

(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2004-22165
(P2004-22165A)

(43) 公開日 平成16年1月22日(2004.1.22)

(51) Int. Cl.⁷
G 1 1 C 13/00

F I
G 1 1 C 13/00 Z

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 21 頁)

| | |
|--|---|
| <p>(21) 出願番号 特願2003-173970 (P2003-173970)</p> <p>(22) 出願日 平成15年6月18日 (2003. 6. 18)</p> <p>(31) 優先権主張番号 0207477</p> <p>(32) 優先日 平成14年6月18日 (2002. 6. 18)</p> <p>(33) 優先権主張国 フランス (FR)</p> | <p>(71) 出願人 590000514 コミツサリア タ レネルジー アトミック フランス国・75752・パリ・15エム ・リュ・ドゥ・ラ・フェデラシオン・31 -33</p> <p>(74) 代理人 100064908 弁理士 志賀 正武</p> <p>(74) 代理人 100108578 弁理士 高橋 詔男</p> <p>(74) 代理人 100089037 弁理士 渡邊 隆</p> <p>(74) 代理人 100101465 弁理士 青山 正和</p> |
|--|---|

最終頁に続く

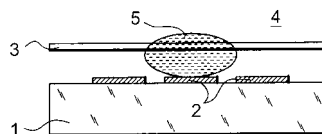
(54) 【発明の名称】 静電力によってマイクロカテナリーラインに沿って少量液体を移動させるためのデバイス

(57) 【要約】

【課題】 効率的であるような、少量液体を移動させるためのデバイスを提供すること。

【解決手段】 電氣的制御を使用して少量液体(5)を移動させるためのデバイスであって、第1導電手段(電極(2))を有した基板(1)と、第1導電手段に対して対向配置された第2導電手段と、を具備しているとともに、第1導電手段と第2導電手段とが、電気供給手段に対して接続されていて、少量液体(5)に対して静電力を印加し得るものとされているような、デバイスにおいて、第2導電手段が、基板に平行にかつ基板から所定距離の位置に配置された導電性ワイヤ(3)を備え、これにより、静電力印加の影響によって、導電性ワイヤに沿って少量液体を移動させ得るようになっている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電氣的制御を使用して少なくとも 1 つの少量液体 (5 , 1 5) を移動させるためのデバイスであって、

第 1 導電手段 (2 , 1 2) を有した基板 (1 , 1 1) と、前記第 1 導電手段に対して対向配置された第 2 導電手段と、を具備しているとともに、

前記第 1 導電手段と前記第 2 導電手段とが、電気供給手段に対して接続されていて、前記少量液体 (5 , 1 5) に対して静電力を印加し得るものとされているような、デバイスにおいて、

前記第 2 導電手段が、前記基板に対して平行に配置されかつ前記基板から所定距離の位置に配置された少なくとも 1 つの導電性ワイヤ (3 , 1 3) を備え、

これにより、前記静電力印加の影響によって、前記導電性ワイヤに沿って前記少量液体を移動させ得るようになっていたことを特徴とするデバイス。

【請求項 2】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、

前記第 1 導電手段が、前記基板の非導電性面上に配置されかつ前記導電性ワイヤの延在方向に対して平行に配置された複数の電極 (2 , 1 2) を備えていることを特徴とするデバイス。

【請求項 3】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、

前記導電性ワイヤ (1 3) が、前記少量液体に対して濡れ性を有していることを特徴とするデバイス。

【請求項 4】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、

前記第 1 導電手段 (6 2) と前記第 2 導電手段との一方または双方が、電気絶縁性材料層 (6 8) によって被覆されていることを特徴とするデバイス。

【請求項 5】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、

内部において前記少量液体 (5) が移動することとなる雰囲気媒体 (4) を具備し、この雰囲気媒体が、前記少量液体に対して非混和性であるような気体または液体から構成されていることを特徴とするデバイス。

【請求項 6】

請求項 5 記載のデバイスにおいて、

前記少量液体に対して非混和性であるような前記液体が、オイルバスとされていることを特徴とするデバイス。

【請求項 7】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、

前記導電性ワイヤ (3) と前記基板 (1) との間の前記所定距離が、前記静電力が印加されていない時に、前記少量液体 (5) に対する非濡れ性接触特性を有した前記基板に対して前記少量液体が接触し得るような、距離とされていることを特徴とするデバイス。

【請求項 8】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、

前記導電性ワイヤ (1 3) と前記基板 (1 1) との間の前記所定距離と、前記導電性ワイヤ (1 3) の直径とが、前記静電力が印加されていない時に前記基板に対して前記少量液体 (1 5) が接触しないような、距離とされていることを特徴とするデバイス。

【請求項 9】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、

前記導電性ワイヤと前記基板との間の前記所定距離と、前記導電性ワイヤの直径とが、前記静電力が印加されていない時に前記基板に対して前記少量液体が接触しないような、距離とされていることを特徴とするデバイス。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

請求項 8 記載のデバイスにおいて、
前記導電性ワイヤ(13)が、前記基板(11)よりも下側に配置され、
前記導電性ワイヤと前記基板との間の前記所定距離が、第 1 値をなす静電力が印加される
ことによって前記少量液体と前記基板とが接触するようになるような、距離とされている
ことを特徴とするデバイス。

【請求項 11】

請求項 10 記載のデバイスにおいて、
前記基板が、前記少量液体(15)に対する濡れ性接触特性を有し、
これにより、前記静電力が解除された時にはまたは十分に小さい値とされた時には、前記 10
少量液体が前記基板上へと移送され得るようになっていたことを特徴とするデバイス。

【請求項 12】

請求項 10 記載のデバイスにおいて、
前記基板が、前記少量液体に対する疎水性接触特性を有し、
これにより、前記静電力が解除された時にはまたは十分に小さい値とされた時には、前記
少量液体(15)が前記導電性ワイヤだけによって支持されるようになっていたことを特
徴とするデバイス。

【請求項 13】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、
前記導電性ワイヤ(73)を自己軸合わせしかつ自己位置決めする手段(77)を具備し 20
、
この手段が、前記少量液体の供給と除去との一方または双方を行う手段(72)を備えて
いることを特徴とするデバイス。

【請求項 14】

請求項 13 記載のデバイスにおいて、
前記少量液体の供給と除去との一方または双方を行う前記手段が、少なくとも 1 つのマイ
クロキャピラリライン(72)を有していることを特徴とするデバイス。

【請求項 15】

請求項 1 記載のデバイスにおいて、
前記基板(21)が、前記少量液体に対して設けられた非対称粗面(22)を備え、 30
前記導電性ワイヤと前記基板との間の前記所定距離が、前記静電力が印加された時に前記
少量液体(25)が前記基板に対して前記少量液体が接触し得るような、距離とされ、
前記基板は、前記非対称粗面を有していることにより、前記少量液体の移動を補助するこ
とを特徴とするデバイス。

【請求項 16】

請求項 15 記載のデバイスにおいて、
前記非対称粗面が、工場屋根タイプの形状とされていることを特徴とするデバイス。

【請求項 17】

請求項 15 または 16 記載のデバイスにおいて、
前記少量液体に対して設けられた前記非対称粗面が、非濡れ性を有していることを特徴と 40
するデバイス。

【請求項 18】

請求項 1 ~ 17 のいずれか 1 項に記載のデバイスにおいて、
前記第 1 導電手段が、行列の形態で配置された複数の電極からなるマトリクス(32)を
備え、
前記第 2 導電手段が、前記複数の電極がなす各列に対応して配置された複数の導電性ワイ
ヤ(33)を備えていることを特徴とするデバイス。

