

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-196614
(P2017-196614A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B01J 19/00 (2006.01)	B01J 19/00 321	3C081
G01N 37/00 (2006.01)	G01N 37/00 101	4G075
B81B 7/02 (2006.01)	B81B 7/02	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2017-60822 (P2017-60822)
 (22) 出願日 平成29年3月27日 (2017. 3. 27)
 (62) 分割の表示 特願2015-111176 (P2015-111176) の分割
 原出願日 平成23年2月15日 (2011. 2. 15)
 (31) 優先権主張番号 PCT/US2011/023173
 (32) 優先日 平成23年1月31日 (2011. 1. 31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 PCT/US2011/021168
 (32) 優先日 平成23年1月13日 (2011. 1. 13)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 PCT/US2010/054458
 (32) 優先日 平成22年10月28日 (2010. 10. 28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 511076424
 ヒューレット・パカード デベロップメント カンパニー エル. ピー.
 Hewlett-Packard Development Company, L.P.
 アメリカ合衆国 テキサス州 77070
 ヒューストン コンパック センタ ド ライブ ウェスト 11445
 (74) 代理人 100087642
 弁理士 古谷 聡
 (74) 代理人 100082946
 弁理士 大西 昭広
 (74) 代理人 100121061
 弁理士 西山 清春

最終頁に続く

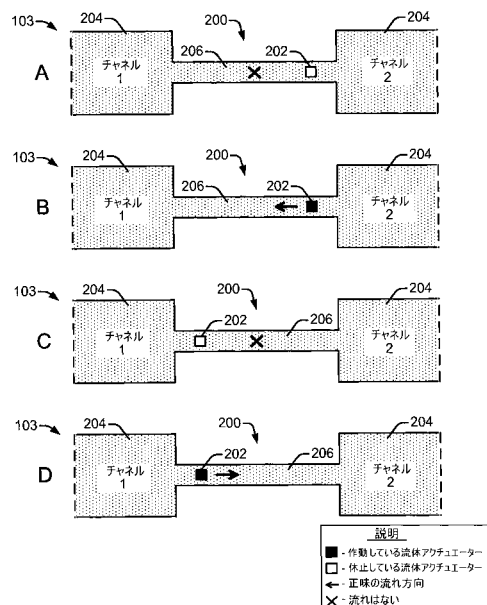
(54) 【発明の名称】 流体ネットワークにおける流体流れの生成

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 マイクロ流体ネットワークが、一次元及び/または二次元及び/または三次元のトポロジーを有することができ、ネットワーク内の任意の方向及び/または一定方向に(流れるように)制御された流体流れパターンを生成することが可能になる流体制御方法。

【解決手段】 マイクロ流体ネットワーク内のマイクロ流体チャンネル内に非対称に組み込まれた流体アクチュエーター202によって圧縮性流体変位及び伸張性流体変位を生成するステップであって、該圧縮性流体変位の持続時間と該伸張性流体変位の持続時間が時間的に非対称である、ステップを含む流体制御方法。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

マイクロ流体ネットワーク内に正味の流体流れを生成する方法であって、

第 1 の流体アクチュエーターを作動させて、該第 1 の流体アクチュエーターの第 1 の持続時間を有する第 1 の変位を生成するステップと、

前記第 1 の流体アクチュエーターを作動させて、該第 1 の流体アクチュエーターの第 2 の持続時間を有する第 2 の変位を生成するステップであって、前記第 2 の持続時間は前記第 1 の持続時間とは異なる、ステップと、

第 2 の流体アクチュエーターを作動させて、該第 2 の流体アクチュエーターの第 3 の持続時間を有する第 3 の変位を生成するステップと、

前記第 2 の流体アクチュエーターを作動させて、該第 2 の流体アクチュエーターの第 4 の持続時間を有する第 4 の変位を生成するステップであって、前記第 4 の持続時間は前記第 3 の持続時間とは異なる、ステップ

を含み、

前記第 1 の流体アクチュエーターは、マイクロ流体チャンネルの第 1 の端部と前記第 1 の流体アクチュエーターとの間に前記マイクロ流体チャンネルの長い側が画定され、かつ、前記マイクロ流体チャンネルの第 2 の端部と前記第 1 の流体アクチュエーターとの間に前記マイクロ流体チャンネルの短い側が画定されるように、前記マイクロ流体チャンネル内の第 1 の所定の位置に組み込まれており、

前記第 2 の流体アクチュエーターは、前記マイクロ流体チャンネルの前記第 1 の端部と前記第 2 の流体アクチュエーターとの間に前記マイクロ流体チャンネルの短い側が画定され、かつ、前記マイクロ流体チャンネルの前記第 2 の端部と前記第 2 の流体アクチュエーターとの間に前記マイクロ流体チャンネルの長い側が画定されるように、前記マイクロ流体チャンネル内の第 2 の所定の位置に組み込まれており、

前記第 1 の持続時間を有する前記第 1 の変位は、前記マイクロ流体チャンネル内の流体を前記マイクロ流体チャンネルの前記第 1 及び第 2 の端部の両方に向かって押しやるように作用し、前記第 2 の持続時間を有する前記第 2 の変位は、前記マイクロ流体チャンネル内の流体を前記第 1 の流体アクチュエーターに向かって引き寄せるように作用し、

前記第 3 の持続時間を有する前記第 3 の変位は、前記マイクロ流体チャンネル内の流体を前記マイクロ流体チャンネルの前記第 1 及び第 2 の端部の両方に向かって押しやるように作用し、前記第 4 の持続時間を有する前記第 4 の変位は、前記マイクロ流体チャンネル内の流体を前記第 2 の流体アクチュエーターに向かって引き寄せるように作用することからなる、方法。

【請求項 2】

前記第 2 の流体アクチュエーターが作動していないときに、前記第 1 の流体アクチュエーターの前記第 1 及び第 2 の変位によって前記マイクロ流体ネットワークにおける正味の流体流れの方向を制御するために、前記第 1 の持続時間及び前記第 2 の持続時間を調節する第 1 の調節ステップをさらに含む、請求項 1 の方法。

【請求項 3】

前記第 1 の調節ステップは、前記マイクロ流体チャンネルの前記第 2 の端部から前記第 1 の端部に向かう方向に、前記マイクロ流体チャンネルを通る流体流れが発生するように、前記第 1 の持続時間を前記第 2 の持続時間よりも短くするステップを含む、請求項 2 の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の調節ステップは、前記マイクロ流体チャンネルの前記第 1 の端部から前記第 2 の端部に向かう方向に、前記マイクロ流体チャンネルを通る流体流れが発生するように、前記第 1 の持続時間を前記第 2 の持続時間よりも長くするステップを含む、請求項 2 または 3 の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の流体アクチュエーターが作動していないときに、前記第 2 の流体アクチュエ

10

20

30

40

50

ーターの前記第3及び第4の変位によって前記マイクロ流体ネットワークにおける正味の流体流れの方向を制御するために、前記第3の持続時間及び前記第4の持続時間を調節する第2の調節ステップをさらに含む、請求項1～4のいずれかの方法。

【請求項6】

前記第2の調節ステップは、前記マイクロ流体チャンネルの前記第1の端部から前記第2の端部に向かう方向に、前記マイクロ流体チャンネルを通る流体流れが発生するように、前記第3の持続時間を前記第4の持続時間よりも短くするステップを含む、請求項5の方法。

【請求項7】

前記第2の調節ステップは、前記マイクロ流体チャンネルの前記第2の端部から前記第1の端部に向かう方向に、前記マイクロ流体チャンネルを通る流体流れが発生するように、前記第3の持続時間を前記第4の持続時間よりも長くするステップを含む、請求項5または6の方法。

10

【請求項8】

前記第1の変位を生成するステップが、前記マイクロ流体チャンネル内の領域が小さくなるように、前記第1の流体アクチュエーターを構成する第1の膜を前記マイクロ流体チャンネルの内側に向かって曲げるステップを含み、

前記第2の変位を生成するステップが、前記マイクロ流体チャンネル内の領域が大きくなるように、前記第1の膜を前記マイクロ流体チャンネルの外側に向かって曲げるステップを含むことからなる、請求項1～7のいずれかの方法。

20

【請求項9】

前記第3の変位を生成するステップが、前記マイクロ流体チャンネル内の領域が小さくなるように、前記第2の流体アクチュエーターを構成する第2の膜を前記マイクロ流体チャンネルの内側に向かって曲げるステップを含み、

前記第4の変位を生成するステップが、前記マイクロ流体チャンネル内の領域が大きくなるように、前記第2の膜を前記マイクロ流体チャンネルの外側に向かって曲げるステップを含むことからなる、請求項1～8のいずれかの方法。

【請求項10】

前記第1の変位を生成するステップ及び前記第2の変位を生成するステップが、機械読み取り可能命令を実行するコントローラによって前記第1の流体アクチュエーターを作動させるステップを含み、

前記第3の変位を生成するステップ及び前記第4の変位を生成するステップが、前記コントローラによって前記第2の流体アクチュエーターを作動させるステップを含むことからなる、請求項1～9のいずれかの方法。

30

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

マイクロフルイディクス（microfluidics：微小流体工学ともいう）は、ますます重要な技術となっており、工学、物理学、化学、マイクロテクノロジー、及びバイオテクノロジーを含む種々の分野に適用されている。マイクロフルイディクスには、種々のマイクロ流体システム、並びに、マイクロフルイディクスチップ（以下、マイクロ流体チップという）などのデバイスにおける、少量の流体の研究及びそのような少量の流体の操作、制御、及び使用法の研究が含まれる。たとえば、マイクロフルイディクスバイオチップ（「ラボオンチップ（lab-on-chip）」と呼ばれる）が、酵素及びDNAの分析、生化学的毒素及び病原菌の検出、病気の診断などの目的で分析作業を統合するために、分子生物学の分野で使用されている。

40

【0002】

多くのマイクロ流体システムを有効に利用できるかは、流体をマイクロ流体デバイスに適切に導入して、該デバイスを通る流体の流れを制御する能力に部分的に依存する。一般

50

に、マイクロ流体デバイスへの流体の導入及び該流体の流れをマイクロメートルのスケールで制御乃至管理できない場合には、環境的及び医学的な分析の有用性が特に重要である研究所以外でのマイクロ流体デバイスの用途は制限される。マイクロ流体デバイスに流体を導入して制御する従来の方法は、マイクロメートルのスケールではない、外部装置及び種々のタイプのポンプを使用している。これらの従来ソリューションは、たとえば、それらの大きなサイズ、多用性の欠如、複雑さに関連する短所を有しており、それらの短所は全て、そのようなマイクロ流体デバイスを実装するマイクロ流体システムの機能を制限する可能性がある。

【0003】

以下、添付の図面を参照して本発明の例示的な実施形態を説明する。

10

【図面の簡単な説明】

【0004】

【図1】1実施形態にしたがう、マイクロ流体デバイス、ネットワーク及び慣性ポンプ（イナーシャルポンプともいう）を組み込むのに適したマイクロ流体システムを示す。

【図2】いくつかの実施形態にしたがう、一体化された（すなわち、組み込み式の）慣性ポンプを有する、閉じた、一方向、一次元の流体ネットワークのいくつかの例を示す。

【図3】いくつかの実施形態にしたがう、一体化された（すなわち、組み込み式の）慣性ポンプを有する、閉じた、二方向、一次元の流体ネットワークのいくつかの例を示す。

【図4】1実施形態にしたがう、一体化された（すなわち、組み込み式の）慣性ポンプを有する、開いた、二方向、一次元の流体ネットワークの1例を示す。

20

【図5】1実施形態にしたがう、単一の流体ポンプアクチュエーターの選択的作動を利用するそれぞれ異なるポンプ作動方式によって生成された流体流れパターンを示す、閉じた二次元の流体ネットワークの1例を示す。

