

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6594975号
(P6594975)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int.Cl.	F 1
B 8 1 B 1/00 (2006.01)	B 8 1 B 1/00
B 0 1 J 19/00 (2006.01)	B 0 1 J 19/00 N
G 0 1 N 37/00 (2006.01)	G 0 1 N 37/00 1 O 1
B 8 1 C 3/00 (2006.01)	B 8 1 C 3/00

請求項の数 14 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2017-523327 (P2017-523327)
(86) (22) 出願日	平成27年11月19日 (2015.11.19)
(65) 公表番号	特表2018-504284 (P2018-504284A)
(43) 公表日	平成30年2月15日 (2018.2.15)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2015/077164
(87) 国際公開番号	W02016/079269
(87) 国際公開日	平成28年5月26日 (2016.5.26)
審査請求日	平成30年5月22日 (2018.5.22)
(31) 優先権主張番号	14193831.6
(32) 優先日	平成26年11月19日 (2014.11.19)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	歐州特許庁 (EP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	514156563 アイメック・ヴェーゼットウェー I M E C V Z W ベルギー、ペー・ゾー・ルーヴァン、カ ペルドリーフ 75番
(74) 代理人	100101454 弁理士 山田 阜二
(74) 代理人	100081422 弁理士 田中 光雄
(74) 代理人	100112911 弁理士 中野 晴夫
(72) 発明者	リウ・チョンシュン ベルギー・ゾー・ルーヴァン、カペルドリ ーフ 75番 アイメック・ヴェーゼットウェー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マイクロバブル発生装置、システム、および製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体内の物体を偏らせるためのマイクロ流体装置であって、
物体を含む液体をその上に供給するための基板と、
少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素を含むマイクロバブル発生器と、を含み、
前記マイクロバブル発生器は、前記基板の表面に配置され、前記物体を含む液体が前記
基板上に供給されると、前記物体を含む液体と直接接触し、

前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、複数のマイクロバブルを発生させることにより、前記物体を含む液体内の単一の物体を偏らせるように形成され、

前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、第 1 の接続された一連のマイクロ構
造体を含み、

接続された各マイクロ構造体は、前記マイクロバブル発生器が起動すると、前記物体を
含む液体にマイクロバブルを発生させるように形成され、

前記マイクロバブル発生器は発熱体であり、

前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、少なくとも 1 つのマイクロヒータを
含み、

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、前記少なくとも 1 つのマイクロヒータに電流
が流れると、少なくとも 2 つの接続されたマイクロ構造体が同時に加熱されるような形状
にされ、かつ、

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、円形のミアンダ形状の構造体であり、

10

20

前記少なくとも 2 つの接続されたマイクロ構造体は、平行に電気的に接続されている、マイクロ流体装置。

【請求項 2】

前記マイクロバブル発生器は発熱体であり、

前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、少なくとも 1 つのマイクロヒータを含み、

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、前記第 1 の接続した一連のマイクロ構造体と並列接続した第 2 の接続した一連のマイクロ構造体をさらに含み、

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、前記少なくとも 1 つのマイクロヒータに電流が流れると、異なる接続した一連のマイクロ構造体のうち少なくとも 2 つのマイクロ構造体が同時に加熱されるよう_な形状にされる、請求項 1 に記載のマイクロ流体装置。 10

【請求項 3】

液体内の物体を偏らせるためのマイクロ流体装置であって、

物体を含む液体をその上に供給するための基板と、

少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素を含むマイクロバブル発生器と、を含み、

前記マイクロバブル発生器は、前記基板の表面に配置され、

前記物体を含む液体が前記基板の上に供給された場合に、前記物体を含む液体と前記マイクロバブル発生器の間に配置される非導電層をさらに含み、

非導電層は、前記マイクロバブル発生器に通じる複数の空洞を含み、

前記複数の空洞のそれぞれは、対応する接続されたマイクロ構造体の 1 つと位置合わせされ、 20

前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、複数のマイクロバブルを発生させることにより、前記物体を含む液体内の単一の物体を偏らせるように形成され、

前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、第 1 の接続された一連のマイクロ構造体を含み、

接続された各マイクロ構造体は、前記マイクロバブル発生器が起動すると、前記物体を含む液体内にマイクロバブルを発生させるように形成され、

前記マイクロバブル発生器は発熱体であり、

前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、少なくとも 1 つのマイクロヒータを含み、 30

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、前記少なくとも 1 つのマイクロヒータに電流が流れると、少なくとも 2 つの接続されたマイクロ構造体が同時に加熱されるよう_な形状にされ、かつ、

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、円形のミアンダ形状の構造体であり、

前記少なくとも 2 つの接続されたマイクロ構造体は、平行に電気的に接続されている、マイクロ流体装置。 30

【請求項 4】

前記複数の空洞のうちの 1 つは、少なくとも 1 つの鋭い角を含む、請求項 3 に記載のマイクロ流体装置。

【請求項 5】

前記基板と平行な、前記複数の空洞の 1 つの断面は、三角形または長方形の形状を有する、請求項 3 に記載のマイクロ流体装置。 40

【請求項 6】

前記接続されたマイクロ構造体のそれぞれは、10 マイクロメートル以下の断面寸法の部分を含む、請求項 1 に記載のマイクロ流体装置。

【請求項 7】

前記マイクロバブル発生器は、発熱体であり、前記マイクロバブル発生器は、金属層を 1 つだけ含む、請求項 1 に記載のマイクロ流体装置。

【請求項 8】

前記マイクロバブル発生器に接続した制御装置をさらに含み、前記制御装置は、マイク 50

ロバブルの発生に関連する、前記マイクロバブル発生器の少なくとも1つのパラメータを監視するよう構成される請求項1に記載のマイクロ流体装置。

【請求項9】

前記マイクロバブル発生器は、発熱体であり、

前記少なくとも1つのマイクロバブル発生要素は、少なくとも1つのマイクロヒータであり、

前記制御装置は、前記発熱体の温度または前記発熱体の抵抗を監視するよう構成される、請求項8に記載のマイクロ流体装置。

【請求項10】

前記マイクロバブル発生器は、前記マイクロバブル発生器の変形を防ぐためのSIC層をさらに含む、請求項1に記載のマイクロ流体装置。 10

【請求項11】

物体をソーティングするためのシステムであって、

液体内の物体を偏らせるための第1のマイクロ流体装置を含み、前記第1のマイクロ流体装置は、

物体を含む液体をその上に供給するための基板と、

少なくとも1つのマイクロバブル発生要素を含むマイクロバブル発生器と、を含み、

前記マイクロバブル発生器は、前記基板の表面に配置され、前記物体を含む液体が前記基板上に供給されると、前記物体を含む液体と直接接触し。 20

前記少なくとも1つのマイクロバブル発生要素は、複数のマイクロバブルを発生させることにより、前記物体を含む液体内の単一の物体を偏らせるように形成され、

前記少なくとも1つのマイクロバブル発生要素は、第1の接続された一連のマイクロ構造体を含み、

接続された各マイクロ構造体は、前記マイクロバブル発生器が起動すると、前記物体を含む液体内にマイクロバブルを発生させるように形成され、

前記マイクロバブル発生器は発熱体であり、

前記少なくとも1つのマイクロバブル発生要素は、少なくとも1つのマイクロヒータを含み、

前記少なくとも1つのマイクロヒータは、前記少なくとも1つのマイクロヒータに電流が流れると、少なくとも2つの接続されたマイクロ構造体が同時に加熱されるような形状にされ、かつ、 30

前記少なくとも1つのマイクロヒータは、円形のミアンダ形状の構造体であり、

前記少なくとも2つの接続されたマイクロ構造体は、平行に電気的に接続され、

前記システムは、さらに、第1のマイクロ流体チャネルを含み、

前記第1のマイクロ流体装置は、マイクロバブルを発生させることにより、前記第1のマイクロ流体チャネル内を伝播する単一の物体を偏らせるように配置される、システム。

【請求項12】

前記第1のマイクロ流体チャネルに流体接続する第2のマイクロ流体チャネルをさらに含み、

前記第1のマイクロ流体装置は、前記第2のマイクロ流体チャネル内に配置され、マイクロバブルを発生させることにより、前記第1のマイクロ流体チャネル内を伝播する単一の物体を偏らせるよう構成される、請求項1_1に記載のシステム。 40

【請求項13】

前記第1のマイクロ流体チャネルに流体接続する第3のマイクロ流体チャネルをさらに含み、

前記第2のマイクロ流体チャネルと前記第3のマイクロ流体チャネルが位置を合わせ、前記第1のマイクロ流体チャネルの反対側に配置され、

前記システムは、さらに前記第3のマイクロ流体チャネル内に配置された第2のマイクロ流体装置を含み、

前記第1のマイクロ流体装置と前記第2のマイクロ流体装置は、前記第1のマイクロ流 50

体チャネル内を伝播する単一の物体を偏らせるよう構成される、請求項1_2に記載のシステム。

【請求項 1 4】

液体内の物体を偏らせるためのマイクロ流体装置を製造する方法であって、
基板を供給する工程と、
前記基板の上部に導電層を供給する工程と、
少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素を含むマイクロバブル発生器を前記導電層内
にパターンニングする工程と、を含み、

前記マイクロバブル発生器をパターンニングする工程は、一連の接続されたマイクロ構
造体をパターンニングする工程を含み、
10

前記接続されたマイクロ構造体のそれぞれは、前記マイクロバブル発生器を起動すると
、マイクロバブルを発生させるように形成され、

少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素を含む前記マイクロバブル発生器をパターン
ニングする工程は、前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素が起動すると、その形
状により、前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素の少なくとも 2 つのマイクロ構
造体が、マイクロバブルを同時に発生できるよう、前記少なくとも 1 つのマイクロバブル
発生要素を製造する工程を含み、

少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素を含む前記マイクロバブル発生器をパターン
ニングする工程は、さらに、前記少なくとも 1 つのマイクロヒータに電流が流れると、その形
状により、前記少なくとも 1 つのマイクロヒータの少なくとも 2 つのマイクロ構造体
を同時に加熱されるように、少なくとも 1 つのマイクロヒータをパターンニングする工程
を含み、
20

前記マイクロバブル発生器は発熱体であり、
前記少なくとも 1 つのマイクロバブル発生要素は、少なくとも 1 つのマイクロヒータを
含み、

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、前記少なくとも 1 つのマイクロヒータに電流
が流れると、少なくとも 2 つの接続されたマイクロ構造体が同時に加熱されるような形狀
にされ、かつ、

前記少なくとも 1 つのマイクロヒータは、円形のミアンダ形状の構造体であり、
前記少なくとも 2 つの接続されたマイクロ構造体は、平行に電気的に接続された、方法
30

。 【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、マイクロ流体装置の分野に関する。具体的には、本発明は、マイクロ流体シ
ステム用のジェットフロー発生器に関する。より具体的には、本発明は、フローサイトメ
トリー装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

セルソーティングとは、セルの特性に基づいてセルを選別する技術である。一般に、第
1 ステージでは、セルは流体チャネル内で伝播し、サイズなどに基づいて特徴付けされる
。第 2 ステージで、各セルを特徴付けした結果に基づいて、流体チャネルの出口の方向に
セルを偏らせることにより各セルをソーティングする。
40

【0 0 0 3】

従来技術の装置では、流体チャネル内にジェットフローを作りだすマイクロバブルを發
生させることによりセルを偏らせる。セルにかかるジェットフローの力の強弱により、流
体チャネルのどの出口にセルを偏らせるかが決定される。