【請求項 19】

請求項 1 ~ 17 のいずれか 1 項に記載のデバイスにおいて、
前記第 1 導電手段が、行列の形態で配置された複数の電極からなるマトリクス(42)を 50

備え、

前記第2導電手段が、第1シリーズをなす複数の導電性ワイヤ(43)と、第2シリーズをなす複数の導電性ワイヤ(47)と、を備え、

前記第1シリーズをなす各導電性ワイヤが、前記複数の電極がなすそれぞれの列に対応し、

前記第2シリーズをなす各導電性ワイヤが、前記複数の電極がなすそれぞれの行に対応していることを特徴とするデバイス。

【請求項20】

請求項1~19のいずれか1項に記載のデバイスにおいて、

前記導電性ワイヤの加熱手段(53)を具備していることを特徴とするデバイス。

10

【請求項21】

請求項20記載のデバイスにおいて、

前記加熱手段が、前記導電性ワイヤ(53)内に電流を流すための電気的手段とされていることを特徴とするデバイス。

【請求項22】

請求項21記載のデバイスにおいて、

前記導電性ワイヤ(53)の電気抵抗値を測定するとともに、この測定結果に基づいて前記導電性ワイヤの温度を制御する手段を具備していることを特徴とするデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、数ナノリットル~数マイクロリットルといったような小体積の液滴を操作するためのデバイスに関するものである。この移動デバイスは、少量液体を移動させるに際して静電力を使用する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

液体は、小さな素子において次第に重要になってきている。よって、主に生物学や化学や光学における多くの研究において、チップ上における研究が使用されている。いくつかの場合においては、マイクロ流体は、微小に機械加工されたダクト内を循環する少量の液体を形成している。例えば、このことは、生物学的プロトコルを、非常に少量の試料に適用

30

【0003】

しかしながら、ダクトの断面積を小型化することは、多くの困難性を引き起こす。第1に、マイクロダクト内における流体移動を制御することが困難である。第2に、流体と壁との間の物理化学的反応が、支配的となってくる。毛細管現象が、中心的役割を果たすようになり、このため、非常に良質の表面状態(表面粗さ、物理化学的状態)が要求される。同様に、壁表面に対しての生物学的構成要素の吸着現象が、反応効率を制限してしまう。よって、多くの場合、吸着現象を制限し得るよう、ダクトの壁上に特定の表面処理を施すことが必要とされる、あるいは、生物学的プロトコル内に他の物質を導入することが必要

40

【0004】

マイクロダクト内のマイクロ流体に関連した他の困難点は、素子を外部環境に対して連結することである。マイクロ素子に対してのキャピラリの連結は、チップ上における研究を行うに際して遭遇する1つの困難性である。さらに、外部流体貯蔵システムに対しての様々な流体の搬出入を、デッドボリュームを制限しつつ、管理しなければならない。

50

【0005】

少量の流体を移動させるための他の方法は、2つの非混和性流体どうしの間を操作することである。例えば、仏国特許出願公開明細書第2 548 431号は、誘電性流体の移動を電氣的に制御するデバイスを開示している。液滴は、電極対を有した2つの平面の間に配置される。液滴の誘電率は、電極を有した2つの平面間の空間によって規定された環境内において、より大きくなる。移動は、電極対に対して電圧を印加することによって、電氣的に制御される。この文献においては、移動は、液滴とその環境との間の誘電率差に起因する誘電力の存在によって、および、印加電圧に起因する電界勾配によって、説明されている。

【0006】

より詳細には、誘電力は、電界が大きな領域に向けて、より誘電率の大きな流体を引き寄せようとする傾向がある。この力は、表面張力に打ち勝つことができ、これにより、液滴移動が説明される。

【0007】

仏国特許出願公開明細書第2 548 431号は、また、壁上における液体の濡れ性が小さい方が良いことに言及している。シラン(アミノプロピルトリメトキシシリル クロライド)タイプの表面処理を使用することによって、表面の濡れ性を非常に小さいものとすることができる。

【0008】

したがって、この原理が、液体どうしの隔離に応用される。しかしながら、交流電圧が使用される場合には、非常に導電性の小さな液体を使用することができる。Pierre Atten氏による D 2850, Techniques de l'Ingenieur, Paris における "Mouvement d'un fluide en presence d'un champ électrique - Movement of a fluid in the presence of an electric field" と題する文献には、流体内における静電力の存在が記載されている。特に、『完全に絶縁性の非混和性媒体に対しては、および、十分に高周波数(f) (を空間電荷の特徴的緩和時間としたときに、 $f \gg 1/\tau$ であるような周波数 f) の交流電圧に対しては、界面における誘電率スキップだけが、電気力に寄与する』という記載がなされている。

【0009】

仏国特許出願公開明細書第2 548 431号における説明の同様の構成は、Michael G. Pollack氏他による Applied Physics Letters, Vol. 77, No. 11, pages 1725-1726, September 11, 2000 における "Electro-wetting-based actuation of liquid droplets for microfluidic applications" と題する文献に記載されている。水の液滴が、電極を有した2つの平面間に配置される。電極は、テフロン(登録商標)製薄膜による非常に疎水性の電気絶縁層によって被覆されている。移動原理は、電気毛細管現象あるいは電氣的湿潤現象によって説明されている。この文献内で使用される素子は、120Vという電圧で、0.7~1 μ lという液滴を移動させることができる。

【0010】

また別の導電性液滴移動方法が存在する。例えば、Junghoon Lee氏他による DSC-Vol. 66, Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) - 1998, ASME 1998 における "Microactuation by continuous electrowetting phenomenon and silicon deep RIE process" と題する文献には、電氣的湿潤法によって、電解質が充填されたダクト内を通して水銀液滴を移動させるための方法が記載されている。

【0011】

10

20

30

40

50

電気毛细管現象は、長年にわたって研究されている (Lippman 氏、1875 年)。構成は、Bruno Berge C.R. 氏による Acad. Sci. Paris, t. 317, series II, pages 157-153, 1993 における “Electrocapillariteet mouillage de films isolants par l'eau - Electrocapillarity and wetting of insulating films by water” と題する文献に与えられている。非誘電性液体の液滴を、絶縁体によって被覆された電極を有した基板上に、堆積させる。この液滴は、2つの電極間の電圧が印加されたときには、広がる。この文献においては、表面上における液滴の濡れ角度 (θ) は、2つの電極間に印加された静電圧 (V) の関数として、以下の式 (1) によって表現される。 10

【数 1】

$$\cos\theta(V) = \cos\theta(0) + \frac{1}{2} \frac{\epsilon_r}{e\gamma} V^2 \quad (1)$$

ここで、 ϵ_r は、厚さ (e) を有した絶縁層の誘電係数であり、 γ は、液体 - 気体間の表面張力である。

【0012】

O. Sandre 氏他による Physical Review E., Vol. 60, No. 3, September 1999 における “Moving droplets on asymmetrically structured surfaces” と題する文献においては、非対称構造を有した2つの基板間に配置された液滴の振動開始がこの液滴の移動を引き起こし得ることを実証するための理論および実験を使用している。非対称構造は、鋸歯形状内におけるグループ的なものとして示されている。液滴は、各基板上に配置された2つの電極間において振動する静電界を印加することによって、振動を開始する。 20

【0013】

このデバイスの欠点は、液滴が、2つの平面間にあるいはダクト内に閉じこめられなければならないことである。このことは、素子の形成および使用を複雑なものとする。ダクト内におけるマイクロ流体に関して上述したようなキャピラリ連結という問題点が、発生する。また、電氣的接続も考慮しなければならない。また、液滴を閉じ込めている2つの平面上への生物学的構成要素の吸着現象というリスクも存在する。 30

