

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5999200号
(P5999200)

(45) 発行日 平成28年9月28日 (2016.9.28)

(24) 登録日 平成28年9月9日 (2016.9.9)

(51) Int.Cl.	F I
F O 4 B 45/04 (2006.01)	F O 4 B 45/04 F
F O 4 B 45/047 (2006.01)	F O 4 B 45/047 C
F O 4 B 41/06 (2006.01)	F O 4 B 45/04 D
	F O 4 B 45/04 C
	F O 4 B 45/04 H

請求項の数 11 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-22 (P2015-22)	(73) 特許権者	000006231
(22) 出願日	平成27年1月5日 (2015.1.5)		株式会社村田製作所
(62) 分割の表示	特願2013-509808 (P2013-509808) の分割		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
原出願日	平成24年1月25日 (2012.1.25)	(74) 代理人	110000970 特許業務法人 楓国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2015-92082 (P2015-92082A)	(72) 発明者	平田 篤彦 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(43) 公開日	平成27年5月14日 (2015.5.14)	(72) 発明者	神谷 岳 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
審査請求日	平成27年1月5日 (2015.1.5)	(72) 発明者	兒玉 幸治 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
(31) 優先権主張番号	特願2011-87473 (P2011-87473)		
(32) 優先日	平成23年4月11日 (2011.4.11)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体制御装置およびポンプ接続方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1ポンプ室と前記第1ポンプ室を介して互いに連通する第1吸引孔および第1吐出孔とを有する第1ポンプと、

第2ポンプ室と前記第2ポンプ室を介して互いに連通する第2吸引孔および第2吐出孔とを有する第2ポンプと、を備え、

2段の前記第1ポンプ及び前記第2ポンプが直列に接続した流体制御装置において、

前記第1吐出孔および前記第2吸引孔の間を連通する第1流路と、

装置本体の外部に連通する第1連通孔Aと前記第1流路に連通する第1連通孔Bとを有し、前記第1連通孔Aから前記第1連通孔Bへの空気の流入は許容し、前記第1連通孔Bから前記第1連通孔Aへの空気の流出は禁止する第1逆止弁と、

前記第2ポンプの前記第2吐出孔に接続される空気貯蔵部の空気圧を監視し、前記空気圧の上昇に応じて、全ポンプのうち前記空気貯蔵部との接続距離が近いポンプから順番に駆動を開始する制御部と、を備えることを特徴とする流体制御装置。

【請求項2】

前記第1逆止弁は、前記第1連通孔Aと前記第1連通孔Bと前記第1吐出孔および前記第2吸引孔に連通する第1連通孔Cとが形成された第1逆止弁筐体と、前記第1逆止弁筐体内を分割して、前記第1連通孔Aおよび前記第1連通孔Bに連通する第1バルブ室Aと前記第1連通孔Cに連通する第1バルブ室Bとを構成する第1ダイヤフラムと、を有する、請求項1に記載の流体制御装置。

【請求項 3】

第 1 ポンプ室と前記第 1 ポンプ室を介して互いに連通する第 1 吸引孔および第 1 吐出孔とを有する第 1 ポンプと、

第 t ポンプ室と前記第 t ポンプ室を介して互いに連通する第 t 吸引孔および第 t 吐出孔とを有する第 t ポンプと、を備え、

前記 t は 2 から n までの全ての整数であり、前記 n は 3 以上の整数であり、n 段のポンプが直列に接続した、流体制御装置において、

第 t - 1 ポンプの第 t - 1 吐出孔および前記第 t ポンプの前記第 t 吸引孔の間を連通する第 t - 1 流路と、

装置本体の外部に連通する第 t - 1 連通孔 A と、前記第 t - 1 流路に連通する第 t - 1 連通孔 B とを有し、前記第 t - 1 連通孔 A から前記第 t - 1 連通孔 B への空気の流入は許容し、前記第 t - 1 連通孔 B から前記第 t - 1 連通孔 A への空気の流出は禁止する第 t - 1 逆止弁と、

第 n ポンプの第 n 吐出孔に接続される空気貯蔵部の空気圧を監視し、前記空気圧の上昇に応じて、全ポンプのうち前記空気貯蔵部との接続距離が近いポンプから順番に駆動を開始する制御部と、を備える、流体制御装置。

10

【請求項 4】

前記第 t - 1 逆止弁は、前記第 t - 1 連通孔 A と前記第 t - 1 連通孔 B と前記第 t - 1 吐出孔および前記第 t 吸引孔に連通する前記第 t - 1 連通孔 C とが形成された第 t - 1 逆止弁筐体と、前記第 t - 1 逆止弁筐体内を分割して、前記第 t - 1 連通孔 A および前記第 t - 1 連通孔 B に連通する第 t - 1 バルブ室 A と前記第 t - 1 連通孔 C に連通する第 t - 1 バルブ室 B とを構成する第 t - 1 ダイアフラムと、を有する請求項 3 に記載の流体制御装置。

20

【請求項 5】

全ポンプのうち前記空気貯蔵部との接続距離が最も近い最後段のポンプの吐出孔と前記空気貯蔵部との間を接続し、前記空気貯蔵部に充填された空気を急速排気する急速排気部を備え、

前記急速排気部は、

前記最後段のポンプの吐出孔に連通する第 1 の孔と前記空気貯蔵部に連通する第 2 の孔と前記空気貯蔵部および前記第 2 の孔に連通する第 3 の孔とが形成された急速逆止弁筐体と、前記急速逆止弁筐体内を分割して、前記第 1 の孔および前記第 2 の孔に連通する第 1 の室と前記第 3 の孔に連通する第 2 の室とを構成するダイアフラム A と、を有する急速逆止弁と、

30

前記最後段のポンプの吐出孔に連通する第 4 の孔と前記空気貯蔵部に連通する第 5 の孔と装置本体外部に連通する第 6 の孔とが形成された排気弁筐体と、前記排気弁筐体内を分割して、前記第 5 の孔および前記第 6 の孔に連通する第 3 の室と前記第 4 の孔に連通する第 4 の室とを構成するダイアフラム B と、を有する急速排気弁と、を備える、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の流体制御装置。

【請求項 6】

前記ポンプは、周辺部が実質的に拘束されていなくて、中心部から周辺部にかけて屈曲振動するアクチュエータと、前記アクチュエータに近接対向して配置される平面部と、前記平面部のうち前記アクチュエータと対向するアクチュエータ対向領域の中心又は中心付近に配置された 1 つまたは複数の中心通気孔と、を備える、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の流体制御装置。

40

【請求項 7】

前記アクチュエータは円板状である、請求項 6 に記載の流体制御装置。

【請求項 8】

前記アクチュエータ対向領域は、中心又は中心付近が屈曲振動可能な薄板部であり、周辺部が実質的に拘束された厚板部である、請求項 6 又は 7 に記載の流体制御装置。

【請求項 9】

50

前記アクチュエータ対向領域の周辺部分に、1つまたは複数の周辺通気孔を備えた、請求項6から8の何れかに記載の流体制御装置。

【請求項10】

前記アクチュエータは、当該アクチュエータと前記平面部との間に一定の隙間をあけて弾性構造により保持されている、請求項6から9の何れかに記載の流体制御装置。

【請求項11】

第1ポンプ室と前記第1ポンプ室を介して互いに連通する第1吸引孔および第1吐出孔とを有する第1ポンプと、

第tポンプ室と前記第tポンプ室を介して互いに連通する第t吸引孔および第t吐出孔とを有する第tポンプと、を備え、

前記tは2からnまでの全ての整数であり、前記nは2以上の整数であり、n段のポンプを直列に接続した、流体制御装置のポンプ接続方法において、

第t-1ポンプの第t-1吐出孔および前記第tポンプの前記第t吸引孔の間を連通する第t-1流路と、

装置本体の外部に連通する第t-1連通孔Aと、第t-1連通孔Bと第t-1連通孔Cとが形成された第t-1逆止弁筐体と、前記第t-1逆止弁筐体内を分割して、前記第t-1連通孔Aおよび前記第t-1連通孔Bに連通する第t-1バルブ室Aと前記第t-1連通孔Cに連通する第t-1バルブ室Bとを構成する第t-1ダイヤフラムと、を有する第t-1逆止弁と、を備え、

前記第t吸引孔と第t-1吐出孔とを接続し、前記第n吐出孔と空気貯蔵部とを接続し、第t-1吐出孔および前記第t吸引孔と前記第t-1逆止弁の前記第t-1連通孔Bとを接続し、第t-1吐出孔および前記第t吸引孔と前記第t-1逆止弁の前記第t-1連通孔Cとを接続した、ポンプ接続方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ポンプを用いて空気貯蔵部に空気を充填する流体制御装置およびポンプ接続方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1に従来の圧電ポンプが開示されている。

【0003】

図1は特許文献1の圧電ポンプの3次共振モードでのポンピング動作を示す図である。当該圧電ポンプは、ポンプ本体10と、外周部がポンプ本体10に対して固定されたダイヤフラム19と、このダイヤフラム19の中央部に貼り付けられた圧電素子23と、ダイヤフラム19の略中央部と対向するポンプ本体10の部位に形成された第1開口部11と、ダイヤフラム19の中央部と外周部との中間領域又はこの中間領域と対向するポンプ本体の部位に形成された第2開口部12とを備える。ダイヤフラム19は金属板である。圧電素子23は、第1開口部11を覆い、且つ第2開口部12まで達しない大きさに形成されている。

【0004】

圧電素子23は、圧電素子23に所定周波数の電圧を印加することにより、第1開口部11に対向するダイヤフラム19の部分と第2開口部12に対向するダイヤフラム19の部分とを相反方向に屈曲変形する。特許文献1の圧電ポンプは、第2開口部12から流体を吸込み、第1開口部11から吐出するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2008/069264号パンフレット

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献1の圧電ポンプを含む従来のポンプにおいて、例えば血圧計のカフに接続する場合など、ポンプ圧力が不足することがある。この際、例えば、図2に示されるように、圧電ポンプを2つ以上直列に接続することでポンプ圧力を増大させることが考えられる。

【0007】

しかしながら、図2に示すように2個の圧電ポンプ1、2を直列に接続し、エアタンク9に空気を充填する場合、当然のことながら2倍の消費電力が必要となる。2個の圧電ポンプ1、2を直列に接続した場合の最大ポンプ圧力は、1個の圧電ポンプ2をエアタンク9に接続した場合の2倍の圧力まで到達できるが、最大流量は、1個の圧電ポンプ2をエアタンク9に接続した場合と変わらない。