【0 0 0 4】

これらの従来装置の第 1 の問題は、マイクロバブルを発生させるためにかかる時間である。
セルソーティングの用途では高い処理能力が求められているため、短い間隔でマイク
50

ロバブルを生成して、流体チャネル内でセルが伝播する速度にマイクロバブルが追い付いていくことが重要である。

【0005】

第2の問題は、マイクロバブルを発生させるのに必要な温度に関する。微小な規模で液体を沸騰させるためには、バルク液体を沸騰させるのに必要な温度よりも高い温度が必要である。この現象は、過熱として知られている。より高い温度を必要とすることにより、より多くのエネルギー消費が必要となり第1の問題とも関連し、マイクロバブルを発生させるためにより長い間加熱しなければならない。

【0006】

第3の問題は、ソーティングの精度に関する。この精度は、発生するマイクロバブルの制御性に関連する。この精度を向上させるためには、ジェットフローにより生成される力をトータルに制御することが必要である。現在の従来型装置は、このことに欠けている。

【0007】

上記の問題の少なくともいくつかを解決することができるマイクロ流体装置が必要である。

【発明の概要】

【0008】

本発明の目的は、液体内でジェットフローを正確に発生させることができるマイクロバブル発生器を作ることである。

【0009】

本発明の特定の様態および好適な様態は、本明細書に付属する独立請求項と従属請求項に記載される。従属請求項の特徴は、請求項の中に明示的に記載されているだけのものではなく、必要に応じて、独立請求項の特徴や他の従属請求項の特徴と組み合わせることができる。マイクロバブル発生器の実施形態は、請求項1～13に記載される。請求項14～16には、マイクロバブル発生器を用いてセルなどの物体のソーティングを行うためのシステムの実施形態が記載される。請求項17～22には、マイクロバブル発生器を製造するための方法の実施形態が記載されている。

【0010】

本発明の実施形態の利点は、非常に短い時間間隔でマイクロバブルを発生させ、それにより、セルなどの物体を高速（例えば、少なくとも10,000セル/秒）でソーティングすることができるマイクロバブル発生器を提供できることである。したがって、本発明の実施形態の利点は、そのような高い処理能力が可能なセルソーティングシステムを提供できることである。それに加えて、本発明の実施形態の利点として、安価に製造でき、簡単で単純なマイクロバブル発生器を提供できることである。本発明の実施形態の利点は、CMOS適合可能な処理ステップなどの半導体技術を用いて製造可能なマイクロバブル発生器が提供できることである。

【0011】

第1の様態では、本発明により液体内の物体を偏らせるためのマイクロ流体装置が提供され、この装置は、

物体を含む液体をその上に供給するための基板と、

基板の表面に配置され、液体が基板上に供給されると、その液体に直接接触する少なくとも1つのマイクロバブル発生要素を有するマイクロバブル発生器と、を含み、

それぞれが複数のマイクロバブルを発生させることにより、液体内の単一の物体を偏らせるよう、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素が適用されることを特徴とする。

【0012】

本発明の一実施形態に従うと、これらの少なくとも1つのマイクロバブル発生要素は、第1の接続した一連のマイクロ構造体を含み、マイクロバブル発生器が起動すると、液体内にマイクロバブルを発生させるよう各マイクロ構造体は適用される。

【0013】

本発明の実施形態に従うと、マイクロバブル発生器は発熱体でなく、少なくとも1つの

10

20

30

40

50

マイクロバブル発生要素は、基板の表面に配置され、液体が基板上に供給されると、その液体に直接接触する少なくとも1つのマイクロヒータでよく、それぞれのマイクロヒータが複数のマイクロバブルを発生させることにより、液体内の単一の物体を偏らせるよう、少なくとも1つのマイクロヒータが適用されることを特徴とする。

【0014】

本発明の他の実施形態では、空洞現象のような他の手段によりマイクロバブルを供給することができる。例えば、本発明の実施形態は、マイクロバブル発生器としてのマイクロバブル発生要素の機能を有する少なくとも1組の電極を含む電気分解ユニットを含み得る。この場合、例えば、マイクロバブル発生器の起動には、電気分解ユニットに電圧を誘導することが含まれ得る。これらの電極は、電圧がかかると、少なくとも2つのマイクロ構造体が同時にマイクロバブルを発生させるような形状を有し得る。10

【0015】

本発明の一実施形態に従うと、マイクロバブル発生要素が起動すると、少なくとも2つのマイクロ構造体が起動するよう、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素が適用される。マイクロヒータを含む本発明の実施形態では、少なくとも1つのマイクロヒータに電流が流れると、少なくとも2つのマイクロ構造体が同時に加熱されるような形状をマイクロヒータが有し得る。

【0016】

本発明の一実施形態に従うと、少なくとも1つのマイクロヒータは、第1の接続した一連のマイクロ構造体と並列接続する第2の接続した一連のマイクロ構造体をさらに含み、マイクロヒータに電流が流れると、接続した一連の異なるマイクロ構造体のうちの少なくとも2つのマイクロ構造体が同時に加熱されるような形状を、少なくとも1つのマイクロヒータが有し得る。20

【0017】

本発明の一実施形態に従うと、この装置は、下向きに作られてマイクロバブル発生器（例えば、発熱体）に通じる複数の空洞を有する、液体とマイクロバブル発生器（例えば、発熱体）の間に配置される非導電層をさらに含み、各空洞が、対応するマイクロ構造体と位置を合わせる。

【0018】

本発明の一実施形態に従うと、これらの空洞のうちの1つは、少なくとも1つの鋭い角を有する。30

【0019】

本発明の一実施形態に従うと、空洞のうちの1つの断面（基板と平行な）は、三角形または長方形の形状を有する。

【0020】

本発明の一実施形態に従うと、各マイクロ構造体は、10マイクロメートル以下の断面寸法を有する部分を含む。

【0021】

本発明の一実施形態に従うと、マイクロバブル発生器は、導電層（例えば、金属）を1枚だけ含む。例えば、この導電層は、発熱体内に含まれ得る。40

【0022】

本発明の一実施形態に従うと、この装置は制御装置をさらに含み、この制御装置が、マイクロバブル発生器に接続し、マイクロバブルの発生に関連する1つのパラメータまたは複数のパラメータを監視するよう構成される。例えば、マイクロバブル発生要素として、発熱体、マイクロバブル発生器、および少なくとも1つのマイクロヒータを含む実施形態では、この制御装置は、発熱体の温度または発熱体の抵抗を監視するよう構成され得る。本発明のいくつかの実施形態では、この制御装置は、温度と抵抗の両方、または、マイクロバブルの核生成および生成に関連するその他のパラメータを制御することができる。電気分解ユニットを含む実施形態では、この制御装置は、電圧、および／または電気分解を介するマイクロバブルの発生に関連するその他のパラメータ（電流または電気容量などの50

)を監視するよう構成され得る。

【0023】

マイクロバブル発生器としての発熱体を含む本発明の一実施形態に従うと、この発熱体は、S i C層を含み、自己の変形を防ぐ。

【0024】

本発明の第2の様態では、物体をソーティングするためのシステムが提示され、このシステムは、上記の段落に記載されている第1のマイクロ流体装置、および第1のマイクロ流体チャネルを含み、マイクロバブルを発生させることにより、第1のマイクロ流体チャネル内で伝播する単一の物体を偏らせるよう第1のマイクロ流体装置を配置する。

【0025】

本発明の一実施形態に従うと、このシステムは、第1のマイクロ流体チャネルに流体接続する第2のマイクロ流体チャネルをさらに含み、第1のマイクロ流体装置が、第2のマイクロ流体チャネル内に配置され、マイクロバブルを発生させることにより、第1のマイクロ流体チャネル内で伝播する単一物体を偏らせるよう構成される。

【0026】

本発明の一実施形態に従うと、このシステムは、第1のマイクロ流体チャネルに流体接続する第3のマイクロ流体チャネルをさらに含み、第2のマイクロ流体チャネルと第3のマイクロ流体チャネルが並んで、第1のマイクロ流体チャネルの反対側に配置される。このシステムは、第3のマイクロ流体チャネル内に配置される第2のマイクロ流体装置をさらに含み、第1のマイクロ流体装置と第2のマイクロ流体装置が、第1のマイクロ流体チャネル内で伝播する単一の物体を偏らせるよう構成される。

【0027】

本発明の第3の様態の実施形態に従うと、第1のマイクロ流体装置と第2のマイクロ流体装置は、第1のマイクロ流体チャネル内で伝播する単一物体を同時に偏らせるようさらに構成される。

【0028】

マイクロ流体装置を製造する方法が提示される。この方法には、基板を供給するステップと、基板の上部に導電層(例えば、金属)を供給するステップと、導電層内に少なくとも1つのマイクロバブル発生要素(例えば、少なくとも1つのマイクロヒータ)を有するマイクロバブル発生器(例えば、発熱体)をパターンニングするステップと、が含まれ、マイクロバブル発生器をパターンニングするステップには、一連のマイクロ構造体を含むマイクロバブル発生要素をパターンニングすることが含まれ、起動すると、マイクロバブルを発生させるよう各マイクロ構造体が適用される。

【0029】

本発明の実施形態では、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素を有するマイクロバブル発生器をパターンニングするステップには、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素が起動すると、それらの少なくとも1つのマイクロバブル発生要素のうちの少なくとも2つのマイクロ構造体が、マイクロバブルを同時に生成できる形状に、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素を製造することができる。

【0030】

本発明の一実施形態に従うと、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素をパターンニングするステップには、少なくとも1つのマイクロヒータをパターンニングすることが含まれ得、このマイクロヒータのパターンニングには、少なくとも1つのマイクロヒータに電流が流れると、少なくとも1つのマイクロヒータの少なくとも2つのマイクロ構造体が同時に加熱され、それにより、マイクロバブルを発生させることができる形状に少なくとも1つのマイクロヒータを製造することができる。

【0031】

本発明の一実施形態に従うと、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素のパターンニングには、電気分解ユニットの少なくとも1組の電極をパターンニングすることが含まれ得、この1組の電極のパターンニングには、電極間に電圧が印可されると、少なくとも1

10

20

30

40

50

組の電極の少なくとも 2 つのマイクロ構造体が電気分解を同時に誘導し、それにより、マイクロバブルを発生させることができる形状に少なくとも 1 組の電極を製造することが含まれる。

【0032】

本発明の一実施形態に従うと、この方法には、マイクロバブル発生器（例えば、発熱体）の上部にマイクロ流体層を供給するステップと、マイクロ流体層内にマイクロ流体チャネルを生成するステップと、マイクロ流体チャネルを蓋で閉めるステップと、がさらに含まれる。

【0033】

本発明の一実施形態に従うと、マイクロ流体層は、蓋を取り付けるための光パターニング可能なポリマーである。 10

【0034】

本発明の一実施形態に従うと、マイクロ流体チャネルを蓋で閉めるために蓋とマイクロ流体層の間に光パターニング可能なポリマーを配置する。

【0035】

従来技術に対する本発明とその利点を要約する目的で、本明細書では、ここまで本発明の特定の目的および利点について記載してきた。もちろん、本発明の特定の実施形態に従うことにより、全てのそのような目的や利点が必ずしも実現可能でないことは理解されよう。したがって、例えば、本明細書で教示される、あるいは、提案されるその他の目的や利点を必ずしも実現することなく、本明細書で教示される利点の 1 つ、または、いくつかの利点を実現する、あるいは最適化するよう、本発明を具現化すること、または、実行することが可能であることを当業者は認識するであろう。 20

