

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4830643号
(P4830643)

(45) 発行日 平成23年12月7日(2011. 12. 7)

(24) 登録日 平成23年9月30日(2011. 9. 30)

(51) Int.Cl.

F I

F O 4 B 43/02 (2006.01)

F O 4 B 43/02

D

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-157492 (P2006-157492)	(73) 特許権者	000001270
(22) 出願日	平成18年6月6日(2006. 6. 6)		コニカミノルタホールディングス株式会社
(65) 公開番号	特開2007-92746 (P2007-92746A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
(43) 公開日	平成19年4月12日(2007. 4. 12)	(74) 代理人	100091432
審査請求日	平成21年4月28日(2009. 4. 28)		弁理士 森下 武一
(31) 優先権主張番号	特願2005-253219 (P2005-253219)	(72) 発明者	東野 楠
(32) 優先日	平成17年9月1日(2005. 9. 1)		東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		ルタテクノロジーセンター株式会社内
		(72) 発明者	山東 康博
			東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ
			ルタテクノロジーセンター株式会社内
		審査官	尾崎 和寛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体輸送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アクチュエータによって駆動されるダイヤフラムを備えたマイクロポンプのチャンバの両端部に、流体連通部が連通している流体輸送システムにおいて、

前記流体連通部の少なくとも一方に設けた、流体振動圧力を吸収又は緩和するための圧力吸収部と、

前記圧力吸収部よりも前記チャンバから遠ざかる位置に設けた、流路断面積を狭める狭小部と、を備え、

前記狭小部の流路抵抗値をRとし、前記圧力吸収部の音響キャパシタンス値をCとしたとき、 $R \times C$ の値が前記マイクロポンプの駆動周期の値以上であること、

を特徴とする流体輸送システム。

【請求項2】

前記狭小部は前記チャンバよりも輸送方向下流側に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の流体輸送システム。

【請求項3】

アクチュエータによって駆動されるダイヤフラムを備えたマイクロポンプのチャンバの両端部に、流体連通部が連通している流体輸送システムにおいて、

前記流体連通部の少なくとも一方に設けた、流体振動圧力を吸収又は緩和するための圧力吸収部と、

前記圧力吸収部よりも前記チャンバから遠ざかる位置に設けた、複数の微細な流路を有

10

20

するフィルタ部と、を備え、

前記フィルタ部の流路抵抗値を R とし、前記圧力吸収部の音響キャパシタンス値を C としたとき、 $R \times C$ の値が前記マイクロポンプの駆動周期の値以上であること、
を特徴とする流体輸送システム。

【請求項 4】

前記フィルタ部は前記チャンバよりも輸送方向上流側に配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の流体輸送システム。

【請求項 5】

前記マイクロポンプは前記ダイヤフラムを繰り返して変形させることで流体を輸送するものであり、

前記圧力吸収部の音響キャパシタンスは前記チャンバの音響キャパシタンスよりも大きい値であること、

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の流体輸送システム。

【請求項 6】

前記チャンバの両端部にそれぞれ流路抵抗が差圧に応じて変化する第 1 の絞り流路と第 2 の絞り流路を有し、

第 1 の絞り流路の流路抵抗の変化の割合は第 2 の絞り流路の流路抵抗の変化の割合よりも大きく、

前記アクチュエータによって前記チャンバ内の流体を加圧する時間が減圧する時間よりも短い第 1 のパターンで繰り返して加圧、減圧することによって流体を第 1 の絞り流路から第 2 の絞り流路に向かって輸送し、

前記アクチュエータによって前記チャンバ内の流体を加圧する時間が減圧する時間よりも長い第 2 のパターンで繰り返して加圧、減圧することによって流体を第 2 の絞り流路から第 1 の絞り流路に向かって輸送すること、

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の流体輸送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体輸送システム、特に、マイクロポンプを用いて微少量の流体を高精度に輸送する流体輸送システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、バイオ検査や化学分析、創薬などの流体輸送システムに組み込まれ、微少量の液体を高精度に輸送するためのマイクロポンプが種々開発、提案されている。この種のマイクロポンプは、圧電素子によって駆動されるダイヤフラムを備えたチャンバの両端部に、流路又は流体リザーバがそれぞれ絞り流路部又は開閉弁を介して連通した構成を備えている。

【0003】

この種のマイクロポンプとしては特許文献 1 に開示されているものが知られており、圧電素子を駆動することによってダイヤフラムを規則的に変形させ、流体をチャンバを介して一方向に輸送する。しかし、この種のマイクロポンプでは、圧電素子を駆動することによってチャンバで発生する圧力振動波がインレット及びアウトレットを通じて流路の上流側及び下流側に伝達されてしまうという問題点を有していた。

【0004】

そこで、特許文献 2、3 では、インレット及びアウトレットに振動圧力を吸収又は緩和する圧力吸収部を設けることを提案している。しかし、これらの圧力吸収部は必ずしも完全なものではなく、圧力吸収部の上流側又は下流側にポンプや可動弁などの能動的な部品がない場合には圧力吸収部から漏れた振動が作用部に悪影響を及ぼすという問題点が残されている。

【特許文献 1】特許第 3 6 2 9 4 0 5 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】特許第3569267号公報

