

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4326465号
(P4326465)

(45) 発行日 平成21年9月9日(2009.9.9)

(24) 登録日 平成21年6月19日(2009.6.19)

(51) Int.Cl. F I
B O I F 5/00 (2006.01) B O I F 5/00 Z

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-377260 (P2004-377260)	(73) 特許権者	000226242 日機装株式会社 東京都渋谷区恵比寿3丁目4番2号
(22) 出願日	平成16年12月27日(2004.12.27)	(74) 代理人	100075258 弁理士 吉田 研二
(65) 公開番号	特開2005-205407 (P2005-205407A)	(74) 代理人	100096976 弁理士 石田 純
(43) 公開日	平成17年8月4日(2005.8.4)	(72) 発明者	村上 元章 静岡県榛原郡榛原町静谷498番1 日機装株式会社静岡製作所内
審査請求日	平成18年11月28日(2006.11.28)	審査官	北村 英隆
(31) 優先権主張番号	特願2003-435679 (P2003-435679)		
(32) 優先日	平成15年12月26日(2003.12.26)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体混合装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数種類の流体を混合する流体混合装置であって、
 流体の種類ごとに設けられ、順次、間欠的に流体を送り出し、吸込側、吐出側のそれぞれの流路に逆止弁を備えた複数の往復動ポンプと、
 前記各ポンプの吐出口ごとに接続される支流路と、
 前記支流路が合流した主流路と、
 を有し、

あるポンプの吐出行程中に、これより吐出した流体の一部または全部を、少なくとも一つの他のポンプに接続された前記支流路に流し込み逆流させ、

あるポンプの吐出側の逆止弁は、当該逆止弁が備えられたポンプ以外の少なくとも一つのポンプが流体を吐出する他ポンプ吐出期間において、前記支流路に吐出される流体の一部が流れ込み逆流することを許容する、

流体混合装置。

【請求項2】

請求項1に記載の流体混合装置において、

前記吐出側の逆止弁は、閉じたときにおいても、若干の隙間を有し、この隙間によって前記逆流が許容される、

流体混合装置。

【請求項3】

10

20

請求項 1 に記載の流体混合装置において、
前記吐出側の逆止弁は、流体の流れによって開閉する受動型弁であり、弁体と弁座を有し、弁体が弁座に着座しているときに、これらの間に若干の隙間が形成され、この隙間により前記逆流が許容される、
流体混合装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の流体混合装置において、
前記吐出側の逆止弁は、開閉のための駆動部を有する能動型弁であり、前記他のポンプの吐出期間の少なくとも一部において、当該逆止弁を開き、これにより前記逆流が許容される、
流体混合装置。

10

【請求項 5】

複数種類の流体を混合する流体混合装置であって、
流体の種類ごとに設けられ、順次、間欠的に流体を送り出す複数のポンプと、
前記各ポンプの吐出口ごとに接続される支流路と、
前記支流路が合流した本流路と、
を有し、
あるポンプの吐出行程中に、これより吐出した流体の一部または全部を、少なくとも一つの他のポンプに接続された前記支流路に流し込み逆流させ、
前記支流路に、容積が変化する副室が設けられている、
流体混合装置。

20

【請求項 6】

請求項 5 に記載の流体混合装置において、前記副室は、少なくとも一部が弾性体で形成され、内部の流体の圧力により前記弾性体に変形して、逆流が許容される、流体混合装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の流体混合装置において、前記副室は、少なくとも一部が弾性体で形成され、さらに、この弾性体を変形させる駆動部を有し、弾性体を変形させて副室の容積を拡大して前記逆流を許容する、流体混合装置。

30

【請求項 8】

複数種類の流体を混合する流体混合装置であって、
流体の種類ごとに設けられ、順次、間欠的に流体を送り出す逆転運転可能な複数の容積型回転ポンプと、
前記各ポンプの吐出口ごとに接続される支流路と、
前記支流路が合流した本流路と、
を有し、
あるポンプの吐出行程中に、これより吐出した流体の一部または全部を、少なくとも一つの他のポンプに接続された前記支流路に流し込み逆流させ、
あるポンプの吐出行程中に、少なくとも一つの他のポンプを逆転運転して、前記あるポンプの吐出した流体の一部を、前記他のポンプの支流路に引き込む、
流体混合装置。

40

【請求項 9】

複数種類の流体を混合する流体混合装置であって、
流体の種類ごとに設けられ、順次、間欠的に流体を送り出す複数のポンプと、
前記各ポンプの吐出口ごとに接続される支流路と、
前記支流路が合流した本流路と、
を有し、
あるポンプの吐出行程中に、これより吐出した流体の一部または全部を、少なくとも一つの他のポンプに接続された前記支流路に流し込み逆流させ、
前記複数のポンプの動作は、前記支流路内で流体を往復させるように制御される期間と

50

、前記本流路へ流体を送り出すように制御される期間と、を含む、
流体混合装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数種類の流体を混合する装置、特に流体の流れを利用して混合を行う装置に関する。

【背景技術】

【0002】

複数種類の液体を一つの流路で送りつつ混合する場合、流路内に翼、例えば平板を扱ったような形状のものを、いくつか固定配置するスタティックミキサなどの装置が用いられることがある。流れる液体は、翼にあたって、旋回し、攪拌され、この結果、複数種類の液体が混合される。また、流路内に配置した翼を回転させて、混合する装置も知られている。また、図14に示すような拡散だけを利用した混合装置も知られている。この装置は流路の壁面200に微細な孔を多数あけて、この孔より薬剤を混入させるものである。矢印202の方向に試料水送り、壁面200の微細な孔より（矢印204で示す）試薬を混入させることにより、混合された液が矢印206の方向に流れ出る。

【0003】

また、下記非特許文献1には、二つのマイクロポンプにより2種類の液体を交互に送ることにより混合を行う装置が記載されている。

【0004】

【非特許文献1】アジェイ エイ デシュムック (Ajay A. Deshmukh) 外2名、“拍動マイクロポンプを用いた連続マイクロミキサ (CONTINUOUS MICROMIXER WITH PULSATILE MICROPUMPS) ”、[online]、カルフォルニア大学バークレー校、2003年10月31日、インターネット <URL: http://www.me.berkeley.edu/~liepmann/assets/deshmukh_HiltonHead.pdf >