【0036】

以下に記載される実施形態（複数可）を参照すると、本発明の上記の様態やその他の様態が明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

さらに、一例として下記の添付図面を参照して本発明をさらに詳しく説明する。

【図 1】本発明の一実施形態に従った、マイクロ流体装置を示す図である。

【図 2】単一のマイクロヒータの一実施形態を示す図である。 30

【図 3】単一のマイクロヒータの一実施形態を示す図である。

【図 4】対電極の一実施形態を示す図である。

【図 5】マイクロバブル発生要素のマトリックスの一実施形態を示す図である。

【図 6】2 つのマイクロヒータの一実施形態を示す図である。

【図 7】マイクロヒータのマトリックスの一実施形態を示す図である。

【図 8】単一のマイクロヒータの一実施形態を示す図である。

【図 9】2 つのマイクロヒータの一実施形態を示す図である。

【図 10】マイクロヒータのマトリックスの一実施形態を示す図である。

【図 11】電気分解ユニットの電極のマトリックスの一実施形態を示す図である。

【図 12】マイクロヒータとマイクロ構造体の SEM 画像である。 40

【図 13】マイクロヒータの一実施形態とマイクロヒータの断面図を示す図である。

【図 14】核生成を行う空洞を有する層で覆われた単一のマイクロヒータの一実施形態を示す図である。

【図 15】セルを選別するためのシステムの一実施形態を示す図である。

【図 16】セルを選別するためのシステムの一実施形態を示す図である。

【図 17】ジェット・フロー・レジームを実施する 2 つのマイクロ流体装置を有する本発明の一実施形態を示す図である。

【図 18】ジェット・フロー・レジームを実施する 2 つのマイクロ流体装置を有する本発明の別の実施形態を示す図である。

【図 19】単一のマイクロ流体装置のジェット・フロー・レジームと 2 つのマイクロ流体 50

装置のジェット・フロー・レジームを示すグラフである。

【図20】2つのマイクロ流体装置のジェット・フロー・レジームを示すグラフである。

【図21】本発明の一実施形態に従った、マイクロ流体装置を作製する処理の流れを示す図である。

【図22】本発明の一実施形態に従ったマイクロ流体装置を作製する処理の流れを示す図である。

【0038】

これらの図面は、概略のみを示し非限定である。これらの図面では、要素のうちのいくつかは、説明のため拡大されて示されており縮尺は統一されていない。これらの寸法および相対寸法は、本発明を実施する実際の縮小率には必ずしも対応していない。

10

【0039】

異なる図面では、同じ要素または類似の要素は同じ参照符号により指定されている。請求項の任意の参照符号により、本発明の範囲が限定されると解釈されることはないものとする。

【発明を実施するための形態】

【0040】

本開示で提示される装置により、上記の従来技術の装置の問題に対するソリューションが提供される。

【0041】

本明細書全体を通して、「マイクロ流体装置」および「液体内の物体を偏らせるためのマイクロ流体装置」が参照されている。これは「マイクロバブル発生装置」または「ジェットフロー生成装置」のことを指し得る。

20

【0042】

本明細書全体を通じ「マイクロ流体チャネル」が参照されている。これは、セルなどの微小なサイズの粒子を移動させるのに適したチャネルのことを指し得る。これらのチャネルの寸法（例えば、幅と奥行き）は、10 nmから100 μmの範囲のバラツキを有し得る。

【0043】

第1に、ジェットフローを生成するのに必要な時間に関する問題は、マイクロ構造体により複数のマイクロバブルを発生させ、これらのマイクロバブルを集めてジェットフローをつくり出すことにより解決する。単一のマイクロバブルを発生させる代わりに複数のマイクロバブルを発生させることにより、そのジェットフローの生成に必要なマイクロバブルのサイズを小さくすることができる。マイクロバブルのサイズが小さくなると、それらのマイクロバブルを発生させるのに必要な電力も小さくなる。マイクロバブルが小さくなればなる程、そのマイクロバブルを発生させるのに必要なエネルギー（例えば、温度）も小さくすることができる。したがって、利点として、複数のマイクロバブルを発生させるよう構成される発熱体は、必要な温度まで上昇するための時間がそれ程かからないため、より速くマイクロバブルを発生させることができる。同様に、複数のマイクロバブルを発生させるよう構成される電気分解ユニットも印可する電圧が低いため、マイクロバブルをより速く生成することができる。その他の利点として、そのような装置は、例えば、電流パルスまたは電圧パルスをマイクロバブル発生器に供給することにより、大きなマイクロバブルを用いてジェットフローを生成するシステムよりも起動するときの反応時間が速い。

30

【0044】

このことは、この装置がインフローのセルソーティング装置内で使用される場合に、特に都合がよい。反応時間が速ければ速い程、セルソーティング装置内の物体の速度が速くなり、処理能力が高くなる。その他の利点として、マイクロバブルを発生させるのに必要なエネルギーが小さくなるため消費電力を抑えることができる。例えば、発熱体に必要な温度が下がる、あるいは、電気分解ユニットに必要な電圧が下がる。このことは、複雑に並列化されたアーキテクチャでは、セルを選別するために複数の装置を含み、それら全て

40

50

が電源に接続する必要があるため、オンチップのセルソーティング装置に関して有用である。

【0045】

第2に、マイクロバブルを発生させるのに必要なエネルギーに関する問題は、複数のマイクロバブルを発生させるよう適用されるマイクロ構造体と位置を合わせる、複数の構造体（アーチファクトとしても知られている）を含む層を用いることにより解決される。例えば、この層により、マイクロバブルの発生に関して、発熱体のケースでは、過熱の問題を解決することができ、電気分解ユニットのケースでは、好都合にも、安定したマイクロバブル（例えば、まだ離れていない気泡）を核状にするのに必要な電圧の量を抑えることができる。発熱体のケースでは、表面が滑らかだと、過熱は著しく高くなり、水蒸気のマイクロバブルの核生成に関して約350 の温度が必要となる。しかし、マイクロバブルの核生成の中心として機能する、アーチファクト（瑕疵）や人工的なマイクロ構造体が表面に存在すると、この過熱は急激に下がる。これらのアーチファクトは層のでこぼこ（例えば、空洞）であり、発熱体のケースでは、このでこぼこにより過熱を抑えることができる。液体内でマイクロバブルを発生させるためには比較的高い温度が必要であるが、これらのマイクロ構造体の上にこの層を設けることによりこの温度を下げることができる。過熱を抑えることにより、低い温度でマイクロバブルを発生させることができる。再度議論するが、温度を下げることは、発熱体が必要な温度まで上昇するのに必要な時間が短縮されることを意味する。したがって、そのような層を有する装置は、より速い反応時間をその特徴とする。同様に、電気分解ユニットは、マイクロバブル（しかし、小さいサイズで離れやすい）を生成するのに必要な決定電圧を必要とする。表面にできる付加的なアーチファクトにより、マイクロバブルの核生成が容易になり、低い電圧で表面に最小量のマイクロバブルを発生させることができ、これに伴い、マイクロバブルが分離するリスクを抑えることができる。

【0046】

第3に、ソーティングの精度に関する問題は、ジェットフローを生成するために、単一のマイクロバブルを発生させる代りに、複数のマイクロバブルを同時に発生させることにより解決される。また、大きなマイクロバブルは、表面／体積率が小さいため、小さなマイクロバブルに比べて破裂するまでにかなり長い時間要し、したがって、マイクロバブルの寿命が長くなり、ソーティングの処理能力が低くなる。小さなマイクロバブルを発生させる処理は、単一の大きなマイクロバブルを生成する処理よりも制御が簡単である。したがって、複数のマイクロバブルにより生成されるジェットフローは正確に制御することができる。セルソーティングのマイクロ流体装置では、マイクロ流体チャネル内で伝播するセルがこのジェットフローにより偏るため、このことは重要な強みである。ジェットフローにより生じる力の制御を向上させることは、ソーティングの精度を高めることにつながる。また、制御が向上することにより、小さいマイクロ流体チャネルを使用することができる。したがって、特定の領域に、より多くのマイクロ流体チャネルを作製することができる。

【0047】

本発明の第1の様態では、液体内でマイクロバブルを発生させるマイクロ流体装置が提示される。このマイクロ流体装置は、流体内で物体を偏らせるよう適用される。これらの物体は粒子でよい（例えば、セルまたはより小さなサイズの粒子などの生物学的自然物の粒子）。

【0048】

第1に、発熱体であるマイクロバブル発生器、および少なくとも1つのマイクロヒータである少なくとも1つのマイクロバブル発生要素を参照して、本発明の実施形態をより詳細に説明する。しかし、その他のタイプのマイクロバブル発生器も使用可能であるため、この説明は、本発明に限定することを意図せず、本発明の第2の実施形態に対してより詳細に説明される。

【0049】

10

20

30

40

50

第1の実施形態

図1には、発熱体102をマイクロバブル発生器として含むマイクロ流体装置100の一例が示されており、この発熱体が、少なくとも1つのマイクロヒータ103をマイクロバブル発生要素として含み、これらの少なくとも1つのマイクロヒータ103が、複数のマイクロ構造体104をマイクロバブルの核生成サイトまたはマイクロバブルの発生サイトとして含む。このマイクロ流体装置100は、基板101を含み、この基板の上に液体が供給される。少なくとも1つのマイクロヒータ103を含む発熱体102は、この基板101の表面に配置される。液体が基板101上に供給されると、少なくとも1つのマイクロヒータ103が液体と直接接触する。これらの少なくとも1つのマイクロヒータ103は、液体の一部を移動させることにより、液体内に力を発生させるよう設計されている。
10 複数のマイクロバブルを発生させることにより液体の一部を移動させる。したがって、フローがつくられる。発生したマイクロバブルの集合体により生じる液体内のフローの力は、液体に存在する物体を偏らせるのに適している。したがって、少なくとも1つのマイクロヒータ103は、複数のマイクロバブルの発生を通して液体内に力を発生させることにより、液体内の単一物体を偏らせるよう適用される。

【0050】

図1には、本発明の第1の様態の一実施形態が示されている。このマイクロ流体装置100は、基板101を含む。この基板101の表面には、発熱体102が配置される。この発熱体102は、基板101の表面に配置され、この表面には液体が供給され得る。液体が供給されると、発熱体は液体と直接接触する。この基板101は半導体基板でよい(例えば、シリコン基板)。基板101はガラス基板でもよい。基板101はマイクロ流体素子の内壁でよい(例えば、マイクロ流体チャネルの内壁)。発熱体102が、マイクロ流体素子内の液体と接触する限り、マイクロ流体素子の全ての内壁に発熱体102を配置することができる。この発熱体102は、金属(例えば、アルミニウム、銅、タングステン、またはポリシリコン)などの導電材料から形成される。この発熱体102は、好都合にも、1枚の金属層から作製することができる。この利点として、この発熱体102の厚さを最小限に抑え、装置の製造を簡単にすることができ、それにより、余分な金属層が必要なくなり製造コストを抑えることができる。本発明は金属層には限定されず、他の全ての導電材料(不純物を大量に注入した半導体などの)も使用可能である。
20