【特許文献3】特開2000-265963号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明の目的は、チャンバで発生する振動圧力が圧力吸収部からさらに上流側及び／又は下流側へ漏れることを抑止できる流体輸送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】

【0006】

以上の目的を達成するため、第1の発明は、

アクチュエータによって駆動されるダイヤフラムを備えたマイクロポンプのチャンバの両端部に、流体連通部が連通している流体輸送システムにおいて、

前記流体連通部の少なくとも一方に設けた、流体振動圧力を吸収又は緩和するための圧力吸収部と、

前記圧力吸収部よりも前記チャンバから遠ざかる位置に設けた、流路断面積を狭める狭小部と、を備え、

前記狭小部の流路抵抗値を R とし、前記圧力吸収部の音響キャパシタンス値を C としたとき、 $R \times C$ の値が前記マイクロポンプの駆動周期の値以上であること、

を特徴とする。

【0007】

また、第2の発明は、

アクチュエータによって駆動されるダイヤフラムを備えたマイクロポンプのチャンバの両端部に、流体連通部が連通している流体輸送システムにおいて、

前記流体連通部の少なくとも一方に設けた、流体振動圧力を吸収又は緩和するための圧力吸収部と、

前記圧力吸収部よりも前記チャンバから遠ざかる位置に設けた、複数の微細な流路を有するフィルタ部と、を備え、

前記フィルタ部の流路抵抗値を R とし、前記圧力吸収部の音響キャパシタンス値を C としたとき、 $R \times C$ の値が前記マイクロポンプの駆動周期の値以上であること、

を特徴とする。

【0008】

第1及び第2の発明に係る流体輸送システムによれば、圧力吸収部のチャンバから遠ざかる位置に、流路断面積を狭める狭小部又は複数の微細な流路を有するフィルタ部を設けたため、アクチュエータの駆動によってチャンバで発生した振動圧力は、圧力吸収部及び狭小部又はフィルタ部で2段階に吸収されることになる。これにて、チャンバで発生する振動圧力が圧力吸収部からさらに上流側及び下流側へ漏れることを抑止することができる。

【0009】

また、狭小部又はフィルタ部の流路抵抗値を R とし、圧力吸収部の音響キャパシタンス値を C としたとき、 $R \times C$ の値がマイクロポンプの駆動周期の値以上であるため、圧力吸収部の振動が収まってからアクチュエータによる次の振動が開始されることになり、流体の輸送がスムーズになる。但し、 $R \times C$ の値があまり大きくならないように、狭小部又はフィルタ部の流路抵抗値はマイクロポンプの実効的な内部流路抵抗値よりも小さいことが好ましい。

【0010】

特に、第2の発明に係る流体輸送システムにあっては、フィルタ部によって流体に混在した異物を排除することができる。従って、フィルタ部はチャンバよりも輸送方向上流側に配置されていることが好ましい。

【0011】

第1及び第2の発明に係る流体輸送システムにおいて、振動圧力を効果的に吸収するた

10

20

30

40

50

め、圧力吸収部の音響キャパシタンスはチャンバの音響キャパシタンスよりも大きい値であることが好ましい。—

【0012】

また、マイクロポンプは、チャンバの両端部にそれぞれ流路抵抗が差圧に応じて変化する第1の絞り流路と第2の絞り流路を有し、第1の絞り流路の流路抵抗の変化の割合は第2の絞り流路の流路抵抗の変化の割合よりも大きく、アクチュエータによってチャンバ内の流体を加圧する時間が減圧する時間よりも短い第1のパターンで繰り返して加圧、減圧することによって流体を第1の絞り流路から第2の絞り流路に向かって輸送し、アクチュエータによってチャンバ内の流体を加圧する時間が減圧する時間よりも長い第2のパターンで繰り返して加圧、減圧することによって流体を第2の絞り流路から第1の絞り流路に向

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明に係る流体輸送システムの実施例について、添付図面を参照して説明する。なお、各実施例を示す図において同じ部材、部分には共通する符号を付し、重複する説明は省略する。

【0014】

(第1実施例の概略構成、図1参照)

第1実施例である流体輸送システム10Aは、図1に示すように、ガラス基板11と薄板20とを接合して構成されている。ガラス基板11には流入口12及び流出口13が形成されている。また、薄板20はSiをベースとした基板からなり、エッチングによってチャンバ21、絞り流路22、23、流体リザーバ24、フィルタ部25、流路26、圧力吸収部27、狭小部28がそれぞれ連通するように形成されている。また、チャンバ21の外面にはアクチュエータとしての圧電素子30が貼り付けられており、チャンバ21を構成する薄膜部分がダイヤフラムとして機能する。

20

【0015】

具体的な寸法の一例を示すと、薄板20の厚さは200 μ m、チャンバ21を構成する薄膜ダイヤフラムなどの厚さは30 μ m、絞り流路22、23の深さは25 μ mである。

【0016】

流体リザーバ24はチャンバ21よりも幅広かつ容積も大きく形成され、インレット側の圧力吸収部として機能する。フィルタ部25は目の比較的粗い第1フィルタ部25aと目の比較的細かい第2フィルタ部25bとで構成され、流体リザーバ24のチャンバ21から遠ざかる位置に設けられている。また、流体リザーバ24の一端はフィルタ部25を介してガラス基板11の流入口12と連通している。