【0014】

液滴移動を行う他の方法が、Masao Washizu 氏による IEEE Industry Applications Society, Annual meeting, New Orleans, Louisiana, October 5-9, 1997 における “Electrical Actuation of liquid droplets for micro-reactor applications” と題する文献に記載されており、より最近では、Altti Torkkeli 氏他による Transducers '01 Euro sensors XV における “Drop let Manipulation on a Superhydrophobic Surface for Micro-chemical Analysis” と題する文献に記載されている。 40

【0015】

この場合、システムは、開放型とされている。液滴は、表面上に直接的に堆積される。表面は、絶縁層によって被覆された複数の相互噛合電極を備えている。表面は、非常の疎水的なものとしてされている。駆動は、液滴の下方に位置した電極によって生成される静電力の存在をベースとしている。電極の電圧を変更することによって、液滴の表面上におけるマクスウェル応力分布が変化することとなる。M. Washizu 氏は、この静電圧力が液滴の移動を引き起こし得ることを示した。

【0016】

先の複数の例とは異なり、この方法は、多数の電極を必要とする。さらに、移動時に液滴を案内する絶縁層を構成するための操作が、M. Washizu氏の先の文献に記載されている。

【0017】

後者の2つの文献は、表面の疎水性を主張しており、特にTorkkelli氏他は、液体として脱イオン水を使用している。このことは、反応剤の添加によって液体を濡れ性とするようないくつかの生物学的応用においては、大きな制限となる。

【0018】

上記従来技術においては、一組をなす電極を使用して得られた静電界の適用によって、液体液滴の移動が引き起こされる。電極構成に応じてまた液体の電気的特性（絶縁性液体、あるいは、導電性の小さな液体、あるいは、導電性の大きな液体）に応じて、様々な解釈が付与されている。よって、誘電性体積や電気毛細管現象や電気湿潤や静電圧力の強度といった問題点が存在している。これらすべての現象は、厳密には正確ではないかもしれないけれども、本明細書中においては『静電力』と称することにする。

10

【0019】

【特許文献1】

仏国特許出願公開明細書第2 548 431号

【非特許文献1】

Ivonne Schneega氏他による Lab on a chip, 2001, 1, pages 42 - 49 における "Miniaturized flow-through PCR with different template types in a silicon chip thermocycler" と題する文献

20

【非特許文献2】

Pierre Atten氏による D 2850, Techniques de l'Ingenieur, Paris における "Mouvement d'un fluide en presence d'un champ electrique - Movement of a fluid in the presence of an electric field" と題する文献

【非特許文献3】

Michael G. Pollack氏他による Applied Physics Letters, Vol. 77, No. 11, pages 1725 - 1726, September 11, 2000 における "Electrowetting-based actuation of liquid droplets for microfluidic applications" と題する文献

30

【非特許文献4】

Junghoon Lee氏他による DSC - Vol. 66, Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS) - 1998, ASME 1998 における "Microactuation by continuous electrowetting phenomenon and silicon deep RIE process" と題する文献

40

【非特許文献5】

Bruno Berge C.R.氏による Acad. Sci. Paris, t. 317, series II, pages 157 - 153, 1993 における "Electrocapillarite et mouillage de films isolants par l'eau - Electrocapillarity and wetting of insulating films by water" と題する文献

【非特許文献6】

O. Sandre氏他による Physical Review E., Vol. 60, No. 3, September 1999 における "Moving drop

50

lets on asymmetrically structured surfaces”と題する文献

【非特許文献7】

Masao Washizu氏による IEEE Industry Applications Society, Annual meeting, New Orleans, Louisiana, October 5-9, 1997 における “Electrical Actuation of liquid droplets for micro-reactor applications”と題する文献

【非特許文献8】

Altti Torkkeli氏他による Transducers '01 Euro-sensors XV における “Droplet Manipulation on a Superhydrophobic Surface for Microchemical Analysis”と題する文献

【0020】

【課題を解決するための手段】

本発明は、従来技術によるデバイスの場合に発生する欠点を克服し得るよう構成されている。

【0021】

本発明の目的は、電氣的制御の影響によって少なくとも1つの少量液体を移動させるためのデバイスであって、第1導電手段を有した基板と、第1導電手段に対して対向配置された第2導電手段と、を具備しているとともに、第1導電手段と第2導電手段とが、電気供給手段に対して接続されていて、少量液体に対して静電力を印加し得るものとされているような、デバイスにおいて、第2導電手段が、基板に対して平行に配置されかつ基板から所定距離の位置に配置された少なくとも1つの導電性ワイヤを備え、これにより、静電力印加の影響によって、導電性ワイヤに沿って少量液体を移動させ得るようになっていることを特徴とするデバイスである。

【0022】

導電性ワイヤすなわちマイクロカテナリーラインは、電極として作用するという第1機能を果たす。また、導電性ワイヤすなわちマイクロカテナリーラインは、少量液体を案内するという第2機能を果たす。毛細管力により、マイクロカテナリーライン上に存在する液滴は、この導電性ワイヤに対する接触状態を維持する傾向がある。これにより、導電性ワイヤは、液滴の移動を案内する。

【0023】

本発明によるデバイスは、マイクロカテナリーラインと第1導電手段との間に直流電界または交流電界を印加することによって、少量液体を変形または移動させることができる。少量液体の移動は、静電力に関連した上記従来文献を参照して、説明することができる。

【0024】

有利には、第1導電手段は、基板の非導電性面上に配置されかつ導電性ワイヤの延在方向に対して平行に配置された複数の電極を備えている。

【0025】

好ましくは、導電性ワイヤは、少量液体に対して濡れ性を有している。これにより、マイクロカテナリーラインによる少量液体の案内を、さらに良好なものとする。

【0026】

第1導電手段と第2導電手段との一方または双方は、可能であれば、電気絶縁性材料層によって被覆することができる。移動対象をなす液体が導電性である場合には、電気絶縁性材料層による被覆は、絶縁層の介装を可能とし、液滴を通して大きな電流が流れることを阻止する。

【0027】

本発明によるデバイスは、内部において少量液体が移動することとなる雰囲気媒体を具備することができ、この雰囲気媒体は、少量液体に対して非混和性であるような気体または

10

20

30

40

50

液体から構成される。例えば、移動対象をなす液体が水性溶液から構成されている場合には、雰囲気媒体は、オイルバスとすることができる。これにより、高温で長時間のプロトコルが適用されたときにでも、液体の蒸発を防止することができる。

【0028】

第1実施形態においては、導電性ワイヤと基板との間の所定距離は、静電力が印加されていない時に、少量液体に対する非濡れ性接触特性を有した基板に対して少量液体が接触し得るような、距離とされる。

【0029】

第2実施形態においては、導電性ワイヤと基板との間の所定距離と、導電性ワイヤの直径とは、静電力が印加されていない時に基板に対して少量液体が接触しないような、距離とされる。

10

【0030】

導電性ワイヤが、基板よりも下側に配置されている場合には、導電性ワイヤと基板との間の所定距離は、第1値をなす静電力が印加されることによって少量液体と基板とが接触するようになるような、距離とすることができる。基板は、少量液体に対する濡れ性接触特性を有することができる。これにより、静電力が解除された時にはまたは十分に小さい値とされた時には、少量液体は、基板上へと移送される。また、基板は、少量液体に対する疎水性接触特性を有することもでき、この場合には、静電力が解除された時にはまたは十分に小さい値とされた時には、少量液体は、導電性ワイヤだけによって支持される。