【0051】

この発熱体102は、液体内に複数のマイクロバブルを発生させるよう適用された少なくとも1つのマイクロヒータ103を含む。図2には、マイクロヒータの実施形態が示されている。少なくとも1つのマイクロヒータ103は、発熱体102を含む導電層(例えば、金属)内で作製される構造体である。マイクロヒータ103ごとに複数のマイクロバブルを発生させるために、各マイクロヒータ103は、複数のマイクロ構造体104を含む。各マイクロ構造体104は、マイクロヒータ103の特徴であり、発熱体102の一部を成す。各マイクロ構造体104は、マイクロヒータ103が加熱すると、液体内にマイクロバブルを発生させるよう適用される。これには、各マイクロ構造体104の寸法(例えば、幅または高さ)が、マイクロヒータ103の残りの寸法(例えば、幅または高さ)より小さいことが含まれる。寸法を選択することで、マイクロバブルは、マイクロ構造体104の位置である各スポット、各マイクロヒータ103の専用スポットで確実に発生する。マイクロ構造体はマイクロバブルの発生に関して熱的に適している、というのも局所的に高い電流密度により、ジュール加熱が引き起こされるためである。このことの利点として、この確実性により、マイクロ流体装置100による、発生するマイクロバブルの制御が容易になる。これにより、どの位置でマイクロバブルが生成されるのかを正確に判定することができる。本発明の一実施形態に従うと、マイクロ構造体104は、10マイクロメートル以下の断面寸法(例えば、幅)を有し得る。このことは、マイクロヒータ103の他の部分の寸法が10マイクロメートルより大きく、マイクロバブルがマイクロ構造体104の位置で確実に生成されることを意味する。
40

【0052】

単一マイクロヒータ 103 の複数のマイクロ構造体 104 は、第 1 の一連の電気接続したマイクロ構造体でよい。したがって、これらの複数のマイクロ構造体 104 は、直列接続したマイクロ構造体 104 のアレイでよい。第 1 の一連の電気接続したマイクロ構造体は、ミアンダ形状の構造体（例えば、ミアンダ形状のワイヤ）でよく、この構造体の特定の部分が残りの構造体よりも小さい寸法を有し、各部分がマイクロ構造体として画定される。これらの部分がミアンダ形状の構造体になり得る（例えば、交互に曲がって）。ミアンダ形状の構造体は既定された領域で最大数の曲がり目が実現するよう形状付けられ得る。そのような構造体を用いることにより、所与の領域で最大数のマイクロバブルを発生させることができる。したがって、装置の小型化が進み、この装置をマイクロ流体チャネルの内側で使用することができる。单一のマイクロヒータ 103 では、第 2 の一連の電気接続したマイクロ構造体が、第 1 の一連の電気接続したマイクロ構造体と電気的に並列接続することができる。図 2 には、単一のミアンダ形状のマイクロヒータ 103 が示されている。

【0053】

本発明の一実施形態に従うと、各マイクロヒータ 103 は、複数のマイクロ構造体 104 を有する円形のミアンダ形状の構造体である。各マイクロ構造体 104 は、マイクロヒータ 103 の中心点から均一の距離に配置され得る。

【0054】

本発明の一実施形態に従うと、各マイクロヒータ 103 は、電気的に並列接続した少なくとも 2 つのマイクロ構造体 104 を含む。本発明の一実施形態に従うと、マイクロ流体装置 100 は、電気的に直列接続した一連のマイクロヒータを含み得る。さらに、マイクロ流体装置 100 は、電気的に並列接続した複数の一連のマイクロヒータを含み得る。これらの複数の一連のマイクロヒータは、熱を均一に分布させ、マイクロバブルの発生をより安定させ、マイクロバブルにより発生する力を制御するためにジグザグに配置され得る。

【0055】

本発明の一実施形態に従うと、各マイクロヒータ 103 は、リップ形状を有する。図 3 には、そのような形状が示されている。リップ形状構造体の 2 つの外側の鋭い角が、2 つのマイクロ構造体 104 である。このような実施形態では、このマイクロヒータ 103 は、第 1 の曲線部と第 2 の曲線部を有する。両方の部分は、互いに反対側に曲げられ、それにより、中央に空洞が形成される（空洞では両方の部分は接続していない）。第 1 の曲線部の一端は、第 2 の曲線部一端にのみ接続し、それにより、鋭い先端を形成する。第 1 の曲線部の他端は、第 2 の曲線部の他端にのみ接続し、それにより、鋭い先端を形成する。両方の部分を接続することにより、2 つ鋭い先端（マイクロ構造体 104 である）を有するリップ形状のマイクロヒータ 103 が形成される。マイクロ構造体 104 はリップ形状のマイクロヒータ 103 の両端に配置されているため、利点として、一方のマイクロ構造体 104 で生成される熱は、他方のマイクロ構造体で生成される熱の影響を受けない。これにより、熱を均一に分布させることができ、それに伴って、マイクロバブルの発生と、マイクロバブルにより発生する力の制御がより安定する。

【0056】

発熱体 102 が複数のリップ形状のマイクロヒータ 103 を含む場合、これらのリップ形状マイクロヒータ 103 を互い違いに配置することができる。この配置が図 5 に示されている。この利点として、所与の領域により多くのマイクロヒータ 103 を配置することができる。半導体素子では、これによりシリコンの材料を減らすことができ、装置のコストを低減することができる。また、より多くのマイクロヒータ 103 を同じ領域に配置することができると、より小さいマイクロバブルでジェットフローを発生させることができる。したがって、より良好な制御によりジェットフローを速く発生させることができ、これにより、セルソーティングの処理量を増やすことができる。

【0057】

複数のマイクロヒータ 103、103a を、互いに電気的に直列接続することができる

10

20

30

40

50

。そのような実施形態が図6に示されている。電圧パルスが発熱体に供給されると、各マイクロヒータ103、103aに電流が流れ、各マイクロヒータが加熱する。発熱体上に液体が存在する場合、マイクロヒータ103、103aが好適な温度（例えば、摂氏350度）に加熱すると、液体内に複数のマイクロバブルが発生する。

【0058】

さらに、複数のマイクロヒータ103、103a、103b、103cを電気的に並列接続することができる。これらの複数のマイクロヒータは、マイクロヒータ103、103a、103b、103cのマトリックスでよい。そのような実施形態が図7に示されている。この利点として、マイクロヒータがマイクロバブルを同時に発生させることができ、これにより、マイクロバブルの制御性を向上させることができる。また、小さい領域に複数のマイクロバブルを発生させることができる。本発明の第1の様態で提示されたマイクロ流体装置をそれぞれが含む、複数のマイクロ流体チャネルを有する密度の高いマイクロ流体システムでは、このことが特に有用である。10

【0059】

本発明の一実施形態に従うと、このマイクロ流体装置は、相互接続するマイクロバブル発生要素（例えば、マイクロヒータ）の少なくとも1つの横列を含む。このマイクロ流体装置は、相互接続するマイクロヒータの隣接する横列も含むことができる。したがって、マイクロ流体装置は、マイクロヒータのマトリックスを含む。この利点として、複数のマイクロヒータが、マイクロバブルを同時に発生させることができ、これにより、マイクロ流体装置により生成されるジェットフォースの制御性の向上に寄与することができる。20

【0060】

本発明の一実施形態に従うと、マイクロヒータに電流が流れると、単一のマイクロヒータ103の少なくとも2つのマイクロ構造体104が同時に加熱するよう、各マイクロヒータは形状付けされる。これは、例えば、マイクロ構造体104を左右対称（例えば、マイクロヒータ103の中心点から均等な距離にマイクロ構造体を配置することによる、中心点の周りの円に）に配置することにより実現される。このような実施形態では、各マイクロヒータ103は星形でよい。マイクロヒータ103に電流が流れると、その電流はマイクロヒータ103の異なる部分を同時に流れ、それにより、異なるマイクロ構造体104が同時に加熱する。

【0061】

単一のマイクロヒータ103は、マイクロヒータ103のレベルでは接続していないが、発熱体102のレベルでは接続している異なる電気接続した一連のマイクロ構造体104も含むことができる。図8にそのような実施形態が示されている。図8には、2つの一連の構造103'および103''を有する単一のマイクロヒータ103が示されている。これらの2つの一連の103'、103''は、マイクロヒータのレベルでは接続していない。これらの異なるマイクロヒータは、互いに直列接続することができ、これにより、マイクロヒータのチェーンを形成する。そのような実施形態が図9に示されている。2つのマイクロヒータ103、103aは互いに接続する。第1のマイクロヒータ103の一連の第1のマイクロ構造体104は、第2のマイクロヒータ103aの一連の第1のマイクロ構造体104に接続する。第1のマイクロヒータ103の第2の一連のマイクロ構造体104は、第2の一連の第2のマイクロヒータ103aに接続する。そのような実施形態では、マイクロヒータ103に電流が流れると、接続した一連の異なるマイクロ構造体104の少なくとも2つのマイクロ構造体104が同時に加熱するよう、マイクロヒータを形状付けすることができる。上記の通り、別の実施形態では、発熱体102の異なるマイクロヒータどうしを互いに並列接続させることができる。そのような実施形態が図10に示されている。3040

【0062】

マイクロバブル発生器の上部に配置された遮蔽層により、液体からマイクロバブル発生サイトを少なくとも部分的に遮蔽することができる。

【0063】

10

20

30

40

50

本発明の一実施形態では、発熱体102のマイクロヒータ103を液体から遮蔽するために、この発熱体102を遮蔽層で覆うことができる。20nmから2μmの間の十分な厚さ(350nmなどの)を有する、SiO₂やSiNなどの電気絶縁材料からこの層を作ることができる。したがって、発熱体と液体は直接接触しない。遮蔽層の厚さを適用し、それにより、液体を加熱して、その液体内にマイクロバブルを発生させる。

【0064】

驚くことに、単一の金属層から作られる発熱体102を含む本発明のいくつかの実施形態では、数個の電圧パルスまたは電流パルスをマイクロヒータ103に供給して、熱蒸気のマイクロバブルを誘発した後、マイクロ構造体104が、構造変化を引き起こすことが発明者により観察された。このことは図12の4枚のSEM画像(a)、(b)、(c)、および(d)に示される。

10

【0065】

上段左側の画像(a)は、電圧パルスまたは電流パルスが供給される前のマイクロヒータのSEM画像である。下段左側の画像(b)は、電圧パルスまたは電流パルスが供給された後のマイクロヒータのSEM画像である。下段左側の画像(b)では、各マイクロ構造体104にアーチファクト120が形成されていることが確認可能である。上段右側の画像(c)は、個々のマイクロ構造体104のSEM画像である。下段右側の画像(d)には、電圧パルスまたは電流パルスがマイクロヒータに供給された後にマイクロ構造体104の鋭い角に形成されるアーチファクト120が示されている。

【0066】

20

過熱の低減に寄与するアーチファクトが形成されるため、マイクロ構造体が変形すると都合がよい。各アーチファクトを過熱の低減に寄与する自己誘発型の核生成の中心と見なすことができる。これらのアーチファクトの存在により、マイクロ構造体でマイクロバブルを発生させるのに必要な電力量を抑え(実験結果から約10~15%)、それにより、装置の寿命が延びるため都合がよい。マイクロ構造体の金属が熱的に変形することにより、あるいは電気移動により、これらの変形が引き起こされる。この周期的な変形は、加熱パルスごとに引き起こされ、最終的には、元に戻らない構造変形物が作られる。この変形は金属の上部に隣接する遮蔽層に移り、これに伴い、これらのアーチファクトがSEM写真で見られるようになる。その一方で、電圧パルスまたは電流パルスが供給されている間、これらの遮蔽層でも変形が発生され得る、あるいは、堆積、エッティング、機械的な作用、またはその他の好適な手段などの他の手段により発生され得る。図12に示される装置では、発熱体の金属としてアルミニウムが使用され、遮蔽層としてSiO₂が使用されている。