30

【0017】

狭小部28は一端が圧力吸収部27に連通して、かつ、その流路断面を狭めるようにチャンバ21から遠ざかる位置に設けられ、他端はガラス基板11の流出口13と連通している。圧力吸収部27はチャンバ21よりも幅広かつ容積も大きく形成されている。

【0018】

(マイクロポンプの動作、図2及び図3参照)

40

前記流体輸送システム10Aにおいて、チャンバ21、絞り流路22、23及び圧電素子30にてマイクロポンプ31が構成されている。ここで、マイクロポンプ31の動作について説明する。

【0019】

このマイクロポンプ31は、概念的には、チャンバ21の両端部にそれぞれ流路抵抗が差圧に応じて変化する絞り流路22、23を有し、絞り流路22の流路抵抗の変化の割合は絞り流路23の流路抵抗の変化の割合よりも大きく、圧電素子30によってチャンバ21内の流体を加圧する時間が減圧する時間よりも短い第1のパターンで繰り返して加圧、減圧することによって流体を絞り流路22から絞り流路23に向かって輸送し(順方向送液、図2参照)、圧電素子30によってチャンバ21内の流体を加圧する時間が減圧する

50

時間よりも長い第2のパターンで繰り返して加圧、減圧することによって流体を絞り流路23から絞り流路22に向かって輸送する（逆方向送液、図3参照）。

【0020】

具体的には、図2は順方向の送液状態（第1のパターン）を示し、（A）に示す波形の電圧を圧電素子30に印加することにより、チャンバ21内の流体を速く加圧すると、絞り流路22では乱流が発生して流路抵抗が大きくなり、流体はチャンバ21から絞り流路23を通じて排出される。そして、チャンバ21内の流体を遅く減圧することにより、流路抵抗が小さい絞り流路22を通じて流体がチャンバ21内に導入される。なお、本第1実施例を含めて他の実施例においても、この第1のパターンで流体を輸送するものとして説明する。

10

【0021】

図3は逆方向の送液状態（第2のパターン）を示し、（A）に示す波形の電圧を圧電素子30に印加することにより、チャンバ21内の流体を遅く加圧すると、流路抵抗が小さい絞り流路22を通じて流体がチャンバ21から排出される。そして、チャンバ21内の流体を速く減圧することにより、絞り流路22では乱流が発生して流路抵抗が大きくなり、流体は絞り流路23を通じてチャンバ21内に導入される。

【0022】

（フィルタ部及び狭小部の作用）

前記第1のパターンによりマイクロポンプ31が駆動されることにより、流体は流入口12からフィルタ部25、流体リザーバ24、絞り流路22、チャンバ21、絞り流路23、流路26、圧力吸収部27及び狭小部28を通じて流出口13へと高精度に輸送される。

20

【0023】

以上の輸送過程において、圧電素子30を駆動することによってチャンバ21で発生する圧力振動波が流体を介してインレット側及びアウトレット側に伝達される。流体リザーバ24及び圧力吸収部27はそれを構成する薄膜部分の弾性にて振動圧力を吸収又は緩和し、振動圧力がインレット側及びアウトレット側に伝達されることを防止する。しかし、振動圧力の伝達を完全に吸収することはできない。

【0024】

なお、流体リザーバ24に関しては、フィルタ部25を形成した領域を除いた領域Y（図1（A）参照）が圧力吸収部として機能する。

30

【0025】

フィルタ部25及び狭小部28は流路抵抗が大きいいため、流体リザーバ24や圧力吸収部27で吸収し切れなかった振動圧力をほぼ完全に吸収することができ、振動圧力が流入口12や流出口13から上流側及び下流側に漏れることを防止する。特に、フィルタ部25は流体に混在した異物を排除することができる。

【0026】

（第2実施例の概略構成、図4参照）

第2実施例である流体輸送システム10Bは、図4に示すように、基本的には前記第1実施例で示したマイクロポンプ31を含む流体輸送システムを二つ並列に接続し、狭小部28、28の下流側に設けた流路29、29の合流部29aで輸送される液体を合流させるものである。

40

【0027】

複数のマイクロポンプが流路を介して流体連通していると、一方のマイクロポンプから発生した振動が他方のマイクロポンプの挙動に影響を及ぼして特性のばらつきの原因となることが多い。しかし、本第2実施例のように、マイクロポンプ31、31を並列に接続すれば、マイクロポンプ31、31が互いに影響を及ぼし合うことはない。

【0028】

（第3実施例の概略構成、図5参照）

第3実施例である流体輸送システム10Cは、図5に示すように、基本的には前記第2

50

実施例と同様にマイクロポンプ 31 を含む流体輸送システムを二つ並列に接続し、圧力吸収部 27 の下流側に連通する流路 29, 29 の合流部 29a で輸送される液体を合流させるものである。但し、本第 3 実施例では、前記第 1 及び第 2 実施例に示した狭小部 28 に代えて、圧力吸収部 27 にフィルタ部 25 (第 1 フィルタ部 25a と第 2 フィルタ部 25b とからなる) を設けている。また、流体リザーバ 24 の下流側及び圧力吸収部 27 の上流側は平面視で円形形状とされている。