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

微少な流量の液体を混合する場合、流速が低く、流れが層流となり、層間の混合が進まない。前述の流路内に固定の翼を配置した装置においても、翼に沿って層状の流れが形成され、局所的な乱流による混合が進まない。また、翼と流路壁の隙間を流れる流体も混じり合うことがなく、効率的に混合を行うことができない。翼などを回転させて攪拌する装置においては、微少流量の流体を流すための流路は狭く、回転する構造物を流路内に配置することが困難であり、配置したとしても、構造が複雑となる。また、流路の壁に設けた多数の微細孔より液体を混入させるものは、試料水の流路と別の層に試薬を流す流路を設ける必要があり、多層となって構造が複雑となる。また、微細孔を設ける壁面を広くとる必要があり装置が大型化する。また、微細孔を設けた部分は前後の流路より広くなっており、この流路断面積が変化する部分で、流れが滞留することがある。また、流路が広くなることにより、装置が停止したときに装置内に多くの液体が残り、無駄が多いという問題があった。また、これらの装置は、ポンプなどの液体を送る手段を別途必要とし、装置全体として小形化ができないという問題があった。

【0006】

非特許文献1の混合装置においては、2個のポンプを交互に駆動して、混合対象である二つの液体の接触面積を広げてはいるが、その後は、層が分かれた状態で送られており、拡散による混合を待たなければならず、合流点から下流の流路長を十分に長くする必要があった。

【0007】

本発明によれば、複数の液体を混合する際に、流れが層流になるような微少な流量においても有利となる。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の流体混合装置は、混合する複数の流体の種類ごとに複数のポンプを備え、これらのポンプから流体を間欠的に交互に、または順次送り出す。各ポンプから送り出された流体は、支流路を流れ、主流路に合流する。そして、あるポンプの吐出行程中に、このポンプより吐出した流体の一部が、少なくとも一つの他のポンプの支流路に流れ込み逆流する。この逆流により、流体の混合が促進される。

【0009】

前述のポンプは、吸い込み側と吐出側のそれぞれの流路に逆止弁を備えた往復動ポンプとすることができる。吐出側の逆止弁は、ある程度の逆流を許容する構造を有しており、これにより、ある逆止弁が備えられたポンプ以外の少なくとも一つのポンプから吐出された流体の一部が、当該逆止弁につながる支流路に逆流して、流体の混合を促進する。

【0010】

逆止弁の逆流を許容する構造は、弁が閉じたときにおいても、若干の隙間を残すものとする。より具体的には、弁体が弁座に着座しているときに、これらの間に若干の隙間が形成されるものとする。ことができる。

【0011】

また、逆止弁に、これを開閉するための駆動部を設け、他のポンプの吐出期間の少なくとも一部において当該逆止弁を開き、逆流を許容するようにもできる。

【0012】

前記の支流路に、容積の変化する副室を設けて、逆流を許容するようになることもできる。例えば、副室の一部を弾性体で構成し、流体の圧力により弾性体に変形することで、容積変化が生じる。ある副室が関連するポンプ以外のポンプの吐出の圧力により、当該副室の弾性体に変形して、この変形による体積分の逆流が許容される。また、副室の弾性体に駆動部を設けて能動的に副室の容積を変化させても良い。

【0013】

また、ポンプを逆転運転可能な容積型回転ポンプとすることもできる。あるポンプの吐出行程中に、少なくとも一つの他のポンプを逆転運転することにより、前記あるポンプにおいて吐出された流体の一部を引き込むようにする。これにより、逆流が発生し、流体の混合が促進される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態を図面に従って説明する。図1は、本実施形態の流体混合装置10の概略構成を示す図である。流体混合装置10は、2個のマイクロダイアフラムポンプ12A, 12Bを備えている。これらのポンプ12A, 12Bは、同一の構成を有しており、これらを区別する必要がある場合には、以下、単に符号12を用いて説明する。また、以降の説明においては、ダイアフラムポンプ12Aに属する又は関連する構成には添え字Aを付し、ダイアフラムポンプ12Bに属する又は関連する構成には添え字Bを付す。これらの構成についても、A, Bの区別をする必要がある場合には、これを省略する。

【0016】

2個のダイアフラムポンプ12A, 12Bのポンプ室13A, 13Bには、それぞれ吸込側逆止弁14A, 14B、吐出側逆止弁16A, 16Bを備えている。吸込側逆止弁14A, 14Bは、それぞれ吸込ポート18A, 18Bにつながっている。また、吐出側逆止弁16A, 16Bより支流路20A, 20Bが伸びて、これらは合流点22で合流する。合流点22からは、1本の主流路24となり、吐出ポート26に至る。また、支流路20A, 20Bには、それぞれ流量計21A, 21Bが設けられ、設けられた流量を測定する。これらの流量計は、順方向、逆方向の両方向に流れる流量を測定することが好ましい。逆方向の流量も測定することにより、逆流が生じても個々の流体の流量を把握することができるので、流体の混合比の精度を高めることができる。

【0017】

10

20

30

40

50

図2は、ダイヤフラムポンプ12の概略構成を示す断面図である。また、図2Aは、図2の断面図の理解を助けるものであり、ガラス製基板28の上面の形状を示す斜視図である。ポンプ室13は、ガラス製の基板28に設けられた凹部30を、所定の形状に加工されたシリコン製の加工板32により覆って、形成される。加工板32のポンプ室13に対向する部分は、薄く加工されており、この部分がダイヤフラム34として機能する。ダイヤフラム34には、圧電素子36が接合されている。圧電素子36に電圧を印加すると、圧電素子36は変形し、これに伴ってダイヤフラム34も変形する。このダイヤフラム34の変形によりポンプ室13の容積が拡張される。圧電素子36に印加する電圧の波形を制御することにより、発電素子36の変形量、すなわち当該ポンプの吐出流量を制御することができる。