30

【0067】

変形が発生する装置は、過熱が抑えられるため、低電力の装置で使用するには興味深い。使用時間が短く多くの材料を必要としないため低コストで済み、製造が簡単なため、そのような装置は、例えば、使い捨ての装置で使用可能である。本発明は、金属内で発生する変形には限定されず、これらの変形は、通常、導電層で発生する、あるいは、全く発生しない。

【0068】

40

長期間の使用が想定される場合、この装置は堅牢なキャッピング層をさらに含むことができる。本発明の一実施形態に従うと、キャッピング層は発熱体102の上部に配置される。このキャッピング層は、炭化ケイ素(例えば、SiC層でよい)を含み得る。このSiCは、発熱体の変形を防ぐ。SiCは熱的かつ化学的に安定しており、SiO₂やSiNよりも熱伝導性がよく、制御不能なアーチファクトがほとんどなく、表面が滑らかため付着しやすいため、このSiCを使用することは有用である。

【0069】

上述の熱的かつ力学的な特性にもかかわらず、SiCは電気絶縁に関しては好適な材料ではない。この材料の抵抗率は、約1e3オームセンチメートルであり、高温では低下する。したがって、SiCキャッピング層を単独では、導電性の発熱体の真上に配置するこ

50

とはできない。発熱体の導電層をSiC層から電気絶縁するために、上述の遮蔽層をそれらの間に配置する。先に議論した通り、この遮蔽層は、例えば、SiO₂層および/またはSiN層などの電気絶縁層でよい。この遮蔽層は、熱変形の耐性および制御にも寄与する。遮蔽層に適した材料はSiNである。というもの、このSiNはSiCよりもはるかに良好な約1e15のオームセンチメートルの電気抵抗率を有するためである。このSiN層を電気的に非導電材料と見なすことができる。このSiN層は、20nmから2マイクロメートルの間の厚さを有し得る（例えば、300nm）。あるいは、バッファー層は、20nmから2マイクロメートルの間の厚さを有するSiO₂層でよい。このSiO₂層の厚さは、例えば、350nmでよい。

【0070】

10

図13には、マイクロヒータ1300、およびマイクロヒータの異なる実施形態の2つの可能性のある断面図1301、1302が示されており、この断面の位置は、1300内に点線により示され、2つの矢印により見る方向が示されている。断面図1301では、このマイクロヒータは、導電層（例えば、金属）102、SiO₂またはSiNあるいはそれらの混合材料を含む層121、およびキャッピング層122を含む。断面図1302では、このマイクロヒータは、導電層（例えば、金属）102、SiO₂層114、SiN層121、およびキャッピング層122を含む。

【0071】

本発明の一実施形態に従うと、このマイクロ流体装置は、マイクロバブル発生器の上部に配置される（例えば、付着する）非導電層105をさらに含む。続く議論では、発熱体102の上部に配置された非導電層105の一例が示される。非導電層は液体と直接接觸する最上層でよい。非導電層は、キャッピング層の上部に配置され得る。この非導電層は、20~100マイクロメートルの厚さ（例えば、30マイクロメートル）を有し得る。そのような実施形態が図14に示されている。この非導電層は、少なくとも誘電層またはポリマー層でよい。この非導電層105は、下向きに作られて発熱体102に通じる複数の空洞106を有することを特徴とする。各空洞106は、マイクロヒータ103のマイクロ構造体104と位置を合わせている。例えば、100個のマイクロヒータ103を有する発熱体102を用いて、各マイクロヒータ103が10個のマイクロ構造体104を有する場合、この非導電層は、1000個の空洞を有することを特徴とし、各空洞はマイクロ構造体104の上方に配置される、すなわちマイクロ構造体と位置を合わせる。これらの空洞106は、非導電層105内の貫通穴または止まり穴である。したがって、導電層105上に供給される液体は、発熱体のマイクロヒータにアクセスする、あるいは、少なくともそのマイクロヒータを覆う遮蔽層にアクセスする。

【0072】

20

本発明の利点は、マイクロヒータの上方に空洞を備えることにより、過熱の低減に寄与していることである。空洞を設けることにより、マイクロバブルを発生させるのに必要な温度が下がり、マイクロバブルをより速く生成することができる。フローサイトメトリーなどの用途では、セルの高い処理能力が要求される。そのような用途では、ソーティングするために本開示で提示されているマイクロ流体装置を用いて、特徴のあるセルを異なる方向に偏らせることができる。マイクロ流体装置がマイクロバブルを速く発生させればさせる程、速くセルを偏らせることができ、フロー・サイトメトリー・システムの処理量が多くなる。

【0073】

30

本発明者により、マイクロ構造体近くに空洞が存在するだけでなく、それらの空洞の形状も過熱の低減に寄与していることが観察された。これらの空洞が、鋭い角（例えば、90度以下の角）を有することを特徴とした場合、第1のマイクロバブルの発生後、空気の小さなポケットがこの空洞の鋭い角に留まる、すなわち捕えられることが本発明者により観察された。さらに多くのマイクロバブルを発生させる場合、低温ではこれらの捕えられた空気のポケットからマイクロバブルが簡単に発生できるため、これらの小さなポケットが過熱のさらなる低減に寄与すると判定された。本発明の一実施形態に従うと、これらの

40

50

空洞の断面は三角の形状であることが好ましい。このような幾何学形状は3つの鋭い角を特徴とするため都合がよい。あるいは、これらの断面は長方形の形状でもよい。少なくとも1つの鋭い角を有する断面形状の全ての空洞は、過熱を抑えるのに適している。このようなさらなる過熱の低減は、電力消費の低減、およびより速いマイクロバブルの発生にさらに寄与する。上記の通り、このことはセルを選別するマイクロ流体システムにとって都合がよい。

【0074】

本発明の一実施形態に従うと、この発熱体102は、マイクロバブルの発生に関連するパラメータを監視するよう構成される（例えば、発熱体102の温度を監視するよう構成される）モジュールに接続することができる。このモジュールは発熱体の温度を感知するよう配置され、かつ構成されるセンサ（例えば、オンチップセンサ）でよい。あるいは、この発熱体102は、発熱体102の抵抗を監視するよう構成されるモジュールに接続することができる。このモジュールは、発熱体と電気接続し、かつその発熱体の抵抗を測定するよう構成される電子回路でよい。例えば、発熱体に電圧パルスまたは電流パルスをかけると、発熱体の温度または発熱体の熱抵抗を監視することができる。これにより、発熱体の温度を必要な温度に上昇させるために必要な電圧パルスを発熱体の実際の条件に調整することができる。これにより、マイクロ流体装置の精度を向上させる。また、電力消費もさらに抑えることができる。本発明のいくつかの実施形態では、発熱体の電流と抵抗を同時に監視することができる。

【0075】

マイクロバブル発生器に適用される電力ユニット（例えば、電源、定電源または可変電源のいずれも、あるいは交流電源でさえも）を、例えば、現場調査などの野外の用途のために、本発明のいくつかの実施形態に組み込むことができる、あるいは、このユニットを外部電源に接続するための接続手段を提供することもできる。

【0076】

第2の実施形態

例えば、電気分解などの他の手段により、マイクロバブルを発生させるよう、本発明のその他の実施形態を適用させることもできる。マイクロバブル発生器は、マイクロバブル発生要素として少なくとも1組の電極を含む電気分解ユニットを含むことができる。各組の電極は、例えば、その組の電極の中に存在するマイクロ構造体の形状により、複数のマイクロバブルを発生させるよう適用される。1組の電極には、その組の少なくとも2つの電極間に電位差（電圧）がかけられると、電気分解が行われるよう適用される少なくとも2つの電極が含まれる。その場合、マイクロ構造体を含む1組の電極の中で（例えば、少なくとも2つの電極の間）電圧を生成するようマイクロバブル発生要素間の接続を適用することができ、これに伴い、これらの電極と接触する液体内で電気分解を発生させ、マイクロバブルを発生させる。例えば、液体が水を含む場合、これらのマイクロバブルは酸素と水素を含み得る。

【0077】

図4には、1組の電極（この場合、図3または図13の構造体と同じリップ形状の構造体を用いた、マイクロ構造体104も含み得る2つの電極401、401'を含む）を含むシステムが示されている。これらの2つの電極はそれぞれ反対の極性の電圧に接続し（あるいは、一方は正の電圧、他方は接地にそれぞれ接続する）、一方の電極401のマイクロ構造体104の先端と、他方の電極401'のマイクロ構造体104の先端との間に電位差を得る。この電位差（ばらつき得る）を用いた液体の電気分解により、マイクロバブルを発生させることができる。このシステムにより、好都合にも、低い消費電力で気体のマイクロバブル（例えば、房水の場合、水素と酸素）などのマイクロバブルを発生させることが提案される。

【0078】

横列に複数の組の電極を配置し、1つの電極の横列を第1の電位に接続させた場合、次の（隣接する）横列を反対の電位に接続させるよう適用させて、これにより、横列間に電

10

20

30

40

50

圧を発生させ、電気分解によりマイクロバブルを発生させる。電圧を制御することにより、マイクロバブルのサイズを制御可能であり、これにより、マイクロ流体装置により生成されるジェットフォースの制御性の向上に寄与することができる。これらの電極は、第1の実施形態のマイクロヒータと同じ形状を有し得る。例えば、リップ形状、または、図11に示される複数のマイクロ構造体を有する円形のミアンダ形状の構造体と同じ形状を有し得る。

【0079】

発熱体を含む実施形態の特徴と類似するその他の特徴を、電気分解ユニットを含む実施形態に適用可能である。例えば、発熱体のマイクロ構造体内で見られるアーチファクトの利点は、電気分解ユニット、またはマイクロバブルを発生させるその他の方法にも適用可能であり、これらのアーチファクトがマイクロバブル（電気分解により形成される）の核生成サイトとなる。図14の形状付けられた空洞106を有する非導電層105も電気分解ユニットを含むマイクロ流体装置に適用可能である。電気分解ユニットの電圧、または電気容量、または電流、あるいは、それらの変数を監視するよう構成される監視モジュールも含むことができ、これにより、マイクロバブルの有無を判定し、その成長を制御することができる。電圧は静電圧または可変電圧として供給することができる。

10

【0080】

本発明の第2の様態では、セルを選別するためのシステム200が提示される。本発明の第2の様態に記載されるシステムは、そのようなシステムのマイクロ流体チャネルに適した全ての物体をソーティングするために用いられ得る。そのようなシステムの実施形態が図15に示されている。このシステムは、セルを供給し伝播するためのマイクロ流体チャネル107を含む。このシステム200は、物体の蛍光性に基づいて、あるいは、マイクロ流体チャネル内で伝播するセルの記録画像（例えば、ホログラム）に基づいて、セルの特定が行われる、フローサイトメトリー装置でよい。