【0029】

本第 3 実施例の作用効果は前記第 1 実施例と同様であり、かつ、二つのマイクロポンプ 31 を並列に接続した作用効果は前記第 2 実施例と同様である。

【0030】

(第 4 実施例の概略構成、図 6 参照)

第 4 実施例である流体輸送システム 10D は、図 6 に示すように、基本的には前記第 1 実施例と同様の構成を備え、さらに、フィルタ部 25 の上流側に流路 41 を設けるとともに、狭小部 28 の下流側に流路 42 を設けている。

【0031】

(第 5 実施例の概略構成、図 7 参照)

第 5 実施例である流体輸送システム 10E は、図 7 に示すように、圧力吸収部 27 に狭小部 28 に代えてフィルタ部 25 (第 1 フィルタ部 25a と第 2 フィルタ部 25b とからなる) を設けたものであり、他の構成は前記第 1 実施例と同様である。

【0032】

本第 5 実施例の作用効果は、前記第 1 実施例と同様であり、加えて、何らかの原因で流体が逆流した場合に、下流側のフィルタ部 25 によってチャンバ 21 への異物の混入を防止できる。特に、マイクロポンプ 31 のように双方向に輸送可能なアクチュエータを使用している場合に効果的である。

【0033】

(第 6 実施例の概略構成、図 8 参照)

第 6 実施例である流体輸送システム 10F は、図 8 に示すように、マイクロポンプ 31 よりも上流側の構成は前記第 1 実施例と同様であり、マイクロポンプ 31 の下流側には絞り流路 23、流路 26 及び流出口 13 を設けたもので、第 1 実施例に示した圧力吸収部 27 は省略されている。

【0034】

本第 6 実施例では、下流側の流路 26 が十分に長く、かつ、他のマイクロポンプと流体連通せずに流出口 13 (大気開放口)に通じている。このような構成は、例えば、流入口 12 よりもさらに上流側に溜まった不要な廃液を、離れた場所に排出するような用途に用いられる。下流側に関していえば、圧力振動の影響を受けにくいので、上流側だけに圧力吸収部 (流体リザーバ 24) とフィルタ部 25 を設ければよい。これにて、簡素な構成で小型の流体輸送システム 10F を得ることができる。

【0035】

(第 7 実施例の概略構成、図 9 参照)

第 7 実施例である流体輸送システム 10G は、図 9 に示すように、マイクロポンプ 31 よりも上流側の構成は前記第 1 実施例と同様であり、マイクロポンプ 31 の下流側には絞り流路 23、流路 26、圧力吸収部 27 及び流出口 13 を設けたもので、第 1 実施例に示した狭小部 28 は省略されている。

【0036】

本第 7 実施例は、前記第 6 実施例と同様に、圧力振動の影響の大きい上流側にのみフィルタ部 25 を設け、下流側の狭小部 28 を省略することで小型化を図ったものである。

【0037】

(第 8 実施例の概略構成、図 10 参照)

第 8 実施例である流体輸送システム 10H は、図 10 に示すように、前記第 1 実施例に示した流路 26 を省略したもので、狭小部 28 が流出口 13 と連通している。他の構成は

10

20

30

40

50

第1実施例と同様である。流路26を省略することで小型化を図ることができる。

【0038】

(第9実施例の概略構成、図11参照)

第9実施例である流体輸送システム101は、図11に示すように、マイクロポンプ31の上流側も下流側と同様に、圧力吸収部27と狭小部28とで構成し、狭小部28の上流側に流入口12が設けられている。異物の混入が起こりにくい輸送系、例えば、外部と遮断された密封状態にある輸送系などの場合、前記フィルタ部25による異物のトラップは不要なので、マイクロポンプ31の上流側にフィルタ部25を設ける必要性はない。フィルタ部25が省略されているので、流体輸送システム101の作製工程が簡素化される。

10

【0039】

(振動圧力の吸収)

ここで、マイクロポンプ31の脈動による振動圧力の吸収について詳述する。振動圧力の吸収には、音響キャパシタンスを考慮することが必要となる。音響キャパシタンスは単位圧力に対する圧縮（もしくは変形）体積に相当する。チャンバ21、流体リザーバ24及び圧力吸収部27の音響キャパシタンスに関しては、ガラス基板11の変形は無視でき、チャンバ21、流体リザーバ24及び圧力吸収部27の内部にそれぞれ単位圧力を加えたときの薄膜部分の変形体積のみを求めれば算出できる。

【0040】

また、チャンバ21、流体リザーバ24及び圧力吸収部27内の流体の音響キャパシタンスに関しては、内部の流体全体に単位圧力を加えたときの体積減少量から算出できる。あるいは、流体の密度、流体中の音速、チャンバ21、流体リザーバ24及び圧力吸収部27の容積から求めることもできる。