10

【0018】

血液などの生体体液などを取扱い流体とする場合は、生体適合性材料でポンプを構成することが必要となる。ガラスは生体適合性が良く、単結晶シリコンも生体適合性が比較的良好である。シリコンを酸化させて酸化膜にすると酸化珪素となり、単結晶シリコンよりも生体適合性が向上する。生体適合性が良い材料としては、他にPC（ポリカーボネイト）、PMMA（ポリメタメチルクリレート）、PVC（塩化ビニル）、超高分子量PE（ポリエチレン）、さらにチタンなどの金属、酸化アルミニウムなどのセラミック材料や、ダイヤモンド、サファイヤ、ルビー等の宝石類がある。ダイヤモンドやサファイヤなどは、マイクロマシン加工技術の材料として利用されており、本実施形態の一部に用いることも可能である。また、チタンなども金属エッチングにより、流路を形成することができる。

20

【0019】

基板28には、ポンプ室13に向かう流体が流れる溝状の吸込流路38が形成されている。吸込流路38内に突出した部分が吸込側逆止弁14の弁座40となり、これに対応して設けられた加工板32の中央に穴の開いた薄く加工された板状の部分が弁体42となる。ポンプ室13に向かう流体の流れに対して、弁体42は、図中上方にたわんで、この流れを許容するが、逆向きの流れに対しては、流れが弁体42を弁座40に押しつけるように作用するため、これを阻止する。吐出側逆止弁16も、吸込側とほぼ同様の構成を有しており、基板28に彫り込まれた流路から突出するように設けられた弁座44と、これに対応して設けられた中央に穴の開いた板状の弁体46を有している。さらに、吐出側逆止弁においては、弁座44には、弁体46が着座した際にも若干の流れを許容するための隙間を形成する溝48が形成されている。この溝48により吐出側逆止弁16は、ポンプ室13に向かう流れを若干許容するものとなっている。加工板36の、吸込側逆止弁14および吐出側逆止弁16の形成された部分の上方は、ガラス製のカバー50、52により蓋がされている。逆流量は、ポンプ室13の容積変化の範囲であり、ダイヤフラムの大きさ、厚み、弾性率や、圧電素子に印加する電圧により制御することができる。逆流量は、例えば吐出量の10～100%、好ましくは30～100%とすることができる。

30

【0020】

図3は、流体混合装置10の動作を示すタイミングチャートである。(a)～(d)は、一方のポンプ、例えばダイヤフラムポンプ12Aに関連するチャートであり、(e)～(h)は、他方のダイヤフラムポンプ12Bに関連するチャートである。また、(a)、(e)は、ポンプが、吸込ポート18から吸い込んだ流体の流量と、吐出ポート26に送り出した流量を示し、正側(図中上側)が吐出流量を、負側が吸込流量を示す。(b)、(f)は、ダイヤフラム34の変位を示し、正側でポンプ室13が収縮、負側で拡張を示す。(c)、(g)は、吸込側逆止弁14の開閉動作を示し、(d)、(h)は、吐出側逆止弁16の開閉動作を示す。さらに、(i)は、二つのダイヤフラムポンプ12A、12Bの各々の吐出量と、合成吐出量を示している。(i)において、一点鎖線で示すグラフは、(a)のグラフ、すなわちダイヤフラムポンプ12Aの流量を示し、破線で示すグラフはダイヤフラムポンプ12Bの流量を示す。二つのダイヤフラムポンプ12A、12Bの動作は、位相が180°異なるのみで、他の点については全く同一の動作を

40

50

行う。これらの二つのポンプ 1 2 A , 1 2 B の吐出量の合計が実線で示される。このように、流体混合装置 1 0 は、2 種類の流体を 1 対 1 の割合で混合し、吐出流量を一定に、すなわち脈動なしで混合された流体を送り出すことができる。無脈動を維持しつつ、混合比を 1 対 1 から変更するには、二つのポンプの吐出期間を変えることで達成可能である。

【 0 0 2 1 】

ダイヤフラムポンプ 1 2 は、図 2 に示したように吐出側逆止弁 1 6 に、隙間を形成する溝 4 8 が設けられている。このために、逆流が発生して流量が減少する。図 3 (a) , (e) に示される一点鎖線が、弁に隙間がなく、逆流が起こらない場合の流量であり、実際の流量は実線で示すように、これより少ない。図 3 の各チャートが示すように、ダイヤフラムポンプ 1 2 A の吐出期間においては、もう一つのダイヤフラムポンプ 1 2 B の吐出側逆止弁 1 6 B は、基本的には閉じた状態であるが、前述のように隙間があるので、支流路 2 0 B に残っている流体がポンプ室 1 3 B 内に押し戻される。この分、効率が低下して流量が減少する。

10

【 0 0 2 2 】

図 4 は、逆流が生じている場合の合流点 2 2 付近の流れの様子を概略的に示している。支流路 2 0 A を通って送り出される流体は、主流路 2 4 と、もう一つの支流路 2 0 B に分かれる。このとき、合流点において、流路が屈曲しているために、渦が生じて、混合が促進される。このように、ダイヤフラムポンプより吐出された流体の一部をもう一方のダイヤフラムポンプからの流路に逆流させ混合し、その後送り出すことによって、早期に混合が進み、主流路の長さを短くすることが可能となる。

20

【 0 0 2 3 】

また、図 4 に示すように、二つの支流路 2 0 A , 2 0 B が所定の角度 で交わって合流していることにより、渦を積極的に形成している。支流路が交わる角度 は、 $30 \sim 180^\circ$ とすることが好適である。

【 0 0 2 4 】

また、図 1 5 に示す例のように、合流点 2 2 やその近傍に流路を狭めた部分を設けることも好適である。

【 0 0 2 5 】

流体混合装置 1 0 においては、吐出側逆止弁 1 6 のみに隙間を生じさせる溝 4 8 を設けたが、吸込側逆止弁 1 4 にも隙間があって、吸込側でも逆流が生じる場合には、流量はさらに少なくなる。

