでポンプ機能を発揮させた場合に比べて2倍にすることができる。そのため、所望の供給量に対して、第1ポンプ室 P 1 のみでポンプ機能を発揮させた場合に比べて、一回分の供給量を半分にすることができ、供給通路 K 1 内における液体の最大圧力を半分程度にすることができる。したがって、供給される液体の圧力変動（脈動）による悪影響を抑制することができる。

[0034] また、第1ベローズ 4 1 と第2ベローズ 4 2 の内側に形成される密閉空間 R 1 は、第1ベローズ 4 1 と第2ベローズ 4 2 が伸縮しても容積が変化せず、第1ベローズ 4 1 と第2ベローズ 4 2 に作用する内圧（それぞれの内周面に作用する圧力）が変化しない空間となっている。すなわち、本実施例に係る液体供給システム 10 は、ポンプ室が各ベローズの外側に配置され、ベローズの内圧変動による座屈の発生が生じない構成となっている。したがって、ベローズの耐圧設計において、内圧座屈を考慮する必要がなくなるため、設計自由度が高められ、吐出圧の高圧化を図ることができる。この本実施例の利点について、図 5 及び図 6 を参照し、従来例と比較して説明する。

[0035] 図 5 は、従来例に係る液体供給システムの動作を説明する模式図である。図 5 に示すように従来例に係る液体供給システムにおいては、ベローズ 6 1 の内側と外側にそれぞれ2つのポンプ室 P 1、P 2 が形成された構成となっている。すなわち、軸 1 5 の移動によってベローズ 6 1、6 2 が縮むと（図

2 (a) → 図 2 (b))、第 2 送出口 2 4 を介して第 2 ポンプ室 P 2 内から液体 L が供給通路 K 1 に送出され、かつ第 1 吸入口 2 1 を介して液体 L が第 1 ポンプ室 P 1 内に吸入される。また、軸 1 5 の移動によってベローズ 6 1、6 2 が伸びると (図 2 (b) → 図 2 (a) → 図 2 (c))、第 2 吸入口 2 3 を介して液体 L が第 2 ポンプ室 P 2 内に吸入され、かつ第 1 送出口 2 2 を介して第 1 ポンプ室 P 1 内から液体 L が供給通路 K 1 に送出される。

[0036] 図 6 は、従来例に係る液体供給システムの吐出圧の変動を示す図である。尚、図において、ベローズ 6 1 の外向き方向にかかる圧力を正、ベローズ 6 1 の内向き方向にかかる圧力を負とする。図 6 に示すように、従来例の構成では、第 1 ポンプ室 P 1 と第 2 ポンプ室 P 2 から交互に液体 L を吐出する際に、ベローズ 6 1 の内側と外側にそれぞれ交互に同じ大きさの吐出圧 (P 吐) が作用することになる。つまりベローズの内向き方向、外向き方向、に吐出圧 (P 吐) がかかることになる。したがって、本実施例と同じ最大吐出圧 (1 MPa) を得るための構成を考えると、その圧力変動は、本実施例の構成の 2 倍となる (図 3、図 6)。そのため、ベローズ 6 1 に要求される耐圧性能も、本実施例のベローズの 2 倍となる。また、従来例は、ベローズ 6 1 に内圧が作用する構成となっているため、吐出圧を高めようとするとベローズ 6 1 に作用する内圧も高くなってしまい、ベローズ 6 1 に座屈が発生しやすくなってしまふ。一般的に、ベローズは外圧に対しては強いが内圧に対しては弱く、高い内圧が作用すると座屈を生じやすい。

[0037] このように、本実施例によれば、各ベローズに作用する圧力が外圧のみとなることで、ベローズに内圧が作用する従来例の構成と比べて、ポンプ吐出圧の高圧化を図ることができるとともに、ベローズの伸縮動作の安定性を向上させることができる。したがって、ケーブルに配置するサーキュレータの台数を少なくすることができる。また、地形に高低差があっても液体を供給することができるので、ケーブル敷設の自由度が向上する。

[0038] さらに、本実施例では、第 2 容器 1 2 の周囲を第 1 容器 1 1 により真空空間で囲む構造を採用している。したがって、第 2 容器 1 2 を囲む真空空間が

伝熱を妨げる機能を発揮するため、リニアアクチュエータ 14 で発生する熱や大気熱が液体 L まで伝わってしまうことを抑制することができる。すなわち、液体 L の熱交換は、真空断熱容器である第 1 容器 11 の壁面からの熱輻射と、第 2 容器 12 の支持部材 51 や各通路を介した伝熱に限定され、液体 L への侵入熱を少なくすることができる。また、仮に液体 L まで熱が伝わって気化したとしても、常に新しい液体 L が供給され、冷却効果もあるため、ポンプ室内において液体 L が気化する温度まで上昇することを抑制することができる。したがって、ポンプ機能を低下させることもない。