【0008】

そのため、エアタンク9の圧力(空気圧)が低い間は、消費電力が増大しているにも拘わらず、流量が1個の圧電ポンプ2をエアタンク9に接続した場合とほとんど変わらないため、即ちエアタンク9への空気充填速度が増えないため、電力を無駄に消費することになる。そこで、エアタンク9の圧力が低い間は、圧電ポンプ2を1個だけ駆動しておくことも考えられる。しかし、圧電ポンプ2を1個だけ駆動した場合、直列に接続している他方の圧電ポンプ1の流路抵抗が著しく大きいため、ほとんど流量が生じない。特に、圧電ポンプ1、2共に高い圧力を実現しようとした場合、圧電ポンプ1、2内のポンプ室体積は小さくしておく方が好ましく、その結果、流量抵抗は大きくなってしまふ。そのため、圧電ポンプ1、2は、常に2個とも駆動する必要がある。

【0009】

従って、図2に示すように2個の圧電ポンプ1、2を直列に接続し、エアタンク9に空気を充填する場合、エアタンク9の圧力が低い間の電力効率が悪いという問題があった。

【0010】

本発明の目的は、空気貯蔵部の空気圧が低い間の消費電力を削減できる流体制御装置およびポンプ接続方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の流体制御装置は、前記課題を解決するために以下の構成を備えている。

【0012】

(1) 第1ポンプ室と前記第1ポンプ室を介して互いに連通する第1吸引孔および第1吐出孔とを有する第1ポンプと、

第2ポンプ室と前記第2ポンプ室を介して互いに連通する第2吸引孔および第2吐出孔とを有する第2ポンプと、を備え、

2段の前記第1ポンプ及び前記第2ポンプが直列に接続した流体制御装置において、

前記第1吐出孔および前記第2吸引孔の間を連通する第1流路と、

装置本体の外部に連通する第1連通孔Aと前記第1流路に連通する第1連通孔Bとを有し、前記第1連通孔Aから前記第1連通孔Bへの空気の流入は許容し、前記第1連通孔Bから前記第1連通孔Aへの空気の流出は禁止する第1逆止弁と、

前記第2ポンプの前記第2吐出孔に接続される空気貯蔵部の空気圧を監視し、前記空気圧の上昇に応じて、全ポンプのうち前記空気貯蔵部との接続距離が近いポンプから順番に駆動を開始する制御部と、を備える。

【0013】

この構成では、空気貯蔵部に空気の充填を開始するとき、第2ポンプから駆動を開始させる。空気貯蔵部は、例えば血圧測定用のカフである。第2ポンプがポンピング動作を開始すると、外部の空気が第1逆止弁を通過して、第2ポンプの第2ポンプ室へ流入する。そして、空気が第2ポンプの吐出孔から空気貯蔵部へ送出され、空気貯蔵部内の圧力(空気圧)が高まる。

10

20

30

40

50

【0014】

その後、第1ポンプが駆動を開始し、第1ポンプ、第2ポンプがポンピング動作を行うと、空気が第1ポンプの第1ポンプ室を經由して、第1逆止弁を通らずに、第2ポンプ内の第2ポンプ室に流入する。さらに、空気が第2ポンプの第2吐出孔から空気貯蔵部へ送出され、空気貯蔵部内の圧力（空気圧）が目標圧力まで高まる。

【0015】

この構成では、空気貯蔵部の圧力が低い間、第2ポンプだけを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな第1ポンプでなく流路抵抗の小さい第1逆止弁を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。そのため、空気貯蔵部の圧力（空気圧）が低い間、第1ポンプ、第2ポンプの全てを駆動する必要が無く、第2ポンプを駆動するだけで済む。従って、この構成によれば、空気貯蔵部の空気圧が低い間の消費電力を削減できる。

10

【0016】

(2) 前記第1逆止弁は、前記第1連通孔Aと前記第1連通孔Bと前記第1吐出孔および前記第2吸引孔に連通する第1連通孔Cとが形成された第1逆止弁筐体と、前記第1逆止弁筐体内を分割して、前記第1連通孔Aおよび前記第1連通孔Bに連通する第1バルブ室Aと前記第1連通孔Cに連通する第1バルブ室Bとを構成する第1ダイヤフラムと、を有する。

【0017】

この構成では、空気貯蔵部に空気の充填を開始するとき、第2ポンプから駆動を開始させる。空気貯蔵部は、例えば血圧測定用のカフである。第2ポンプがポンピング動作を開始すると、第1逆止弁の第1バルブ室Bの空気が第1連通孔Cから第2ポンプの第2ポンプ室へ流入する。これにより、第1逆止弁では、第1バルブ室Bの圧力が低下し、第1ダイヤフラムが開放して第1連通孔Aと第1連通孔Bとが連通する。この結果、外気が第1逆止弁の第1連通孔Aから吸引され、空気が第1逆止弁の第1連通孔A、第1バルブ室A、及び第1連通孔Bを經由して第2ポンプの第2ポンプ室へ流入する。そして、空気が第2ポンプの第2吐出孔から空気貯蔵部へ送出され、空気貯蔵部内の圧力（空気圧）が高まる。

20

【0018】

その後、第1ポンプが駆動を開始し、第1ポンプ、第2ポンプがポンピング動作を行うと、空気が第1ポンプの第1ポンプ室を經由して第1逆止弁の第1連通孔Cから第1バルブ室Bへ流入する。これにより、第1逆止弁では第1バルブ室Bの圧力が高まり、第1ダイヤフラムが第1連通孔Aと第1連通孔Bの連通を遮断する。この結果、空気が、第1逆止弁を通らずに第1ポンプ内の第1ポンプ室を經由して、第2ポンプ内の第2ポンプ室に流入する。さらに、空気が第2ポンプの第2吐出孔から空気貯蔵部へ送出され、空気貯蔵部内の圧力（空気圧）が目標圧力まで高まる。

30

【0019】

この構成では、空気貯蔵部の圧力が低い間、第2ポンプだけを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな第1ポンプでなく流路抵抗の小さい第1逆止弁を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。そのため、空気貯蔵部の圧力（空気圧）が低い間、第1ポンプ、第2ポンプの全てを駆動する必要が無く、第2ポンプを駆動するだけで済む。

40

【0020】

従って、この構成によれば、空気貯蔵部の空気圧が低い間の消費電力を削減できる。

【0021】

(3) 第1ポンプ室と前記第1ポンプ室を介して互いに連通する第1吸引孔および第1吐出孔とを有する第1ポンプと、

第tポンプ室と前記第tポンプ室を介して互いに連通する第t吸引孔および第t吐出孔とを有する第tポンプと、を備え、

前記tは2からnまでの全ての整数であり、前記nは3以上の整数であり、n段のポンプが直列に接続した、流体制御装置において、

第t-1ポンプの第t-1吐出孔および前記第tポンプの前記第t吸引孔の間を連通す

50

る第 $t - 1$ 流路と、

装置本体の外部に連通する第 $t - 1$ 連通孔 A と、前記第 $t - 1$ 流路に連通する第 $t - 1$ 連通孔 B とを有し、前記第 $t - 1$ 連通孔 A から前記第 $t - 1$ 連通孔 B への空気の流入は許容し、前記第 $t - 1$ 連通孔 B から前記第 $t - 1$ 連通孔 A への空気の流出は禁止する第 $t - 1$ 逆止弁と、

第 n ポンプの第 n 吐出孔に接続される空気貯蔵部の空気圧を監視し、前記空気圧の上昇に応じて、全ポンプのうち前記空気貯蔵部との接続距離が近いポンプから順番に駆動を開始する制御部と、を備える。

【 0 0 2 2 】

(4) 前記第 $t - 1$ 逆止弁は、前記第 $t - 1$ 連通孔 A と前記第 $t - 1$ 連通孔 B と前記第 $t - 1$ 吐出孔および前記第 t 吸引孔に連通する前記第 $t - 1$ 連通孔 C とが形成された第 $t - 1$ 逆止弁筐体と、前記第 $t - 1$ 逆止弁筐体内を分割して、前記第 $t - 1$ 連通孔 A および前記第 $t - 1$ 連通孔 B に連通する第 $t - 1$ バルブ室 A と前記第 $t - 1$ 連通孔 C に連通する第 $t - 1$ バルブ室 B とを構成する第 $t - 1$ ダイアフラムと、を有する。

10

【 0 0 2 3 】

この構成では、例えば $n = 3$ の場合、空気貯蔵部に空気の充填を開始するとき、第 3 ポンプから駆動を開始させる。第 3 ポンプがポンピング動作を開始すると、第 2 逆止弁の第 2 バルブ室 B の空気が第 2 連通孔 C から第 3 ポンプの第 3 ポンプ室へ流入する。これにより、第 2 逆止弁では、第 2 バルブ室 B の圧力が低下し、第 2 ダイアフラムが開放して第 2 連通孔 A と第 2 連通孔 B とが連通する。この結果、外気が第 2 逆止弁の第 2 連通孔 A から吸引され、空気が第 2 逆止弁の第 2 連通孔 A、第 2 バルブ室 A、及び第 2 連通孔 B を経由して第 3 ポンプの第 3 ポンプ室へ流入する。そして、空気が第 3 ポンプの第 3 吐出孔から空気貯蔵部へ送出され、空気貯蔵部内の圧力（空気圧）が高まる。

20

【 0 0 2 4 】

この構成では、空気貯蔵部の圧力が低い間、第 3 ポンプだけを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな第 1 ポンプ、第 2 ポンプでなく流路抵抗の小さい第 2 逆止弁を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。また、第 2 ポンプ、第 3 ポンプを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな第 1 ポンプでなく流路抵抗の小さい第 1 逆止弁を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。そのため、空気貯蔵部の圧力（空気圧）が低い間、第 1 ポンプ、第 2 ポンプ、第 3 ポンプの全てを駆動する必要が無い。

30

【 0 0 2 5 】

従って、この構成によれば、空気貯蔵部の空気圧が低い間の消費電力を大幅に削減できる。

【 0 0 2 6 】

(5) 全ポンプのうち前記空気貯蔵部との接続距離が最も近い最後段のポンプの吐出孔と前記空気貯蔵部との間を接続し、前記空気貯蔵部に充填された空気を急速排気する急速排気部を備え、