30

【 0 0 2 6 】

また、隙間を設けるための構成は溝に限られない。例えば、弁体の中立位置（弁体に外部より力が加わらないときの位置）を、弁座からわずかに離れた位置とすることで、流体の流れの向きが変わったときに、弁体が弁座に着座するまでの時間が長くなり、この間逆流が許容される。この場合、弁体の厚さ、弁体の中央に設けられた穴の内径、弁体の中立位置における弁座との距離（隙間）を調整することで、この弁の漏れ量、すなわち逆流の量を調整することができる。また、弁座の面粗度を粗くすることで、隙間を形成することもできる。

40

【 0 0 2 7 】

図 3 のタイミングチャートは、二つのダイヤフラムポンプ 1 3 A , 1 3 B より交互に流体を吐出し、混合しつつ、吐出ポート 2 6 へ向けて流体を送り出す例を示した。しかしながら、流体の混合を行う期間と、送り出しを行う期間を別個に設けることもできる。例えば、ダイヤフラムポンプを一方のみ動作させたときに、逆流量が 1 0 0 % となるように設定をしておき、ポンプを交互に動作させて流体を混合し、その後二つのポンプを同時に動作させて混合された流体を送り出すようにし、これを繰り返すようにしてもよい。また、逆流量が 1 0 0 % に足りない場合であっても、ポンプを交互に動作させて主として流体を混合する期間と、ポンプを同時に動作させて流体を吐出ポートに送り出す期間とを設けるようにしてもよい。

【 0 0 2 8 】

50

図5は、ダイヤフラムポンプの他の構成例を示す図である。図1の流体混合装置10のダイヤフラムポンプ12A, 12Bをこのダイヤフラムポンプ60にて置き換えることができる。

【0029】

このダイヤフラムポンプ60は、吸込側、吐出側の逆止弁を能動的に開閉することができる。以下、構造を説明する。基板62には、凹部64が設けられ、この凹部64を加工板66で覆って、これらに囲まれたポンプ室68が形成される。加工板66の、ポンプ室68に対向する部分は、薄く形成されて、ダイヤフラム70として機能する。ダイヤフラム70には、これを駆動するために圧電素子72が接合されている。圧電素子72に電圧を印加することで、圧電素子72およびダイヤフラム70を変形させて、ポンプ室68の

10

【0030】

ポンプ室68に隣接して吸込側弁74、吐出側弁76が備えられている。吸込側弁74は、基板62を彫り込んだ部分より突出するように設けられた弁座78と、この弁座78を覆うように弁体80を含む。弁体80は、加工板66の一部を薄くして形成され、さらに弁体80を駆動する圧電素子82が接合されている。弁座78には、吸込側流路84が設けられており、弁体80は、この流路の口を開閉できるようになっている。吐出側弁76も同様の構成であり、基板より突出し、内部に吐出側流路86を有する弁座88と、この弁座に対向し、吐出側流路86の口を開閉する弁体90と、この弁体90を駆動する圧電素子92を有している。

20

【0031】

吸込側弁74および吐出側弁76は、圧電素子82, 92に電圧を印加することで、弁の開閉を制御することができる。制御のタイミングとしては、前述の図3に示すチャートに従って制御することが可能である。この場合は、吐出側の圧電素子92に印加する電圧を調整して、弁体90のリフト量を制御し、逆流量の制御を行う。

【0032】

能動弁を備えたダイヤフラムポンプ60を用いることにより、開閉のタイミングを変更して逆流を生じさせることが可能となる。図6に、図1に示す流体混合装置10のダイヤフラムポンプ12A, 12Bをダイヤフラムポンプ60A, 60Bに置き換えた装置の吸込側弁74と吐出側弁76の開閉のタイミングチャートの例を示す。(a)は、ダイヤフラムポンプ60A, 60Bの流量を示す図であり、図3と同様である。実線がポンプ60Aを、破線がポンプ60Bを示す。(b)~(d)は、二つのポンプの各弁の開いている期間を示している。各チャートの上から、ダイヤフラムポンプ60Aの吸込側弁74A、吐出側弁76A、ダイヤフラムポンプ60Bの吸込側弁74B、吐出側弁76Bの開放期間が示されている。また、(b)は、同一のポンプの吸込側弁と吐出側弁の開放期間が重ならないようにして、逆流が生じないようにした場合である。(c)は、弁が開く過程、および閉じる過程において、吸込側弁と吐出側弁が開いている期間が重なる場合の例であり、このときの逆流量は比較的少ない。(d)は、積極的に吸込側弁と吐出側弁の開放期間を重ねて、逆流量を増加した構成である。この重なりを期間を増減することによって逆流量を制御することができる。また、弁体のリフト量の制御と、開放期間の双方を制御して逆流量の制御を行うことも可能である。なお、このチャートの場合も、最終的な吐出流量は無脈動となっている。

30

40

【0033】

以上の流体混合装置10のダイヤフラムポンプ12, 60は、圧電素子36, 72に印加する電流波形を制御することにより、圧電素子の変形量を制御し、流量を制御することができる。特に、吐出1回当たりの量を変更することができるので、二つのポンプの吐出量を異ならせることができ、これにより2種類の流体の混合比を変更することができる。

【0034】

さらに、ダイヤフラムポンプ60のように能動的に制御可能な弁を設けた場合には、吸込側の弁を閉じ、吐出側の弁を開いた状態で、吸込・吐出のサイクルを繰り返すことで、

50

混合をより促進することができる。吸込側を閉じ、吐出側を開いて二つのダイヤフラムポンプ 60A, 60B を位相を反転させて動作させると、支流路 20A, 20B 内で流体が往復し、混合が促進される。混合が進んでから、通常の制御、すなわちポンプ室の容積が拡大している間には吸込側の弁を開き、また吐出側の弁を閉じ、縮小している間には吐出側を開き、また吸込側を閉じるようにして、吐出ポートに向けて流体を送ることができる。また、弁の開閉期間を能動的に制御することで、逆流量、すなわち一方のポンプより送り出された流体に対する他方のポンプへ向かう流体の割合を調整することができる。流体混合装置は、化学反応を起こす複数の流体を混ぜる場合には、反応速度の制御が必要となる場合がある。このような場合も逆流量を調整することで、混合の度合いを制御できる。反応速度を遅くするためには、例えば二つのポンプの位相差を 0 にする手法がある。この方法で、層流は、下流まで液界面が混ざり合うことなく送液が可能となる。