【0031】

ある特別の動作モードにおいては、導電性ワイヤと基板との間の所定距離と、導電性ワイヤの直径とは、静電力が印加されていない時に基板に対して少量液体が接触しないような、距離とされる。

20

【0032】

本発明によるデバイスは、導電性ワイヤを自己軸合わせしかつ自己位置決めする手段を具備することができる。この手段は、少量液体の供給と除去との一方または双方を行う手段を備えている。有利には、少量液体の供給と除去との一方または双方を行う手段は、少なくとも1つのマイクロキャピラリラインを有している。

【0033】

第3実施形態においては、基板は、少量液体に対して設けられた非対称粗面を備え、導電性ワイヤと基板との間の所定距離は、静電力が印加された時に少量液体が基板に対して少量液体が接触し得るような、距離とされ、基板は、非対称粗面を有していることにより、少量液体の移動を補助する。非対称粗面は、工場屋根タイプの形状とすることができる。少量液体に対して設けられた非対称粗面は、有利には、非濡れ性を有することができる。

30

【0034】

しかしながら、本発明によるデバイスにおいては、同一のマイクロカテナリーライン上において複数の液滴を移動させることを想定することができる。また、複数のシリーズをなす複数の液滴を移動させ得るよう、複数のマイクロカテナリーラインを設置することを想定することができる。

【0035】

よって、第1導電手段は、行列の形態で配置された複数の電極からなるマトリクスを備えることができ、第2導電手段は、複数の電極がなす各列に対応して配置された複数の導電性ワイヤを備えることができる。

40

【0036】

また、第1導電手段は、行列の形態で配置された複数の電極からなるマトリクスを備えることもでき、第2導電手段は、第1シリーズをなす複数の導電性ワイヤと、第2シリーズをなす複数の導電性ワイヤと、を備えることができる。その場合、第1シリーズをなす各導電性ワイヤは、複数の電極がなすそれぞれの列に対応し、第2シリーズをなす各導電性ワイヤは、複数の電極がなすそれぞれの行に対応する。

【0037】

50

本発明によるデバイスは、導電性ワイヤの加熱手段を具備することができる。加熱手段は、導電性ワイヤ内に電流を流すための電気的手段とすることができる。有利には、本発明によるデバイスは、導電性ワイヤの電気抵抗値を測定するとともに、この測定結果に基づいて導電性ワイヤの温度を制御する手段を具備している。

【0038】

【発明の実施の形態】

添付図面を参照しつつ、本発明を何ら限定するものではなく単なる例示としての以下の説明を読むことにより、本発明が明瞭に理解され、本発明の他の利点や格別の特徴点が明瞭となるであろう。

【0039】

本発明の第1実施形態が、図1に示されている。チップとも称することができる図示のデバイスは、好ましくは絶縁性材料から形成された平面状基板(1)を備えている。基板(1)の一方の面には、複数の電極(2)が配置されている。複数の電極(2)は、複数のマイクロ液滴の配置に際して特定された方向に沿って、位置合わせされている。導電性ワイヤ(3)すなわちマイクロカテナリーラインが、基板(1)から所定距離だけ離間したところにおいて、基板(1)に対してほぼ平行に配置されている。マイクロカテナリーライン(3)は、複数の電極(2)に対して対向している。このアセンブリの全体は、雰囲気媒体(4)内に含浸されている。雰囲気媒体(4)は、マイクロ液滴(5)をなす液体に対して非混和性であるような、気体または液体とすることができる。

10

【0040】

本発明によるデバイスは、マイクロカテナリーラインと少なくとも1つの電極(2)との間に電界を印加することによって、液滴(5)を変形または移動させる。液滴の移動は、静電力に関連した上記従来文献を参照して、説明することができる。

20

【0041】

マイクロカテナリーライン(3)が、液滴移動時にはその液滴に対しての案内機能を果たすことにより、マイクロカテナリーライン(3)が、液滴をなす液体に対して濡れ性を有していることが好ましい。

【0042】

液滴をなす液体が導電性である場合には、複数の電極(2)が絶縁層によって被覆されていることと、マイクロカテナリーラインが絶縁性薄層によってコーティングされていることと、の一方または双方が行われていることが好ましい。

30

【0043】

液滴を変形または移動させるためにマイクロカテナリーラインと電極との間に印加される電圧は、直流とすることも、また、交流とすることも、できる。

【0044】

図1は、単一の液滴を図示しているけれども、同一のマイクロカテナリーライン上において複数の液滴を移動させることは、十分に想定することができる。

【0045】

本発明によるデバイスの構成においては、多くの利点が存在する。マイクロカテナリーラインは、第1には電気的機能、および、第2には液滴案内機能、という2つの機能を果たす。技術的には、使用が非常に容易である。2つの平面間に液滴を閉じ込める必要がない。マイクロカテナリーラインは、非常に薄いものとすることができる。このことは、液体/固体界面を低減させ、そのため、化学的相互作用や生物学的相互作用や物理化学的相互作用(湿潤)を最小化することができる。液滴をマイクロカテナリーラインに対して接触させることは、液滴の移動に際しての様々な原理に関して好ましいような電気的構成のセットアップ手段である。他の利点は、後述するような互いに異なる複数の使用モードにおいて動作し得る素子が得られることである。

40

【0046】

図1に示す第1実施形態においては、液滴は、常に、複数の電極が配置されている基板表面に対して、接触している。複数の電極(2)は、マイクロカテナリーライン(3)の延

50

在方向に沿って配置されている。例えば、基板は、ガラスから形成することができる。しかしながら、例えばセラミックやプラスチックといったような他の任意のタイプの絶縁材料を使用することもでき、また、絶縁層付きのシリコン基板を使用することもできる。その場合の絶縁層は、酸化シリコンとすることができる。電極(2)は、金属から、あるいは、アルミニウム層から、あるいは、他の任意の導電性材料から、形成することができる。電極の寸法は、搬送すべき液滴の寸法に応じて、数十 μm^2 ~ 1 mm^2 とすることができる。電極は、光リソグラフィーといったような従来のマイクロ手法を使用して、形成することができる。

【0047】

マイクロカテナリーラインは、金ワイヤまたはアルミニウムワイヤまたは白金ワイヤとすることができる。また、他の導電性材料から形成されたワイヤとすることもできる。ワイヤの直径は、およそ10 μm ~ 100 μm とすることができる。導電性ワイヤと基板との間の間隔は、およそ10 μm ~ 数百 μm とすることができる。典型的には、25 μm 直径の金ワイヤが、電極面から約100 μm だけ離間した位置において、使用される。

10

【0048】

マイクロカテナリーラインは、参照電圧(V_0)に対して接続されている。複数の電極のうちの1つの電極に対して、電圧(V)が印加され、残りの電極は、参照電位(V_0)に維持される。

【0049】

電圧(V)を印加したときに、液滴が電極上へと移動する傾向があることが検証された。これは、例えばオイルといったような絶縁性液体の場合にも、また、例えば食塩水といったような非絶縁性液体の場合にも、観測された。後者の場合、電極(2)は、約1 μm 厚さのバリレン製絶縁層によって、あるいは、例えば酸化シリコン(SiO_2)や窒化シリコン(Si_3N_4)やテフロン(登録商標)といったような絶縁材料によって、事前に被覆されたものとされた。