[0039] また、本実施例では、軸 15 が、第 3 ペローズ 43 における第 2 容器 12 に固定された端部 43b とは反対側の端部 43a を介して第 2 容器 12 の内部に挿通されて各ペローズと連結され、第 3 ペローズ 43 が軸 15 の往復移動に伴って伸縮するように構成されている。したがって、軸 15 と第 2 容器 12 との間に摺動部位を形成することなく、各ポンプ室 P1、P2、密閉空間 R1 が形成されるため、摺動による摩擦抵抗に伴って、熱が発生してしまうということはない。

[0040] また、本実施例では、第 3 ペローズ 43 は、外径が第 2 ペローズ 42 の内径よりも小さく、少なくとも一部が第 2 ペローズ 42 の内側に入り込むように配置され、入り込んだ部分もポンプ空間として使用することが出来るため、その分、空間を大きくする必要が無く第 2 容器 12 のサイズダウンを図ることができる。

[0041] ここで、本実施例では、密閉空間 R1 を真空空間としているため、第 2 容器 12 の周りの真空空間と連通する構成としてもよい。

[0042] (実施例 2)

上記実施例 1 では、密閉空間 R1 を真空空間としているのに対し、本発明の実施例 2 は、密閉空間 R1 を気体で満たす構成を採用する。他の構成は、実施例 1 と同様であり、同じ構成については同じ符号を付し、説明を省略する。

[0043] 密閉空間 R1 に封入する気体としては、例えば、ネオンガスやヘリウムガ

スなど、本システムの使用環境において液化、凍結などの状態変化が生じ難い気体を用いる。そして、密閉空間 R 1 に封入する気体の圧力は、真空（ -100 kPa ）から所望の吐出圧までの範囲（好ましくは、吐出圧の $1/2$ ）とする。

[0044] 図 4 は、実施例 2 に係る液体供給システムの吐出圧の変動を概略的に示す図であり、上段がベローズ 4 2 にかかる圧力変動、下段がベローズ 4 1 にかかる圧力変動をそれぞれ示している。図 4 は、密閉空間 R 1 に吐出圧（ $P_{吐}$ ）の $1/2$ の圧力の気体を封入した場合の吐出圧の変動を示している。吐出圧の変動幅は、上記実施例 1 と同じ 1 MPa であるが、ピーク値は、実施例 1 の $1/2$ となっている。ベローズにかかる圧力は密閉空間 R 1 の内部圧力とポンプ室 P 1、P 2 各々の空間との差圧であるため、密閉空間 R 1 に吐出圧の $1/2$ の圧力の気体を封入した場合、ベローズに係る圧力は、ポンプ室の最大圧力が $P_{吐}$ であるため、 $P_{吐} - (1/2) P_{吐}$ から、 $(1/2) P_{吐}$ となる。また、密閉空間 R 1 の圧力は $(1/2) P_{吐}$ だけでなく、2つのベローズの大きさ、2つのポンプ室の大小、等、仕様により適宜設定することができる。このように、ベローズ 4 1、4 2 内側に対して、封入気体で加圧することにより、ベローズ 4 1、4 2 に作用する圧力のピーク値を低減することができる。したがって、ポンプ吐出圧を高める高圧設計における設計自由度を高めることができる。

符号の説明

[0045]	10	液体供給システム
	11	第1容器
	12	第2容器
	21	第1吸入口
	22	第1送出口
	23	第2吸入口
	24	第2送出口

1 4	リニアアクチュエータ
1 5	軸
4 1	第 1 ベローズ
4 2	第 2 ベローズ
4 3	第 3 ベローズ
5 1	支持部材
5 2	ベローズ
2 0	冷却機
3 0	被冷却装置
3 1	容器
3 2	超電導ケーブル
K 1	供給通路
K 2	戻り通路
L	液体
P 1	第 1 ポンプ室
P 2	第 2 ポンプ室
R 1	密閉空間

請求の範囲

[請求項1] システムの外部と通じる第1通路から液体を吸入し、かつ吸入した液体をシステムの外部と通じる第2通路に送出するように構成された容器と、

前記容器の内部に伸縮方向に直列に配置された第1ペローズ及び第2ペローズであって、互いに近接する側のそれぞれの第1端部がそれぞれ前記容器の内壁に固定され、互いに遠い側のそれぞれの第2端部がそれぞれ伸縮方向に移動可能に構成された第1ペローズ及び第2ペローズと、