10

【0035】

図 7 は、本発明にかかる他の実施形態の流体混合装置 100 の概略構成を示す。図 1 に示した流体混合装置 10 と同一の構成については同一の符号を付しその説明を省略する。流体混合装置 100 の支流路 20A, 20B には、流量計 102A, 102B と、その下流に副室 104A, 104B が設けられている。副室 104A, 104B は、その容積が変化するように構成される。また、吐出側逆止弁 106A, 106B は、前述の逆止弁 16A, 16B と異なり、逆流を許容するための構造を有していない、一般的な逆止弁である。

【0036】

副室 104 は、支流路 20 の一部を弾性を有する部材で構成して形成される。十分な容積変化量が確保できれば、流路の断面形状を副室 104 以外の部分と同様とすることも可能である。しかし、後述するように、この容積変化量は逆流量に関連するので、これを大きくするために、比較的大きな空間を確保するようにすることが好ましい。例えば、浅い円柱形状の穴を、その円柱の軸が支流路の軸線に直交するように設けて形成することができる。円柱形状の端面に弾性部材で蓋をすることで、副室 104 の内部の容積が変化ようになる。弾性部材の材料としては、例えば天然または合成ゴム、シリコーン樹脂などがある。構造としてはダイヤフラム形状とすることで、単結晶シリコン、ステンレス (SUS304, SUS316 など)、チタンや銅およびこれらの合金、他の金属およびこれらの合金、サファイヤやダイヤモンドなどの宝石類、二酸化珪素 (SiO_2) や酸化チタン (TiO)、酸化亜鉛 (ZnO)、酸化マンガン (MnO) などのセラミック、およびポリカーボネイトやポリプロピレン等の硬い材料であっても、前記の弾性部材の材料として使用することができる。ダイヤフラムを採用した場合、この強度を確保するために背面、すなわち副室 104 と反対側に、圧縮性の流体、ゲル状体、ばねなどのバックアップ部材を配置しておくことができる。

20

30

【0037】

弾性部材は、ポンプの吐出圧力により変形する。ダイヤフラムポンプ 12A が吐出行程にある場合、こちらの側の副室 104A の容積は、吐出圧力により拡大するが、もう一つのポンプ 12B に係る副室 104B の容積も拡大する。副室 104B の体積が増加した分が逆流量となる。このとき、ダイヤフラムポンプ 12B の吐出側逆止弁 106B は、逆流を許容しないので、副室 104B より上流には、逆流が到達しない。このため、副室 104 を設けることによりダイヤフラムポンプ 12 の吐出量は、吐出期間におけるダイヤフラムの変位により決定し、逆流量を考慮する必要がなく、吐出された流量が確実に把握できる。また、同様の理由で、ダイヤフラムポンプの容積効率が低下することがなく、一般的な高精度定量ポンプの容積効率 (98%程度) を達成することができる。

40

【0038】

また、流量計により実際にポンプが吐出した流量を測定し、これをポンプの動作制御にフィードバックすることが可能である。すなわち、実際の吐出流量に基づき圧電素子に印加する電圧波形を調整して、ポンプの吐出量が所定の値となるように制御することができる。この場合には、制御系の時間遅れや流量計の精度により流量制御の精度が決定され、

50

実際には、フィードバック制御を行うよりも、高い容積効率を有する定量ポンプを用いる場合の方が、吐出流量、混合比などを高い精度で制御できることが多い。

【 0 0 3 9 】

図 8 には、流体の圧力を受けて受動的に変化する場合の動作のチャートがされている。ダイヤフラムポンプ 1 2 A の流量が実線で示す略台形の波形で、ポンプ 1 2 B の流量が破線で示す略台形の波形で示されている。副室 1 0 4 A を通過する流量、すなわち副室 1 0 4 A から出ていく流量から、入っていく流量を差し引いた値を、実線で示す曲線の山形の波形で、また、副室 1 0 4 B を通過する流量が破線で示す曲線の山形の波形で示されている。いずれの波形も横軸で示す中立点より上が吐出側流量、下が吸込側流量である。この場合も、最終的な吐出流量は無脈動となっている。

10

【 0 0 4 0 】

副室 1 0 4 の容積を能動的に制御するために、前述した副室の弾性部材に圧電素子を接合し、これにより弾性部材を駆動するようにできる。図 9 および図 1 0 は、このような副室の構成が記載されている。支流路 2 0 の一部には、略円柱の穴又はくぼみ 1 0 8 が形成されている。弾性部材 1 1 0 には、圧電素子 1 1 2 が接合されており、これに電圧を印加することで弾性部材が、ダイヤフラムのように変形して、副室 1 0 4 の容積を増減する。また、くぼみ 1 0 8 を設ける代わりに、この領域にシリコン基板の表面に酸化膜を設けて、または残しておくことにより、この部分を上方より覆う層と接合されることを防止することができる。またシリコン基板の酸化膜の他に、ガラス基板表面に金属薄膜の蒸着、スパッタ加工、または金属膜の圧着をしておくことにより上方の層との接合を防止することもできる。この場合、くぼみがないので、無駄な容積を排除することができる。

20

【 0 0 4 1 】

図 1 1 に、制御のこの場合の制御のタイムチャートを示す。ダイヤフラムポンプ 1 2 A , 1 2 B の動作は、図 8 のチャートの場合と同様である。副室 1 0 4 A , 1 0 4 B の制御は、副室が関連するポンプの反対側のポンプが吐出期間にあるときに、吸込み、すなわち容積を拡大する方向に動作して、当該副室が関連するポンプの吐出期間においては、吐出方向に動作する。すなわち、副室 1 0 4 A の制御は、実線で示されるように、反対側のポンプ 1 2 B が吐出期間のときに、一重の斜線で示す吸込期間であり、自身の側のポンプ 1 2 A の吐出期間においては二重の斜線で示す吐出期間となる。副室 1 0 4 B の動作は、反対側のポンプ 1 2 A の吐出期間のときに吸込期間となり、ポンプ 1 2 B の吐出期間のときに吐出期間となる。