前記急速排気部は、

前記最後段のポンプの吐出孔に連通する第 1 の孔と前記空気貯蔵部に連通する第 2 の孔と前記空気貯蔵部および前記第 2 の孔に連通する第 3 の孔とが形成された急速逆止弁筐体と、前記急速逆止弁筐体内を分割して、前記第 1 の孔および前記第 2 の孔に連通する第 1 の室と前記第 3 の孔に連通する第 2 の室とを構成するダイアフラム A と、を有する急速逆止弁と、

40

前記最後段のポンプの吐出孔に連通する第 4 の孔と前記空気貯蔵部に連通する第 5 の孔と装置本体外部に連通する第 6 の孔とが形成された排気弁筐体と、前記排気弁筐体内を分割して、前記第 5 の孔および前記第 6 の孔に連通する第 3 の室と前記第 4 の孔に連通する第 4 の室とを構成するダイアフラム B と、を有する急速排気弁と、を備える。

【 0 0 2 7 】

この構成では、空気貯蔵部に空気の充填を開始するとき、全ポンプのうち空気貯蔵部との接続距離が最も近いポンプから順に駆動を開始させる。上記 (1) に係るこの構成では

50

第2ポンプから駆動を開始し、上記(3)に係るこの構成では第nポンプから駆動を開始する。両者の構成を代表して前者の構成について説明すると、第2ポンプからポンピング動作を開始した場合、第1逆止弁の第1バルブ室Bの空気が第1連通孔Cから第2ポンプの第2ポンプ室へ流入する。これにより、第1逆止弁では、第1バルブ室Bの圧力が低下し、第1ダイヤフラムが開放して第1連通孔Aと第1連通孔Bとが連通する。この結果、外気が第1逆止弁の第1連通孔Aから吸引され、空気が第1逆止弁の第1連通孔A、第1バルブ室A、及び第1連通孔Bを経由して第2ポンプの第2ポンプ室へ流入する。

【0028】

そして、第2ポンプは、空気を第2ポンプの第2吐出孔から急速排気部の急速逆止弁に流入させる。急速排気部の急速逆止弁では、第2ポンプのポンピング動作により第1の孔から第2の孔への順方向の吐出圧力が発生すると、ダイヤフラムAが開放して第1の孔と第2の孔とが連通する。また、急速排気部の急速排気弁では、第2ポンプのポンピング動作により第4の室が昇圧すると、ダイヤフラムBが第5の孔と第6の孔の連通を遮断する。これにより、空気が第2ポンプから急速排気部の急速逆止弁の第1の孔と第2の孔を経由して空気貯蔵部へ送出され、空気貯蔵部内の圧力(空気圧)が高まる。

10

【0029】

その後、第1ポンプが駆動を開始し、第1ポンプ、第2ポンプがポンピング動作を行うと、空気が第1ポンプの第1ポンプ室を経由して第1逆止弁の第1連通孔Cから第1バルブ室Bへ流入する。これにより、第1逆止弁では第1バルブ室Aの圧力が高まり、第1ダイヤフラムが第1連通孔Aと第1連通孔Bの連通を遮断する。この結果、空気が、第1ポンプ内の第1ポンプ室を経由して、第2ポンプ内の第2ポンプ室に流入する。さらに、空気が第2ポンプの第2吐出孔から急速排気部の急速逆止弁の第1の孔と第2の孔を経由して空気貯蔵部へ送出され、空気貯蔵部内の圧力(空気圧)が目標圧力まで高まる。

20

【0030】

次に、空気貯蔵部の空気を排気するとき、流体制御装置は、全ポンプのポンピング動作を停止する。ここで、全ポンプ室と第4の室の体積は空気貯蔵部の収容可能な空気の体積に比べて極めて小さい。そのため、全ポンプのポンピング動作が停止すると、全ポンプ室と第4の室の空気は、第1ポンプの第1吐出孔を経由して第1ポンプの第1吸引孔から流体制御装置の外部へすぐに排気される。この結果、急速排気部の急速排気弁では、ポンプのポンピング動作が停止すると、すぐに第4の室の圧力が第3の室の圧力より低下する。

30

【0031】

第4の室の圧力が第3の室の圧力より低下すると、急速排気部の急速排気弁では、ダイヤフラムBが開放して第5の孔と第6の孔とが連通する。これにより、空気貯蔵部の空気が第5の孔を経由して第6の孔から急速に排気される。

【0032】

従って、この構成によれば、空気貯蔵部に圧縮空気を充填した後に、空気貯蔵部から空気を急速排気することもできる。

【0033】

なお、全ポンプのうち前記空気貯蔵部との接続距離が近いポンプから順番に駆動を開始する制御部を備え、

40

前記制御部は、前記空気貯蔵部の空気圧を監視し、前記空気圧の上昇に応じて、次のポンプの駆動を開始する。

【0034】

この構成では、空気貯蔵部の空気圧の値に基づいて制御部が、駆動を開始するタイミングを各ポンプに指示する。

【0035】

(6)前記ポンプは、周辺部が実質的に拘束されていなくて、中心部から周辺部にかけて屈曲振動するアクチュエータと、

前記アクチュエータに近接対向して配置される平面部と、

前記平面部のうち前記アクチュエータと対向するアクチュエータ対向領域の中心又は中

50

心付近に配置された1つまたは複数の中心通気孔と、
を備える。

【0036】

このように、アクチュエータの周辺部が（勿論中心部も）実質的に拘束されていないので、アクチュエータの屈曲振動に伴う損失が少なく、小型・低背でありながら高い圧力と大きな流量が得られる。

【0037】

（7）前記アクチュエータは円板状とすれば、回転対称形（同心円状）の振動状態となるため、アクチュエータと平面部との間に不要な隙間が発生せず、ポンプとしての動作効率が高まる。

10

【0038】

（8）前記平面部におけるアクチュエータ対向領域のうち、例えば中心又は中心付近が屈曲振動可能な薄板部であり、周辺部が実質的に拘束された厚板部とする。

【0039】

この構造によれば、アクチュエータの振動に伴い、通気孔を中心とした対向面の薄板部分が振動するため、実質的に振動振幅を増すことができ、そのことにより圧力と流量を増加させることができる。

【0040】

（9）前記アクチュエータ対向領域の周辺部分に、1つまたは複数の周辺通気孔を備えれば、アクチュエータ対向領域の周辺部分で発生している正圧を利用することができ、同一

20

【0041】

（10）前記アクチュエータは、当該アクチュエータと前記平面部との間に一定の隙間をあけて弾性構造により保持する構成とすれば、負荷変動に応じてアクチュエータと平面部との隙間を自動的に変化させることができる。たとえばアクチュエータに対して低負荷時には積極的に隙間を確保して流量を増大させることができ、高付加時には連結部がたわんでアクチュエータと平面部との対向領域の隙間が自動的に減少し、高い圧力で動作することが可能である。

【0042】

また、本発明の流体制御装置のポンプ接続方法は、前記課題を解決するために以下の構成を備えている。

30

【0043】

（11）第1ポンプ室と前記第1ポンプ室を介して互いに連通する第1吸引孔および第1吐出孔とを有する第1ポンプと、

第tポンプ室と前記第tポンプ室を介して互いに連通する第t吸引孔および第t吐出孔とを有する第tポンプと、を備え、

前記tは2からnまでの全ての整数であり、前記nは2以上の整数であり、n段のポンプを直列に接続した、流体制御装置のポンプ接続方法において、

第t-1ポンプの第t-1吐出孔および前記第tポンプの前記第t吸引孔の間を連通する第t-1流路と、

40

装置本体の外部に連通する第t-1連通孔Aと、第t-1連通孔Bと第t-1連通孔Cとが形成された第t-1逆止弁筐体と、前記第t-1逆止弁筐体内を分割して、前記第t-1連通孔Aおよび前記第t-1連通孔Bに連通する第t-1バルブ室Aと前記第t-1連通孔Cに連通する第t-1バルブ室Bとを構成する第t-1ダイヤフラムと、を有する第t-1逆止弁と、を備え、

前記第t吸引孔と第t-1吐出孔とを接続し、前記第n吐出孔と空気貯蔵部とを接続し、第t-1吐出孔および前記第t吸引孔と前記第t-1逆止弁の前記第t-1連通孔Bとを接続し、第t-1吐出孔および前記第t吸引孔と前記第t-1逆止弁の前記第t-1連通孔Cとを接続した。

【0044】

50

この構成におけるポンプ接続方法は、本発明の流体制御装置で用いられる。

【0045】

これにより、本発明の流体制御装置と同様の効果を奏する。

【発明の効果】

【0046】

本発明によれば、空気貯蔵部の空気圧が低い間の消費電力を削減できる。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】特許文献1の圧電ポンプのポンピング動作を示す図である。

【図2】一般的な圧電ポンプ1、圧電ポンプ2、及びエアタンク9の接続方法を示すブロック図である。 10

【図3】本発明の第1実施形態の流体制御装置100の主要部の構成を示すブロック図である。

【図4】図3に示す圧電ポンプ101、圧電ポンプ201、逆止弁202、及びエアタンク9の接続方法を示すブロック図である。

【図5】本発明の第1実施形態の流体制御装置100に備えられる圧電ポンプ101、201の分解斜視図である。

【図6】図6(A)は、図5に示す圧電ポンプ101、201の主要部の断面図である。

図6(B)は、図5に示す圧電ポンプ101、201の変形例である圧電ポンプ101、201の主要部の断面図である。 20

【図7】図3に示す逆止弁202の主要部の断面図である。

【図8】図3に示す圧電ポンプ201がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。

【図9】図3に示す圧電ポンプ101、201がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。

【図10】エアタンク9の空気圧の変化を示すグラフである。

【図11】図11(A)は、本発明の第2実施形態の流体制御装置200に備えられる圧電ポンプ101、圧電ポンプ201、圧電ポンプ301、逆止弁202、逆止弁302、及びエアタンク9の接続方法を示すブロック図である。図11(B)は、本発明の第2実施形態の変形例に係る流体制御装置200に備えられる圧電ポンプ101、圧電ポンプ201、圧電ポンプ901、逆止弁202、逆止弁902、及びエアタンク9の接続方法を示すブロック図である。 30