【図6】1実施形態にしたがう、2つの流体ポンプアクチュエーターの選択的作動を利用するそれぞれ異なるポンプ作動方式によって生成された流体流れパターンを示す、閉じた二次元の流体ネットワークの1例を示す。

【図7】1実施形態にしたがう、3つの流体ポンプアクチュエーターの選択的作動を利用するそれぞれ異なるポンプ作動方式によって生成された流体流れパターンを示す、閉じた二次元の流体ネットワークの1例を示す。

【図8】1実施形態にしたがう、開いた、二方向、三次元の流体ネットワークの1例のトップダウンビュー（上から見下ろしたときの図）及び対応する断面図である。

30

【図9】いくつかの実施形態にしたがう、流体ポンプアクチュエーターと能動要素の両方を組み込んでいる流体ネットワークのいくつかの例を示す。

【図10】1実施形態にしたがう、一体化された（すなわち、組み込み式の）流体ポンプアクチュエーターを有する流体ネットワークチャンネルの1例の側面図であり、該アクチュエーターはいくつかの異なる動作段階にある。

【図11】1実施形態にしたがう、図10の動作段階における作動している流体アクチュエーターを示す。

【図12】いくつかの実施形態にしたがう、図10の動作段階における作動している流体アクチュエーターを示す図であり、正味の流体流れ方向指示矢印も示されている。

40

【図13】いくつかの実施形態にしたがう、図10の動作段階における作動している流体アクチュエーターを示す図であり、正味の流体流れ方向指示矢印も示されている。

【図14】いくつかの実施形態にしたがう、図10の動作段階における作動している流体アクチュエーターを示す図であり、正味の流体流れ方向指示矢印も示されている。

【図15】いくつかの実施形態にしたがう、例示的な変位パルス波形を示す。

【図16】いくつかの実施形態にしたがう、例示的な変位パルス波形を示す。

【図17】いくつかの実施形態にしたがう、例示的な変位パルス波形を示す。

【図18】1実施形態にしたがう、一体化された（すなわち、組み込み式の）流体ポンプアクチュエーターを有する流体ネットワークチャンネルの1例の側面図であり、該アクチュエーターはいくつかの異なる動作段階にある。

50

【図19】いくつかの実施形態にしたがう、流体アクチュエーターの変位の持続時間に対応する持続時間を有する変位パルス波形のいくつかの例を示す。

【図20】1実施形態にしたがう、チャンネルの内外に向かって湾曲する流体アクチュエーターの1例を、代表的な変位パルス波形とともに示す。

【発明を実施するための形態】

【0005】

課題とその解決策（ソリューション）の概要

上記したように、マイクロ流体デバイスにおいて流体を制御乃至管理する従来の方法は、マイクロメートルのスケールではない外部装置及びポンプ機構を使用する。これらのソリューションには、マイクロ流体システムの応用範囲を制限しういくつかの不都合がある。たとえば、マイクロ流体デバイス内に流体を注入して流体の流れを生成するために、外部の注射器及び空気ポンプが使用されることがある。しかしながら、外部の注射器及び空気ポンプは大きくて、取り扱うのも設定するのも難しく、接続の信頼性も低い。これらのタイプのポンプは、マイクロ流体デバイス/チップが適合することができる外部の流体接続の数によって、その多用性の点でも制限を受ける。

10

【0006】

別のタイプのポンプは、一組の細い毛管の流体充填の原理に基づいて動作するキャピラリーポンプ（毛管ポンプ）である。この場合、該ポンプは単一パス機能しか提供しない。該ポンプは完全に受動的であるので、流体の流れは、該構造中に「固定化されており」、再設定することができない。電気泳動ポンプを使用することもできるが、特殊なコーティング、複雑な三次元幾何学構造、及び高い動作電圧が必要である。これらの全ての特性は、このタイプのポンプの適用範囲を制限する。他のタイプのポンプとして蠕動及び回転ポンプがある。しかしながら、それらのポンプは、可動部を有しており、小型化が難しい。

20

【0007】

本開示の実施形態は、マイクロ流体システム及びデバイスにおける流体管理（流体制御ともいう）の従来ソリューションを改善するものであり、かかる改善は、一般的にいうと、流体アクチュエーターを有する一体化された（すなわち、組み込み式の）慣性ポンプを有する複雑で多用性のあるマイクロ流体ネットワークを可能にする改良されたマイクロ流体デバイスによって達成される。開示しているマイクロ流体ネットワークは、一次元及び/または二次元及び/または三次元のトポロジーを有することができ、したがって、また、かなり複雑なものとなりうる。ネットワーク内の流体チャンネルのエッジの各々は、1つの流体アクチュエーターまたは2つ以上の流体アクチュエーターを含むことができ、または、流体アクチュエーターを含まない場合もある。非対称な位置でマイクロ流体ネットワークチャンネルに組み込まれている流体アクチュエーターは、該チャンネルを単一方向に通る流体流れ（流体流れとは、流体の流れのこと）と二方向に通る流体流れの両方を生成することができる。ネットワーク内の複数のマイクロ流体チャンネルの端部に近い側に非対称に配置されている複数の流体アクチュエーターを選択的に作動させることによって、該ネットワーク内の任意の方向及び/または一定方向に（流れるように）制御された流体流れパターンを生成することが可能になる。さらに、流体アクチュエーターの機械的な動作または動きを時間的に制御することによって、流体ネットワークチャンネルを通る流体流れの方向制御が可能になる。したがって、いくつかの実施形態では、単一の流体アクチュエーターの前進ストロークと後退ストローク（すなわち、圧縮性流体変位と伸張性流体変位）を正確に制御することによって、ネットワークチャンネル内の二方向の流体流れを提供することができ、及び、該ネットワーク内の任意の方向及び/または一定方向に制御された流体流れパターンを生成することができる。

30

40

【0008】

流体アクチュエーターを、熱気泡抵抗（thermal bubble resistor）アクチュエーター、圧電膜（piezo membrane）アクチュエーター、静電（MEMS）膜アクチュエーター、機械駆動式/インパクト駆動式膜アクチュエーター、ボイスコイルアクチュエーター、磁歪駆動アクチュエーターなどの種々のアクチュエーターメカニズムによって駆動することがで

50

きる。流体アクチュエーターを、従来の微細加工処理を用いてマイクロ流体システムに組み込むことができる。これによって、任意の圧力及び流れ場を有する複雑なマイクロ流体デバイスが可能になる。マイクロ流体デバイスは、抵抗加熱器（抵抗ヒーター）、ペルチエクーラー（Peltier cooler）、物理センサー、化学センサー、生物学的センサー、光源、及び、それらの組み合わせなどの種々の組み込まれた（すなわち一体化された）能動要素を含むこともできる。マイクロ流体デバイスは、外部の流体容器（たとえば、流体を貯蔵可能なタンク）に接続される場合もあれば接続されない場合もある。開示されているマイクロ流体デバイス及びネットワークの利点には、一般的に、マイクロ流体システムを動作させるのに必要な装置乃至機材が少なくなることが含まれるが、これによって、機動性が向上し、かつ、適用可能な応用範囲が広がる。

10

【0009】

1実施形態では、マイクロ流体システムは、容器の両方の端部に結合された流体チャネル（以下、単にチャネルともいう）を含む。流体アクチュエーターは、該チャネル内に非対称に配置されて、慣性特性が違い異なる、該チャネルの長い側と短い側を形成する。流体アクチュエーターは、該チャネルの両端部に向かって伝搬する波を生成し、及び、該チャネルを通る一方向の正味の流体流れを生成する。コントローラは、流体アクチュエーターを選択的に作動させて、該チャネルを通る一方向の正味の流体流れを制御することができる。1実施例では、流体アクチュエーターは、チャネルの第1の端部の近く（すなわち、他方の端部である第2の端部よりも第1の端部に近い位置）に配置された第1の流体アクチュエーターであり、第2の流体アクチュエーターは、チャネルの第2の端部の近く（すなわち、第1の端部よりも第2の端部に近い位置）において該チャネル内に非対称に配置されている。コントローラは、第1の流体アクチュエーターを作動させて、第1の端部から第2の端部へと第1の方向に該チャネルを通る正味の流体流れを生じさせることができ、及び、第2の流体アクチュエーターを作動させて、第2の端部から第1の端部へと第2の方向に該チャネルを通る正味の流体流れを生じさせることができる。

20

【0010】

別の実施形態では、マイクロ流体システムは、第1及び第2の端部を有するマイクロ流体チャネルのネットワークを含む。該チャネルの端部は、端部-チャネル交差部で互いにさまざまなやり方で結合される。少なくとも1つのチャネルがポンプチャネルであり、該ポンプチャネルは、自身の両側の端部間に非対称に配置されている流体アクチュエーターによって区別された短い側と長い側を有している。流体アクチュエーターは、ポンプチャネルの両端部に向かって伝搬する波を生成し、この波によって、該ポンプチャネルを一方向に通る正味の流体流れが生じる。1実施例では、該チャネル内に組み込まれた（すなわち、該チャネルに一体化されている）第2の流体アクチュエーターが、ポンプチャネルの第2の端部の近く（すなわち、第1の端部よりも第2の端部に近い位置）に非対称に配置されており、コントローラが、第1及び第2の流体アクチュエーターを選択的に作動させて、ネットワークを二方向に通る流体流れを生じさせることができる。別の実施例では、追加の流体アクチュエーターが、複数のマイクロ流体チャネルの第1及び第2の端部の近く（第1の端部の近くとは、第2の端部よりも第1の端部の近くにあることを、第2の端部の近くとは、第1の端部よりも第2の端部の近くにあることを意味する）に非対称に配置されており、コントローラが、該流体アクチュエーターを選択的に作動させて、該ネットワークを通る方向が制御された（たとえば、一定方向に流れるように制御された）流体流れパターンが生じるようにすることができる。

30

40

【0011】

ある別の実施形態では、マイクロ流体ネットワークは、第1の平面（プレーン）内にマイクロ流体チャネルを有し、これによって、該第1の平面内のネットワークを通る二次元の流体流れを容易にしている。該第1の平面内のマイクロ流体チャネルは、該第1の平面内の別のマイクロ流体チャネルをまたいで、該別のマイクロ流体チャネルと交差しないうに第2の平面中へと延在し、これによって、第1及び第2の平面内のネットワークを通る三次元の流体流れを容易にしている。能動要素が少なくとも1つのマイクロ流体チャネ

50

ルに組み込まれている。(複数の)流体アクチュエーターが、少なくとも1つのマイクロ流体チャンネル内に非対称に組み込まれており、コントローラが、該流体アクチュエーターを選択的に作動させて、該ネットワーク内を一定方向に流れるように制御された流体流れパターンが生じるようにすることができる。

【0012】

ある別の実施形態では、マイクロ流体ネットワーク内に正味の流体流れを生成する方法は、ある持続時間中、時間的に非対称な圧縮性流体変位と伸張性流体変位を生成することを含む。これらの変位は、マイクロ流体チャンネル内に非対称に組み込まれている流体アクチュエーターを用いて生成される。

【0013】

ある別の実施形態では、マイクロ流体システムは、マイクロ流体ネットワークを含む。流体アクチュエーターは、該ネットワークのあるチャンネル内に非対称な位置に組み込まれて、該チャンネル内に持続時間が互いに異なる圧縮性流体変位と伸張性流体変位が生成されるようにする。コントローラは、該流体アクチュエーターの圧縮性流体変位及び伸張性流体変位の持続時間を制御することによって、該チャンネルを通る流体流れの方向を調整する。