30

【 0 0 4 2 】

くぼみ 1 0 8 は、浅く形成されるが、これは当該副室の容積変化が、ダイヤフラムポンプの吐出圧力に影響しないようにするためである。すなわち、弾性部材 1 1 0 が、このくぼみ 1 0 8 の底に当接した以降、下がらないようにして、その動きを制限する。上方には、変位の制限を設けない。

【 0 0 4 3 】

さらに、図 9、図 1 0 に示す圧電素子 1 1 2 に替えて形状記憶合金を弾性部材 1 1 0 に接合することもできる。形状記憶合金は加熱により熱処理を行われたときの形（元の形）に戻ろうとする。また、加熱されたときにヤング率が変化して硬化し、冷やされて元の温度に戻ると、元の硬度に戻る。この性質を利用して、反対側のポンプの吐出期間において容積変化を生じて逆流を許容するようにし、自身の側のポンプの吐出期間においては、容積変化を抑え、ポンプの効率が低下しないようにする。

40

【 0 0 4 4 】

図 1 2 に、形状記憶合金を用いた場合の動作のチャートを示す。副室の関連するポンプの吐出期間においては、形状記憶合金に通電を行って、加熱、硬化させ、吸込期間においては加熱をやめて温度を低下させ、反対側のポンプから吐出された流体の逆流を許容するようにする。図 1 2 のチャートでは、二重斜線で示された期間が形状記憶合金が硬化している期間、一重斜線で示された期間が通常の硬さに戻っている期間である。

【 0 0 4 5 】

50

形状記憶合金を用いる場合、これも弾性部材の一部、すなわち構造体となるので、弾性部材を薄く作ることも可能である。また、形状記憶合金に限らず、外部からの何らかの刺激で剛性に変化を生じる部材であれば、これを採用することができる。

【0046】

図13は、ダイヤフラムポンプなどの往復動ポンプに替えて、回転容積型のポンプであるギアポンプ120A, 120Bを用いる構成を示している。ポンプ以外の構成は、図1に示す流体混合装置10と同様の構成であり、図示および説明を省略する。ギアポンプは、反対に回転させることで、流れを逆流させることができる。したがって、一方のポンプ（例えばポンプ120A）が吐出している期間に、他方のポンプ（120B）を逆転させて、ポンプ120Aが吐出している流体の一部をポンプ120Bに接続されている支流路20Bに引き込むようにして、逆流を発生させることができる。図示するギアポンプなど回転容積型のポンプは、その回転数で吐出量を調整することができ、定量性を確保することができる。

10

【0047】

以上、吐出流を無脈動とするポンプについて記載したが、脈動を有する場合にも逆流を生じさせることは可能であり、混合を促進させることが可能である。

【0048】

また、ポンプを2個備え、2種類の流体を混合する装置について記載したが、より多くのポンプを備えて、より多くの種類の流体を混合する装置とすることもできる。この場合は、各ポンプにつながる支流路が1カ所にて合流するようにもでき、また二つの支流路を合流させ、合流された流路どうしを更に合流させるようにツリー状の流路を形成することもできる。3個のポンプを備える場合の吐出タイミングは、1個ずつ順次吐出を行うようにもできるし、2個同時に吐出するようにすることもできる。

20

【0049】

以上、容積型のポンプにより流体を送り出す装置について説明したが、容積型ポンプに替えて流体を送り出す他の装置を用いることができる。例えば、シリンジポンプを用い、これを間欠的に駆動して、順次流体を送り出し、またシリンダを引き戻して逆流を生じさせるようにできる。また、ゴム袋など弾性のある部材を有する容器、袋に流体を蓄え、弾性部材の弾性力により容器等の容積を収縮させ、この収縮力をもって流体を送り出すようにすることもできる。この場合、能動型の弁を設け、弁の開閉制御により流体を間欠的に送り出すようにし、前述した副室と同様の構成を設けることにより逆流を起こすようにする。さらには、ドリップチャンバを用い、静水頭により流体を送り出すようにすることもできる。弾性を有する容器の場合と同様、能動型の弁、副室を設けることにより、間欠的な送り出しを行い、逆流を起こすようにする。また、一つの装置に異なる種類の流体送出装置を組み合わせて設けることもできる。

30

【0050】

さらには、容積型ポンプの代わりに、流体を感磁性流体とし、この流体に電気を流し、磁場をかけることで、駆動力を発生し、当該取扱い流体を送り出す電磁ポンプを用いてもよい。

【0051】

上述した流体混合装置は、微少な流量を取り扱うマイクロ装置に適用することができる。特に、構造が簡易で小形化が可能であるため、取り扱う流体の量を少量とすることがのでまれる場合に好適である。例えば、血糖値の測定のように、血液とGOD（グルコースオキシターゼ）を混合する場合は、血液の採取量およびGODの量は少ないほどよい。血液量は、被検者の負担を減らすために少なくすることが求められ、GODは高価であるためこれも使用量を少なくすることが求められている。このような場合、取り扱う試料、試薬の量をマイクロリットル程度、またはそれ以下とすることが望まれているが、本装置によれば、このような微少流量を取り扱う装置においても、流体を速やかに混合させることができる。

40

【0052】

50

また、このような微小流量を取り扱う装置の場合、流れが層流となりやすい領域は、主に一つのポンプの1回の吐出量が0.001ないし1000 μ Lであり、このような層流領域においても、本実施形態の装置においては、良好に混合を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本実施形態の流体混合装置10の概略構成を示す図である。