【図12】本発明の第3実施形態の流体制御装置300の主要部の構成を示すブロック図である。

【図13】図12に示す圧電ポンプ201がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。

【図14】図12に示す圧電ポンプ101、201がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。

【図15】図12に示す圧電ポンプ101、201がポンピング動作を停止した直後の空気の流れを示す説明図である。 40

【発明を実施するための形態】

【0048】

《第1実施形態》

本発明の第1実施形態に係る流体制御装置100について以下説明する。

【0049】

図3は、本発明の第1実施形態の流体制御装置100の主要部の構成を示すブロック図である。図4は、図3に示す圧電ポンプ101、圧電ポンプ201、逆止弁202、及びエアタンク9の接続方法を示すブロック図である。流体制御装置100は、圧電ポンプ101と圧電ポンプ201と逆止弁202と制御部111とを備え、エアタンク9に接続される。 50

【 0 0 5 0 】

流体制御装置 1 0 0 の筐体 1 1 0 には、エアタンク 9 のゴム管 9 A に連通させる接続口 1 0 6 A と、筐体 1 1 0 外部の空気を吸引するための吸引口 1 0 7 A、1 0 7 B と、が形成されている。

【 0 0 5 1 】

圧電ポンプ 1 0 1 及び圧電ポンプ 2 0 1 は、逆止弁 2 0 2 を介して直列にエアタンク 9 に接続される。

【 0 0 5 2 】

制御部 1 1 1 は、例えばマイクロコンピュータで構成され、装置本体の各部の動作を制御する。制御部 1 1 1 は、全圧電ポンプのうちエアタンク 9 との接続距離が近い圧電ポンプから順番に駆動を開始する。制御部 1 1 1 は、エアタンク 9 内の圧力（空気圧）を監視し、空気圧の上昇に応じて、次段の圧電ポンプの駆動を開始する。

10

【 0 0 5 3 】

以上の構成において、流体制御装置 1 0 0 は、詳細を後述するが、エアタンク 9 に圧縮空気を充填するとき、まず圧電ポンプ 2 0 1 だけを駆動する。圧電ポンプ 2 0 1 のポンピング動作により、吸引口 1 0 7 B から外気が逆止弁 2 0 2 を介して吸引され、空気が圧電ポンプ 2 0 1 の吐出孔 5 5 からエアタンク 9 へ送出し、エアタンク 9 内の圧力（空気圧）を高める。その後、エアタンク 9 の空気圧が一定圧力を超えると、流体制御装置 1 0 0 は、圧電ポンプ 1 0 1 を駆動する。圧電ポンプ 1 0 1、2 0 1 のポンピング動作により、吸引口 1 0 7 A から外気が吸引され、空気が圧電ポンプ 1 0 1 内のポンプ室 4 5 を経由して、逆止弁 2 0 2 を経由せずに圧電ポンプ 2 0 1 内のポンプ室 4 5 に流入する。さらに、空気は圧電ポンプ 2 0 1 の吐出孔 5 5 からエアタンク 9 へ送られ、エアタンク 9 内の圧力（空気圧）を目標圧力まで高める。

20

【 0 0 5 4 】

ここで、圧電ポンプ 1 0 1、2 0 1 と逆止弁 2 0 2 との構造について詳述する。まず、図 3、図 5、図 6 を用いて圧電ポンプ 1 0 1、2 0 1 の構造について詳述する。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、本発明の第 1 実施形態の流体制御装置 1 0 0 に備えられる圧電ポンプ 1 0 1、2 0 1 の分解斜視図である。図 6 (A) は、図 5 に示す圧電ポンプ 1 0 1、2 0 1 の主要部の断面図である。圧電ポンプ 1 0 1 は、基板 9 1、平面部 5 1、スペーサ 5 3 A、補強板 4 3、振動板ユニット 6 0、圧電素子 4 2、スペーサ 5 3 B、電極導通用板 7 0、スペーサ 5 3 C 及び蓋部 5 4 を備え、それらを順に積層した構造を有している。圧電ポンプ 2 0 1 は、圧電ポンプ 1 0 1 と同じ構造を有しているため、説明を省略する。

30

【 0 0 5 6 】

円板状の振動板 4 1 の上面には圧電素子 4 2 が貼着され、振動板 4 1 の下面には補強板 4 3 が貼着されて、振動板 4 1 と圧電素子 4 2 と補強板 4 3 とによって円板状のアクチュエータ 4 0 が構成される。ここで、振動板 4 1 を圧電素子 4 2 および補強板 4 3 よりも線膨張係数の大きな金属板としておき、接着時に加熱硬化させることにより、全体が反ることなく、圧電素子 4 2 に適切な圧縮応力を残留させることができ、圧電素子 4 2 の割れを防止できる。例えば、振動板 4 1 をリン青銅 (C 5 2 1 0) やステンレススチール S U S 3 0 1 など線膨張係数の大きな材料とし、補強板 4 3 を 4 2 ニッケルまたは 3 6 ニッケルまたはステンレススチール S U S 4 3 0 などとするのがよい。例えば、圧電素子 4 2 は、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスなどで形成するのがよい。この場合スペーサ 5 3 B の厚さは、圧電素子 4 2 の厚さと同じか、少し厚くしておくといよい。

40

【 0 0 5 7 】

なお、振動板 4 1、圧電素子 4 2、補強板 4 3 については、上から圧電素子 4 2、補強板 4 3、振動板 4 1 の順に配置してもよい。この場合も圧電素子 4 2 に適切な圧縮応力が残留するように、補強板 4 3、振動板 4 1 の材質を逆にすることで線膨張係数が調整されている。

【 0 0 5 8 】

50

振動板 4 1 の周囲には振動板支持枠 6 1 が設けられていて、振動板 4 1 は振動板支持枠 6 1 に対して連結部 6 2 で連結されている。連結部 6 2 は細いリング状に形成されたものであり、小さなバネ定数の弾性をもたせて弾性構造としている。したがって振動板 4 1 は二つの連結部 6 2 で振動板支持枠 6 1 に対して 2 点で柔軟に支持されている。そのため、振動板 4 1 の屈曲振動を殆ど妨げない。すなわち、アクチュエータ 4 0 の周辺部が（勿論中心部も）実質的に拘束されていない状態となっている。なお、スペーサ 5 3 A は平面部 5 1 と一定の隙間をあけてアクチュエータ 4 0 を保持するために設けられる。振動板支持枠 6 1 には電氣的に接続するための外部端子 6 3 が形成されている。

【 0 0 5 9 】

振動板 4 1、振動板支持枠 6 1、連結部 6 2 及び外部端子 6 3 は金属板の打ち抜き加工により成形されていて、これらによって振動板ユニット 6 0 が構成されている。

10

【 0 0 6 0 】

振動板支持枠 6 1 の上面には、樹脂製のスペーサ 5 3 B が接着固定されている。スペーサ 5 3 B の厚さは圧電素子 4 2 と同じか少し厚く、ポンプ筐体 8 0 の一部を構成するとともに、次に述べる電極導通用板 7 0 と振動板ユニット 6 0 とを電氣的に絶縁する。

【 0 0 6 1 】

スペーサ 5 3 B の上には、金属製の電極導通用板 7 0 が接着固定されている。電極導通用板 7 0 は、ほぼ円形に開口した枠部位 7 1 と、この開口内に突出する内部端子 7 3 と、外部へ突出する外部端子 7 2 とで構成されている。

【 0 0 6 2 】

20

内部端子 7 3 の先端は圧電素子 4 2 の表面にはんだ付けされる。はんだ付け位置をアクチュエータ 4 0 の屈曲振動の節に相当する位置とすることにより内部端子 7 3 の振動は抑制できる。

【 0 0 6 3 】

電極導通用板 7 0 の上には、樹脂製のスペーサ 5 3 C が接着固定される。スペーサ 5 3 C はここでは圧電素子 4 2 と同程度の厚さを有する。スペーサ 5 3 C は、アクチュエータが振動したときに、内部端子 7 3 のはんだ部分が、蓋部 5 4 に接触しないようにするためのスペーサである。また、圧電素子 4 2 表面が蓋部 5 4 に過度に接近して、空気抵抗により振動振幅の低下するのを防止する。そのため、スペーサ 5 3 C の厚さは、前述の通り、圧電素子 4 2 と同程度の厚さであればよい。

30

【 0 0 6 4 】

蓋部 5 4 はスペーサ 5 3 C の上部に被せられ、アクチュエータ 4 0 の周囲を覆う。そのため、中心通気孔 5 2 を通して吸引された流体は吐出孔 5 5 から吐出される。吐出孔 5 5 は蓋部 5 4 の中心に設けてもよいが、蓋部 5 4 を含むポンプ筐体 8 0 内の正圧を開放する吐出孔であるので、蓋部 5 4 の中心に設ける必要はない。

【 0 0 6 5 】

一方、平面部 5 1 の中心には中心通気孔 5 2（吸引孔）が形成されている。この平面部 5 1 と振動板ユニット 6 0 との間に、補強板 4 3 の厚みへ数 10 μm 程度加えたスペーサ 5 3 A が挿入されている。このように、スペーサ 5 3 A が存在しても、振動板 4 1 は振動板支持枠 6 1 に拘束されているわけではないので、負荷変動に応じて隙間は自動的に変化する。但し、連結部 6 2（バネ端子）の拘束の影響を多少は受けるので、このようにスペーサ 5 3 A を挿入することで、低負荷時には積極的に隙間を確保して流量を増大することができる。また、スペーサ 5 3 A を挿入した場合でも、高負荷時には連結部 6 2（バネ端子）がたわんで、アクチュエータ 4 0 と平面部 5 1 との対向領域の隙間が自動的に減少し、高い圧力で動作することが可能である。

40

【 0 0 6 6 】

なお、図 5 に示した例では、連結部 6 2 を二箇所にしたが、三箇所以上に設けてもよい。連結部 6 2 はアクチュエータ 4 0 の振動を妨げるものではないが、振動に多少の影響を与えるため、例えば三箇所でも連結（保持）することにより、より自然な保持が可能となり、圧電素子の割れを防止することもできる。

50

【0067】

また、図6(B)に示すように、アクチュエータ対向領域の周辺部分に、1つまたは複数の周辺通気孔56A、56Bを設けても構わない。ここで、アクチュエータ対向領域の隙間の圧力は、中心部、周辺部ともに、アクチュエータ40の屈曲振動に伴い刻々と変動するが、時間平均して見れば、中心部では負圧を発生し、周辺部ではそれに対抗して釣り合う正圧を発生している。そこで、アクチュエータ対向領域の周辺部に周辺通気孔56A、56Bを設ければ、周辺部で発生している正圧を利用することができ、同一面で吸引/吐出が可能となる。そのため、周辺通気孔56A、56Bをそのまま圧電ポンプ101の吐出孔としてもよいし、周辺通気孔56A、56Bを別に設ける吐出孔に連通させて集中排気する構成にしてもよい。