20

【0081】

このシステム200は、本発明の第1の様態で記載されたマイクロ流体装置100を含む。このマイクロ流体装置100は、システムのマイクロ流体チャネル107内に配置され得る。そのような実施形態が図15に示されている。このマイクロ流体装置100は、マイクロ流体チャネル107の任意の内壁に配置され得、このマイクロ流体装置100が確実に液体と直接接触するようにする。例えば、マイクロ流体装置の閉められた蓋に属する壁内に配置され得る。システム200のマイクロ流体チャネル107の内側でマイクロバブルを発生させることにより、マイクロ流体チャネル107内で伝播する、すなわち、流れる単一セルの偏りが行われるよう、マイクロ流体装置100は、マイクロ流体チャネル107に対して配置され、発生したマイクロバブルによりマイクロ流体チャネル107内で生成されたジェットフロー（F）により、セルが偏る。マイクロ流体チャネル107と流体接続する異なる出口123に向かって誘導されるよう、これらのセルを偏らせることができる。本発明の利点は、マイクロ流体装置100のコンパクトな設計により、システム200のマイクロ流体チャネル107（内側）にマイクロ流体装置100を組み込むことができることである。完全なシステムをチップの小さな領域に統合することができため、複雑に並列化されたフローサイトメトリー装置にとって、このことは重要な利点である。図15では、マイクロ流体装置100の幅よりもマイクロ流体チャネル107の幅が広いことも分かる。マイクロ流体装置100により、マイクロ流体チャネル107内にジェットフローが生成され、このジェットフローが、マイクロ流体装置100が起動していないマイクロ流体チャネル内の別の位置に向けてセルを偏らせるため、このことが必要である。したがって、マイクロ流体チャネル107内の物体の伝播経路が、異なる伝播経路（矢印124で示される物体の伝播経路）に変更される。これを可能にするために、より幅の広いマイクロ流体チャネル107が必要となる。このような実施形態では、物体の伝播経路が正確な出口に通じる場合、マイクロ流体装置100は起動しない。物体の伝播経路が正確な出口に通じない場合、マイクロ流体装置100が起動する。

30

【0082】

40

50

本発明の一実施形態に従うと、セルを選別するために、マイクロ流体装置100の基板101は、システム200のマイクロ流体チャネル107の内壁の少なくとも一部を含み得る。

【0083】

本発明の別の実施形態に従うと、セルを選別するためのシステム200は、第2のマイクロ流体チャネル108に流体接続する、セルを伝播させるための第1のマイクロ流体チャネル107を含み得る。そのような実施形態が図16に示されている。第1のマイクロ流体チャネル107と第2のマイクロ流体チャネル108は、互いに流体交差し得る。第2のマイクロ流体チャネル108は、第1のマイクロ流体チャネル107と直交して配置され得る。これにより、第1のマイクロ流体チャネル内のセルの伝播経路と垂直に発生したジェットフローの衝撃は最大になる。この利点として、使用する電力を抑えることができる。図16に示される通り、マイクロ流体装置100は、第2のマイクロ流体チャネル108内に配置され得る。第2のマイクロ流体チャネル108内で発生するジェットフローにより、第1のマイクロ流体チャネル107を通って伝播する単一のセルを、第1のマイクロ流体チャネル107の出口123に向けて偏らせる。このような設計により、例えば、より狭いチャネル107が収容できるよりも幅の広い流体チャネル、すなわちチャンバ108内で、大きなマイクロ流体装置100を用いることができる。図17に示される通り、この第2のマイクロ流体チャネルは、少なくとも2つのマイクロ流体装置も含み得る。次に、このような実施形態の利点について議論する。

【0084】

本発明の一実施形態に従うと、セルを選別するためのシステム200は、セルを伝播させるために用いるマイクロ流体チャネル107の内壁の内側に、あるいは、内壁に接触して配置される複数のマイクロ流体装置100を含み得る。あるいは、マイクロ流体装置100はマイクロ流体チャネル107に流体接続する他のマイクロ流体チャネル内に配置される。このような実施形態は、システムの有用性に寄与する。

【0085】

本発明の別の実施形態に従うと、セルを選別するためのシステム200は、第2の108と第3のマイクロ流体チャネル108aに流体接続する、セルを伝播させるための第1のマイクロ流体チャネル107を含み得る。そのような実施形態が図18に示されている。第1のマイクロ流体チャネル107、第2のマイクロ流体チャネル108、および第3のマイクロ流体チャネル108aは、互いに流体交差し得る。第2のマイクロ流体チャネル108と第3のマイクロ流体チャネル108aは、第1のマイクロ流体チャネル107と直交して配置され得る。第2のマイクロ流体チャネル108と第3のマイクロ流体チャネル108aは、第1のマイクロ流体チャネル107の反対側で、第1のマイクロ流体チャネル107と流体接続し得る。これにより、第1のマイクロ流体チャネル107内のセルの伝播経路と垂直に発生したジェットフローの衝撃は最大となる。この利点として、使用する電力を抑えることができる。第1のマイクロ流体装置100は、第2のマイクロ流体チャネル108内に配置され得る。第2のマイクロ流体チャネル108内で発生するジェットフローにより、第1のマイクロ流体チャネル107を通って伝播する単一のセルを、第1のマイクロ流体チャネル107の出口123に向けて偏らせる。第2のマイクロ流体装置100は、第3のマイクロ流体チャネル108a内に配置され得る。第3のマイクロ流体チャネル108a内で発生するジェットフローにより、第1のマイクロ流体チャネル107を通って伝播する単一のセルを、第1のマイクロ流体チャネル107の出口123に向けて偏らせる。このようなシステムにより、ジェットフローにより生成される、第1のマイクロ流体チャネル107内のセルにかかる力の大きさを正確に制御することができる。したがって、ソーティングの精度を向上させることができる。また、2つ以上のマイクロ流体装置が、共同でジェットフローを発生させる場合、2つ以上のマイクロ流体装置によりジェットフローが生成されるため、各マイクロ流体装置が必要とする電力を少なくすることができる。したがって、より小さい気泡を生成することができ、ジェットフローをより速く生成することができる。

10

20

30

40

50

【0086】

本発明の特定の実施形態に従うと、本発明の第1の様態で説明された、マイクロ流体チャネル、および、少なくとも2つのマイクロ流体装置100を含む、セルを選別するためのシステム200が提示される。これらの少なくとも2つのマイクロ流体装置は、マイクロ流体チャネル内に配置され、マイクロ流体チャネル内で伝播する単一のセルを同時に偏らせよう構成される。本発明の利点として、単一のセルを同時に偏らせるために複数のマイクロ流体装置を同期させることにより、ソーティングの精度を向上させることができる。

【0087】

全てのジェットフローは、次の2つのフェーズから成る。1) P U S H フェーズ：外に向かうジェットフローを吐出するマイクロバブルが発生するとき（例えば、蒸気のマイクロバブルが熱により発生する）；2) P U L L フェーズ：マイクロバブルが破裂し、内に向かってジェットフローが収縮するとき。図19には、1つのマイクロ流体装置を含む例示的な実施形態に関するジェットフローの発生サイクルの図1901、および2つのマイクロ流体装置を含む例示的な実施形態に関するジェットフローの発生サイクルの図1902がそれぞれ示されている。単一のマイクロ流体装置に関する図1901には、P U S H フェーズ111およびP U L L フェーズ112を時間(T)の関数として有するジェットフロー(JF)の発生サイクル110が示されている。これらの体制の一方は、ユーザにより設定されるタイミングに依存して、ソーティングに用いることができる。マイクロ流体チャネル107内で伝播する2つのセルが、互いに近すぎるとき問題が生じる。そのような状況では、第1のセルが押し出された後、第2のセルは必然的にP U L L 体制に出くわしてしまう。その結果、第2のセルは、不当にも間違った出口に偏らされる。これを克服するために、さらに別のマイクロ流体装置を配置し、両方のマイクロ流体装置により発生した力を互いに打ち消すよう構成することができる。

【0088】

例えば、マイクロ流体装置の一方を他方のマイクロ流体装置から半サイクルのフェーズだけ遅らせて起動するよう構成することができる。これにより、半周期だけP U L L モードを遅らせることができる。したがって、このセルが間違って格納されることはない。図19の図1902には、P U S H フェーズ111、111aと半サイクル遅れたフェーズのP U L L フェーズ112、112aを有する、2つのマイクロ流体装置のジェットフローの発生サイクル110、110aが示されている。フェーズが遅れることにより、一方のマイクロ流体装置のP U L L フェーズ112が、他方のマイクロ流体装置のP U S H フェーズ111aと一致し、これにより、全ての力が相殺される。したがって、この重なり合う半サイクルでは、ジェットフローがほぼゼロとなり、これにより、格納されるセルのすぐ後に続くセルが間違って偏らされることを防ぐことができる。図19の図1902に示されるジェットフローの発生サイクルは、マイクロ流体チャネルと同じサイドに配置されるマイクロ流体装置に関して適している。例えば、図16のシステムで実施する場合、マイクロ流体チャネル107と同じサイドであるマイクロ流体チャネル108内に2つのマイクロ流体装置100を配置する。このことが、図17に示されている。

【0089】

図20には、別の実施形態が示されている。この実施形態では、第1のマイクロ流体装置のP U L L フェーズと第2のマイクロ流体装置のP U S H フェーズとが重なり、この時、両方のフェーズとも同じ物理的方向に合わされる。結果として、トータルのジェットフローは強化されてしまう。2つのマイクロ装置が、マイクロ流体チャネル107の反対側に配置されるとき、この実施形態は最も効果的に機能する。例えば、図16のシステムで実施する場合、マイクロ流体チャネル107の反対側であるマイクロ流体チャネル108内に2つのマイクロ流体装置を配置する。このことが図18に示される。

【0090】

本発明の第3の様態に従うと、本発明の第1の様態の実施形態で説明されたマイクロ流体装置を製造する方法が提示される。このマイクロ流体装置は、一般的なマイクロ流体製

10

20

30

40

50

造ルート（例えば、半導体製造技術）を用いて製造することができる。例えば、マイクロ流体装置は、CMOS適合の処理ステップを用いて製造することができる。この方法には、基板を提供するステップ、および基板の上部に導電層（例えば、金属層）を提供するステップが含まれる。この基板は半導体基板でよい（例えば、シリコン基板）。また、この基板はガラス基板でもよい。この導電層は、例えば、アルミニウム、銅、またはタンゲステンの層でよい。この導電層は、例えば、Ti₂₀/AlCu₂₀₀/TiN₁₀₀(nm)の積層、またはTi₁₅/TiN₁₀/W₁₀₀/TiN₁₀₀(nm)の積層などの導電層の積層により形成され得る。その後、導電層をパターンニングすることにより、マイクロバブル発生器を作製する。マイクロバブル発生器の作製には、その導電層内の少なくとも1つのマイクロバブル発生要素をパターンニングすることが含まれる。例えば、マイクロバブル発生器としての発熱体103に関する少なくとも1つのマイクロヒータのパターンニングには、その導電層内の接続された一連のマイクロ構造体104をパターンニングすることが含まれる。各マイクロ構造体104は、発熱体101、およびそれに伴い各マイクロヒータが加熱したとき、そのマイクロ構造体の形状によりマイクロバブルを発生させることができるように製造される。各マイクロ構造体の製造は、各マイクロ構造体が、例えば、10マイクロメートル以下の幅または高さの寸法を有する部分を含み、マイクロヒータの残りの部分が、例えば、10マイクロメートル以上の幅または高さの寸法を有して、確実にそのマイクロ構造体のその場所でのみマイクロバブルが生成されるように行われる。同様に、マイクロバブル発生器としての、電気分解ユニットの少なくとも1組の電極のパターンニングには、電極間に電圧が誘導されると、これらのマイクロ構造体がマイクロバブルを発生させることができる形状に導電層（例えば、金属）内の接続された一連のマイクロ構造体をパターンニングすることが含まれ得る。少なくとも1組の電極を製造する方法、それらの電極の形状と寸法は、マイクロヒータと同じでよく、マイクロ構造体内に電流を流すというよりもマイクロ構造体間に電圧を生成するよう電気接続が適用される。
10