20

【0050】

各電極を順次的に励起することにより、液滴を、移動させることができる。この移動は、従来技術を参照して説明することができる。励起電圧は、数百Vである。励起電圧は、電極が付設されている基板面の濡れ性が小さくなるにつれて、低減することができる。同様に、励起電圧は、電極どうしの間隔が小さくなるにつれて、低減することができる。例えば、電極間間隔は、数 μm とすることができる。

30

【0051】

本発明の第2実施形態が、図2に示されている。この第2実施形態は、技術的製造の観点からは、第1実施形態と同じである。しかしながら、この場合には、液滴(15)は、基板(11)上に設けられた電極(12)に対して接触することなく、マイクロカテナリーライン(13)に対して取り付けられている。良好な取付をもたらす得るよう、マイクロカテナリーライン(13)の表面が、液滴をなす液体に対して良好な濡れ性を有していることが好ましい。同様に、電極(12)は、絶縁層によって被覆することができる。また、カテナリーの直径を約100 μm として、重力と比較して、毛細管力を十分に大きなものとするのが好ましい。よって、適切な寸法を有した液滴を、マイクロカテナリーラインに対して取り付けることができる。例えば、数マイクロリットルのオイルからなる液滴を、300 μm 幅の広いカテナリーラインに対して取り付けることができる。

40

【0052】

マイクロカテナリーライン(13)と、複数の電極(12)のうちの、液滴(15)の近傍に位置した1つの電極と、の間に電圧を印加することによって、液滴の変形が引き起こされることを確認した。この変形は、励起された電極に向けて、液滴を引きつける傾向がある。

【0053】

このようにして、基板(11)上に複数の電極(12)を配置することにより、さらに、マイクロカテナリーライン(13)の延在方向に沿って複数の電極を配置することにより

50

、マイクロカテナリーラインと各電極との間に順次的に電圧を印加することによって、液滴を移動させることができることが観測された。よって、この場合、液滴は、基板にも電極にも接触することなく、マイクロカテナリーラインによって支持されたまま、移動する。したがって、この特定の場合には、基板表面の濡れ特性には、何の制約も存在しない。

【0054】

P. G. de Gennes氏他による Editions Belin, 2002, page 19における“Gouttes, bulles, perles et ondes” (Droplets, bubbles, beads and waves) と題する文献には、ファイバ上の湿潤液滴からなる波形形状の説明がなされている。また、重力の影響が無視できない場合には、液滴の形状が、液滴の寸法に依存して変化することが観測された。液滴は、カテナリーラインの下側にぶら下がるような傾向がある。図2に示す場合には、静電力が、重力に対して重畳される。よって、システム全体をひっくり返して、静電力の向きと重力の向きとが逆になるようにすることが好ましい。これにより、液滴がマイクロカテナリーラインから脱離してしまうというリスクを避けることができる。この様子は、図3に示されている。

10

【0055】

励起電圧が増大された場合には、液滴が変形し、図4に示すように、励起電極に対して接触するようになることがあり得る。

【0056】

励起電圧が低減されたりあるいは解除された場合には、以下の2つの状況が起こり得る。

- 電極(12)が濡れ性を有している場合には(図5参照)、液滴(15)が、毛細管力によって表面に対して自然に付着したままとなり、プロセスが不可逆的となる。
- 電極(12)の表面が非常に大きな疎水性を有している場合には、液滴は、電極表面に対して濡れることがなく、図3に示す位置へと戻る。この場合には、プロセスは、可逆的である。言い換えれば、要望された場合にはいつでも、励起電圧を変更することによって、液滴と励起電極とを接触させることができる。

20

【0057】

よって、寸法と濡れ特性とに依存して、マイクロカテナリーラインから表面へと液滴を移送することと、基板表面上に液滴を濡れ状態で一時的に配置することと、の一方を行うことができる。

30

【0058】

結論として、本発明によるデバイスにおいては、液滴を、以下の2つの可能性をもって、マイクロカテナリーラインに沿って移動させることができる。

- 基板表面に対して常に接触させつつ、液滴を、スライドさせる。
- 基板表面に対して接触させることなく、液滴を、移動させる。この場合には、例えば、カテナリーラインの所定長さ範囲にわたって無接触移動させた後に、液滴を基板表面上に一時的に広げることができる、あるいは、液滴をマイクロカテナリーラインから基板表面へと移送することができる。

【0059】

図6の部分Aは、本発明の第3実施形態を示している。基板(21)は、導電材料から形成されている、あるいは、導電層(22)によって被覆されている。また、液滴と接触することとなる基板表面(あるいは、導電層表面)上に、絶縁層(図6には図示されていない)を成膜することが好ましい。さらに、その表面は、図6の部分Bに示すように、非対称粗面を有している(例えば、工場の屋根のような形状)。

40

【0060】

液滴と接触することとなる基板表面(あるいは、導電層表面)は、有利には、液滴(25)に対しての濡れ性を有していない。液滴(25)は、マイクロカテナリーライン(23)に対して取り付けられており、基板表面または導電層表面上に固定されている。マイクロカテナリーラインと導電層(22)との間に交流電圧を印加することにより、液滴(25)を振動させることができる。液滴(25)をマイクロカテナリーライン(23)に沿

50

って移動させ得ることが検証された。このことは、上述した“Moving droplets on asymmetrically structured surfaces”と題する文献を参照することによって説明することができる。

【0061】

本発明の他の見地が、図7に示されている。基板(31)は、行列の形態で配置された電極マトリクス(32)を支持している。各電極マトリクスは、絶縁層(図示せず)によって被覆することができる。複数のマイクロカテナリーライン(33)が、電極マトリクスの列に沿って互いに平行に配置されている。マイクロカテナリーライン(33)は、スペーサ(36)によって、基板表面から所定間隔だけ離間した位置に、配置されている。このようにして、複数の電極列上において並列的な動作が可能であり、上述した様々な方法のなかのいずれかを使用して、複数の液滴を移動させることができる。

10

【0062】

本発明の他の見地が、図8に示されている。基板(41)は、行列の形態で配置された電極マトリクス(42)を支持している。各電極マトリクスは、薄い絶縁層(図示せず)によって被覆することができる。第1シリーズをなす複数のマイクロカテナリーライン(43)が、電極マトリクスの列に沿って互いに平行に配置されている。これらマイクロカテナリーライン(43)は、スペーサ(46)によって、基板表面から所定間隔だけ離間した位置に、配置されている。第2シリーズをなす複数のマイクロカテナリーライン(47)が、互いに平行に、かつ、第1シリーズをなすマイクロカテナリーライン(43)に対して垂直に、配置されている。言い換えれば、電極マトリクスの行方向に沿って配置されている。これらマイクロカテナリーライン(47)は、スペーサ(48)によって、基板表面から所定間隔だけ離間した位置に、配置されている。スペーサ(46, 48)は、互いに異なる高さのものとすることができる。よって、2つの直交方向に沿って、複数の液滴を移動させることができる。

20

【0063】

本発明の他の見地においては、液体からなる液滴を加熱し得るマイクロカテナリーラインを使用する。加熱は、マイクロカテナリーラインに沿って電流を流すことにより、ジュール効果によって非常に容易に得ることができる。これは、図9において概略的に示されている。この図は、絶縁性基板(51)と、この基板に支持された複数の電極(52)と、これら電極に対して対向配置されたマイクロカテナリーライン(53)と、このマイクロカテナリーラインを支持しているスペーサ(56)と、を示している。液滴は、上記のいずれかのプロセスによってマイクロカテナリーライン(53)上の任意の位置に配置することができる。好ましくは、液滴は、マイクロカテナリーラインの中央に配置される。システムの対称性により、マイクロカテナリーラインの温度プロファイル(T)は、曲線(59)によって概略的に示すようなベル形状となる。導電材料の抵抗値が一般に温度に依存することは、周知である。よって、単にマイクロカテナリーラインの抵抗値を測定することによって、システムの温度を容易にチェックすることができる。