10

【0014】

ある別の実施形態では、マイクロ流体ネットワーク内の流体流れを制御する方法は、マイクロ流体チャンネル内に非対称に配置されている流体アクチュエーターを用いてマイクロ流体チャンネル内に非対称な流体変位を生成することを含む。

20

【0015】

例示的な実施形態

図1は、本開示の1実施形態にしたがう、(本明細書に開示されている)マイクロ流体デバイス、ネットワーク、及び慣性ポンプを組み込むのに適したマイクロ流体システム100を示す。マイクロ流体システム100を、たとえば、分析システム、マイクロエレクトロニクス冷却システム、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)システムなどの核酸増幅システム、または、同じ体積の流体の使用及び/または操作及び/または制御を伴う任意のシステムとすることができる。マイクロ流体システム100は、広範なマイクロ流体応用を可能にするために、典型的には、マイクロ流体チップ(たとえば「ラボオンチップ」)などのマイクロ流体デバイス102を実装している。マイクロ流体デバイス102は、一般的に、流体をネットワーク中を循環させるための慣性ポンプを具備するチャンネルを有する1以上の流体ネットワーク103を備える。一般に、マイクロ流体デバイス102の構造及びコンポーネント(構成要素)を、電鍍法、レーザーアブレーション、異方性エッチング、スパッタリング、ドライエッチング、写真平板(フォトリソグラフィ)、キャストリング、成形(モールドイング)、スタンピング、機械加工、スピコーティング、積層法などの従来の集積回路微細加工技術を用いて製造することができる。マイクロ流体システム100は、流体をマイクロ流体デバイス102に供給し及び/または循環させるための外部の流体容器(たとえば液体タンク)104を含むこともできる。マイクロ流体システム100はまた、電子制御装置(電子コントローラ)106、並びに、マイクロ流体デバイス102、該電子制御装置106、及び、システム100の一部とすることができる他の電氣的構成要素(電気コンポーネント)に電力を供給するための電源108を備える。

30

40

【0016】

電子制御装置(以下、コントローラという)106は、典型的には、プロセッサ、ファームウェア、ソフトウェア、揮発性及び不揮発性のメモリー要素を含む1以上のメモリー要素、マイクロ流体デバイス102及び流体容器104と通信乃至連絡し及びそれらを制御する他の電子機器乃至電子部品を備える。したがって、コントローラ106は、プログラム可能であって、典型的には、メモリー(記憶装置)に格納されて、マイクロ流体デバイス102を制御するために実行可能な1以上のソフトウェアモジュールを有している。かかるモジュールは、たとえば、図1に示すように、流体アクチュエーター選択、タイミング及び頻度モジュール110、及び、流体アクチュエーター非対称作動モジュール11

50

2を含むことができる。

【0017】

コントローラ106はまた、コンピュータなどのホストシステムからデータ114を受け取って、該データ114をメモリーに一時的に保存することができる。典型的には、データ114は、電子式伝送経路、赤外線伝送経路、光学式伝送経路、または、他の情報伝送経路に沿ってマイクロ流体システム100に送られる。データ114は、たとえば、マイクロ流体デバイス102内の流体流れを制御するための実行可能命令及び/またはパラメータであって、コントローラ106に格納されているソフトウェア/ファームウェアモジュールにおいて単独で、または、他の実行可能命令と共に使用される。プログラム可能なコントローラ106上で実行可能な種々のソフトウェア及びデータ114は、マイクロ流体デバイス102のネットワークチャンネル内に組み込まれている流体アクチュエーターの選択的作動を可能にすると共に、そのような作動による圧縮性変位及び伸張性変位のタイミング、頻度、及び持続時間の正確な制御を可能にする。流体アクチュエーターの制御を容易に変更可能(すなわち、プログラム可能)であることによって、所与のマイクロ流体デバイス102において多くの流体流れパターンをオンザフライで(すなわち動作中に)利用することが可能になる。

10

【0018】

図2は、本開示のいくつかの実施形態にしたがう、マイクロ流体デバイス102内に実施するのに適した、一体化された(すなわち、組み込み式の)慣性ポンプ200を有する、閉じた、一方向及び一次元(すなわち線形)の流体ネットワーク103のいくつかの例(A、B、C、D)を示す。本明細書において、「閉じた」ネットワークとは、外部流体容器に接続されないネットワークを意味し、「一方向」ネットワークとは、一つの方向だけに流れる流体流れを生成するネットワークを意味し、一次元ネットワークは、線形ネットワークを意味する。慣性ポンプ200は、一般的に、ポンプチャンネル206の一方の端部の近く(すなわち、他方の端部よりも該一方の端部の近い位置)に非対称に配置されている一体化された(すなわち、組み込み式の)流体アクチュエーター202を具備する該ポンプチャンネル206を備える。後述するいくつかの実施形態では、ネットワークチャンネル204自体がポンプチャンネル206として機能することに留意されたい。図2に示す例示的な慣性ポンプ200の各々は、ポンプチャンネル206を介して流体をネットワークチャンネル204間(チャンネル1と2の間)で移動させるための流体ポンプアクチュエーター202を有している。この例では、各ネットワークチャンネル204は、ポンプチャンネル206の各端部における流体容器として機能する。ネットワーク103(A、B、C、D)は、一方の端部から他方の端部に流体が流れる一次元(すなわち線形)型であるが、ネットワークチャンネル204(チャンネル1及び2)の端部に示されている破線によって、いくつかの実施形態では、ネットワークチャンネル204は、追加の次元(すなわち、二次元及び三次元)を有するより大きなネットワーク103の一部としてより遠くに延びることができることを示すことが意図されており、その場合には、ネットワークチャンネル204は、そのようなより大きなネットワーク103の一部として他のネットワークチャンネルと交差する。そのようなより大きなネットワークの例については後述する。

20

30

【0019】

図2のネットワークA、B、C、Dに示す4つの慣性ポンプ200の各々は、ポンプチャンネル206の(他方の端部よりも)一方の端部に近い、ポンプチャンネル206内の非対称な位置に配置されている単一の一体化された(すなわち組み込み式の)流体ポンプアクチュエーター202を備えている。図2中の説明欄において示されているように、ネットワークA及びCのポンプ200中の流体アクチュエーター202は休止しており、すなわち、作動していない。したがって、ネットワークチャンネル1と2(204)の間でポンプチャンネル206を通る正味の流体流れは存在しない。しかしながら、ネットワークB及びDのポンプ200中の流体アクチュエーター202は作動しているので、ネットワークチャンネル1と2(204)の間でポンプチャンネル206を通る正味の流体流れが生じる。

40

【0020】

50

流体ダイオード特性（すなわち、流体の一方方向への流れ）は、ネットワークB及びDのように、流体アクチュエーター202がポンプチャンネル206内に非対称な位置に配置された状態で、慣性ポンプ200を作動させることによって実現される。慣性ポンプチャンネル206の幅が、該チャンネル206が接続しているネットワークチャンネル204（すなわちネットワークチャンネル1及び2）の幅よりも小さい場合には、慣性ポンプ200の駆動力（または推進力）は、主に、ポンプチャンネル206の特性（すなわち、ポンプチャンネルの幅及びポンプチャンネル内の流体アクチュエーター202の非対称性）によって決まる。ポンプチャンネル206内の流体アクチュエーター202の正確な位置は、多少異なりうるが、いずれの場合でも、ポンプチャンネル206の長さ（全長）に関して非対称である。したがって、流体アクチュエーター202は、ポンプチャンネル206の中央点（で分割したときの2つの側のうち）の一方の側に配置される。所与の流体アクチュエーター202に関して、その非対称配置によって、ポンプチャンネル206の短い側と長い側が画定される。したがって、ネットワークBの慣性ポンプ200内の作動している流体アクチュエーター202の非対称位置、すなわち、アクチュエーター202がより広いネットワークチャンネル2（204）の方に近い位置にあることは、ネットワークチャンネル2からネットワークチャンネル1に向かう（すなわち、右から左に向かう）正味の流体流れを引き起こす、ポンプチャンネル206内の流体ダイオード特性を基礎付けるものである。同様に、ネットワークDのポンプ200中の作動している流体アクチュエーター202がポンプチャンネル206の短い側に位置していることによって、ネットワークチャンネル1からネットワークチャンネル2に向かう（すなわち、左から右に向かう）正味の流体流れが引き起こされる。ポンプチャンネル206内の流体アクチュエーター202の非対称位置によって、ポンプチャンネル206内の流体ダイオード特性（正味の流体流れ）を駆動する慣性メカニズムが生じる。流体アクチュエーター202は、ポンプチャンネル206に沿って互いに逆の2つの方向に流体を押しやる、ポンプチャンネル206内を伝搬する波を生成する。流体アクチュエーター202がポンプチャンネル206内に非対称に配置されている場合には、ポンプチャンネル206を通る正味の流体流れが存在する。流体のより重い部分または流体がより多く存在する部分（これは、典型的には、ポンプチャンネル206の長い方の側にある）は、流体アクチュエーターのポンプ前進ストロークの終わりにおいてより大きな機械的慣性を有する。したがって、流体のこの部分は、該チャンネルの短い方の側にある流体（液体）よりもゆっくりと進行方向が逆転する。該チャンネルの短い側にある流体は、流体アクチュエーターのポンプ後退ストローク中に力学的運動量を獲得するのにより長い時間がかかる。したがって、該後退ストロークの終わりにおいて、該チャンネルの短い方の側にある流体は、該チャンネルの長い方の側にある流体よりもより大きな力学的運動量を有する。この結果、典型的には、正味の流れは、ポンプチャンネル206の短い方の側から長い方の側に向かう流れとなる。正味の流れが、2つの流体要素（すなわち、チャンネルの短い側と長い側）の異なる慣性特性の結果として生じることから、このタイプのマイクロポンプは、慣性ポンプと呼ばれる。

【0021】

図3は、本開示のいくつかの実施形態にしたがう、たとえば図2を参照して説明した、マイクロ流体デバイス102内に実装するのに適した一体化された（すなわち組み込み式の）慣性ポンプ200を有する、閉じた、二方向、一次元（すなわち線形）の流体ネットワーク103のいくつかの例（A及びB）を示す。図3の例示的な慣性ポンプ200は、1つの流体ポンプアクチュエーター202に代えて、流体をネットワークチャンネル204中を移動させ、及び、流体を該チャンネル204間で移動させるための2つの流体ポンプアクチュエーター202を有する。これら2つの流体ポンプアクチュエーター202は、各ポンプチャンネル206の互いに反対側にある2つのそれぞれの側において他方の側の端部よりも一方の側の端部に近いところに非対称に配置されている。ポンプチャンネル206のそれぞれの側に流体アクチュエーター202を有することによって、どの流体アクチュエーター202が作動しているかによって決まる（いずれか一方の）方向にチャンネル206を通る正味の流体流れを生成することが可能になる。したがって、図3のネットワークA

10

20

30

40

50

の慣性ポンプ200では、作動している流体アクチュエーター202は、(ネットワークチャンネル1よりも)ネットワークチャンネル2の方に近い、ポンプチャンネル206の右側の方に非対称に配置されており、生じる正味の流体流れは、ポンプチャンネル206の右側(短い側)から左側(長い側)に向かうものであり、これによって、流体はネットワークチャンネル2からネットワークチャンネル1に向かって移動する。同様に、ネットワークBの慣性ポンプ200では、作動している流体アクチュエーター202は、(ネットワークチャンネル2よりも)ネットワークチャンネル1の方に近い、ポンプチャンネル206の左側の方に非対称に配置されており、生じる正味の流体流れは、ポンプチャンネル206の左側(ここでも短い側)から右側(長い側)に向かうものであり、これによって、流体はネットワークチャンネル1からネットワークチャンネル2に向かって移動する。