前記容器の内部に挿通されて前記第1ペローズ及び前記第2ペローズの前記第2端部がそれぞれ固定され、駆動源によって前記伸縮方向に往復移動することにより、前記第1ペローズ及び第2ペローズを伸縮させる軸と、

を備える液体供給システムであって、

前記容器内のうち前記第1ペローズの外側は第1ポンプ室となっており、該第1ポンプ室には、前記第1通路から液体を第1ポンプ室内に吸入する第1吸入口、及び吸入した液体を第1ポンプ室内から前記第2通路に送出する第1送出口が設けられ、

前記容器内のうち前記第2ペローズの外側は第2ポンプ室となっており、該第2ポンプ室には、前記第1通路から液体を第2ポンプ室内に吸入する第2吸入口、及び吸入した液体を第2ポンプ室内から前記第2通路に送出する第2送出口が設けられ、

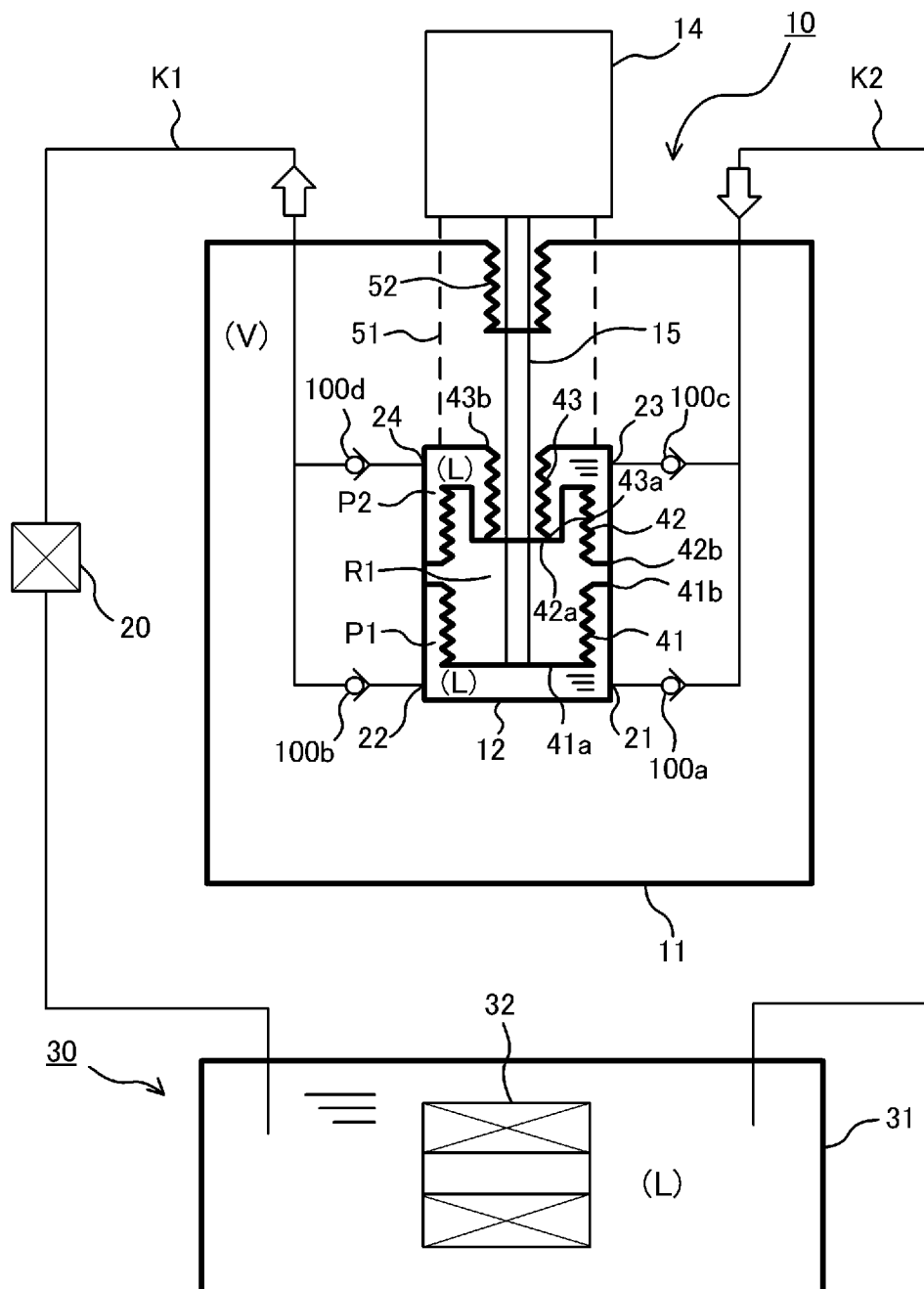
前記第1ペローズ及び第2ペローズの内側は、密閉空間が形成されていることを特徴とする液体供給システム。