【0091】

本発明の一実施形態に従うと、少なくとも1つのマイクロバブル発生要素（例えば、マイクロヒータ）のパターンニングには、接続した別の一連のマイクロ構造体をパターンニングすることもさらに含まれ得る。このような装置が本発明の第1の様態に記載されている。単一のマイクロバブル発生要素（例えば、マイクロヒータ）のパターンニングには、電気的に並列接続した少なくとも2つのマイクロ構造体をパターンニングすることも含まれ得る。このパターンニングには、電気的に直列接続した一連の単一マイクロバブル発生要素（例えば、マイクロヒータ）をパターンニングすることもさらに含まれ得る。例えば、このパターンニングには、電気的に直列接続した複数の異なる一連のマイクロバブル発生要素（例えば、マイクロヒータ）をパターンニングすることもさらに含まれ得、これらの異なる一連のマイクロバブル発生要素は並列接続する。
20

【0092】

本発明の一実施形態に従うと、この方法には、マイクロバブル発生器（例えば、発熱体）または電気分解ユニットの上部にキャッピング層を作製するステップもさらに含まれ得る。キャッピング層を配置することにより、マイクロバブル発生器が固定され、使用中のマイクロバブル発生器の変形が最小限に抑えられる、あるいは、なくなるためマイクロバブル発生器の堅牢性が向上する。マイクロバブル発生器としての電気分解ユニットでは、このキャッピング層により、導電構造体が保護され得る。この利点として、装置の寿命が伸びる。本発明の第1の様態で説明した通り、数個の電圧パルスまたは電流パルスがマイクロバブル発生器、より具体的には、マイクロバブル発生器の1つ以上のマイクロバブル発生要素にかけられると、マイクロ構造体が変形することが確認された（図12参照）。このような変形が好ましくない場合、マイクロバブル発生器（例えば、発熱体）すなわち電気分解ユニットの上部にキャッピング層を付着させることにより、この変形を避けることができる。このようなキャッピング層はSiC層を含み得る。このSiC層は、20nmから2マイクロメートルの間の厚さ（例えば、50nm）を有し得る。このキャッピング
30
40
50

グ層はSiN層をさらに含み得、このSiN層がマイクロバブル発生器（例えば、発熱体すなわち電気分解ユニット）と直接接触し、このSiC層がSiN層の上部に付着される。このような実施形態では、液体が供給されると、このSiC層が液体と直接接触する。SiN層は絶縁体として機能する。キャッシング層は、マイクロ流体チャネルが形成される前、したがって、例えば、光パターニング可能材料がマイクロバブル発生器上に付着する前に、マイクロバブル発生器（例えば、発熱体）すなわち電気分解ユニットの上部に付着する。

【0093】

本発明の一実施形態に従うと、この方法には、マイクロバブル発生器（例えば、発熱体または電気分解ユニット）の上部に非導電層を作製するステップと、この層内でパターンニングされるマイクロ構造体104の位置に空洞106を作製するステップと、がさらに含まれ得る。この空洞106は、三角形の形状または長方形の形状を有し得る。本発明の第1の様態で説明された通り、各空洞は、少なくとも1つの鋭い角を含むよう作製され得る。

【0094】

図21には、本発明の第3の様態の特定の実施形態が示されている。密閉されたマイクロ流体素子を有するマイクロ流体装置100を製造するための方法（7つのステップ2101～2107を含む）が示されている。これらのステップは、マイクロヒータを含む発熱体102に関して開示されているが、少なくとも1組の電極を含む電気分解ユニットなどの、その他全てのマイクロバブル発生器にも適用可能である。マイクロ流体装置100は、基板101（例えば、シリコン基板などの半導体基板）を供給することにより（ステップ2101）製造される。この基板上では、最初に、例えば、金属層119などの導電層を供給し（ステップ2102）、この金属層119をパターンニングすることにより（ステップ2103）、発熱体102が作製される。発熱体102の製造後、基板101の上部に遮蔽層114を付着させ（ステップ2104）、これにより、発熱体102を覆う。遮蔽層114により発熱体102を完全に覆うことができる。この遮蔽層114は絶縁層でよく、SiO₂、SiN、または、これらの混合物を含む。遮蔽層114の上部に、マイクロ流体層115を供給する（ステップ2105）。このマイクロ流体層115は、マイクロ流体の用途に好適なパターンニング可能材料から製造可能である。この材料は、PDMS、または、ウエハレベルのマイクロ流体構造の製造に適した光パターニング可能接着剤でよい。好都合にも、マイクロ流体層115の材料を遮蔽層114との強力な結合を提供するよう適用することができる。この遮蔽層114がSiO₂またはSiNを含む場合、その材料は、SiO₂またはSiNとの強力な結合が実現できるように選択される。その後、マイクロ流体層115をパターンニングして（ステップ2106）、この層115内にマイクロ流体素子116を作製する。マイクロ流体素子116を発熱体102の周辺に配置して、マイクロ流体素子116内の液体を加熱できるよう、マイクロ流体層115をパターンニングする（ステップ2106）。例えば、マイクロ流体素子116の真下に発熱体102を配置する。すなわち、この発熱体102はマイクロ流体素子116と位置を合わせることができる。随意的な最後のステップでは、このマイクロ流体素子116をガラスまたはポリマー（ポリカーボネート、環状オレフィンポリマー／コポリマー、ポリプロピレンなど）の蓋などの蓋117で密閉することができる（ステップ2107）。したがって、例えば、フリップチップボンディング、アノードボンディング、熱あるいは溶剤ベースのポリマーボンディング、PDMS-Si／ガラスボンディングによる、あるいは単に接着テープによるあらゆる好適な方法で密閉蓋117をマイクロ流体層115に取り付けることができる。本発明の利点は、光パターニング可能接着剤を用いる場合、その材料を用いてマイクロ流体素子116をパターンニングすることができることである。それに加えて、光パターニング可能接着剤を用いて、密閉蓋117を取り付けることができる。この2つの機能が装置製造の簡素化に寄与している。あるいは、または、それに加えて、この密閉蓋は、同様に、この方法の実施形態により取得可能なマイクロ流体装置100を含むことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 5 】

図22には、本発明の第3の様態の特定の実施形態が示されている。マイクロバブル発生器としての発熱体に電圧パルスを供給するためのボンドパッド、および密閉されたマイクロ流体素子を有するマイクロ流体装置100を製造するための方法（6つのステップ2201～2206を含む）が提示される。マイクロ流体装置は、基板101（例えば、シリコン基板などの半導体基板）を供給することにより（ステップ2201）製造される。この基板上では、最初に、導電層（例えば、金属）が供給され、この導電層をパターンニングすることにより、発熱体102が作製される（ステップ2202）。これに加えて、この基板101上でボンドパッド113が作製される。このボンドパッド113は、発熱体102と電気接觸するように作製される。このため、これらの発熱体102とボンドパッド113は、同じ導電層から作製され得る。その利点として、1回のパターンニングステップで、発熱体102とボンドパッド113の両方を作製することができる（ステップ2202）。あるいは、ボンドパッド113の材料が発熱体102の材料と異なる場合、ボンドパッド113を作製するために、別々のパターンニングステップ（複数可）が用いられ得る。そしてさらに、ボンドパッド113が、発熱体102と電気接觸するかどうかを確認しなくてはならない。発熱体102とボンドパッド113の製造後、遮蔽層114を基板101の上部に付着させ（ステップ2203）、これにより発熱体102を覆う。ボンドパッド113も遮蔽層で覆われるが、その上面118は覆わないで、後程電源と電気接続できるようにする。この遮蔽層114には、 SiO_2 、 SiN が含まれ得る。遮蔽層の上部に、マイクロ流体層115を供給する（ステップ2204）。マイクロ流体層115は、ボンドパッド113の上面118を覆わないよう配置される。このマイクロ流体層115は、マイクロ流体の用途に適したパターンング可能材料から製造可能である。この材料は、PDMS、SU8、または、ウエハレベルのマイクロ流体構造の製造に好適な光パターンング可能接着剤でよい。マイクロ流体層115の材料が遮蔽層114との強力な結合を提供するよう適用されていることを確認しなければならない。この遮蔽層114が SiO_2 層または SiN 層である場合、その材料は、 SiO_2 または SiN との強力な結合が実現できるように選択される。その後、マイクロ流体層115をパターンニングして（ステップ2205）、この層115内にマイクロ流体素子116を作製する。マイクロ流体素子116を発熱体102の周辺に配置して、マイクロ流体素子116内の液体を加熱できるよう、マイクロ流体層115をパターンニングする（ステップ2205）。例えば、マイクロ流体素子116の真下に発熱体102を配置する。すなわち、この発熱体102はマイクロ流体素子116と位置を合わせることができる。随意的な最終ステップでは、マイクロ流体素子116をガラスの蓋などの蓋117で密閉することができる（ステップ2206）、あるいは、蓋117に取り付けることができる。この密閉蓋117をマイクロ流体層115に結合させることができる。このマイクロ流体素子116を密閉し（ステップ2206）、これにより、後程、覆われていないボンドパッド113が電源と直接電気接続できるようにする。マイクロ流体素子116を密閉するステップは、例えば、フリップチップボンディング、アノードボンディング、熱あるいは溶剤ベースのポリマー・ボンディング、PDMS-Si/ガラスボンディングにより、あるいは単に接着テープにより行われる。本発明の利点は、光パターンング可能接着剤を用いる場合、その材料を用いてマイクロ流体素子116をパターンニングすることができることである。それに加えて、光パターンング可能接着剤を用いて、密閉蓋117を取り付けることができる。この2つの機能が、装置製造の簡素化に寄与している。