10

【0022】

上述したように、コントローラ106は、種々のやり方でマイクロ流体デバイス102を制御するようにプログラム可能である。1例として、それぞれが単一の一体化された流体ポンプアクチュエーター202を有する図2の慣性ポンプ200に関しては、コントローラ106中のモジュール110(すなわち、流体アクチュエーター選択、タイミング及び頻度モジュール110)は、ネットワーク103中の任意の数のポンプチャンネル206内の任意の数のアクチュエーター202を選択的に作動させることができる。したがって、ネットワークA、B、C、及びDは、一次元であって、その慣性ポンプ200は流体アクチュエーター202を1つだけしか有していないが、別の実施形態では、それらのネットワークをより大きなネットワークの一部とすることができ、この場合、他の相互接続しているネットワークチャンネル204における他のアクチュエーター202を選択的に作動させることによって、より大きなネットワーク103を通る流体流れの向きを制御可能である。モジュール110はまた、流体アクチュエーター202の作動のタイミング及び頻度を制御することによって、正味の流体流れが生じるタイミング並びに流体流れの流速乃至流量の制御を可能にする。各ポンプチャンネル206の互いに逆側にあるそれぞれの側において他方の端部よりも一方の端部に近いところに非対称に配置された2つの流体アクチュエーター202を有する図3の慣性ポンプ200に関しては、コントローラ106にあるモジュール110は、単一のポンプチャンネル206内の2つのアクチュエーターの選択的作動を、より大きなネットワーク103中の任意の数の他のポンプチャンネル内の任意の数のアクチュエーターの選択的作動に加えて可能にする。このように流体アクチュエーターを選択的に作動させる能力は、拡張されたネットワーク103全体における流体流れの方向だけではなく、個々のネットワークチャンネル204内の流体流れの方向を制御することを可能にする。

20

30

【0023】

図4は、本開示の1実施形態にしたがう、マイクロ流体デバイス102内に実装するのに適した一体化された(もしくは組み込み式の)慣性ポンプ200を有する、開いた、二方向、一次元の流体ネットワーク103の1例を示す。本明細書では、「開いた」ネットワークは、容器400などの少なくとも1つの外部流体容器に接続するネットワークである。ネットワークチャンネル204に接続するのと同じようにして、流体容器400に接続している場合において、慣性ポンプ200の幅が、該ポンプ200が接続している流体容器400の幅よりも小さい場合には、慣性ポンプ200の駆動力は、主に、ポンプチャンネル206の特性(すなわち、ポンプチャンネルの幅及びポンプチャンネル内の流体アクチュエーター202の非対称性)によって決まる。したがって、この例では、ポンプチャンネル206の一方の端部は外部流体容器400に接続し、ポンプチャンネル206の他方の端部はネットワークチャンネル204(チャンネル1)に接続しているが、該容器400とネットワークチャンネル204のいずれも、慣性ポンプ200の駆動力に関しては流体容器として機能する。かかる「開いた」ネットワーク103の他の実施例では、ポンプチャンネル206の両端部を、外部流体容器400に容易に接続することができる。流体アクチュエーター202を、より(幅の)広い流体容器400に近い、ポンプチャンネル206の短い側に配置すること、すなわち、ネットワーク103のポンプ200内に非対称に配置することは

40

50

、流体容器400からネットワークチャンネル1に向かう(すなわち、右から左に向かう)正味の流体流れを引き起こす、ポンプチャンネル206内の流体ダイオード特性を基礎付けるものである。1つの容器400を、2つ以上のポンプチャンネル206によってネットワーク103に接続でき、または、該1つの容器400を、任意の慣性ポンプを用いてもしくは任意の慣性ポンプを用いることなく、1つ以上のネットワークチャンネル204に接続できることに留意されたい。一般に、容器は、種々の流体を格納し及びそれらの流体にアクセスできるようにすることによって、分析対称の生体サンプル、廃棄物収集器、及び、DNAビルディングブロック(DNA building block)の容器などの種々の流体応用を容易にすることができる。

【0024】

10

上記したように、マイクロ流体デバイス102内のネットワーク103は、一次元、二次元、または、三次元のトポロジーを有することができる。たとえば、上述した図2及び図3のネットワークは、線形すなわち一次元のネットワーク103として示されている。しかしながら、これらのネットワーク内のネットワークチャンネル204が、より大きなネットワーク103の一部として他のネットワークチャンネルに接続される可能性があることも説明されている。図5～図7は、二次元ネットワークトポロジーを有する、そのようなより大きなネットワーク103のいくつかの例を示している。

【0025】

図5は、本開示の1実施形態にしたがう、閉じた二次元の流体ネットワーク103内の単一の流体ポンプアクチュエーター202の選択的作動を用いるそれぞれ異なるポンプ作動方式によって生成された流体流れパターン(A、B、C、D)を示す、該ネットワーク103の1例を示している。二次元ネットワーク103は、4つの流体ポンプアクチュエーター202と、5つの頂点(パーテックス)すなわちチャンネル交差部(1、2、3、4、5で参照されている)によって分離された8つのネットワークチャンネル(またはエッジ)を有する。この実施形態では、慣性ポンプは、ネットワークチャンネル204に組み込まれた流体ポンプアクチュエーター202を備える。したがって、上述のネットワークに関して説明した個別のポンプチャンネルは図示されていない。ネットワークチャンネル204は、それ自体、流体ポンプアクチュエーター202に対するポンプチャンネルとして機能する。比較的幅が広いチャンネル交差部(頂点1、2、3、4、5)において接続されているネットワークチャンネル204の幅が狭くなっているために、慣性ポンプの駆動力を有効に発生させることができるが、これは、ネットワークチャンネル204の狭くなっている幅内に流体アクチュエーター202が非対称に配置されていることに基づいている。

20

30

【0026】

流体流れパターンAを示している図5のネットワーク103を参照すると、作動している流体アクチュエーター202(作動している流体アクチュエーターを特定している図5中の説明を参照)は、正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点3から頂点5の方向に向かう正味の流体流れを生じさせる。流体の流れは、頂点5で分かれて、頂点5から頂点1、2、及び4へと延びているネットワークチャンネルを通してそれぞれ異なる方向に進む。その後、流体は、正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点1、2、及び4から頂点3に戻る方向に流れる。したがって、流れパターンAに示すように、頂点3の近くにある単一流体ポンプアクチュエーター202を選択的に作動させることによって、ネットワーク全体にわたる特定の方向の流体流れが生じることになる。

40

【0027】

これとは対照的に、流れパターンB、C、及びDにおいて示されている他の個々の流体ポンプアクチュエーター202の選択的作動によって生じる、ネットワーク103中の流体の流れ方向は全く異なる。たとえば、流体流れパターンBを示している図5のネットワーク103を参照すると、作動している流体アクチュエーター202は、正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点1から頂点5に向かう方向に正味の流体流れを生じさせる。流体の流れは、頂点5で分かれて、頂点5から頂点2、3、及び4へと延

50

びているネットワークチャンネルを通過してそれぞれ異なる方向に進む。その後、流体は、正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点2、3、及び4から頂点1に戻る方向に流れる。同様に、流れパターンC及びDでも異なる方向の流体流れが生じる。したがって、マイクロ流体システム100内のプログラム可能なコントローラ106は、マイクロ流体デバイス102の特定のネットワーク103内の単一の流体ポンプアクチュエータ202を選択的に作動させることによって、該ネットワーク103内の流体流れパターンを容易に調整することができる。

【0028】

図6は、本開示の1実施形態にしたがう、閉じた二次元の流体ネットワーク103内の2つの流体ポンプアクチュエータ202の同時選択作動を用いるそれぞれ異なるポンプ作動方式によって生成された流体流れパターン(E、F、G、H、I、J)を示す、該ネットワーク103の1例を示している。二次元ネットワーク103は、図5に示すものと同じであって、4つの流体ポンプアクチュエータ202と、5つの頂点(パーテックス)すなわちチャンネル交差点(1、2、3、4、5で参照されている)によって分離された8つのネットワークチャンネル(またはエッジ)を有する。流体流れパターン(E、F、G、H、I、J)において示されているように、2つの流体ポンプアクチュエータ202を同時に選択的に作動させることによって、ネットワーク103を通る(それぞれのパターン間で互いに異なる)特定の方向の流体流れが生じることになる。

【0029】

たとえば流体流れパターンEを示している図6のネットワーク103を参照すると、作動している流体アクチュエータ202は、正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点2及び3から頂点5に向かう方向に正味の流体流れを生じさせる。流体の流れは、頂点5で分かれて、頂点5から頂点1及び4へと延びているネットワークチャンネルを通過してそれぞれ異なる方向に進む。その後、流体は、正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点1及び4から頂点2及び3に戻る方向に流れる。頂点1と4の間、及び、頂点2と3の間のネットワークチャンネルには正味の流体流れは存在しないことに留意されたい。したがって、流体流れパターンEにおいて示されているように、頂点2及び3の近くにそれぞれある2つの流体ポンプアクチュエータ202を同時に選択的に作動させることによって、ネットワーク全体わたる特定の方向の流体流れが生じることになる。図6に示されている他の流体流れパターンの各々についても、各パターン中の正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、それぞれ異なる方向の流体流れが生じる。したがって、マイクロ流体システム100内のプログラム可能なコントローラ106は、マイクロ流体デバイス102の特定のネットワーク103内の2つの流体ポンプアクチュエータ202を同時に選択的に作動させることによって、該ネットワーク103内の流体流れパターンを容易に調整することができる。

【0030】

図7は、本開示の1実施形態にしたがう、閉じた二次元の流体ネットワーク103内の3つの流体ポンプアクチュエータ202の同時選択作動を用いるそれぞれ異なるポンプ作動方式によって生成された流体流れパターン(K、L、M、N)を示す、該ネットワーク103の1例を示している。二次元ネットワーク103は、図5に示すものと同じであって、4つの流体ポンプアクチュエータ202と、5つの頂点(パーテックス)すなわちチャンネル交差点(1、2、3、4、5で参照されている)によって分離された8つのネットワークチャンネル(またはエッジ)を有する。流体流れパターン(K、L、M、N)において示されているように、3つの流体ポンプアクチュエータ202を同時に選択的に作動させることによって、ネットワーク103を通る(それぞれのパターン間で互いに異なる)特定の方向の流体流れが生じることになる。

【0031】

たとえば流体流れパターンKを示している図7のネットワーク103を参照すると、作動している流体アクチュエータ202は、正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点1、2、及び3から頂点5を通過して頂点4に向かう方向に正味の流体流れ

10

20

30

40

50

を生じさせる。流体の流れは、頂点4で分かれて、頂点4から頂点1及び3へと延びているネットワークチャンネルを通過してそれぞれ異なる方向に進む。正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、頂点1及び3に到達した流体は再び分かれて、頂点5及び頂点2へとそれぞれ異なる方向に進む。したがって、流体流れパターンKにおいて示されているように、4つの流体ポンプアクチュエーター202のうち、頂点1、2、及び3の近くにそれぞれある3つの流体ポンプアクチュエーター202を同時に選択的に作動させることによって、ネットワーク103全体わたる特定の方向の流体流れが生じることになる。図7に示されている他の流体流れパターンの各々についても、各パターン中の正味の流れ方向指示矢印によって示されているように、それぞれ異なる方向の流体流れが生じる。プログラム可能なコントローラ106によって流体アクチュエーター202を選択的に作動させることによって、マイクロ流体デバイス102のネットワークにおいて、種々の流体流れパターンを提供することができる。