20

【0041】

音響キャパシタンスには、前述のように、内部に流体が収容された筐体の一部が圧力によって変形することによるものと、内部の流体自身が圧力によって圧縮されることによるものの二つの成分がある。実際の流体輸送システムにおける音響キャパシタンスの値は、これら二つの合計によって決定すべきものである。但し、第1実施例のように、後者に対して前者のほうが数桁程度大きな値である場合には、便宜的に前者のみで論じる場合もある。

30

【0042】

前記流体輸送システムにおいて、流体リザーバ24（具体的には領域Y）及び圧力吸収部27の音響キャパシタンスはチャンバ21の音響キャパシタンスよりも大きい値であることが好ましい。マイクロポンプ31（圧電素子30）の駆動によりチャンバ21で発生する振動圧力を効果的に吸収することができる。

【0043】

流体リザーバ24及び圧力吸収部27の音響キャパシタンスを大きくするには、流体リザーバ24や圧力吸収部27を薄膜部で構成することが好ましい。具体的には、第1実施例において、流体リザーバ24及び圧力吸収部27は薄板20をエッチングした薄膜部（例えば、厚さ200 μm の薄板を170 μm 程度エッチングした厚さ30 μm 程度の薄膜部）にて構成し、かつ、幅寸法をチャンバ21よりも大きくしている。

40

【0044】

寸法の一例を示すと、流体リザーバ24内の領域Y及び圧力吸収部27は、いずれもほぼ同じ寸法であり、幅1.5mm、長さ3.0mmである。これらの音響キャパシタンスCの値は、いずれも約 $90 \times 10^{-18} (\text{m}^3/\text{Pa})$ である。

【0045】

フィルタ部25の寸法の一例を示すと、第1フィルタ部25aは開口幅40 μm 、長さ200 μm 、深さ25 μm の微小溝10本からなる構造を有している。第2フィルタ部25bは開口幅20 μm 、長さ60 μm 、深さ25 μm の微小溝17本からなる構造を有している。

50

【0046】

このフィルタ部25は、チャンバ21への異物の混入を防ぐ役割とともに、狭小部28と同様に流路抵抗値Rが高くて圧力振動を減衰させる機能を備えている。粘度が1 c pの液体（20℃の水に相当）の場合、抵抗値Rの値はおおよそ 2.0×10^{12} (N・s/m⁵)である。

【0047】

フィルタ部25にこのような機能を持たせた場合、万一フィルタ部25の一部が異物で詰まった場合でも、流体は残りの部分に流れることができるので、1本の狭小部28だけを配置した場合と比べて安全性が高い構造になる利点を有している。

【0048】

狭小部28の寸法の一例を示すと、開口幅40 μm、長さ0.50 mm、深さ170 μmである。前記粘度が1 c pの液体の場合、抵抗値Rの値はおおよそ 1.2×10^{12} (N・s/m⁵)である。

【0049】

このように、狭小部28の開口断面積をその前後の流路の断面積より十分に狭く（半分以下、好ましくは、1/10以下に）することで、比較的短い流路でありながら、必要となる流路抵抗値Rを確保することができる。

【0050】

また、狭小部28を十分に狭くすることで、狭小部28の内部での流体の圧力や速度の分布がほとんどなくなるので、駆動電圧波形や周波数、あるいは、外乱の条件などによらずに常に安定した圧力減衰特性が得られる。

【0051】

ところで、フィルタ部25又は狭小部28は、圧力吸収部（流体リザーバ24と圧力吸収部27を含む）と近接した位置に設けることが好ましい。それによって、圧力吸収部で吸収し切れなかった振動波が、圧力吸収部とフィルタ部25又は狭小部28との間で干渉して特性が不安定になることを未然に防止できる。

【0052】

一方、チャンバ21の上流側には、フィルタ部25を設けることが好ましい。これは、上流側から異物が流れてきた場合に、異物がチャンバ21内に混入しないようにするためである。

【0053】

チャンバ21の下流側には、フィルタ部25ではなく、狭小部28を設けることが好ましい。これは、万一チャンバ21内に異物が混入してしまった場合に、その異物が下流側に流れ抜けることが期待できるからである。この場合、狭小部28の断面積は、異物が抜けやすいように、フィルタ部25の目の断面積よりも大きいことが望ましい。

【0054】

また、流体輸送システムにおいて、狭小部28又はフィルタ部25の流路抵抗値をRとし、流体リザーバ24又は圧力吸収部27の音響キャパシタンス値をCとしたとき、 $R \times C$ の値がマイクロポンプ31（圧電素子30）の駆動周期の値以上であることが好ましい。これにて、流体リザーバ24及び圧力吸収部27の振動が収まってから圧電素子30による次の振動が開始されることになり、流体の輸送がスムーズになる。但し、 $R \times C$ の値が大きすぎると、マイクロポンプ31の駆動を開始してからの応答性が悪くなり、所望の流速になるまでの時間がかかりすぎるので好ましくはない。従って、 $R \times C$ の値は、実際の使用形態での好ましい応答時間以下に設定することが望ましい。

【0055】

例えば、図4に示した第2実施例のように、同一形状の二つのマイクロポンプ31、31を並列に配置し、それぞれから輸送されてきた液体を合流部29aで合流させる構成の場合、各マイクロポンプ31、31から送り出される液体が合流部29aに到達するタイミングがずれた場合、合流部29aに気泡が溜まるなどの問題が発生する。