[請求項2] 前記密閉空間は、真空状態であることを特徴とする請求項1に記載の液体供給システム。

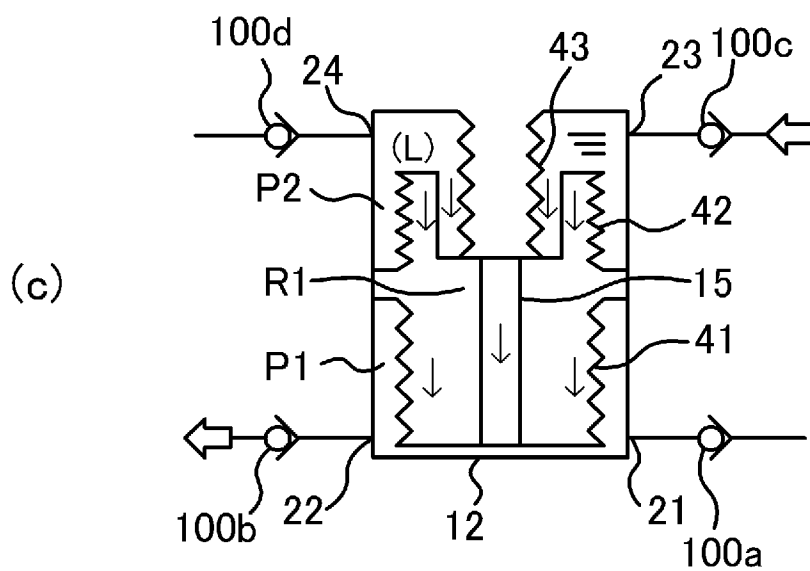
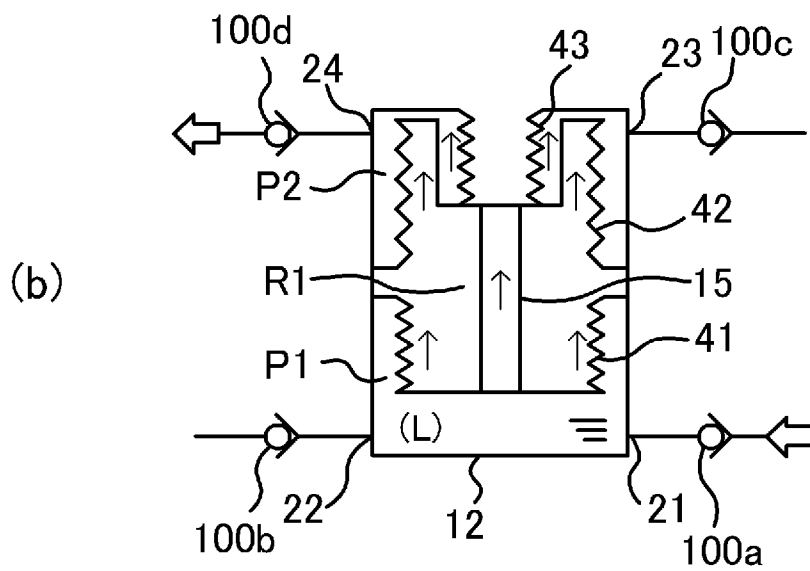
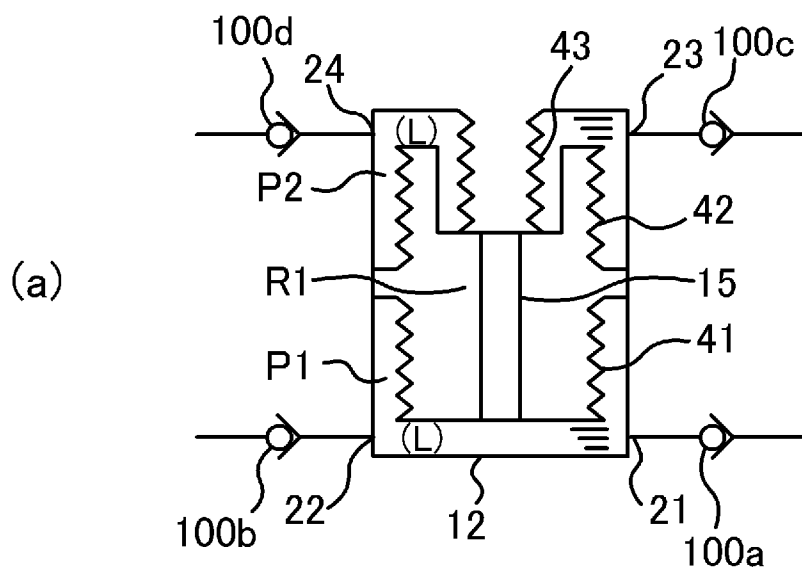
[請求項3] 前記密閉空間は、気体によって満たされていることを特徴とする請求項1に記載の液体供給システム。