【図2】流体混合装置10に用いられるダイヤフラムポンプの一例を示す断面図である。

【図2A】図2のダイヤフラムポンプのガラス基板28の上面の形状を示す斜視図である。

【図3】図2に示すダイヤフラムポンプの動作の一例を示しタイミングチャートである。

【図4】流路の合流部付近の流れの様子を示す図である。

10

【図5】流体混合装置10に用いられるダイヤフラムポンプの他の例を示す断面図である。

【図6】図5に示すダイヤフラムポンプの動作タイミングの一例を示すチャートである。

【図7】他の実施形態の流体混合装置100の概略構成を示す図である。

【図8】図7の流体混合装置100の動作タイミングの一例を示すチャートである。

【図9】流体混合装置100の副室104の構成例を示す断面図である。

【図10】流体混合装置100の副室104の構成例を示す斜視図である。

【図11】図7の流体混合装置100の動作タイミングの他の一例を示すチャートである。

【図12】図7の流体混合装置100の動作タイミングの更に他の一例を示すチャートである。

20

【図13】ギアポンプを用いた構成を示す図である。

【図14】従来の流体混合装置の一例を示す図である。

【図15】支流路が合流する部分の形状の例を示す図である。

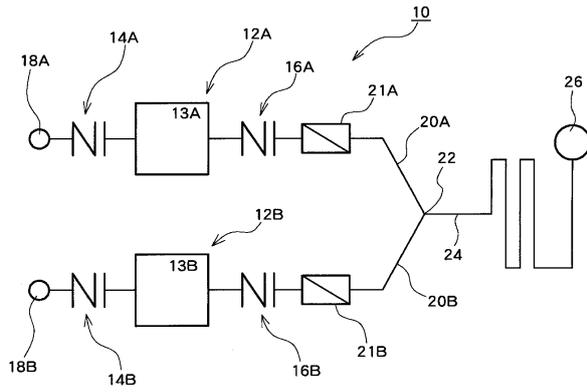
【符号の説明】

【0054】

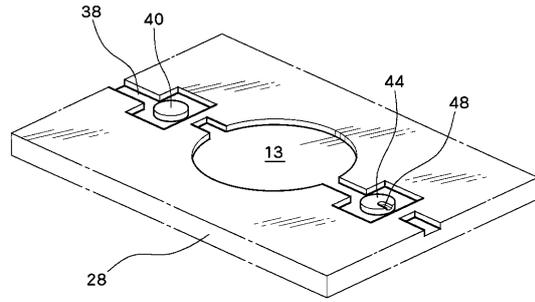
10 流体混合装置、12(12A, 12B) ダイヤフラムポンプ、13(13A, 13B) ポンプ室、14(14A, 14B) 吸込側逆止弁、16(16A, 16B) 吐出側逆止弁、20(20A, 20B) 支流路、22 合流点、24 本流路、28 基板、32 加工板、34 ダイヤフラム、36 圧電素子、40, 44 弁座、42, 46 弁体、48 溝、60(60A, 60B) ダイヤフラムポンプ、62 基板、66 加工板、68 ポンプ室、70 ダイヤフラム、72 圧電素子、74 吸込側弁、76 吐出側弁、78, 88 弁座、80, 90 弁体、82, 92 圧電素子、100 流体混合装置、102 流量計、104 副室、106 吐出側逆止弁。