【0056】

従って、各マイクロポンプ31, 31から輸送される液体の到達タイミングのずれは、一方のマイクロポンプ31から合流部29a(図4に点線で示す範囲)の容積を満たす量だけ輸送する時間分以下のずれしか許容されない。第2実施例の場合、合流部29aの幅寸法は200 μ mであり、マイクロポンプ31, 31の流量はおよそ400nL/secなので、到達タイミングのずれは20msec程度までしか許容されない。従って、第2実施例でのR $\times$ Cの値の上限値は20msec程度に設定することが必要となる。さらに、輸送速度が安定するのは時定数の3倍程度の時間経過後であることを考慮すると、R $\times$ Cの値の上限値は、前記の約1/3である6msec程度が好ましい。

【0057】

ここで、流路抵抗値Rとは、流体が流路を流れるときの圧力損失の係数に相当し、単位時間当たりの流量をQ、圧力損失を ΔP としたとき、 $R = \Delta P / Q$ で求められる。

10

【0058】

抵抗値Rを大きくしすぎることは、マイクロポンプ31によって輸送される液体の流れを妨げることとなって流速が低下してしまうことから好ましくはない。従って、フィルタ部25又は狭小部28の抵抗値Rの値はマイクロポンプ31の実効的な内部流路抵抗値よりも小さいことが好ましい。

【0059】

前記第1実施例でのマイクロポンプ31は、駆動周期が90 μ secの近辺で好適なポンプ特性が得られる(流量及び発生圧力が高い)。それに対して、流体リザーバ24とそれに近接したフィルタ部25からなる部分のR $\times$ Cの値は180 μ secであり、圧力吸収部27とそれに近接した狭小部28からなる部分のR $\times$ Cの値は108 μ secである。これらのR $\times$ Cの値はマイクロポンプ31の駆動周期(90 μ sec)よりも大きな値になっているので、前記効果によって液体の輸送がスムーズになり、特性のばらつきも小さくなる。

20

【0060】

一例として、図4に示した第2実施例のように、マイクロポンプ31, 31をそれぞれ含んで同一形状の輸送システムを並列に配置し、それぞれから輸送されてきた液体を合流部29aで合流させる構成を備えている場合の、それぞれの送液量を測定した。二つの液体をそれぞれ染料で着色し、合流部29aよりも下流側における2液の層流の幅の比率で流量比を判別し、合流部29aよりも下流におけるメニスカスの動く速度で2液の合計の流量を測定した。狭小部28を設けない場合は、2液の送液量のばらつきが $\pm 20\%$ 程度であって、かつ、送液のたびに送液比率が異なっていた。しかし、狭小部28を設けることによって2液の送液量のばらつきが $\pm 5\%$ 程度以下にまで低減し、送液のたびに結果が異なることもなくなった。

30

【0061】

一方、狭小部28の長さを0.50mmから0.35mmに変更したところ、2液の送液量のばらつきが $\pm 10\%$ 程度に増加した。このときの狭小部28の抵抗値Rはおよそ 0.8×10^{12} (N $\cdot$ s/m⁵)であり、R $\times$ Cの値は72 μ secであり、マイクロポンプ31の駆動周期(90 μ sec)よりも小さな値である。このことから、R $\times$ Cの値が駆動周期以下では狭小部28の効果は薄く、R $\times$ Cの値が駆動周期以上になって効果が顕著に現れることがわかる。

40

【0062】

他の構成として図5に示した第3実施例のように、マイクロポンプ31, 31をそれぞれ含んで同一形状の輸送システムを並列に配置し、それぞれから輸送されてきた液体を合流部29aで合流させ、かつ、圧力吸収部27にフィルタ部25を設けた構成の場合についても前記同様に送液量の測定実験を行った。

【0063】

ここで用いたマイクロポンプ31, 31は駆動周期が250 μ secである。下流側の二つのフィルタ部25は全て同じ形状、寸法であり、第1フィルタ部25aは開口幅130 μ m、長さ450 μ m、深さ80 μ mの微小溝9本からなる構造を有している。第2フ

50

フィルタ部 25b は開口幅 $60\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ $180\text{ }\mu\text{m}$ 、深さ $80\text{ }\mu\text{m}$ の微小溝 20 本からなる構造を有している。粘度が 1.5 cP の液体の場合、抵抗値 R はおよそ $0.18 \times 10^{12} (\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^5)$ である。また、二つの圧力吸収部 27 はいずれも同じ形状、寸法であり、上流側が直径 5.6 mm のほぼ円形形状であり、これらの音響キャパシタンス C の値はいずれも約 $1700 \times 10^{-18} (\text{m}^3 / \text{Pa})$ である。以上の条件で 2 液を合流させて送液する実験を行ったところ、送液量のばらつきが $\pm 3\%$ 程度以下であった。

【0064】

一方、フィルタ部 25 の長さをそれぞれ前記数値よりも約 0.7 倍に短くしたもの、及び、フィルタ部 25 を設けないもので比較実験したところ、それぞれの送液量のばらつきは前者で $\pm 10\%$ 、後者で $\pm 20\%$ 程度であった。これらの実験からも、 $R \times C$ の値がマイクロポンプ 31 の駆動周波数以上で効果が顕著に現れることが確認できた。