- [請求項4] 内部が真空にされた外側容器をさらに備え、
前記容器は、真空空間に囲まれるように前記外側容器内に配置され、
前記軸は、前記外側容器の外部から前記容器の内部に至るように挿通されることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の液体供給システム。
- [請求項5] 前記第2ペローズに対して伸縮方向に直列に配置される第3ペローズであって、内側が前記容器の外部に開放されるように、一方の端部が前記容器に固定されるとともに、他方の端部が前記第2ペローズの前記第2端部に連結され、前記第2ペローズの伸縮に伴って伸縮する第3ペローズをさらに備え、
前記軸は、前記第3ペローズの内側を挿通されて前記第2端部に連結されることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の液体供給システム。
- [請求項6] 前記第3ペローズは、外径が前記第2ペローズの内径よりも小さく、少なくとも一部が前記第2ペローズの内側に入り込むように配置されることを特徴とする請求項5に記載の液体供給システム。

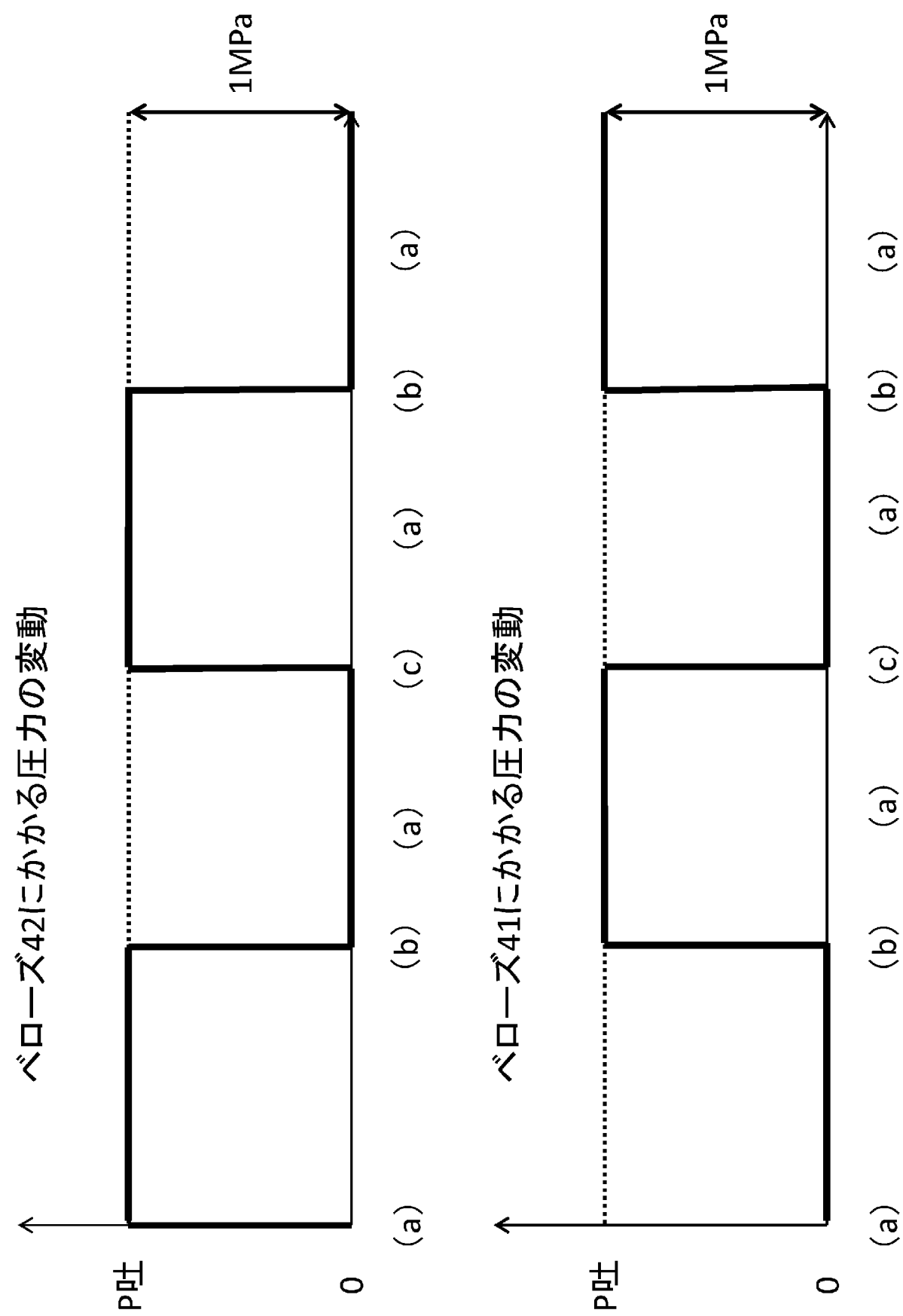
[図1]