10

【0068】

平面部51の下部には、中心に円柱形の開口部92が形成された基板91が設けられている。平面部51の一部は基板91の開口部92で露出する。この円形の露出部は、アクチュエータ40の振動に伴う圧力変動により、アクチュエータ40と実質的に同一周波数で振動することができる。この平面部51と基板91との構成により、平面部51のアクチュエータ対向領域の中心又は中心付近は屈曲振動可能な薄板部であり、周辺部は実質的に拘束された厚板部となる。この円形の薄板部の固有振動数は、アクチュエータ40の駆動周波数と同一か、やや低い周波数になるように設計している。

【0069】

従って、外部端子63、72に駆動電圧が印加されると、アクチュエータ40が同心円状に屈曲振動し、アクチュエータ40の振動に呼応して、中心通気孔52を中心とした平面部51の露出部(薄板部)も大きな振幅で振動する。平面部51の振動位相がアクチュエータ40の振動位相よりも遅れた(例えば90°遅れの)振動となれば、平面部51とアクチュエータ40との間の隙間空間の厚さ変動が実質的に増加する。そのことによってポンプの能力をより向上させることができる。

20

【0070】

ここで、圧電ポンプ101及び圧電ポンプ201は、図3、図4に示すように、直列にエアタンク9に接続される。詳述すると、圧電ポンプ101の中心通気孔52は、外気を取り込むための吸引口107Aに連通し、圧電ポンプ101の吐出孔55は、圧電ポンプ201の中心通気孔52に連通する。また、圧電ポンプ201の吐出孔55は、接続口106Aに連通する。

30

【0071】

次に、逆止弁202の構造について詳述する。

【0072】

図7は、本発明の第1実施形態に係る流体制御装置100に備えられる逆止弁202の主要部の断面図である。逆止弁202は、円筒状の逆止弁筐体21と円状の薄膜からなるダイヤフラム108Aとを有する。

【0073】

逆止弁筐体21には、外気を取り込むための吸引口107Bに連通する第1連通孔24と、圧電ポンプ101の吐出孔55および圧電ポンプ201の中心通気孔52(吸引孔)に連通する第2連通孔22と、圧電ポンプ101の吐出孔55および圧電ポンプ201の中心通気孔52に連通する第3連通孔27と、第2連通孔22の周縁からダイヤフラム108A側へ突出した弁座20と、が形成されている。

40

【0074】

ダイヤフラム108Aは、弁座20に接触して逆止弁筐体21に固定されている。また、ダイヤフラム108Aは、逆止弁筐体21内を分割して、第1連通孔24に連通するリング状の第1バルブ室23と第3連通孔27に連通する第2バルブ室26とを構成する。ダイヤフラム108Aの材質は、例えばエチレンプロピレンゴムまたはシリコンゴム等の弾性部材である。

【0075】

50

弁座 20 は、ダイヤフラム 108A を与圧するよう逆止弁筐体 21 に形成されている。
【0076】

以上の構造において逆止弁 202 は、第 1 バルブ室 23 と第 2 バルブ室 26 との圧力差によって、ダイヤフラム 108A が弁座 20 に対して接触または離間し、弁を開閉する。
なお、逆止弁 202 は本発明の「第 1 逆止弁」に対応する。逆止弁 202 の第 1 連通孔 24 は本発明の「第 1 連通孔 A」に対応する。逆止弁 202 の第 2 連通孔 22 は本発明の「第 1 連通孔 B」に対応する。逆止弁 202 の第 3 連通孔 27 は本発明の「第 1 連通孔 C」に対応する。逆止弁 202 の逆止弁筐体 21 は本発明の「第 1 逆止弁筐体」に対応する。逆止弁 202 のダイヤフラム 108A は本発明の「第 1 ダイヤフラム」に対応する。逆止弁 202 の第 1 バルブ室 23 は本発明の「第 1 バルブ室 A」に対応する。逆止弁 202 の第 2 バルブ室 26 は本発明の「第 1 バルブ室 B」に対応する。

10

【0077】

ここで、空気充填時における流体制御装置 100 の動作について説明する。

【0078】

図 8 は、図 3 に示す圧電ポンプ 201 がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。図 9 は、図 3 に示す圧電ポンプ 101、201 がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。図 10 は、エアタンク 9 の空気圧の変化を示すグラフである。

【0079】

制御部 111 は、空気の充填を開始するとき、全ポンプのうちエアタンク 9 との接続距離が近い圧電ポンプ 201 から駆動を開始させる（図 8 参照）。圧電ポンプ 201 がポンピング動作を開始すると、第 2 バルブ室 26 の空気が第 3 連通孔 27 から圧電ポンプ 201 のポンプ室 45 へ流入する。これにより、逆止弁 202 では、第 2 バルブ室 26 の圧力が低下し、ダイヤフラム 108A が開放して第 1 連通孔 24 と第 2 連通孔 22 とが連通する。この結果、外気が吸引口 107B から吸引され、空気が逆止弁 202 の第 1 連通孔 24、第 1 バルブ室 23、及び第 2 連通孔 22 を経由して圧電ポンプ 201 のポンプ室 45 へ流入する。そして、空気が圧電ポンプ 201 の吐出孔 55 からエアタンク 9 へ送出され、エアタンク 9 内の圧力（空気圧）が高まる。

20

【0080】

圧電ポンプ 201 がポンピング動作を行っている間、制御部 111 は、図 10 に示す圧電ポンプ 201 の吐出圧力であるポンプ圧力をエアタンク 9 の空気圧として監視する。そして、ポンプ圧力が一定圧力 P_{th} （この実施形態では 15 kPa）を超えたと判定した時、制御部 111 は、次の圧電ポンプ 101 の駆動を開始させる（図 9 参照）。

30

【0081】

圧電ポンプ 101 も駆動を開始し、圧電ポンプ 101、201 がポンピング動作を行うと、外気が吸引口 107A から吸引され、空気が圧電ポンプ 101 のポンプ室 45 を経由して逆止弁 202 の第 2 バルブ室 26 へ流入する。これにより、逆止弁 202 では第 2 バルブ室 26 の圧力が高まり、ダイヤフラム 108A が弁座 20 に当接して第 2 連通孔 22 をシールする。この結果、外気が吸引口 107A から吸引され、圧電ポンプ 101 内のポンプ室 45 を経由して、逆止弁 202 を経由せず、圧電ポンプ 201 内のポンプ室 45 へ流入する。そして、空気が圧電ポンプ 201 の吐出孔 55 からエアタンク 9 へ送出され、エアタンク 9 内の圧力（空気圧）が目標圧力まで高まる（図 10 参照）。

40

【0082】

以上の構成では、エアタンク 9 の圧力が低い間、圧電ポンプ 201 だけを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな圧電ポンプ 101 でなく流路抵抗の小さい逆止弁 202 を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。そのため、エアタンク 9 の圧力（空気圧）が低い間、全ての圧電ポンプ 101、201 を駆動する必要が無く、圧電ポンプ 201 を駆動するだけで済む。

【0083】

従って、この実施形態の流体制御装置 100 によれば、エアタンク 9 の空気圧が低い間

50

の消費電力を削減できる。

【0084】

《第2実施形態》

図11(A)は、本発明の第2実施形態の流体制御装置200に備えられる圧電ポンプ101、逆止弁202、圧電ポンプ201、逆止弁302、圧電ポンプ301、及びエアタンク9の接続方法を示すブロック図である。

【0085】

この実施形態の流体制御装置200は、圧電ポンプ301と逆止弁302とを備える点で流体制御装置100と相違する。その他の構成については同じである。

【0086】

圧電ポンプ301は、図5、図6(A)に示す圧電ポンプ101と同じ構造を有している。圧電ポンプ301は、逆止弁302を介して圧電ポンプ201と直列に接続される。具体的には、圧電ポンプ201の吐出孔55は、圧電ポンプ301の中心通気孔52に連通し、圧電ポンプ301の吐出孔55は、接続口106Aに連通する。

【0087】

逆止弁302は、図7に示す逆止弁202と同じ構造を有している。ただし、逆止弁筐体21の第2連通孔22は、圧電ポンプ201の吐出孔55および圧電ポンプ301の中心通気孔52に連通する。また、逆止弁筐体21の第3連通孔27は、圧電ポンプ201の吐出孔55および圧電ポンプ301の中心通気孔52に連通する。

【0088】

制御部111は、全圧電ポンプのうちエアタンク9との接続距離が近い圧電ポンプ301から順番に駆動を開始する。制御部111は、圧電ポンプ301のポンプ圧力をエアタンク9の空気圧として監視し、空気圧の上昇に応じて、次段の圧電ポンプの駆動を開始する。例えば、圧電ポンプ301だけがポンピング動作を行っている間に、ポンプ圧力が15kPaを超えたと判定した時、制御部111は、次の圧電ポンプ201の駆動を開始させる。そして、圧電ポンプ301、201がポンピング動作を行っている間に、ポンプ圧力が30kPaを超えたと判定した時、制御部111は、次の圧電ポンプ101の駆動を開始させる。

【0089】

以上の構成では、エアタンク9の圧力が低い間、圧電ポンプ301だけを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな圧電ポンプ101、201でなく流路抵抗の小さい逆止弁302を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。また、圧電ポンプ201、301を駆動した場合でも、流路抵抗の大きな圧電ポンプ101でなく流路抵抗の小さい逆止弁202を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。そのため、エアタンク9の圧力(空気圧)が低い間、全ての圧電ポンプ101、201、301を駆動する必要が無い。

【0090】

従って、この実施形態の流体制御装置200によれば、流体制御装置100と同様の効果を奏する。

【0091】

また、以上より、図11(B)に示すようにn段の圧電ポンプを直列に接続した場合でも、流体制御装置100と同様の効果を奏する。

【0092】

図11(B)は、本発明の第2実施形態の変形例に係る流体制御装置200に備えられる圧電ポンプ101、逆止弁202、圧電ポンプ201、逆止弁902、圧電ポンプ901、及びエアタンク9の接続方法を示すブロック図である。この図では、圧電ポンプ101を第1ポンプと、圧電ポンプ201を第2ポンプと、n段目の圧電ポンプ901を第nポンプと、表記している。逆止弁902はn-1段目の逆止弁である。