30

【0064】

このシステムの利点は、熱容量が非常に小さなカテナリー-液滴システムを形成できることである。これは、放熱板またはダクトに対する接触状態で配置された液体内において反応が起こるといふ従来技術とは、全く相違する。よって、極めて短い時間で、液滴を、容易に加熱または冷却することができる。このことは、例えばPCR(上記の“Miniaturized flow-through PCR with different template types in a silicon chip thermocycler”と題する文献を参照されたい)といったような温度サイクルを必要とするある種の生物学的プロトコルにおいて、有効である。

40

【0065】

次に、本発明によるデバイスのいくつかの実施形態について説明する。

【0066】

図10は、製造時における、第1実施形態をなすデバイスを示す平面図である。図11A

50

～図 1 1 F は、この第 1 実施形態に関する製造プロセスにおける各ステップを示している。

【 0 0 6 7 】

このデバイスは、ガラスまたはプラスチックまたはシリコンから形成された基板 (6 1) を備えており、基板 (6 1) は、絶縁層によって覆われている。例えば金やアルミニウムや I T O から形成されたような、導電層 (6 0) (図 1 1 A 参照) が、基板上に成膜される。この導電層 (6 0) を、光リソグラフィーステップによって構造化することによって、列 (6 5) を介してパッド (6 4) に対して接続される電極マトリクス (6 2) (図 1 0 および図 1 1 B 参照) が形成される。電極寸法は、数十 μm ~ 数百 μm とすることができる (典型的には、 $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$)。電極間隔は、数 μm ($5 \sim 10\ \mu\text{m}$) とされる。導電層の構造化によって、さらに、複数の電極 (6 2) からなる列の両端に配置される複数のパッド (6 7) が形成される。その後、基板は、例えば酸化シリコンや Si_3N_4 といったような絶縁材料からなりかつ $0.1 \sim 1\ \mu\text{m}$ という程度の厚さとされる絶縁層 (6 8) (図 1 1 C 参照) によって被覆される。パッド (6 4 , 6 7) 上に位置した絶縁層部分だけをエッチングすることによって、電気的接続が回復される (図 1 1 D 参照)。

10

【 0 0 6 8 】

その後、厚い樹脂 (例えば、E P O N S U 8 という商標名のエポキシ樹脂。これについては、米国特許明細書第 4 , 8 8 2 , 2 4 5 号を参照されたい) を成膜し、光リソグラフィによって構造化することによって、スペーサ (6 6) を形成する。スペーサをなす層の厚さは、数十 μm ~ 数百 μm とすることができる (図 1 1 E 参照)。

20

【 0 0 6 9 】

基板をカットすることにより、個々のチップを得る (図 1 0 および図 1 1 A ~ 図 1 1 F においては、簡単化のために、単一のチップだけが図示されている)。次に、マイクロ技術プロセスを使用することによって、 $100\ \text{mm}$ 直径のディスク上に、多数の素子を形成することができる。各チップは、マイクロエレクトロニクスにおいて頻繁に行われているのと同様にして、支持体 (6 9) に対して接着される (図 1 1 F 参照)。その後に行うべきことは、マイクロエレクトロニクスにおいて頻繁に使用されているのと同様の電気半田付け機械を使用することによって、パッド (6 4 または 6 7) と支持体 (6 9) の接続パッドとの間において電気ブリッジ (7 0) を形成することだけである。また、同じ機械を使用することによって、電極 (6 2) の同じ行上において、2 つの両端パッド (6 7) の間にわたって、マイクロカテナリーライン (6 3) を形成することができる。例えば、半田付け機械において使用される接続ワイヤは、数十 μm (例えば、 $25\ \mu\text{m}$) という直径を有したような、金ワイヤまたはアルミニウムワイヤとすることができる。マイクロカテナリーラインを形成するための特定の材料は、用途に応じて選択され、例えば、様々な濡れ性を有しているような金およびアルミニウムとされる。

30

【 0 0 7 0 】

1 つの変形例をなす実施形態が、図 1 2 A および図 1 2 B に示されている。図 1 2 B は、図 1 2 A における Y - Y 線矢視断面に対応する図である。スペーサは、図 1 1 D に示すようにして形成された基板 (6 1) に対して基板 (7 6) を組み付けるとともに、この基板 (7 6) を機械加工することによって形成される。基板 (7 6) は、グループシステム (7 7) を備えている。このグループシステム (7 7) は、非常に高い精度でもってマイクロカテナリーライン (7 3) を自己軸合わせしかつ自己位置決めすることを補助する。例えば、複数のグループは、単結晶シリコン製基板を異方性エッチングすることによって、形成することができる。

40

【 0 0 7 1 】

形成された素子は、所望に応じて、例えば蒸発を制限し得るように、フィルム (7 4) によって素子を覆うことにより、閉じ込めることができる。単純な自己粘着性フィルムを使用することができる。

【 0 0 7 2 】

50

液滴(75)を、様々な方法によって注入することができる。液滴供給システム(プリンタヘッド)を使用することができる。また、自己粘着性フィルム(74)を、ニードルによって穿孔することができ、このニードルを使用して、液滴を注入することができる。その場合、自己粘着性フィルムは、隔壁として機能する。他の手法においては、再度グループシステムを使用することによって、マイクロキャピラリライン(72)を配置する。この場合、マイクロキャピラリライン(72)の端部は、対応するマイクロカテナリーライン(73)に対して近接配置され、対応するマイクロカテナリーラインとともに自己軸合わせされる。例えば、液体の注入は、マイクロキャピラリラインの他端に対して接続された押込シリンジによって、あるいは、加圧システムを使用することによって、制御することができる。

10

【0073】

第2実施形態が、まず最初に図13A~図13Dによって示されており、次に図14A~図14Eによって示されている。この実施形態においては、マイクロカテナリーラインは、第2基板内において直接的に機械加工される。

【0074】

図13A~図13Cは、側断面図であり、図13Dは、図13Bに対応した平面図である。

【0075】

図13Aは、第2基板をなす支持体(80)を示している。この第2基板(80)の一方の面上には、導電層(81)が成膜されている。光リソグラフィ的彫刻を行うことにより、マイクロカテナリーラインと接続パッドとが形成される。図13Dは、マイクロカテナリーライン(83)と接続パッド(82)とに対して付与された形状を示している。

20

【0076】

その後、第2基板(80)をエッチングすることによって、マイクロカテナリーライン(83)を露出させる開口(84)を形成する(図13Bおよび図13D参照)。図14Dは、層(96)がない場合の、図14CのD-D面上における平面図である。

【0077】

このようにして機械加工された第2基板(80)を、図11Cに示すタイプの基板(85)に対して固定する。この固定は、マイクロカテナリーライン(83)が励起電極列に対して対向するようにして、行われる(図13C参照)。マイクロカテナリーラインに対しての電気接続は、図示されていない。

30

【0078】

図14A, 14B, 14C, 14Eは、側断面図であり、図14Dは、図14CのD-D面に対応した平面図である。

【0079】

図14Aは、第2基板をなす支持体(90)を示している。絶縁層(95)と導電層(91)とが、第2基板(90)の一方の面上において、この順に成膜されている。光リソグラフィステップを行うことにより、マイクロカテナリーラインと接続パッドとが形成される。図14Dは、マイクロカテナリーライン(93)と接続パッド(92)とに対して付与された形状を示している。