10

【0065】

ここで、 $R \times C$ の値がマイクロポンプ 31 の駆動周波数の値よりも大きいときに前記効果が得られる理由について説明する。マイクロポンプ 31 にパルス状の駆動電圧を 1 パルスだけ加えて差圧を発生させた場合、発生した差圧の値を P_0 として、その後、時間 t 経過後の差圧の値を $P(t)$ としたとき、 $P(t) = P_0 \cdot \exp(-t / R \cdot C)$ という関係になる。この差圧の低下は、狭小部 28 又はフィルタ部 25 を液体が流れることによって発生する。時間 t 経過後に狭小部 28 又はフィルタ部 25 を流れる液体の流量を $Q(t)$ とすると、 $Q(t) = P_0 \cdot \exp(-t / R \cdot C) / R$ となる。

20

【0066】

前記式から分かるように、パルス状の駆動電圧によって瞬間的に差圧が生じたとしても、狭小部 28 又はフィルタ部 25 における液体の流れには時間遅れが生じ、ある程度の時間が経過するまでは液体が流れない。即ち、マイクロポンプ 31 の駆動によって生じる差圧 P の変化が急激であるとしても、狭小部 28 又はフィルタ部 25 を流れる液体の流量 Q は、少なくとも経過時間 t が $R \cdot C$ の値を超える程度の時間を要して緩やかに流れ出ようとする。

【0067】

従って、 $R \cdot C$ の値よりも短い時間で次々に変化する現象に関しては流量 Q の変化が十分に追従できないので、結果として、 $R \cdot C$ の値よりも周期が短い流体振動は狭小部 28 又はフィルタ部 25 の外側に漏れずに減衰されることになり、脈動振動がほとんど重畳されない定常流の安定した送液が可能となる。

30

【0068】

また、流体リザーバ 24 又は圧力吸収部 27 は振動圧力を吸収又は緩和する機能のみでなく、高周波の圧力粗密波を反射する特性を有することが好ましい。高周波成分をチャンバ 21 側に反射することにより、高周波成分がインレット側又はアウトレット側に伝播されにくくなり、流体の流れを脈動のないスムーズなものとするができる。

【0069】

(他の実施例)

なお、本発明に係る流体輸送システムは前記実施例に限定するものではなく、その要旨の範囲内で種々に変更できる。

40

【0070】

例えば、ガラス基板 11 に前記チャンバ 21、絞り流路 22、23、流体リザーバ 24、圧力吸収部 27 などの構造体を形成したものであってもよい。流路 26 は複数本のものが絞り流路 23 と圧力吸収部 27 との間に平行に設けられていてもよい。

【0071】

さらに、チャンバ 21 の両端部に位置する絞り流路に対向する部分に能動弁を設けてもよい。この種の能動弁は絞り流路に対向する薄膜部分に圧電素子を設け、該圧電素子を駆動することによって、絞り流路を強制的に開閉することにより流体を一方向に輸送することができる。能動弁を設けても、該能動弁とチャンバ 21 の加圧、減圧とのタイムラグが発生し、振動圧力がチャンバ 21 の外部に伝達されるため、本発明の如く、圧力吸収部 (

50

流体リザーバ) 24, 27を設けるとともに、フィルタ部25や狭小部28を設け、振動圧力が外部に漏れるのを防止することが得策である。

【0072】

フィルタ部25と狭小部28は、いずれかがマイクロポンプ31の上流側と下流側の両方にそれぞれ配置されていることが、外部との振動伝達が完全に遮断されるので最も好ましい。但し、上流側又は下流側のいずれか一方が振動の影響を受けにくい場合であれば、特に、第6実施例(図8参照)のように、流路26が他のマイクロポンプと流体連通せずに流出口13(大気開放口)に通じている場合などであれば、マイクロポンプ31の下流側では狭小部28又はフィルタ部25を省略してもよい。同様に、圧力吸収部27又は流体リザーバ24も必ずしもマイクロポンプ31の上流側及び下流側の両方に配置されている必要はなく、上流側又は下流側のいずれか一方にのみ配置されていてもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】本発明に係る流体輸送システムの第1実施例の概略構成を示し、(A)はエッチングされた薄板の平面図、(B)は断面図である。