【0093】

この構成において、流体制御装置200は、第1ポンプ101と、第tポンプと、第t-1逆止弁と、を備える。ここで、tは2からnまでの整数である。そして、流体制御

10

20

30

40

50

装置 200 では、第 t ポンプの第 t 吸引孔と第 t - 1 ポンプの第 t - 1 吐出孔とが連通し、第 n ポンプの第 n 吐出孔とエアタンク 9 とが連通し、第 t - 1 ポンプの第 t - 1 吐出孔および第 t ポンプの第 t 吸引孔と第 t - 1 逆止弁の第 2 連通孔 22 とが連通し、第 t - 1 ポンプの第 t - 1 吐出孔および第 t ポンプの第 t 吸引孔と第 t - 1 逆止弁の第 3 連通孔 27 とが連通する。

【0094】

以上の構成では、エアタンク 9 の圧力が低い間、第 n ポンプだけを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな第 1 ポンプから第 n - 1 ポンプまででなく流路抵抗の小さい第 n - 1 逆止弁を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。そのため、エアタンク 9 の圧力（空気圧）が低い間、第 1 ポンプ、第 2 ポンプ、・・・、第 n ポンプの全てを駆動する必要が無い。

10

【0095】

したがって、図 11 (B) に示すように n 段の圧電ポンプを直列に接続した場合でも、流体制御装置 100 と同様の効果を奏する。

【0096】

《第 3 実施形態》

図 12 は、本発明の第 3 実施形態の流体制御装置 300 の主要部の構成を示すブロック図である。この実施形態の流体制御装置 300 は、急速排気が可能な急速排気部 309 を備える点で流体制御装置 100 と相違し、その他の構成については同じである。そのため、流体制御装置 300 は、圧縮空気を充填した後に急速排気が必要な血圧測定用のカフ 109 に接続するのに好適な装置である。急速排気部 309 は、逆止弁 102 と排気弁 103 と排気口 106 B とで構成され、最後段のポンプ 201 とカフ 109 との間を接続する。

20

【0097】

この実施形態では、流体制御装置 300 の筐体 310 の接続口 106 A に、カフ 109 のゴム管 109 A が接続される。また、流体制御装置 300 の筐体 310 には、カフ 109 の空気を排気するための排気口 106 B がさらに形成されている。

【0098】

ここで、急速排気部 309 の逆止弁 102 及び排気弁 103 の構造について詳述する。まず、逆止弁 102 の構造について図 12 を参照しながら詳述する。

30

【0099】

逆止弁 102 の構造は、図 7 に示す逆止弁 202 の構造と同じである。ただし、逆止弁 102 の第 1 連通孔 24 は圧電ポンプ 201 の吐出孔 55 に連通する。また、逆止弁 102 の第 2 連通孔 22 はカフ 109 に連通する。また、逆止弁 102 の第 3 連通孔 27 は、第 2 連通孔 22 およびカフ 109 に連通する。なお、逆止弁 102 は本発明の「急速逆止弁」に対応する。逆止弁 102 の第 1 連通孔 24 は本発明の「第 1 の孔」に対応する。逆止弁 102 の第 2 連通孔 22 は本発明の「第 2 の孔」に対応する。逆止弁 102 の第 3 連通孔 27 は本発明の「第 3 の孔」に対応する。逆止弁 102 の逆止弁筐体 21 は本発明の「急速逆止弁筐体」に対応する。逆止弁 102 のダイヤフラム 108 A は本発明の「ダイヤフラム A」に対応する。逆止弁 102 の第 1 バルブ室 23 は本発明の「第 1 の室」に対応する。逆止弁 102 の第 2 バルブ室 26 は本発明の「第 2 の室」に対応する。

40

【0100】

次に、排気弁 103 の構造について図 12 を参照しながら詳述する。

【0101】

排気弁 103 は、円筒状の排気弁筐体 31 と円状の薄膜からなるダイヤフラム 108 B とを有する。

【0102】

排気弁筐体 31 には、圧電ポンプ 201 の吐出孔 55 に連通する第 4 連通孔 37 と、カフ 109 に連通する第 5 連通孔 34 と、流体制御装置 300 外部に連通する第 6 連通孔 32 と、第 6 連通孔 32 の周縁からダイヤフラム 108 B 側へ突出した弁座 30 と、が形成

50

されている。

【0103】

ダイヤフラム108Bは、弁座30に接触して排気弁筐体31に固定されている。また、ダイヤフラム108Bは、排気弁筐体31内を分割して、第4連通孔37に連通する第4バルブ室36と第5連通孔34に連通するリング状の第3バルブ室33とを構成する。ダイヤフラム108Bの材質は、例えばエチレンプロピレンゴムまたはシリコンゴム等の弾性部材である。

【0104】

以上の構造において排気弁103は、第4バルブ室36と第3バルブ室33との圧力差によってダイヤフラム108Bが弁座30に対して接触または離間し、弁を開閉する。なお、排気弁103は本発明の「急速排気弁」に対応する。排気弁103の第4連通孔37は本発明の「第4の孔」に対応する。排気弁103の第5連通孔34は本発明の「第5の孔」に対応する。排気弁103の第6連通孔32は本発明の「第6の孔」に対応する。排気弁103の排気弁筐体31は本発明の「排気弁筐体」に対応する。排気弁103のダイヤフラム108Bは本発明の「ダイヤフラムB」に対応する。排気弁103の第3バルブ室33は本発明の「第3の室」に対応する。排気弁103の第4バルブ室36は本発明の「第4の室」に対応する。

【0105】

ここで、血圧測定時における流体制御装置300の動作について説明する。

【0106】

図13は、図12に示す圧電ポンプ201がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。図14は、図12に示す圧電ポンプ101、201がポンピング動作を行っている時の空気の流れを示す説明図である。図15は、図12に示す圧電ポンプ101、201がポンピング動作を停止した直後の空気の流れを示す説明図である。

【0107】

制御部111は、血圧の測定を開始するとき、全ポンプのうちカフ109との接続距離が近い圧電ポンプ201から順に駆動を開始させる(図13参照)。圧電ポンプ201がポンピング動作を開始すると、逆止弁202の第2バルブ室26の空気が第3連通孔27から圧電ポンプ201の中心通気孔52を介してポンプ室45へ流入する。これにより、逆止弁202では、第2バルブ室26の圧力が低下し、ダイヤフラム108Aが開放して第1連通孔24と第2連通孔22とが連通する。この結果、外気が吸引口107Bから吸引され、空気が逆止弁202の第1連通孔24、第1バルブ室23、及び第2連通孔22を経由して圧電ポンプ201のポンプ室45へ流入する。

【0108】

そして、圧電ポンプ201は、空気を圧電ポンプ201の吐出孔55から急速排気部309の逆止弁102に流入させる。逆止弁102では、圧電ポンプ201のポンピング動作により第1連通孔24から第2連通孔22への順方向の吐出圧力が発生すると、ダイヤフラム108Aが開放して第1連通孔24と第2連通孔22とが連通する。また、急速排気部309の排気弁103では、圧電ポンプ201のポンピング動作により第4バルブ室36が昇圧すると、ダイヤフラム108Bが第6連通孔32をシールする。これにより、空気が圧電ポンプ201から逆止弁102の第1連通孔24と第2連通孔22を経由してカフ109へ送出され、カフ109内の圧力(空気圧)が高まる(図10参照)。

【0109】

なお、流体制御装置300は、急速排気部309における逆止弁102の第2連通孔22と第3連通孔27とが連通した構造となっている。また、逆止弁102は、第2連通孔22を中心に第1連通孔24を外周に形成した形状を有している。これにより、逆止弁102の第1連通孔24を経由して第2連通孔22から流出する空気は、圧電ポンプ201の吐出圧力より若干低い圧力となって、第3連通孔27から第2バルブ室26に流入する。一方、第1バルブ室23には圧電ポンプ201の吐出圧力が印加される。この結果、逆止弁102では第1バルブ室23の圧力が第2バルブ室26の圧力より若干勝り、逆止弁

10

20

30

40

50

102ではダイヤフラム108Aを開放した状態が維持される。また、第1バルブ室23と第2バルブ室26との圧力差が小さいため、当該圧力差が極端に偏ることもなく、ダイヤフラム108Aが破損するのを防ぐこともできる。

【0110】

また、流体制御装置300は、急速排気部309における逆止弁102の第2連通孔22と排気弁103の第5連通孔34とが連通した構造となっている。また、排気弁103は、第6連通孔32を中心に連通孔34を外周に形成した形状を有している。これにより、逆止弁102の第1連通孔24を経由して第2連通孔22から流出する空気は、圧電ポンプ201の吐出圧力より若干低い圧力となって、連通孔34から排気弁103の第3バルブ室33に流入する。一方、第4バルブ室36には圧電ポンプ201の吐出圧力が印加される。この結果、排気弁103では第4バルブ室36の圧力が第3バルブ室33より若干勝り、排気弁103ではダイヤフラム108Bを閉じた状態が維持される。また、第4バルブ室36と第3バルブ室33との圧力差が小さいため、当該圧力差が極端に偏ることもなく、ダイヤフラム108Bが破損するのを防ぐこともできる。

【0111】

圧電ポンプ201がポンピング動作を行っている間、制御部111は、図10に示す圧電ポンプ201のポンプ圧力をカフ109の空気圧として監視する。そして、ポンプ圧力が一定圧力（この実施形態では15kPa）を超えたと判定した時、制御部111は、次の圧電ポンプ101の駆動を開始させる（図14参照）。

【0112】

圧電ポンプ101もポンピング動作を開始すると、外気が吸引口107Aから吸引され、空気が圧電ポンプ101の中心通気孔52から流入し、ポンプ室45を経由して逆止弁202の第3連通孔27を通過して第2バルブ室26へ流入する。これにより、逆止弁202では第2バルブ室26の圧力が高まり、ダイヤフラム108Aが弁座20に当接して第2連通孔22をシールする。この結果、外気が吸引口107Aから吸引され、圧電ポンプ101内のポンプ室45を経由して、逆止弁202を経由せずに圧電ポンプ201内のポンプ室45に流入する。そして、空気が圧電ポンプ201の吐出孔55から急速排気部309の逆止弁102を経由して、排気弁103を経由せずカフ109へ送出され、カフ109内の圧力（空気圧）が目標圧力まで高まる（図10参照）。