10

20

30

40

50

【0032】

上述したように、マイクロ流体デバイス102内のネットワーク103は、一次元、二次元、または、三次元のトポロジーを有することができる。図8は、本開示の1実施形態にしたがう、開いた、二方向、三次元の流体ネットワーク103の1例のトップダウンビュー（上から見下ろしたときの図）及び対応する断面図である。この開いた流体ネットワーク103は、流体容器400に接続されており、別の流体チャンネルを（またいで）横断している流体チャンネルを用いて三次元における流体流れを容易にする。かかるネットワークを、たとえば、ウェットフィルム（wet film）スピコーティング及び/またはドライフィルムラミネーション（dry film lamination）などの従来の微細加工技術やSU-8多層（multilayer SU8）技術を用いて製造することができる。SU8は、半導体デバイス製造用のフォトリソマスクとして一般的に使用されている透明な写真画像を形成可能なポリマー材料である。図8に示すように、たとえば、流体容器400及びネットワークチャンネル1、2、及び3を、第1のSU8層中に作製することができる。次に、第2のSU8層802を用いて、流体チャンネルを他のチャンネルの上に通すことによって、望ましくないチャンネル交差がネットワーク内に生じないようにすることができる。かかる三次元トポロジーは、一体化された（または組み込み式の）慣性ポンプをマイクロ流体デバイス内に有する複雑で多用性のあるマイクロ流体ネットワークを可能にする。

【0033】

マイクロ流体デバイス102の有用性は、分析、検出、加熱などに使用される種々の能動要素及び受動要素を組み込むことによって大幅に向上する。そのような組み込まれた要素の例には、抵抗加熱器、ペルチエクーラー（Peltier cooler）、物理センサー、化学センサー、生物学的センサー、光源、及び、それらの組み合わせがある。図9には、流体ポンプアクチュエーター202と能動要素900の両方を組み込んでいるいくつかの流体ネットワーク103の例が示されている。本明細書で説明されている流体ネットワークの各々は、該ネットワーク内に種々の流体流れパターンを提供する流体ポンプアクチュエーターに加えて、そのような組み込み式の要素900を組み込むのに適している。

【0034】

特定の流体ネットワークを図示し説明したが、本明細書で考慮されているマイクロ流体デバイス102及びシステムは、一次元、二次元、三次元における種々のレイアウト（構成及び/または配置）を有し、一体化された（または組み込み式の）流体ポンプアクチュエーターと他の能動及び受動要素の多様な構成を含む多くの他の流体ネットワークを実施することができる。

【0035】

前述したように、流体ポンプアクチュエーター202のポンピング効果は、流体チャンネル内（たとえば、ポンプチャンネル206内）のアクチュエーターの非対称配置に依存し、この場合、該流体チャンネルの幅は、流体を送り込む側の容器または（ネットワークチャンネル204などの）他のチャンネルの幅よりも狭い（この場合も、ポンプチャンネル自体を、たとえば、（幅や口径が）より広い流体容器間で流体を送り出すネットワークチャンネルとす

ることができる)。流体チャンネルの中央点(で分割したときの2つの側のうち)の一方の側に流体アクチュエーター202を非対称に配置することによって、該チャンネルの短い側と長い側が画定され、該チャンネルの該短い側(この短い側に流体アクチュエーターが配置されている)から該長い側に向かう方向に進む一方向の流体流れを実現することができる。流体チャンネル内に対称に(すなわち、該チャンネルの中心に)配置されている流体ポンプアクチュエーターが引き起こす正味の流れはゼロであろう。したがって、流体ネットワークチャンネル内の流体アクチュエーター202の非対称配置は、該チャンネルを通る正味の流体流れを生じさせることができるポンピング効果を達成するために必要な1つの条件(第1の条件)である。

【0036】

しかしながら、流体チャンネル内の流体アクチュエーター202の非対称配置に加えて、流体アクチュエーターのポンピング効果の別の要素としてその動作態様がある。具体的には、ポンピング効果及びチャンネルを通る正味の流体流れを達成するために、流体アクチュエーターは、該チャンネル内の流体の変位(または移動)に対して非対称に動作することも必要である。動作中、流体チャンネル中の流体アクチュエーターは、(ある可撓性膜やピストンストロークなどをもって)最初に第1の方向に湾曲乃至たわみを生じ、次に、他方の方向に湾曲乃至たわんで、該チャンネル内で流体変位を引き起こす。上述したように、流体アクチュエーター202は、チャンネルに沿って互いに逆の2つの方向に流体を押しやる、流体チャンネル中を伝搬する波を生成する。流体アクチュエーターが、流体を両方向に同じ速度で移動させるように湾曲乃至たわみ動作をする場合には、該流体アクチュエーターによって該チャンネル内に生成される正味の流体流れはゼロであろう。正味の流体流れを生成するためには、流体アクチュエーターの湾曲乃至たわみ、すなわち流体変位が対称にならないように該流体アクチュエーターの動作を設定乃至構成する必要がある。したがって、湾曲乃至たわみストローク(たわみ行程)のタイミングに関する流体アクチュエーターすなわち流体変位の非対称動作は、チャンネルを通る正味の流体流れを生成することができるポンピング効果を達成するために必要な第2の条件である。

【0037】

図10は、本開示の1実施形態にしたがう、いくつかの異なる動作段階にある一体化された(すなわち、組み込み式の)流体ポンプアクチュエーター1002を有する流体ネットワークチャンネル1000の1例の側面図である。流体容器1004は、チャンネル1000のそれぞれの端部に接続されている。一体化されている流体アクチュエーター1002は、流体容器1004に対する入力近くのチャンネルの短い側に非対称に配置されて、該チャンネルを通る正味の流体流れを生じることができるポンピング効果を生成するのに必要な第1の条件を満たしている。ポンピング効果を生成するために必要な第2の条件は、上述したように、流体アクチュエーター1002の非対称動作である。本明細書では、流体アクチュエーター1002は、流体チャンネル内を上下に湾曲乃至たわむ(この上下の湾曲乃至たわみをピストンストロークという場合もある)ことによって、具体的に制御することができる流体変位を生じさせる圧電膜であるものとして一般的に記述されている。しかしながら、流体アクチュエーターを実施するために、たとえば、蒸気泡を発生するための抵抗加熱器、静電(MEMS)膜、機械駆動式/インパクト駆動式膜、ボイスコイル、磁歪駆動などの他の種々のデバイスを使用することができる。

【0038】

図10に示す動作段階Aでは、流体アクチュエーター1002は、静止位置にあって休止しているため、チャンネル1000を通る正味の流体流れは存在しない。動作段階Bでは、流体アクチュエーター1002は作動しており、膜は流体チャンネル1000の内部に向かって上方に湾曲乃至たわむ。この上方への湾曲乃至たわみ、すなわち、前進ストロークによって、該膜が流体を外側に押し出すので、チャンネル1000内に流体の圧縮性変位が生じる。動作段階Cでは、流体アクチュエーター1002は作動しており、膜は、元の静止位置に戻るために、下方に湾曲乃至たわみ始める。膜のこの下方への湾曲乃至たわみ、すなわち、後退ストロークによって、該膜が流体を下方に引き寄せるので、チャンネル100

10

20

30

40

50

0 内に流体の伸張性変位が生じる。一回の上方への湾曲乃至たわみと一回の下方への湾曲乃至たわみの組が1つのたわみサイクルである。繰り返し行われるたわみサイクルにおいて、上方への湾曲乃至たわみ（すなわち圧縮性変位）と下方への湾曲乃至たわみとの間に時間的非対称性がある場合には、チャンネル1000中に正味の流体流れが生じる。時間的非対称性及び正味の流体流れの方向については図11～図14を参照して後述するので、図10では、動作段階BとCにおいて、互いに逆向きの正味の流れ方向指示矢印間に疑問符？が挿入されている。これらの疑問符は、圧縮性変位と伸張性変位との時間的非対称性が指定されておらず、したがって、流れの方向は（流れがもしあったとしても）まだ不明であることを示すことが意図されている。

【0039】

図11は、本開示の1実施形態にしたがう、流体アクチュエーター1002によって生成された圧縮性変位と伸張性変位との間の時間的非対称性を説明するのに役立つ図であり、図10の動作段階BとCにおける動作している流体アクチュエーター1002をタイムマーカー「t1」と「t2」と共に示している。時間t1は、流体アクチュエーター膜が上方に湾曲乃至たわんで、圧縮性流体変位を生成するのに要する時間である。時間t2は、流体アクチュエーター膜が下方に、すなわち、元の位置に戻る方向に湾曲乃至たわんで、伸張性流体変位を生成するのに要する時間である。圧縮性変位（上方への膜の湾曲乃至たわみ）の持続時間t1が伸張性変位（下方への膜の湾曲乃至たわみ）の持続時間t2よりも長いまたは短い（すなわち、両者が同じではない）場合には、流体アクチュエーター1002の非対称動作が行われる。繰り返して行われるたわみサイクルにおけるそのような流体アクチュエーターの非対称動作によって、チャンネル1000内に正味の流体流れが生成される。しかしながら、圧縮性変位の持続時間t1と伸張性変位の持続時間t2が等しい、すなわち、対称である場合には、チャンネル1000内に流体アクチュエーター1002が非対称に配置されているにもかかわらず、チャンネル1000を通る正味の流体流れはほとんど存在しないかまたは全く存在しないであろう。

【0040】

図12、図13、及び図14は、本開示のいくつかの実施形態にしたがう、図10の動作段階B及びCにおける動作している流体アクチュエーター1002を示しており、（流体流れがある場合に）流体がチャンネル1000をどの方向に流れるかを示す正味の流体流れ指示矢印を含んでいる。正味の流体流れの方向は、アクチュエーターの圧縮性変位の持続時間t1と伸張性変位の持続時間t2に依存する。図15、図16、及び図17は、図12、図13、及び図14の変位の持続時間t1とt2にそれぞれ対応する持続時間を有する例示的な変位パルス波形を示している。種々の流体ポンプアクチュエーターについて、圧縮性変位の持続時間t1と伸張性変位の持続時間t2を、たとえば、マイクロ流体システム100内のモジュール112（流体アクチュエーター非対称作動モジュール112）などからの命令を実行するコントローラ106によって正確に制御することができる。

【0041】

図12を参照すると、圧縮性変位の持続時間t1は、伸張性変位の持続時間t2よりも短いので、チャンネル1000の短い側（すなわち、アクチュエーターが配置されている側）から該チャンネルの長い側に向かう方向の正味の流体流れが存在する。圧縮性変位の持続時間t1と伸張性変位の持続時間t2の違いは、圧縮性変位の持続時間t1及び伸張性変位の持続時間t2を有する流体アクチュエーターによって生成することができる対応する例示的な変位パルス波形を示している図15から理解することができる。図15の波形は、約1ピコリットル（pl）が、およそ0.5マイクロ秒の圧縮性変位の持続時間t1、及び、およそ9.5マイクロ秒の伸張性変位の持続時間t2で変位する変位パルス/サイクルを示している。流体変位の量及び流体変位の持続時間の値は例示に過ぎず、いかなる点においても限定することを意図したものではない。