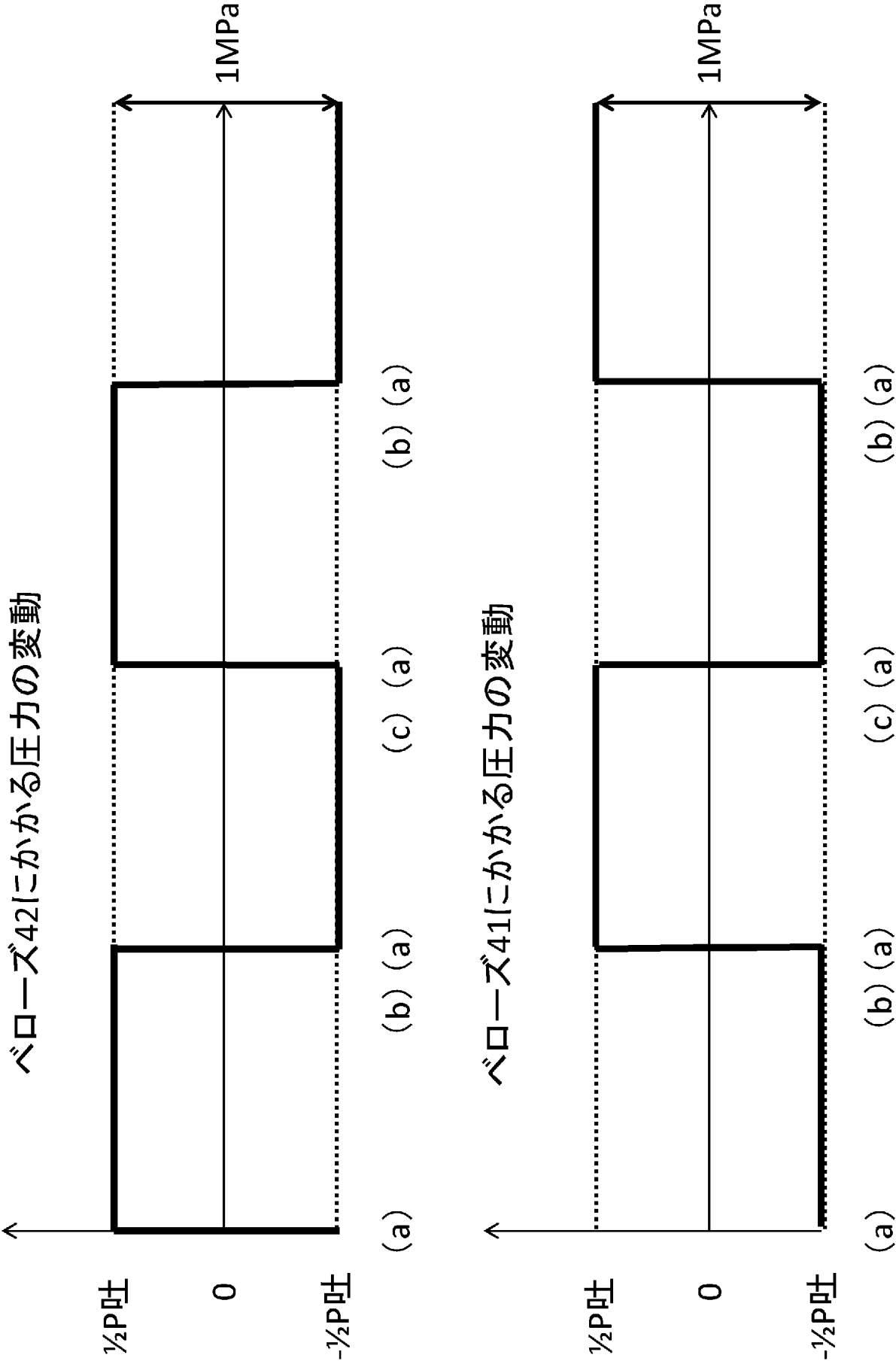
[図2]