40

【0080】

マイクロカテナリーラインを被覆することによって、第2基板(90)上に、さらなる層を成膜する。他の光リソグラフィステップを行うことによって、この層の形状と層(93)の形状とを規定し、これにより、接続パッド(92)を露出させるとともに、狭いバンド(96)をマイクロカテナリーライン(93)上に残し、さらに、狭いバンドをマイクロカテナリーライン(93)の下側に残す(図14B参照)。

【0081】

その後、第2基板(90)の背面側からエッチング操作を行うことによって、開口(94)を形成する(図14Cおよび図14D参照)。図14Dは、層(96)がない場合の、図14CのD-D面上における平面図である。

50

【0082】

このようにして機械加工された第2基板(90)を、図11Cに示すタイプの基板(98)に対して固定する。この固定は、マイクロカテナリーライン(93)が励起電極列に対して対向するようにして、行われる(図14E参照)。マイクロカテナリーラインに対しての電気接続は、図示されていない。

【0083】

この場合、マイクロカテナリーラインは、機械的支持体として作用する2つの層の間に介装されている。層(95, 96)は、マイクロカテナリーラインを引っ張って剛直化させ得るよう、プレテンションが付与された材料から形成することができる。これは、成膜された材料内における応力レベルを確認するためにPECVDプロセスによって窒化シリコン層(95, 96)が既に上面上に成膜されている第2シリコン基板(90)から、得ることができる。この実施形態においては、マイクロカテナリーラインは、絶縁材料によってコーティングすることができる。

10

【0084】

したがって、マイクロ技術の使用によって、様々な層からなる積層体からマイクロカテナリーラインを形成することができる。また、マイクロカテナリーラインを様々な形状とすることができる。

【0085】

ここで、図15は、本発明によるデバイスを示す平面図であって、第1スイッチ(108)および第2スイッチ(109)を備えたマイクロカテナリーライン(103)を示している。第1スイッチ(108)は、接続パッド(110, 111)に対して接続されており、第2スイッチ(109)は、接続パッド(112, 113)に対して接続されている。マイクロカテナリーライン(103)とスイッチ(108, 109)とが、機械的支持体上に配置されていることに、注意されたい。両スイッチを使用することにより、液滴どうしを混合したり、あるいは、液滴を選別したり、あるいは、液滴を小部分へと分裂させたり、することができる。

20

【0086】

図16は、本発明によるデバイスを示す平面図であって、接続パッド(127)に対して接続されたマイクロカテナリーライン(123)を示している。マイクロカテナリーライン(123)は、波形形状を有した支持体(122)上に配置されている。この支持体(122)は、毛細管力によってマイクロカテナリーライン上への液滴の配置を容易なものとする。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による少量液体を移動させるためのデバイスに関する第1実施形態を簡略化して示す図である。

【図2】本発明による少量液体を移動させるためのデバイスに関する第2実施形態を簡略化して示す図である。

【図3】第2実施形態をなすデバイスの特定の使用状況を簡略化して示す図である。

【図4】図3のデバイスの動作方法を示す図である。

【図5】図3のデバイスの動作方法を示す図である。

40

【図6】本発明による少量液体を移動させるためのデバイスに関する第3実施形態を簡略化して示す図である。

【図7】いくつかのマイクロカテナリーラインと一緒に、本発明による少量液体を移動させるためのデバイスを示す図である。

【図8】本発明に基づき、互いに交差する2つのシリーズをなす複数のマイクロカテナリーラインを備えた、少量液体を移動させるためのデバイスを示す図である。

【図9】少量液体を移動させるために、温度制御される複数のマイクロカテナリーラインを備えたデバイスを示す図である。

【図10】製造時における、本発明による少量液体を移動させるためのデバイスを示す平面図である。

50

【図 1 1 A】図 1 0 における X - X 線矢視断面に対応する図であって、図 1 0 のデバイスの各製造プロセスを示している。

【図 1 1 B】図 1 0 における X - X 線矢視断面に対応する図であって、図 1 0 のデバイスの各製造プロセスを示している。

【図 1 1 C】図 1 0 における X - X 線矢視断面に対応する図であって、図 1 0 のデバイスの各製造プロセスを示している。

【図 1 1 D】図 1 0 における X - X 線矢視断面に対応する図であって、図 1 0 のデバイスの各製造プロセスを示している。

【図 1 1 E】図 1 0 における X - X 線矢視断面に対応する図であって、図 1 0 のデバイスの各製造プロセスを示している。

【図 1 1 F】図 1 0 における X - X 線矢視断面に対応する図であって、図 1 0 のデバイスの各製造プロセスを示している。

【図 1 2 A】本発明による少量液体を移動させるための他のデバイスを示す長さ方向断面図である。

【図 1 2 B】本発明による少量液体を移動させるための他のデバイスを示す横方向断面図である。

【図 1 3 A】本発明による少量液体を移動させるための他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 3 B】本発明による少量液体を移動させるための他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 3 C】本発明による少量液体を移動させるための他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 3 D】本発明による少量液体を移動させるための他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 4 A】本発明による少量液体を移動させるためのさらに他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 4 B】本発明による少量液体を移動させるためのさらに他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 4 C】本発明による少量液体を移動させるためのさらに他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 4 D】本発明による少量液体を移動させるためのさらに他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 4 E】本発明による少量液体を移動させるためのさらに他のデバイスに関する各製造プロセスを示す図である。

【図 1 5】スイッチングを使用しているような本発明による少量液体を移動させるためのデバイスを示す平面図である。

【図 1 6】少量液体のための複数の好ましい位置を有しているような、本発明による少量液体を移動させるためのデバイスを示す平面図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 電極（第 1 導電手段）
- 3 導電性ワイヤ（第 2 導電手段）
- 4 雰囲気媒体
- 5 液滴（少量液体）

- 1 1 基板
- 1 2 電極（第 1 導電手段）
- 1 3 導電性ワイヤ（第 2 導電手段）
- 1 5 液滴（少量液体）
- 2 1 基板
- 2 2 非対称粗面

10

20

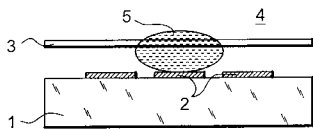
30

40

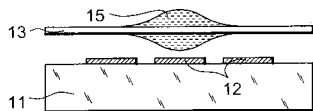
50

- 2 5 液滴 (少量液体)
- 3 2 電極マトリクス
- 3 3 導電性ワイヤ (第 2 導電手段)
- 4 2 電極マトリクス
- 4 3 導電性ワイヤ (第 2 導電手段)
- 4 7 導電性ワイヤ (第 2 導電手段)
- 5 3 導電性ワイヤ (第 2 導電手段、加熱手段)
- 6 2 電極 (第 1 導電手段)
- 6 8 絶縁層 (電気絶縁性材料層)
- 7 2 マイクロキャピラリライン
- 7 3 導電性ワイヤ (第 2 導電手段)
- 7 7 グループシステム