【0113】

次に、血圧の測定が終了すると、制御部111は、圧電ポンプ101、201のポンピング動作を停止する（図15参照）。ここで、圧電ポンプ101、201のそれぞれのポンプ室45と第1バルブ室23と第4バルブ室36の体積はカフ109の収容可能な空気の体積に比べて極めて小さい。そのため、圧電ポンプ101、201のポンピング動作が停止すると、ポンプ室45と第1バルブ室23と第4バルブ室36の空気は、圧電ポンプ101の中心通気孔52および開口部92を経由して流体制御装置300の吸引口107Aから流体制御装置300の外部へすぐに排気される。また、急速排気部309における逆止弁102の第2バルブ室26及び排気弁103の第3バルブ室33には、カフ109の圧力が印加される。この結果、逆止弁102では、圧電ポンプ101、201のポンピング動作が停止すると、すぐに第1バルブ室23の圧力が第2バルブ室26の圧力より低下する。同様に、急速排気部309の排気弁103では、圧電ポンプ101、201のポンピング動作が停止すると、すぐに第4バルブ室36の圧力が第3バルブ室33の圧力より低下する。

【0114】

急速排気部309の逆止弁102では、第1バルブ室23の圧力が第2バルブ室26の圧力より低下すると、ダイヤフラム108Aが弁座20に当接して第2連通孔22をシールする。逆止弁202では、ダイヤフラム108Aが第2連通孔22をシールした状態を維持する。また、急速排気部309の排気弁103では、第4バルブ室36の圧力が第3バルブ室33の圧力より低下すると、ダイヤフラム108Bが開放して第5連通孔34と第6連通孔32とが連通する。これにより、カフ109の空気が第5連通孔34及び第6

10

20

30

40

50

連通孔 3 2 を経由して排気口 1 0 6 B から急速に排気される (図 1 5 参照) 。

【 0 1 1 5 】

以上の構成では、カフ 1 0 9 の圧力が低い間、圧電ポンプ 2 0 1 だけを駆動した場合でも、流路抵抗の大きな圧電ポンプ 1 0 1 でなく流路抵抗の小さい逆止弁 2 0 2 を介して外気を吸引するため、十分な流量が生じる。そのため、カフ 1 0 9 の圧力 (空気圧) が低い間、全ての圧電ポンプ 1 0 1、2 0 1 を駆動する必要が無く、圧電ポンプ 2 0 1 を駆動するだけで済む。

【 0 1 1 6 】

従って、この実施形態の流体制御装置 3 0 0 によれば、カフ 1 0 9 の空気圧が低い間の消費電力を削減できる。また、カフ 1 0 9 に圧縮空気を充填した後に、カフ 1 0 9 から空気を急速排気することもできる。

10

【 0 1 1 7 】

なお、この実施形態においても、図 1 1 (B) に示すように n 段の圧電ポンプを直列に接続することが可能である。

【 0 1 1 8 】

《その他の実施形態》

以上の実施形態ではユニモルフ型で屈曲振動するアクチュエータを設けたが、振動板の両面に圧電素子を貼着してバイモルフ型で屈曲振動するように構成してもよい。

【 0 1 1 9 】

また、上述の実施形態では、排気弁 1 0 3 は、第 5 連通孔 3 4 をカフ 1 0 9 に接続して第 6 連通孔 3 2 を排気口 1 0 6 B に接続しているが、第 5 連通孔 3 4 を図 1 2 の第 6 連通孔 3 2 の位置に配置した状態でカフ 1 0 9 に接続し、第 6 連通孔 3 2 を図 1 2 の第 5 連通孔 3 4 の位置に配置した状態で排気口 1 0 6 B に接続しても構わない。この接続方法では、体動などでカフ 1 0 9 の圧力が変動した場合でも、意図しない排気が発生し難いという効果を奏する。

20

【 0 1 2 0 】

最後に、上述の実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さらに、本発明の範囲には、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

30

【符号の説明】

【 0 1 2 1 】

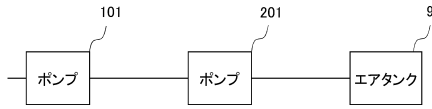
- | | | | | | |
|------|----------|--------|--------|-------|-------|
| 1、2、 | 1 0 1、 | 2 0 1、 | 3 0 1、 | 9 0 1 | 圧電ポンプ |
| 9 | エアタンク | | | | |
| 9 A | ゴム管 | | | | |
| 1 0 | ポンプ本体 | | | | |
| 1 1 | 第 1 開口部 | | | | |
| 1 2 | 第 2 開口部 | | | | |
| 1 9 | ダイヤフラム | | | | |
| 2 0 | 弁座 | | | | |
| 2 1 | 逆止弁筐体 | | | | |
| 2 2 | 第 2 連通孔 | | | | |
| 2 3 | 第 1 バルブ室 | | | | |
| 2 4 | 第 1 連通孔 | | | | |
| 2 6 | 第 2 バルブ室 | | | | |
| 2 7 | 第 3 連通孔 | | | | |
| 3 0 | 弁座 | | | | |
| 3 1 | 排気弁筐体 | | | | |
| 3 2 | 第 6 連通孔 | | | | |
| 3 3 | 第 3 バルブ室 | | | | |

40

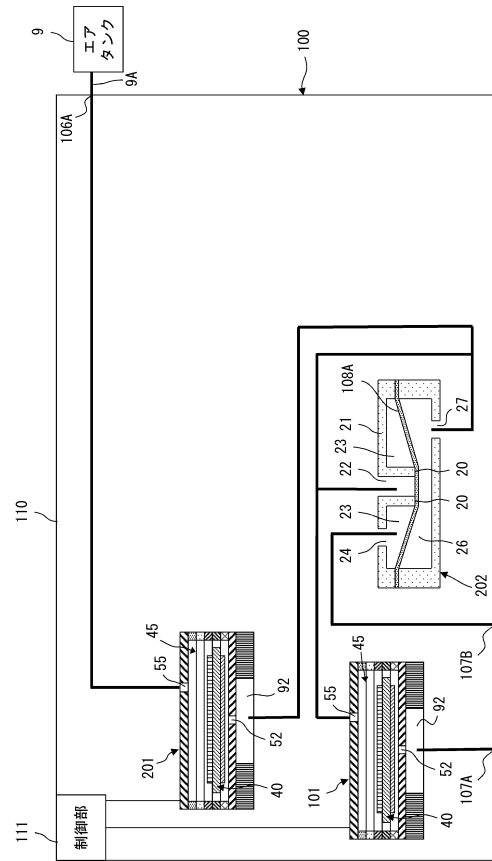
50

3 4	第 5 連通孔	
3 6	第 4 バルブ室	
3 7	第 4 連通孔	
4 0	アクチュエータ	
4 1	振動板	
4 2	圧電素子	
4 3	補強板	
4 5	ポンプ室	
5 1	平面部	
5 2	中心通気孔	10
5 3 A、5 3 B、5 3 C	スペーサ	
5 4	蓋部	
5 5	吐出孔	
6 0	振動板ユニット	
6 1	振動板支持枠	
6 2	連結部	
6 3	外部端子	
7 0	電極導通用板	
7 1	枠部位	
7 2	外部端子	20
7 3	内部端子	
9 1	基板	
9 2	開口部	
1 0 0、2 0 0、3 0 0	流体制御装置	
1 0 2、2 0 2、3 0 2、9 0 2	逆止弁	
1 0 3	排気弁	
1 0 6 A	接続口	
1 0 6 B	排気口	
1 0 7 A、1 0 7 B	吸引口	
1 0 8 A、1 0 8 B	ダイヤフラム	30
1 0 9	カフ	
1 0 9 A	ゴム管	
1 1 0、3 1 0	筐体	
1 1 1	制御部	

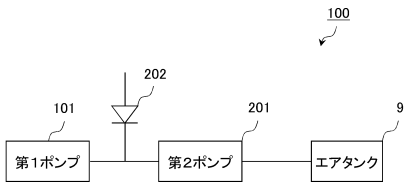
【図2】



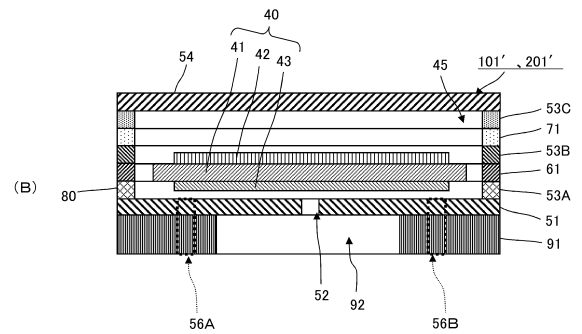
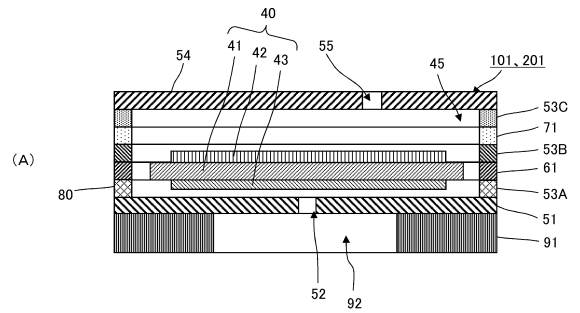
【図3】