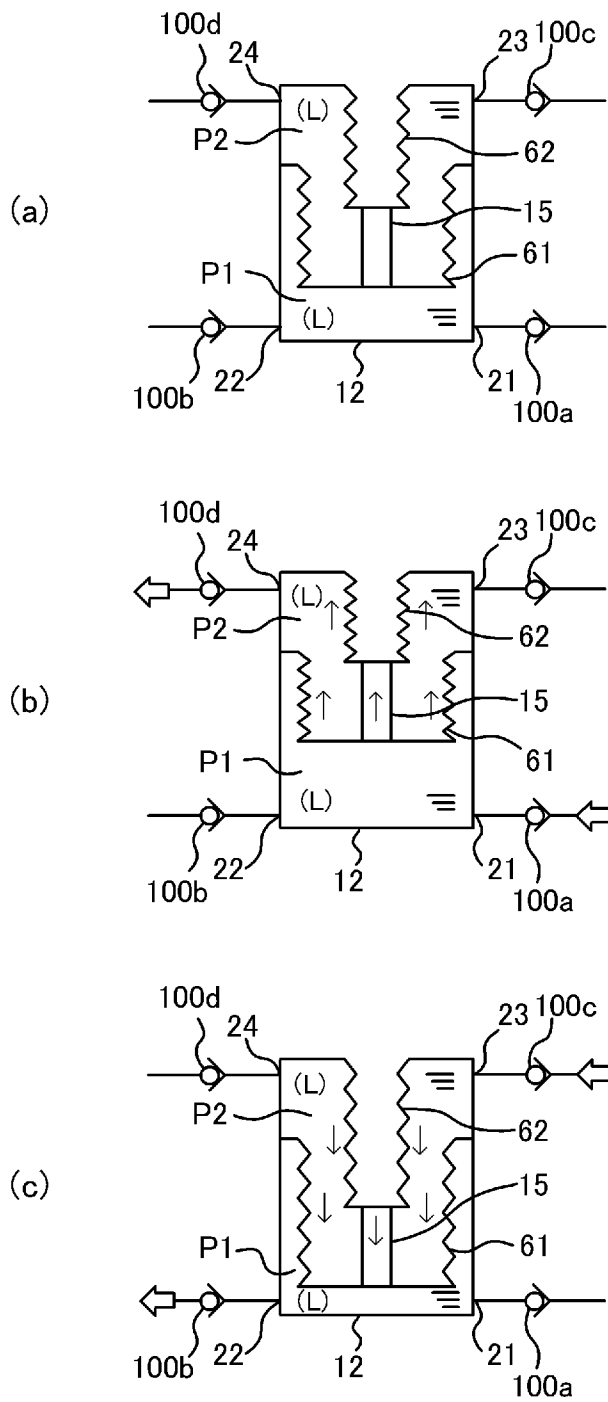
[図3]