【0042】

図13を参照すると、圧縮性変位の持続時間t1は、伸張性変位の持続時間t2よりも長いので、チャンネル1000の長い側から該チャンネルの短い側に向かう方向の正味の流体流れが

10

20

30

40

50

存在する。圧縮性変位の持続時間 t_1 と伸張性変位の持続時間 t_2 の違いは、圧縮性変位の持続時間 t_1 及び伸張性変位の持続時間 t_2 を有する流体アクチュエーターによって生成することができる対応する例示的な変位パルス波形を示している図16から理解することができる。図16の波形は、約1ピコリットル(pl)が、およそ9.5マイクロ秒の圧縮性変位の持続時間 t_1 、及び、およそ0.5マイクロ秒の伸張性変位の持続時間 t_2 で変位する変位パルス/サイクルを示している。

【0043】

図14では、圧縮性変位の持続時間 t_1 は、伸張性変位の持続時間 t_2 と等しいので、チャンネル1000を通る正味の流体流れはほとんど存在しないかまたは全く存在しない。圧縮性変位の持続時間 t_1 と伸張性変位の持続時間 t_2 が等しい様子は、圧縮性変位の持続時間 t_1 及び伸張性変位の持続時間 t_2 を有する流体アクチュエーターによって生成することができる対応する例示的な変位パルス波形を示している図17から理解することができる。図17の波形は、約1ピコリットル(pl)が、およそ5.0マイクロ秒の圧縮性変位の持続時間 t_1 、及び、およそ5.0マイクロ秒の伸張性変位の持続時間 t_2 で変位する変位パルス/サイクルを示している。

10

【0044】

図14では、チャンネル1000内に流体アクチュエーター1002が非対称に配置されている(ポンピング効果を達成するための1つの条件を満たしている)が、流体アクチュエーターの動作が非対称ではない(ポンピング効果を達成するための第2の条件を満たしていない)ために、依然として、チャンネル1000を通る正味の流体流れはほとんどまたは全く存在しないことに留意されたい。同様に、流体アクチュエーターの位置が対称で(すなわち、流体アクチュエーターがチャンネルの中心に配置されており)、かつ、該アクチュエーターの動作が非対称である場合には、ポンピング効果の2つの条件が共に満たされているわけではないので、依然として、チャンネルを通る正味の流体流れはほとんどまたは全く存在しないであろう。

20

【0045】

上記の例及び図10~図17の説明から、流体アクチュエーターの非対称位置というポンピング効果(を達成するための)条件と流体アクチュエーターの非対称動作というポンピング効果(を達成するための)条件との間の相互作用に留意することが重要である。すなわち、流体アクチュエーターの非対称位置と非対称動作が同じ方向に作用する場合には、流体ポンプアクチュエーターは、高効率のポンピング効果を示すであろう。しかしながら、流体アクチュエーターの非対称位置と非対称動作が互いに対して不利に作用する場合には、流体アクチュエーターの非対称動作は、該流体アクチュエーターの非対称位置によって引き起こされる正味の流れベクトルを反転させ、正味の流れは、チャンネル1000の長い側から該チャンネルの短い側に向かうものとなる。

30

【0046】

さらに、上記の例及び図10~図17の説明から、図2~図8のマイクロ流体ネットワーク103に関して説明した流体ポンプアクチュエーター202は、圧縮性変位の持続時間が伸張性変位の持続時間よりも短いアクチュエーターデバイスであることが想定されていることをより良く理解することができる。そのようなアクチュエーターの例は、流体を加熱して、超臨界蒸気の爆発によって変位を生じさせる抵抗加熱素子である。そのような事象は、膨張期(すなわち、圧縮性変位)が崩壊期(収縮期、すなわち伸張性変位)より速い、爆発に関する非対称性を有する。この事象の非対称性は、たとえば、圧電膜アクチュエーターによって生じる変位の非対称性と同じやり方では制御できない。しかしながら、図10~図17に関する説明から理解されるように、図2~図8の流体ポンプアクチュエーター202を、圧電膜などのアクチュエーターデバイスとすることもできる。圧電膜の場合は、流体チャンネル内の圧電膜の上下方向の変位の持続時間を制御することによって、該圧電膜の流体変位を個別具体的に制御することができる。

40

【0047】

図18は、本開示の1実施形態にしたがう、いくつかの異なる動作段階にある一体化さ

50

れた（すなわち、組み込み式の）流体ポンプアクチュエーター 1002 を有する流体ネットワークチャンネル 1000 の 1 例の側面図である。この実施形態は、チャンネル 1000 内の圧縮性変位及び伸張性変位を生成するために、図 10 に関して説明した実施形態とは異なるやり方で流体アクチュエーター膜の湾曲乃至たわみが作用するものとして示されている点を除いて、図 10 に関して説明した実施形態に類似する。図 18 に示す動作段階 A では、流体アクチュエーター 1002 は、静止位置にあって、休止しているため、チャンネル 1000 を通る正味の流体流れはない。動作段階 B では、流体アクチュエーター 1002 は作動しており、該膜は、流体チャンネル 1000 の外側へと下方に湾曲乃至たわむ。該膜のこの下方への湾曲乃至たわみによって、該膜が流体を下方に引き寄せるので、チャンネル 1000 内に流体の伸張性変位が引き起こされる。動作段階 C では、流体アクチュエーター 1002 は作動しており、該膜は、元の静止位置に戻るために上方に湾曲乃至たわみ始める。この上方への湾曲乃至たわみによって、該膜が流体をチャンネル 1000 中へと上方に押し上げるので、チャンネル 1000 内に流体の圧縮性変位が引き起こされる。圧縮性変位と伸張性変位の間に時間的非対称性が存在する場合には、チャンネル 1000 を通る正味の流体流れが生成される。正味の流体流れの方向は、上述したのと同様に、圧縮性変位の持続時間と伸張性変位の持続時間に依存する。

10

【0048】

図 19 は、本開示のいくつかの実施形態にしたがう、図 18 のアクチュエーター 1002 の変位の持続時間 t_1 及び t_2 にそれぞれ対応させることができる持続時間を有する変位パルス波形のいくつかの例を示している。図 19 の波形は、伸張性（負方向の）変位が圧縮性（正方向の）変位の前に生じることを示している。上述の例のいずれにおいても、流体アクチュエーター 1002 は、静止位置から開始し、その後は、圧縮性（正方向の）変位を生じてから伸張性（負方向の）変位を生じるか、伸張性（負方向の）変位を生じてから圧縮性（正方向の）変位を生じる。しかしながら、他の種々の変位及び対応する波形が可能である。たとえば、流体アクチュエーター 1002 に特定の方向に予め負荷をかけることができ、及び/または、該アクチュエーターは、圧縮性変位及び伸張性変位を行うときに、静止位置を横断して、チャンネル 1000 の内側と外側の両方の側に変位することができる。

20

【0049】

図 20 は、チャンネル 1000 の内外の両方向に向かって湾曲乃至たわむ流体アクチュエーター 1002 の 1 例を示しており、併せて、該アクチュエーター 1002 が圧縮性変位及び伸張性変位を起こすときに、該アクチュエーターは、どのようにして該チャンネル 1000 の内外に向かって湾曲乃至たわむことができるか、及び、正方向または負方向への湾曲乃至たわみを生じるように該アクチュエーター 1002 に予め負荷をかけた状態（可能性のある状態のうちの一つ）を説明するための代表的な変位パルス波形が示されている。チャンネル 1000 の内外に向かうアクチュエーター 1002 のそのような湾曲乃至たわみ、並びに、該アクチュエーター 1002 に予めかける負荷は、たとえば、コントローラ 106 において動作するモジュール（たとえば、110、112）によって制御される。

30

【0050】

以下に、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施態様を示す。

40

1. マイクロ流体ネットワーク内に正味の流体流れを生成する方法であって、
 マイクロ流体チャンネル内に非対称に組み込まれている流体アクチュエーターによって、圧縮性流体変位と伸張性流体変位を生成するステップであって、前記圧縮性流体変位の持続時間と前記伸張性流体変位の持続時間は時間的に非対称である、ステップを含む方法。
2. 前記圧縮性流体変位と前記伸張性流体変位の時間的に非対称な持続時間を調節することによって前記ネットワークにおける正味の流体流れの方向を制御するステップをさらに含む、上項 1 の方法。
3. 圧縮性流体変位と伸張性流体変位を生成するステップが、
 第 1 の持続時間を有する圧縮性流体変位を生成するステップと、

50

前記第 1 の持続時間とは異なる第 2 の持続時間を有する伸張性流体変位を生成するステップ

を含むことからなる、上項 1 の方法。

4 . 圧縮性流体変位を生成するステップが、前記チャンネル内の領域が小さくなるように、機械的膜を前記チャンネルの内側に向かって曲げるステップを含み、

伸張性流体変位を生成するステップが、前記チャンネル内の領域が大きくなるように、前記機械的膜を前記チャンネルの外側に向かって曲げるステップを含むことからなる、上項 1 の方法。

5 . 圧縮性流体変位を生成するステップが、抵抗素子で流体を加熱して膨張する蒸気泡を生成するステップを含み、

伸張性流体変位を生成するステップが、前記蒸気泡が崩壊できるようにするステップを含むことからなる、上項 1 の方法。

6 . 前記第 1 の持続時間が前記第 2 の持続時間よりも長く、前記流体変位によって、前記チャンネルを第 1 の方向に通る流体流れが発生する、上項 3 の方法。

7 . 前記第 1 の持続時間が前記第 2 の持続時間よりも短く、前記流体変位によって、前記チャンネルを第 2 の方向に通る流体流れが発生する、上項 6 の方法。

8 . 圧縮性流体変位と伸張性流体変位を生成するステップが、機械読み取り可能命令を実行するコントローラによって前記流体アクチュエーターを作動させるステップを含むことからなる、上項 1 の方法。

9 . マイクロ流体ネットワークと、

前記ネットワークのチャンネル内に非対称な位置に組み込まれて、前記チャンネル内に、持続時間が互いに異なる圧縮性流体変位と伸張性流体変位を生成する流体アクチュエーターと、

前記流体アクチュエーターの前記圧縮性流体変位の持続時間と前記伸張性流体変位の持続時間を制御することによって、前記チャンネルを通る流体流れの方向を調整するコントローラ

を備えるマイクロ流体システム。

10 . 前記圧縮性流体変位の持続時間と前記伸張性流体変位の持続時間が非対称である、上項 9 のマイクロ流体システム。

11 . 前記流体アクチュエーターの前記圧縮性流体変位と前記伸張性流体変位の非対称な持続時間を調整して、前記チャンネル内の流体流れの方向を変えるように前記コントローラを動作させる実行可能命令モジュールをさらに備える、上項 10 のマイクロ流体システム。

12 . マイクロ流体ネットワークにおける流体流れを制御する方法であって、マイクロ流体チャンネル内に非対称に配置された流体アクチュエーターによって、前記チャンネル内に非対称な流体変位を生成するステップを含む方法。

13 . 非対称の流体変位を生成するステップが、

第 1 の時間期間にわたって前記流体アクチュエーターを正方向に湾曲させて、圧縮性流体変位を生成するステップと、

第 2 の時間期間にわたって前記流体アクチュエーターを負方向に湾曲させて、伸張性流体変位を生成するステップ

を含むことからなる、上項 12 の方法。

14 . 前記第 1 の時間期間が前記第 2 の時間期間よりも長くなるように制御して、流体が前記チャンネルを第 1 の方向に流れるようにするステップをさらに含む上項 13 の方法。