30

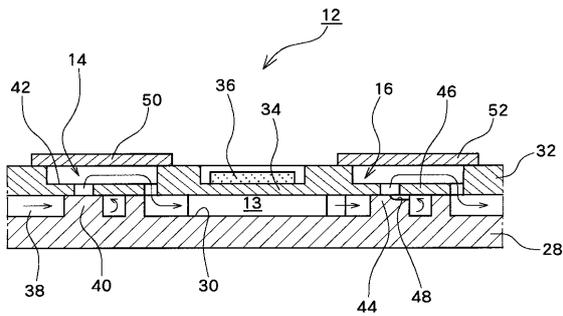
【図1】



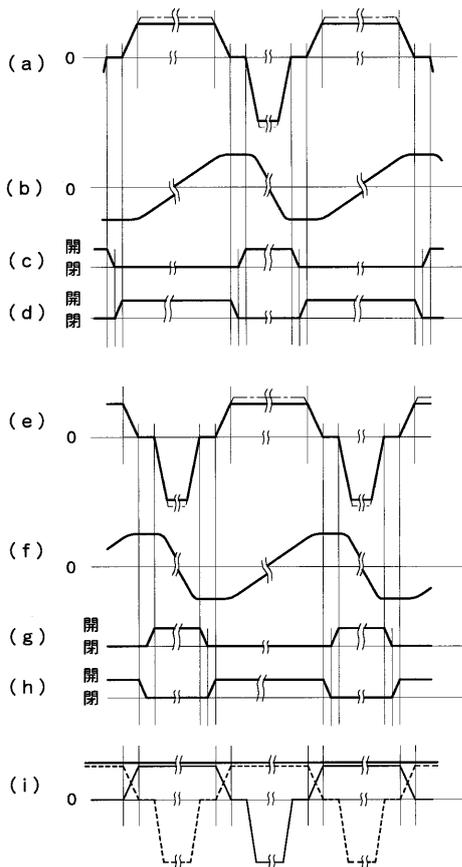
【図2A】



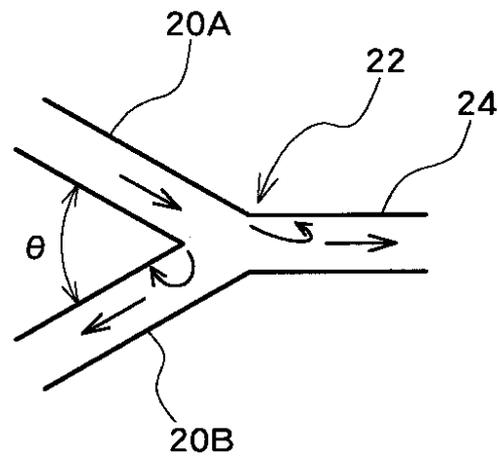
【図2】



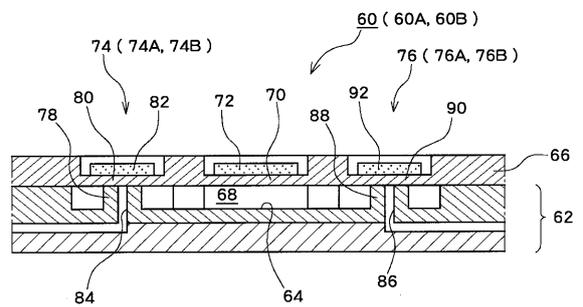
【図3】



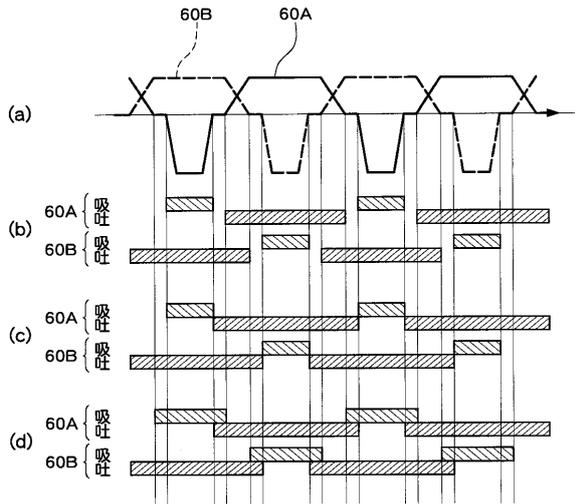
【図4】



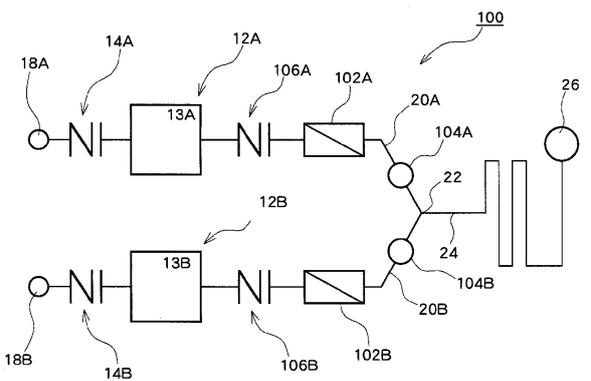
【図5】



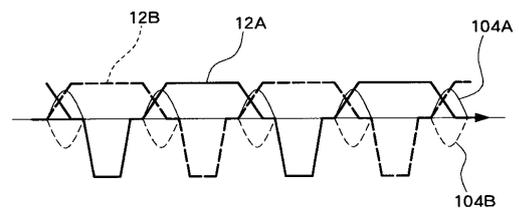
【図6】



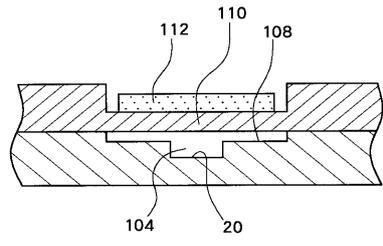
【図7】



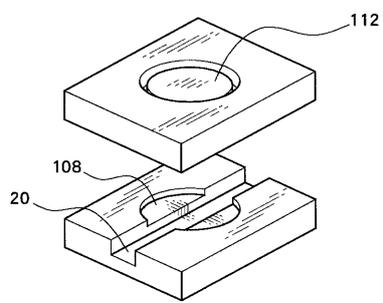
【図8】



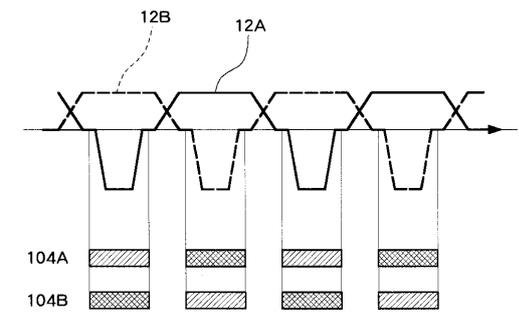
【図9】



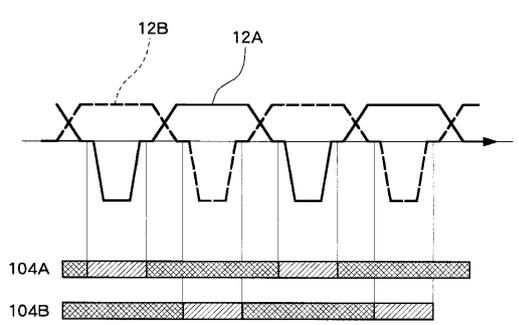
【図10】



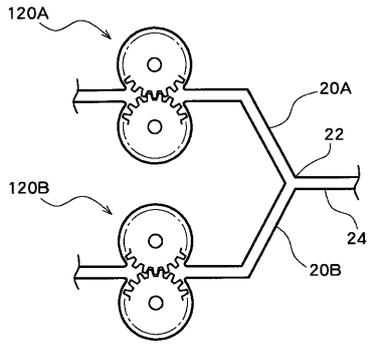
【図11】



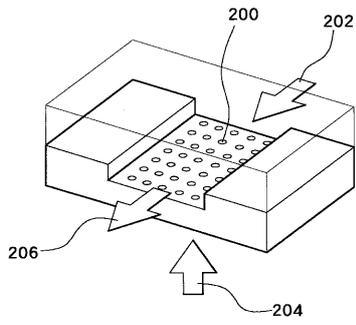
【図12】



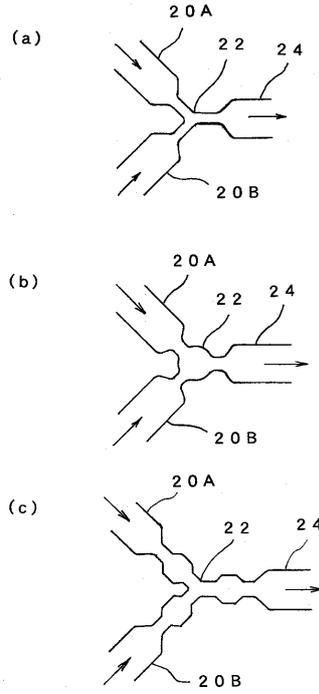
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-131556(JP,A)
特開2003-220322(JP,A)
国際公開第02/064243(WO,A1)
特開2000-250634(JP,A)
特開2003-190751(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01F 5/00、5/06
B01J 19/00
G01N 37/00