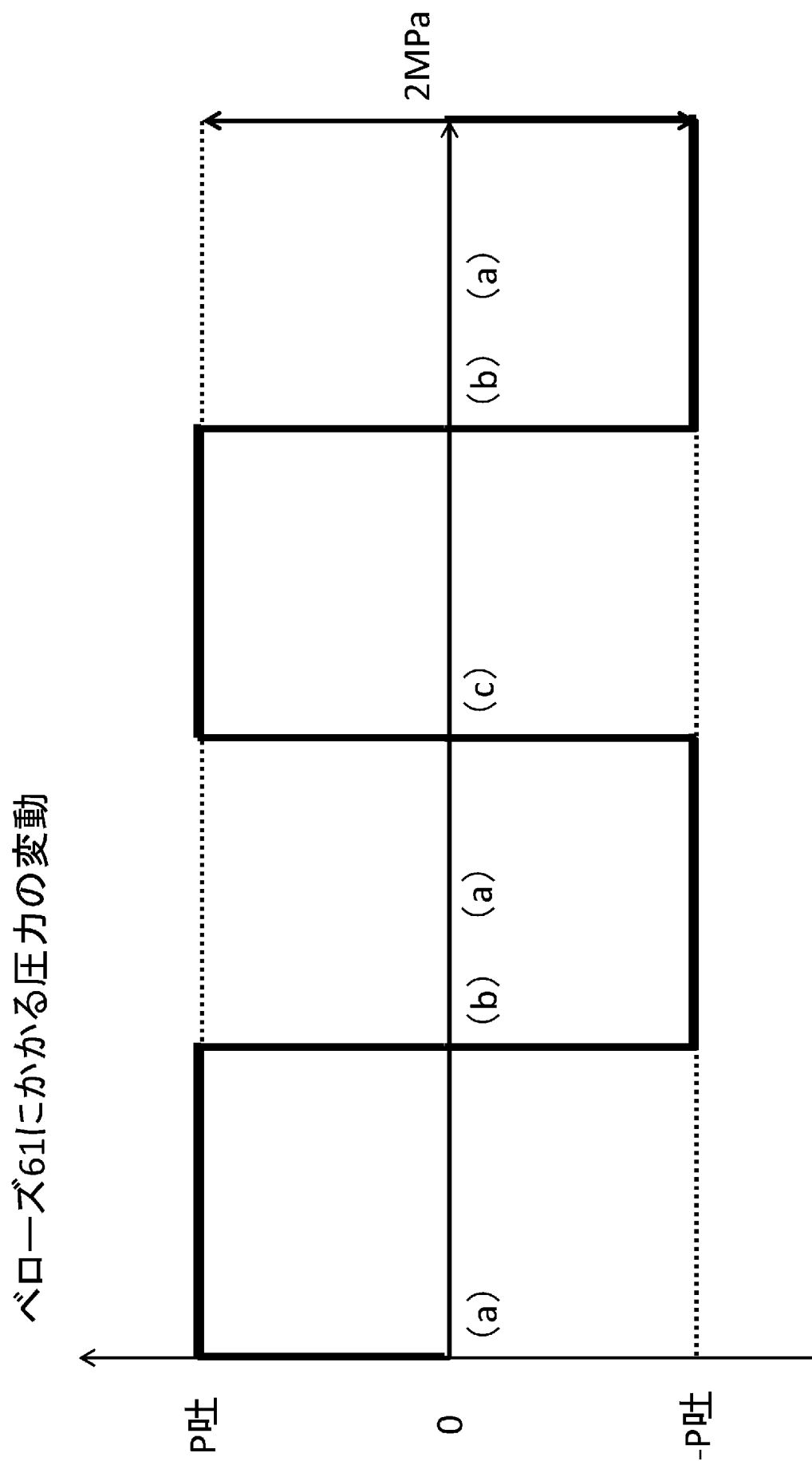
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/069741

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B9/00(2006.01)i, F04B15/08(2006.01)i, F04B43/08(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)

F25B9/00, F04B15/08, F04B43/08

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y	JP 63-194709 A (Kurabo Industries Ltd.), 11 August 1988 (11.08.1988), page 3, upper right column, line 11 to lower left column, line 11; fig. 2 (Family: none)	1-6
Y	JP 61-246559 A (Kagaku Gijutsucho Chokan Kanbo Kaikai Kacho), 01 November 1986 (01.11.1986), page 2, lower right column, line 7 to page 3, lower right column, line 1; fig. 1, 2 (Family: none)	1-6

☒ 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
25 August 2015 (25.08.15)

Date of mailing of the international search report
08 September 2015 (08.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/069741

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2012/124363 A1 (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 20 September 2012 (20.09.2012), paragraphs [0044] to [0047] & US 2014/0054318 A1 & EP 2687793 A1 & CN 103261817 A	3-6
Y	WO 2014/091866 A1 (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 19 June 2014 (19.06.2014), paragraph [0044]; fig. 3, 4 & CN 104641187 A	5, 6
A	JP 10-231784 A (Hitachi, Ltd.), 02 September 1998 (02.09.1998), fig. 5 to 8 (Family: none)	1-6
A	JP 11-30184 A (Noritsu Koki Co., Ltd.), 02 February 1999 (02.02.1999), fig. 3 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F25B9/00(2006.01)i, F04B15/08(2006.01)i, F04B43/08(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（I P C））

Int.Cl. F25B9/00, F04B15/08, F04B43/08

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
Y	JP 63-194709 A（倉敷紡績株式会社）1988.08.11, 第3頁右上欄第11行－左下欄第11行、第2図（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 61-246559 A（科学技術庁長官官房会計課長）1986.11.01, 第2頁右下欄第7行－第3頁右下欄第1行、第1,2図（ファミリーなし）	1-6

☒ 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

2 5 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

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）

塩澤 正和

3 O

3 3 1 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

C (続き) . 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
Y	WO 2012/124363 A1 (イーグル工業株式会社) 2012. 09. 20, 段落[0044]－[0047] & US 2014/0054318 A1 & EP 2687793 A1 & CN 103261817 A	3-6
Y	WO 2014/091866 A1 (イーグル工業株式会社) 2014. 06. 19, 段落[0044], 図 3, 4 & CN 104641187 A	5, 6
A	JP 10-231784 A (株式会社日立製作所) 1998. 09. 02, 図 5-8 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 11-30184 A (ノーリツ鋼機株式会社) 1999. 02. 02, 図 3 (ファミリーなし)	1-6