15 . 前記第 1 の時間期間が前記第 2 の時間期間よりも短くなるように制御して、流体が前記チャンネルを第 2 の方向に流れるようにするステップをさらに含む上項 14 の方法。

16 . マイクロ流体ネットワーク内に正味の流体流れを生成する方法であって、

流体アクチュエーターによって、該流体アクチュエーターの第 1 の変位を生成するステップと該流体アクチュエーターの第 2 の変位を生成するステップ

を含み、

10

20

30

40

50

前記流体アクチュエーターは、マイクロ流体チャンネル内の位置に組み込まれており、前記流体アクチュエーターの前記位置によって、前記チャンネルの第1の端部と前記流体アクチュエーターとの間に前記チャンネルの長い側が画定され、かつ、前記チャンネルの第2の端部と前記流体アクチュエーターとの間に前記チャンネルの短い側が画定され、

前記第1の変位を生成するステップが、第1の持続時間を有する第1の変位を生成する第1のステップを含み、前記第2の変位を生成するステップが、前記第1の持続時間とは異なる第2の持続時間を有する第2の変位を生成する第2のステップを含み、

前記第1の持続時間を有する前記第1の変位によって、前記チャンネル内の流体は前記チャンネルの前記第1及び第2の端部の両方に向かって押しやられ、前記第2の持続時間を有する前記第2の変位によって、前記チャンネル内の流体は前記流体アクチュエーターに向かって引き寄せられる、方法。

10

17．前記第1の持続時間及び前記第2の持続時間を調節することによって前記ネットワークにおける正味の流体流れの方向を制御するステップをさらに含む、上項16の方法。

18．前記第1の変位を生成するステップが、前記チャンネル内の領域が小さくなるように、前記流体アクチュエーターを構成する膜を前記チャンネルの内側に向かって曲げるステップを含み、

前記第2の変位を生成するステップが、前記チャンネル内の領域が大きくなるように、前記膜を前記チャンネルの外側に向かって曲げるステップを含むことからなる、上項16または17の方法。

19．前記第1の変位を生成するステップが、抵抗素子で流体を加熱して膨張する蒸気泡を生成するステップを含み、

20

前記第2の変位を生成するステップが、前記蒸気泡が崩壊できるようにするステップを含むことからなる、上項16または17の方法。

20．前記第1の変位が有する前記第1の持続時間を前記第2の変位が有する前記第2の持続時間よりも長くすることによって、前記チャンネルを第1の方向に通る流体流れが発生する、上項16～18のいずれかの方法。

21．前記第1の変位が有する前記第1の持続時間を前記第2の変位が有する前記第2の持続時間よりも短くすることによって、前記チャンネルを第2の方向に通る流体流れが発生する、上項16、17、18、20のいずれかの方法。

22．前記第1の変位を生成するステップ及び前記第2の変位を生成するステップが、機械読み取り可能命令を実行するコントローラによって前記流体アクチュエーターを作動させるステップを含むことからなる、上項16、17、18、20、21のいずれかの方法。

30

23．マイクロ流体ネットワークにおける流体流れを制御する方法であって、流体アクチュエーターによって、マイクロ流体チャンネル内に前記流体アクチュエーターの非対称な変位を生成するステップを含み、

前記流体アクチュエーターは、前記チャンネル内の位置に配置されており、前記流体アクチュエーターの前記位置によって、前記チャンネルの第1の端部と前記流体アクチュエーターとの間に前記チャンネルの長い側が画定され、かつ、前記チャンネルの第2の端部と前記流体アクチュエーターとの間に前記チャンネルの短い側が画定され、

40

前記非対称な変位を生成するステップが、

第1の時間期間にわたる前記流体アクチュエーターの第1の変位を生成することによって、前記チャンネル内の流体を前記チャンネルの前記第1及び第2の端部の両方に向かって押しやるステップと、

前記第1の時間期間とは異なる第2の時間期間にわたる前記流体アクチュエーターの第2の変位を生成することによって、前記チャンネル内の流体を前記流体アクチュエーターに向かって引き寄せるステップ

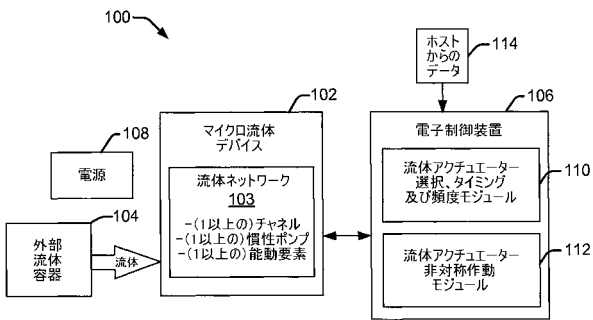
を含むことからなる、方法。

24．前記第1の時間期間が前記第2の時間期間よりも長くなるように制御して、流体が前記チャンネルを第1の方向に流れるようにするステップをさらに含む上項23の方法。

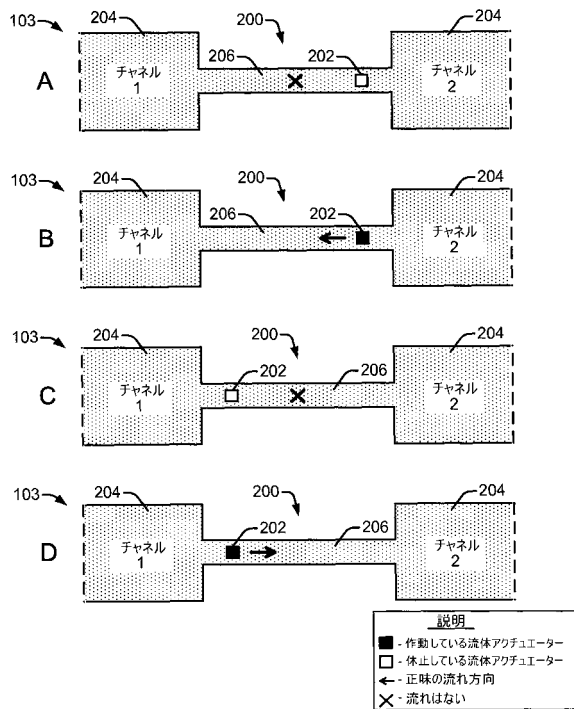
50

25. 前記第1の時間期間が前記第2の時間期間よりも短くなるように制御して、流体が前記チャンネルを第2の方向に流れるようにするステップをさらに含む、上項23または24の方法。