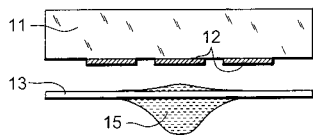
【 図 1 】



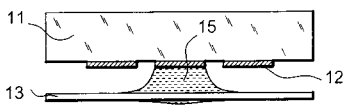
【 図 2 】



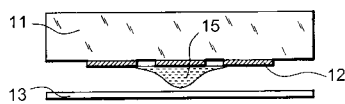
【 図 3 】



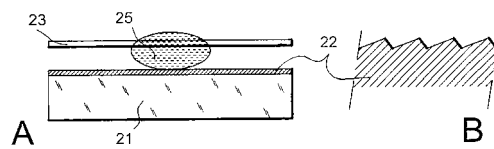
【 図 4 】



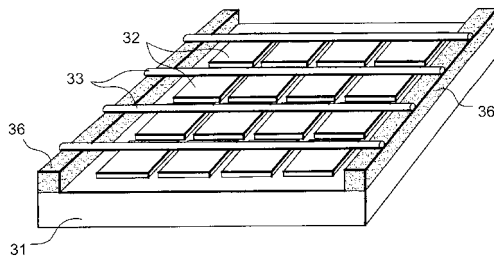
【 図 5 】



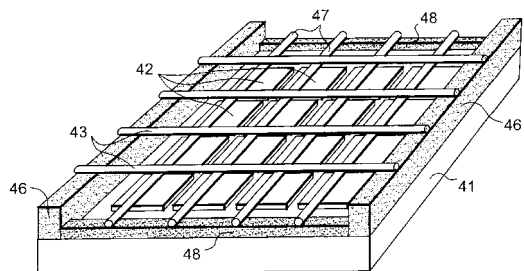
【 図 6 】



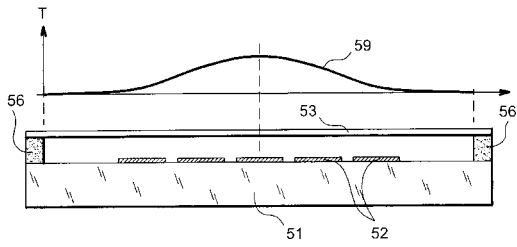
【 図 7 】



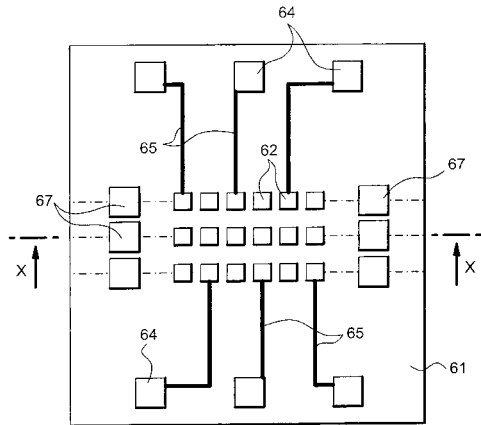
【 図 8 】



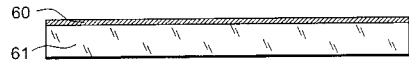
【図 9】



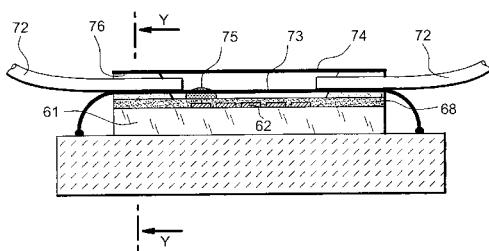
【図 10】



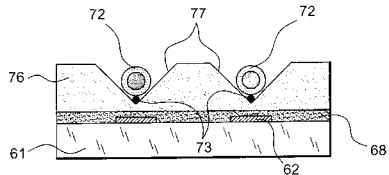
【図 11 A】



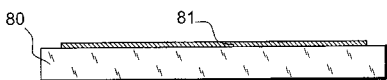
【図 12 A】



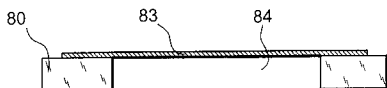
【図 12 B】



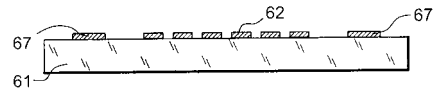
【図 13 A】



【図 13 B】



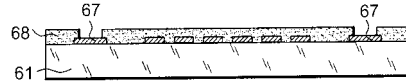
【図 11 B】



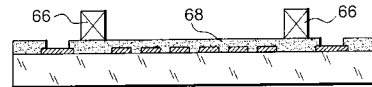
【図 11 C】



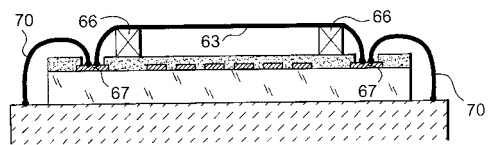
【図 11 D】



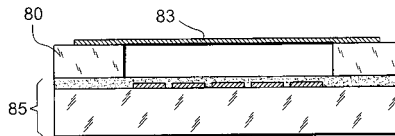
【図 11 E】



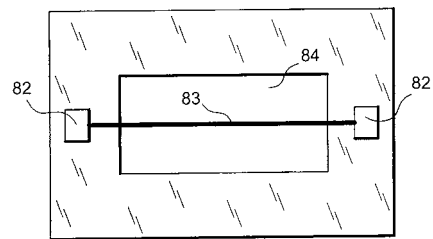
【図 11 F】



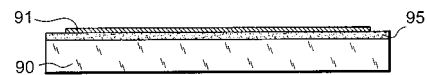
【図 13 C】



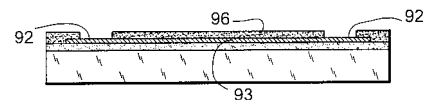
【図 13 D】



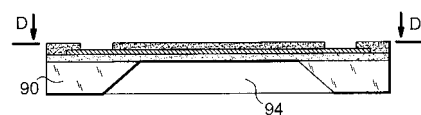
【図 14 A】



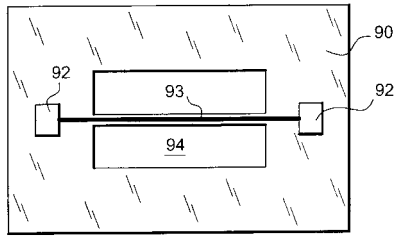
【図 14 B】



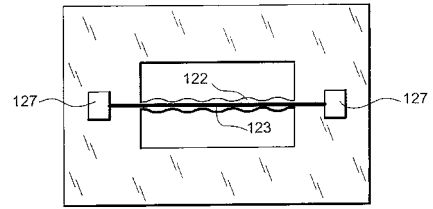
【図 14 C】



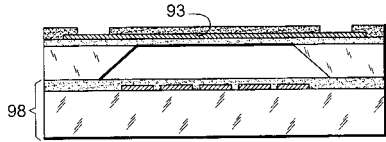
【 図 1 4 D 】



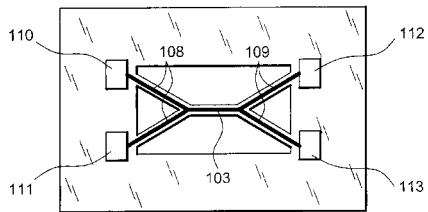
【 図 1 6 】



【 図 1 4 E 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100094400
弁理士 鈴木 三義
- (74)代理人 100107836
弁理士 西 和哉
- (74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
- (74)代理人 100110364
弁理士 実広 信哉
- (72)発明者 イヴ・ファイエ
フランス・38340・ヴォレブ・シュマン・デ・カリエール・17
- (72)発明者 レイモン・シャルル
フランス・38430・サン・ジャン・ドゥ・モアラン・シュマン・ドゥ・レグリーズ・77
- (72)発明者 オリヴィエ・コンスタンティン
フランス・38100・グレノーブル・リュ・レオ・ラグラン・9
- (72)発明者 ユベール・ジャンセン
フランス・38410・サン・マルタン・ドゥリアジ・クロ・フレ・エ・ネイ・40