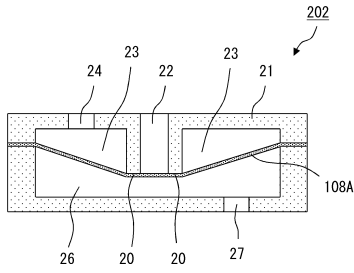
【図4】



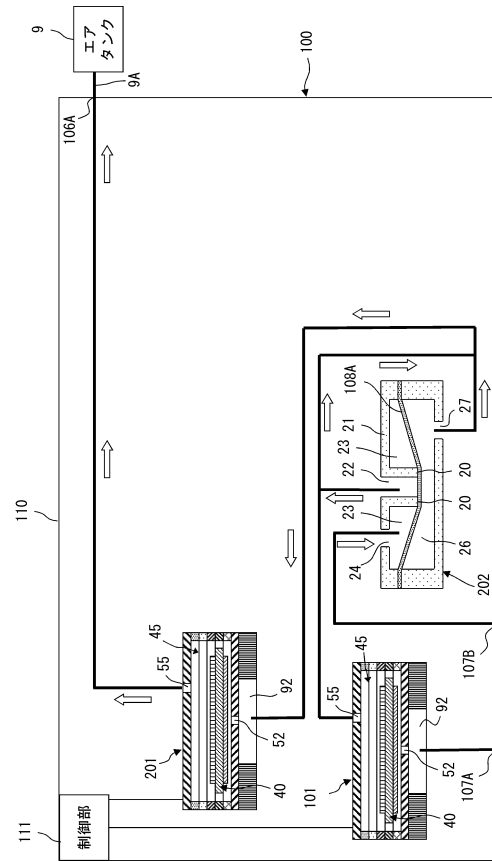
【図6】



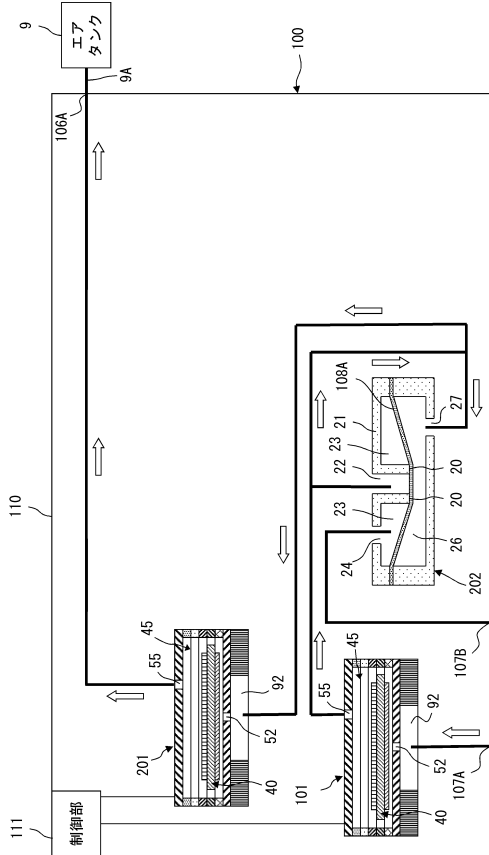
【図7】



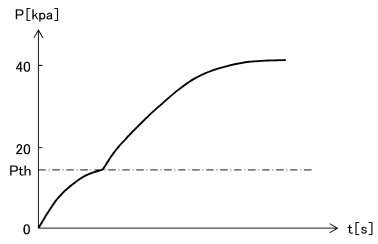
【図8】



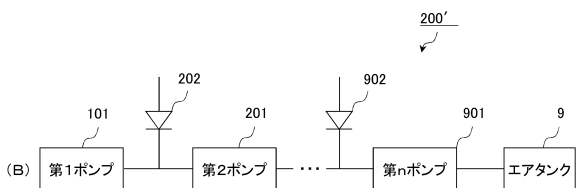
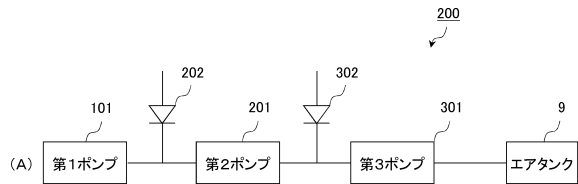
【図9】



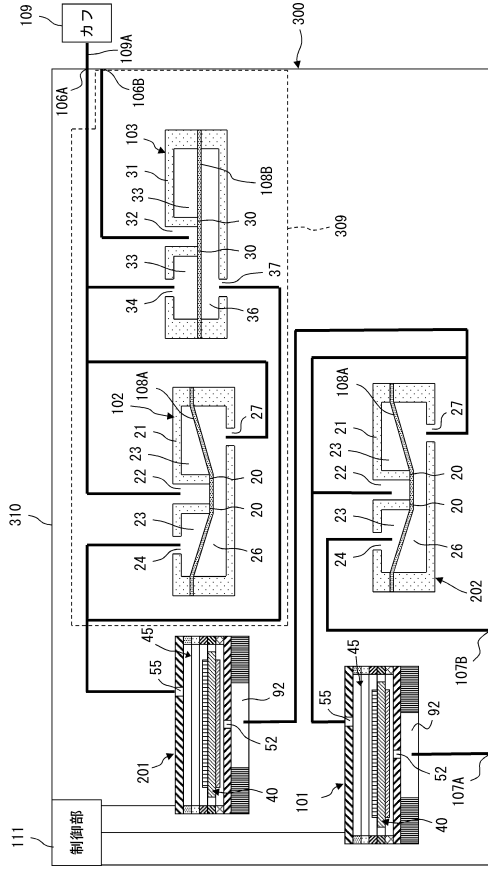
【図10】



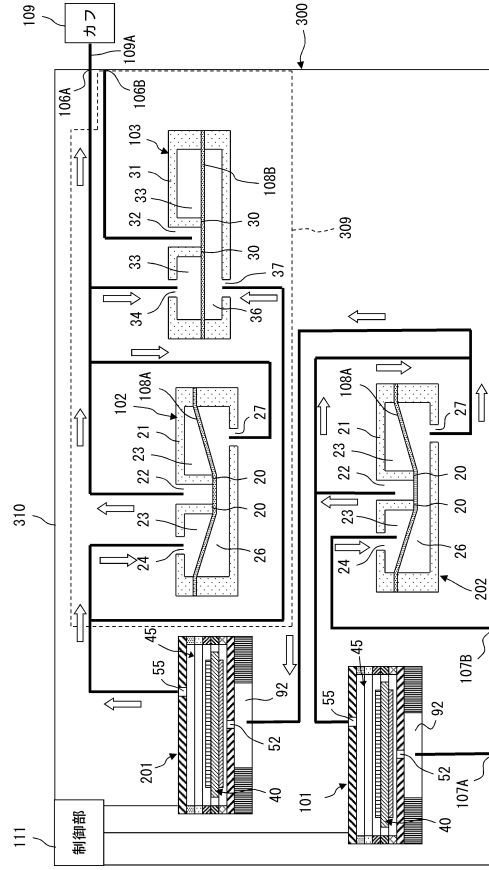
【図11】



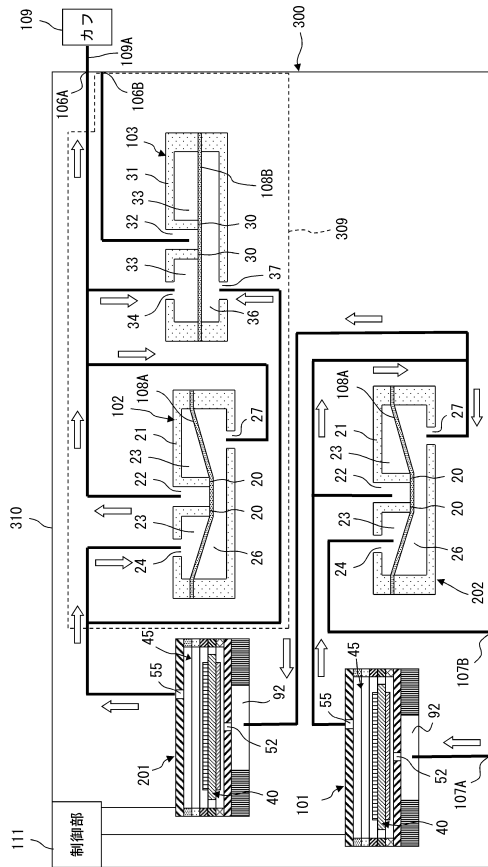
【図 1 2】



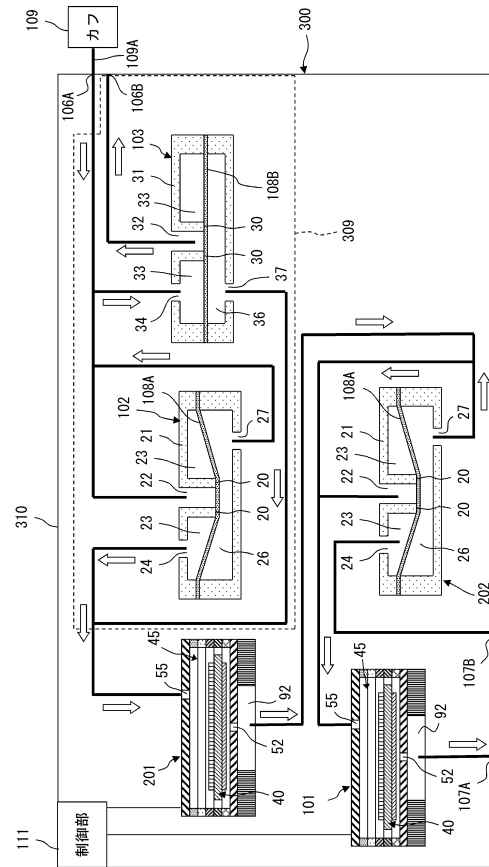
【図 1 3】



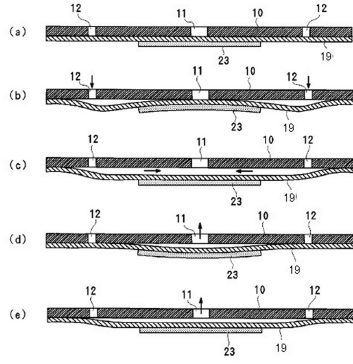
【図 1 4】



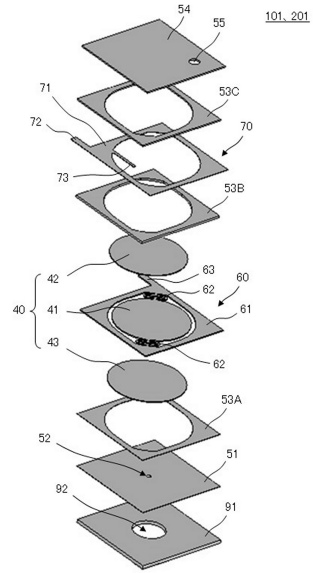
【図 1 5】



【 図 1 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

F 0 4 B 41/06

審査官 加藤 一彦

(56)参考文献 実開昭62-052291(JP,U)
国際公開第2009/148008(WO,A1)
特開平01-308529(JP,A)
特開平04-309332(JP,A)
実開昭61-019688(JP,U)
実開昭61-130783(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

F 0 4 B 45 / 0 2 - 4 5 / 0 4 7

F 0 4 B 41 / 0 6