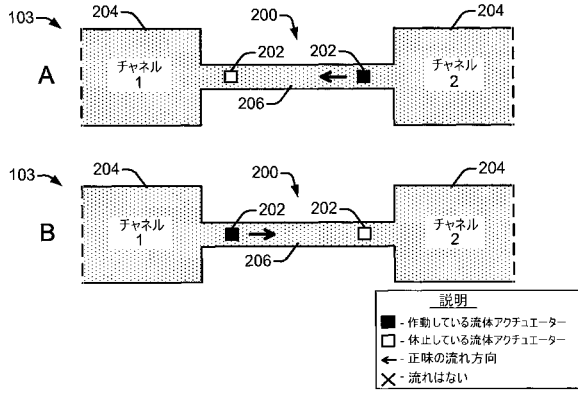
【図1】



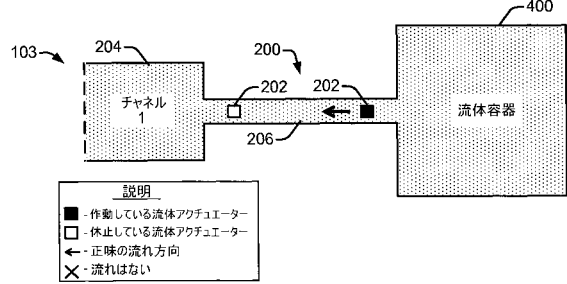
【図2】



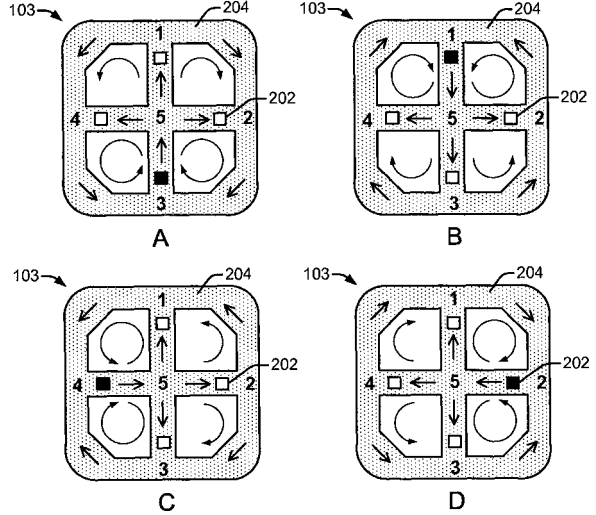
【図3】



【図4】

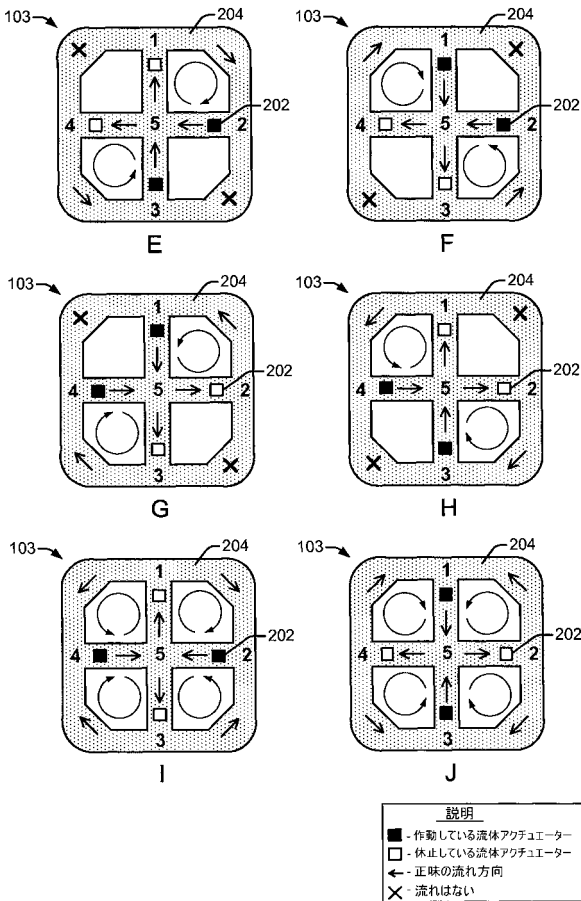


【図5】

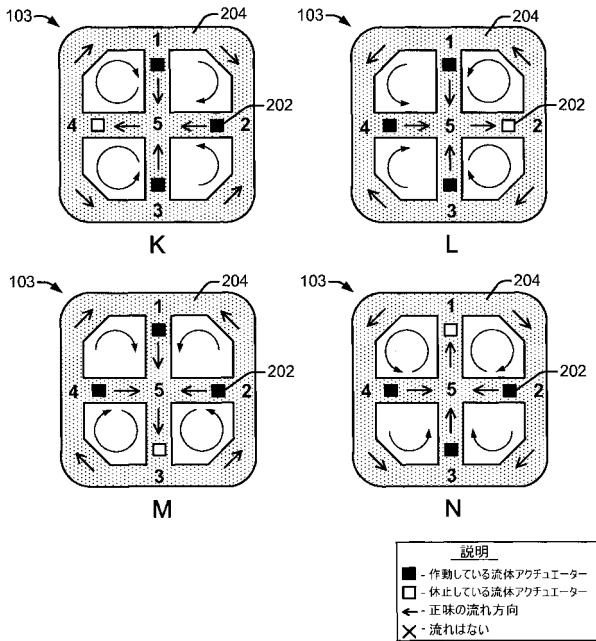


説明
 ■ - 作動している流体アクチュエーター
 □ - 休止している流体アクチュエーター
 ← - 正味の流れ方向
 X - 流れはない

【図6】

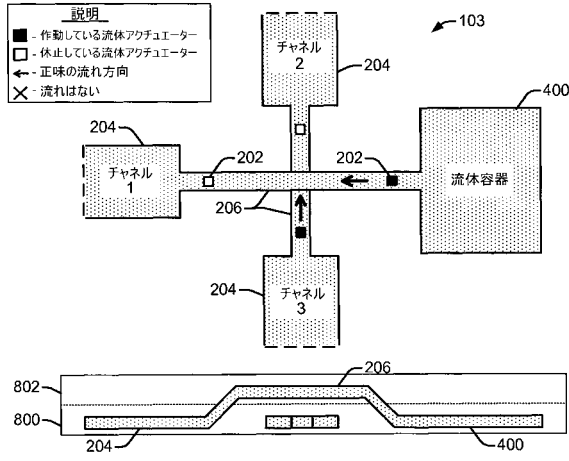


【図7】

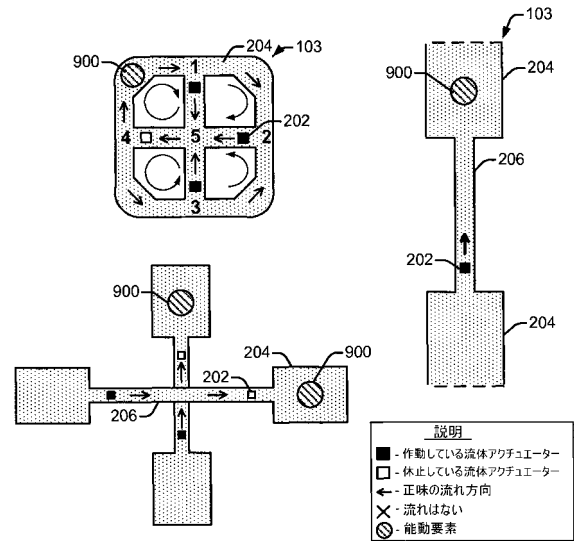


説明
 ■ - 作動している流体アクチュエーター
 □ - 休止している流体アクチュエーター
 ← - 正味の流れ方向
 X - 流れはない

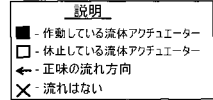
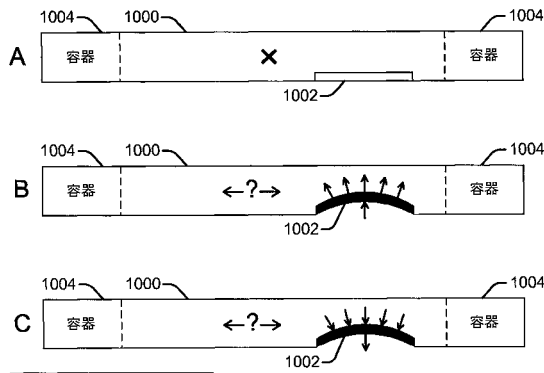
【 図 8 】



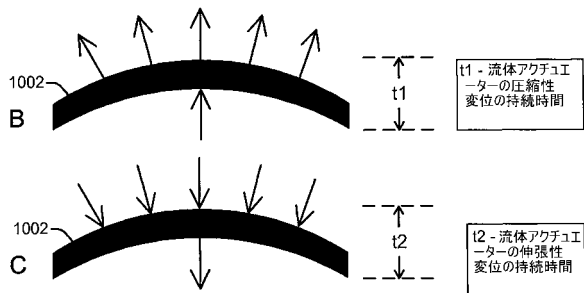
【 図 9 】



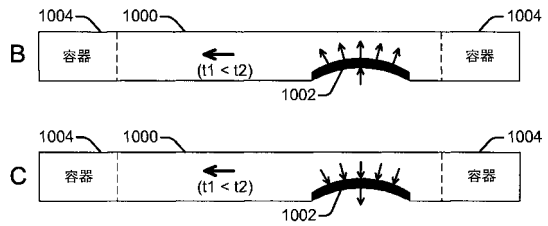
【 図 1 0 】



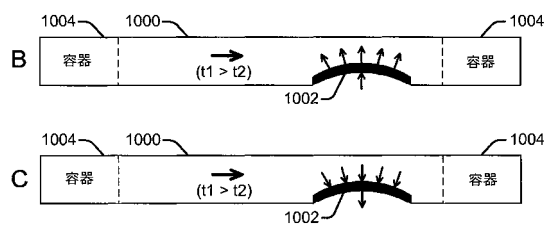
【 図 1 1 】



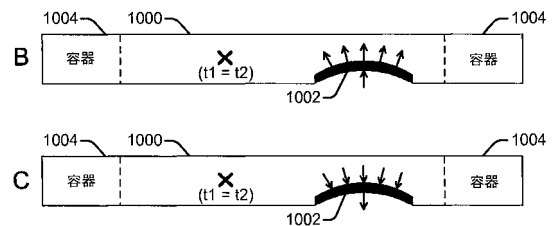
【 図 1 2 】



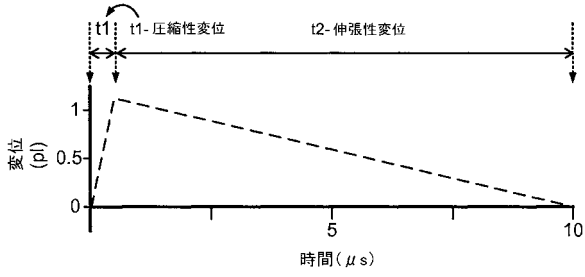
【 図 1 3 】



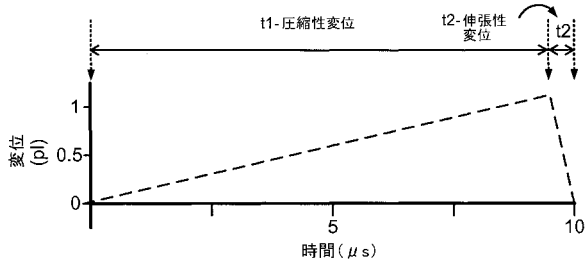
【 図 1 4 】



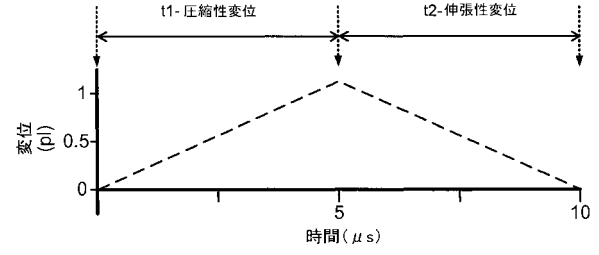
【図15】



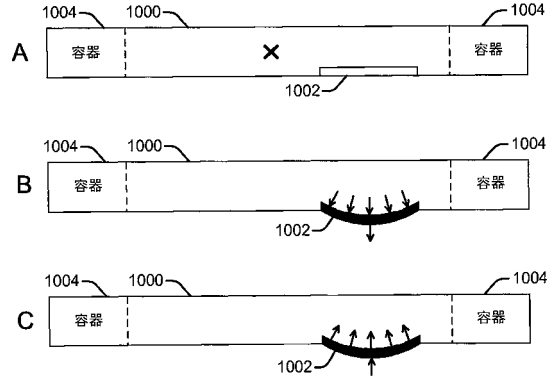
【図16】



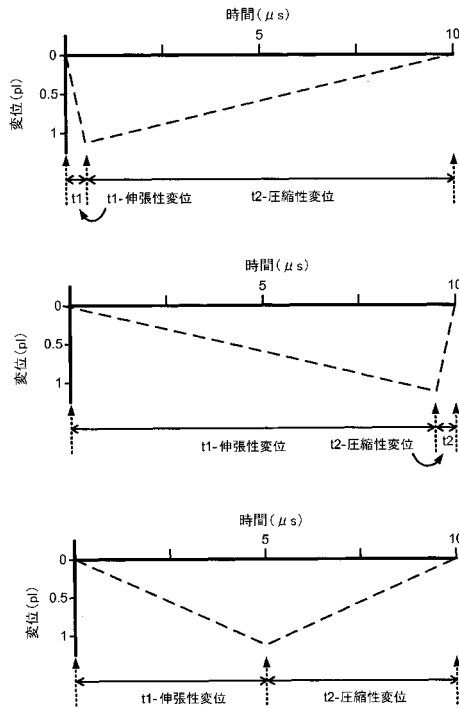
【図17】



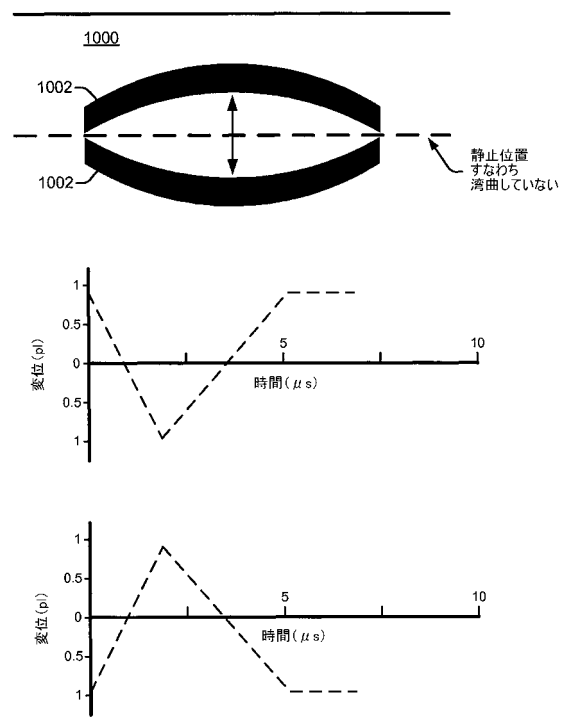
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 PCT/US2010/054412
(32)優先日 平成22年10月28日(2010.10.28)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 PCT/US2010/043480
(32)優先日 平成22年7月28日(2010.7.28)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 12/833,984
(32)優先日 平成22年7月11日(2010.7.11)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 PCT/US2010/035697
(32)優先日 平成22年5月21日(2010.5.21)
(33)優先権主張国 米国(US)

(74)代理人 100195693

弁理士 細井 玲

- (72)発明者 コヴァディノフ, アレキサンダー
アメリカ合衆国オレゴン州97330, コーバリス, ノースイースト・サークル・ブルバード・1
000
(72)発明者 トーニエイネン, エリック, ディー
アメリカ合衆国オレゴン州97330, コーバリス, ノースイースト・サークル・ブルバード・1
000
(72)発明者 コーニロヴィッチ, パヴェル
アメリカ合衆国オレゴン州97330, コーバリス, ノースイースト・サークル・ブルバード・1
000
(72)発明者 マーケル, デイビッド, ピー
アメリカ合衆国オレゴン州97330, コーバリス, ノースイースト・サークル・ブルバード・1
000

Fターム(参考) 3C081 AA11 AA13 BA25 BA45 BA53 BA54 BA55 BA57 CA14 CA15
CA17 CA28 CA30 CA31 CA36 CA38 EA27
4G075 AA02 AA39 AA61 AA65 BA10 BB10 DA02 EB50 ED13 FA12
FB12 FC17