【図2】流体輸送システムを構成するマイクロポンプの動作(順方向送液)の説明図である。

【図3】前記マイクロポンプの動作(逆方向送液)の説明図である。

【図4】本発明に係る流体輸送システムの第2実施例の概略構成を示す平面図である。

【図5】本発明に係る流体輸送システムの第3実施例の概略構成を示す平面図である。

20

【図6】本発明に係る流体輸送システムの第4実施例の概略構成を示す平面図である。

【図7】本発明に係る流体輸送システムの第5実施例の概略構成を示す平面図である。

【図8】本発明に係る流体輸送システムの第6実施例の概略構成を示す平面図である。

【図9】本発明に係る流体輸送システムの第7実施例の概略構成を示す平面図である。

【図10】本発明に係る流体輸送システムの第8実施例の概略構成を示す平面図である。

【図11】本発明に係る流体輸送システムの第9実施例の概略構成を示す平面図である。

【符号の説明】

【0074】

10A～10I…流体輸送システム

11…ガラス基板

30

20…薄板

21…チャンバ

22, 23…絞り流路

24…流体リザーバ

25…フィルタ部

26…流路

27…圧力吸収部

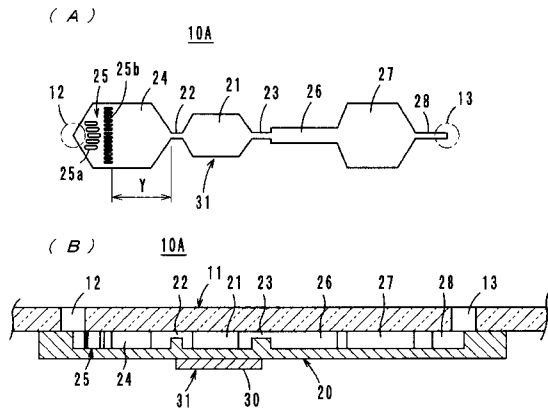
28…狭小部

30…圧電素子

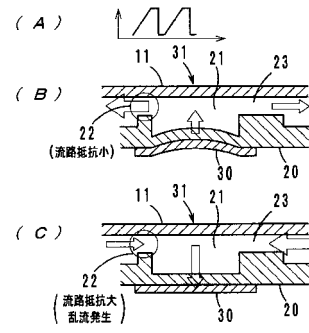
31…マイクロポンプ

40

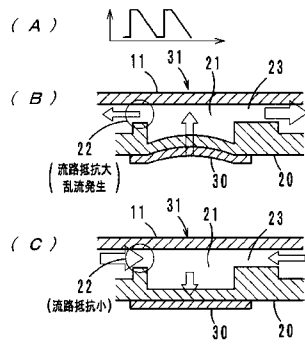
【図 1】



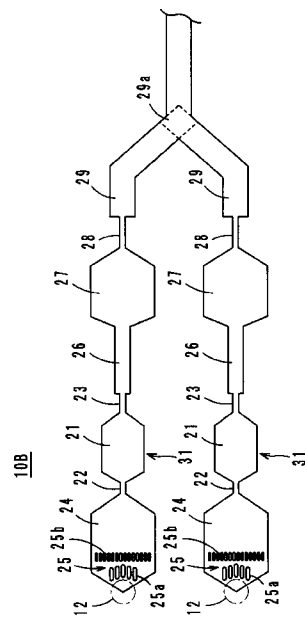
【図 3】



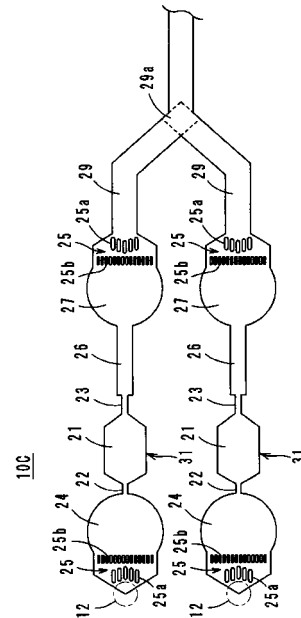
【図 2】



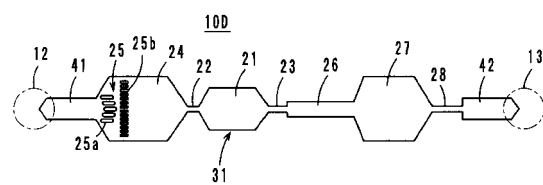
【図 4】



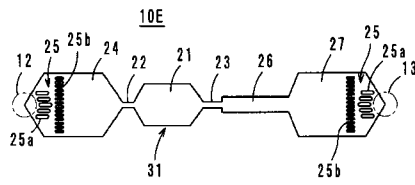
【図 5】



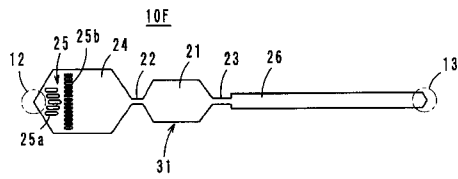
【図 6】



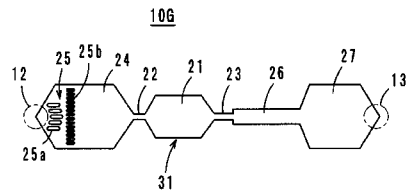
【図 7】



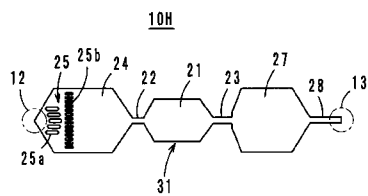
【図 8】



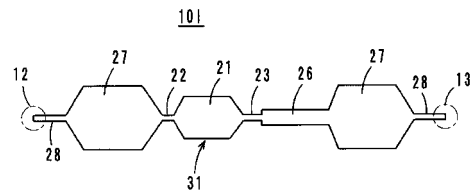
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-108285 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04B 43/02 ~ 43/06