【図1】

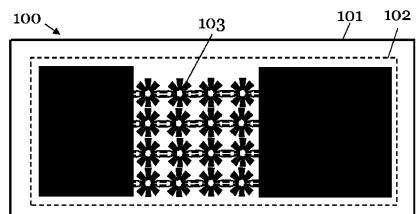


FIG 1

【図2】

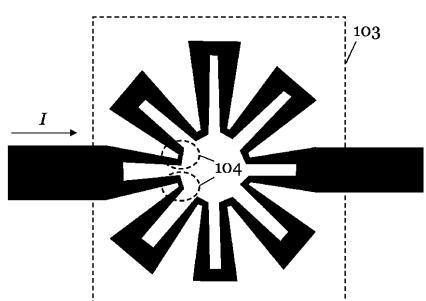


FIG 2

【図3】

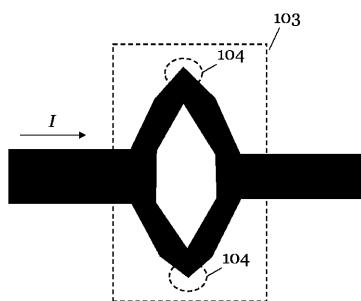


FIG 3

【図4】

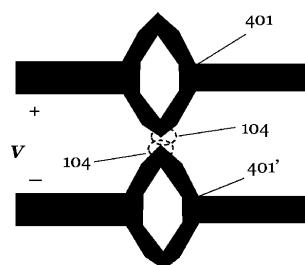


FIG 4

【図5】

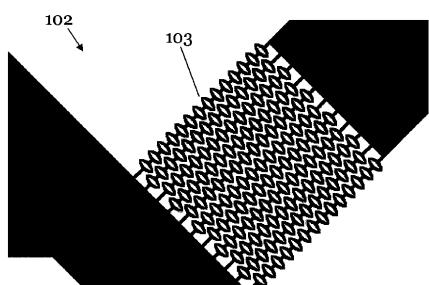


FIG 5

【図7】

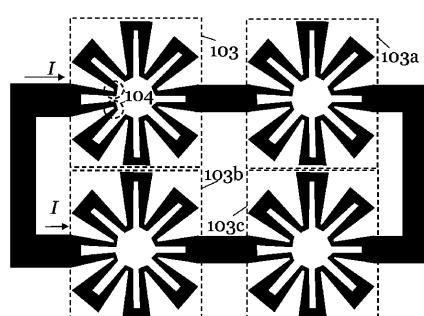


FIG 7

【図6】

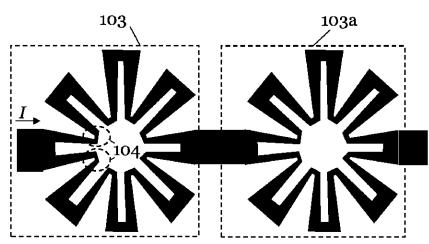


FIG 6

【図8】

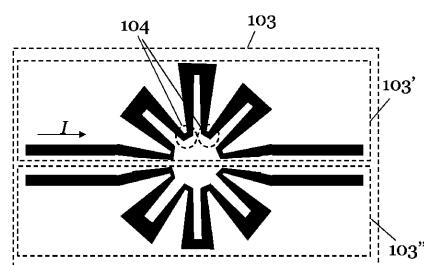


FIG 8

【図9】

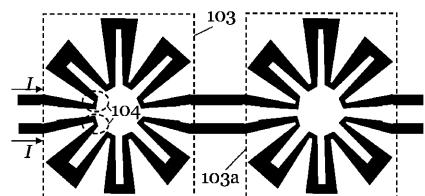


FIG 9

【図10】

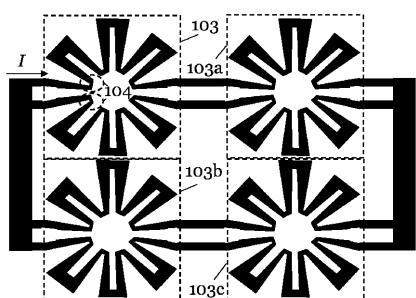


FIG 10

【図11】

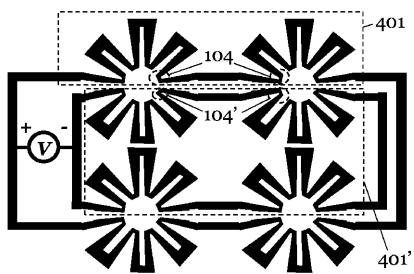
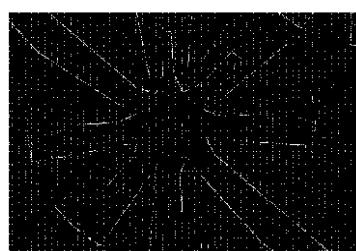


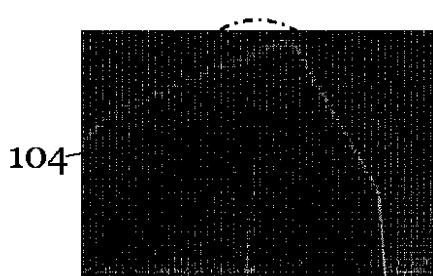
FIG 11

【図12(a)】



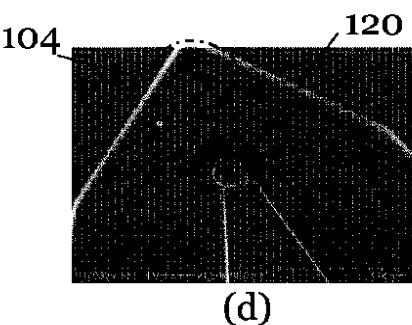
(a)

【図12(b)】



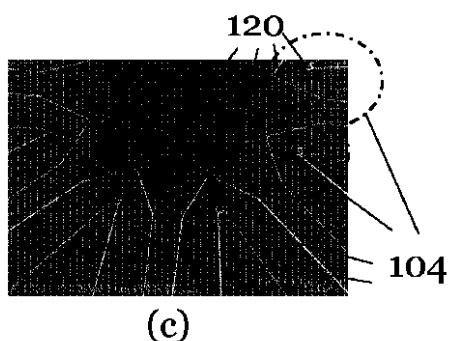
(b)

【図12(d)】



(d)

【図12(c)】



(c)

【図13】

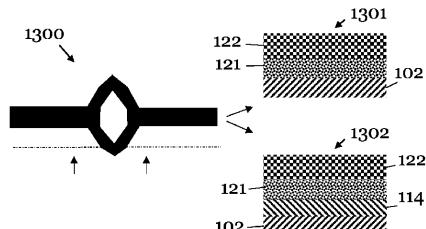


FIG 13

【図14】

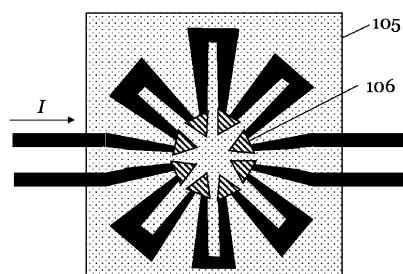


FIG 14

【図15】

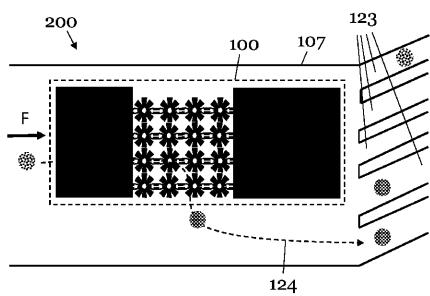


FIG 15

【図16】

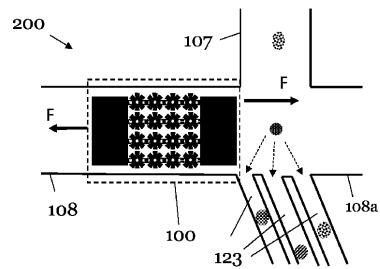


FIG 16

【図17】

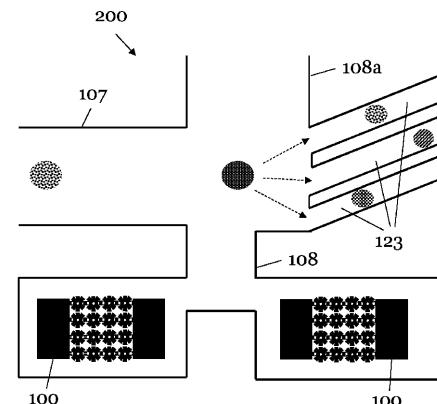


FIG 17

【図18】

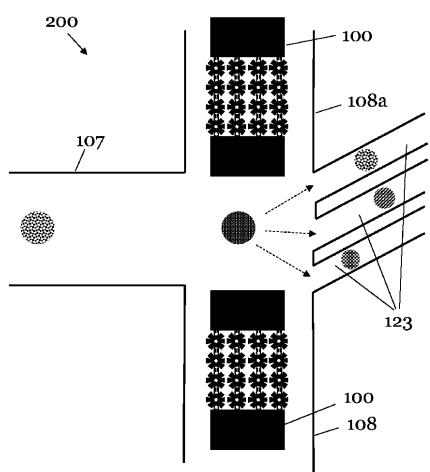


FIG 18

【図20】

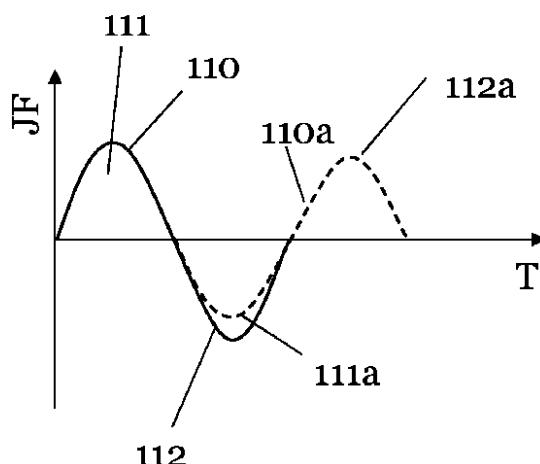


FIG 20

【図19】

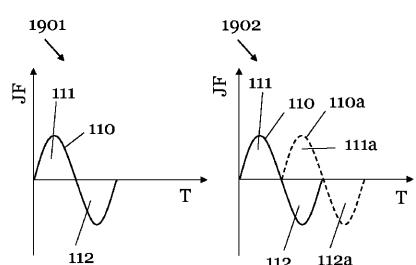


FIG 19

【図21】

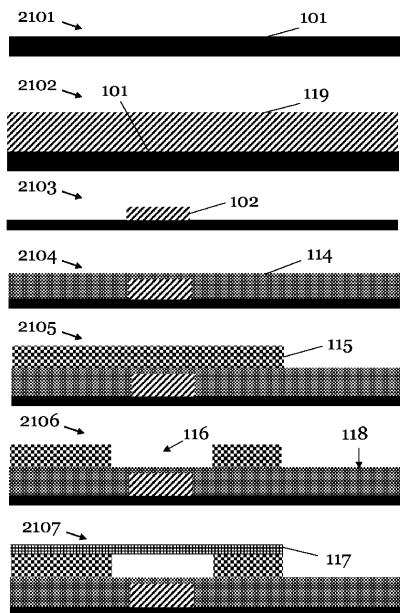


FIG 21

【図22】

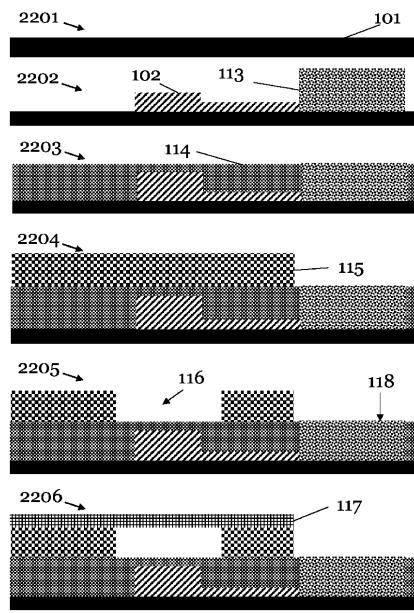


FIG 22

フロントページの続き

(72)発明者 ペーテル・ブーマンス

ベルギー 3 0 0 1 ルーヴァン、カペルドリーフ 7 5 番 アイメック・ヴェーゼットウェー内

(72)発明者 リースベト・ラガエ

ベルギー 3 0 0 1 ルーヴァン、カペルドリーフ 7 5 番 アイメック・ヴェーゼットウェー内

(72)発明者 ビグラグ・マジェード

ベルギー 3 0 0 1 ルーヴァン、カペルドリーフ 7 5 番 アイメック・ヴェーゼットウェー内

審査官 豊島 唯

(56)参考文献 国際公開第 2 0 0 7 / 0 4 9 5 5 9 (WO , A 1)

国際公開第 2 0 0 1 / 0 3 5 0 7 1 (WO , A 1)

国際公開第 2 0 1 3 / 0 8 3 8 1 5 (WO , A 1)

特開 2 0 0 4 - 0 2 5 4 2 6 (JP , A)

国際公開第 2 0 1 0 / 1 4 7 0 7 8 (WO , A 1)

特表 2 0 0 6 - 5 1 7 0 2 4 (JP , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

B 8 1 B 1 / 0 0

B 0 1 J 1 9 / 0 0

B 8 1 C 3 / 0 0

G 0 1 N 3 7 / 0 0