

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4383053号  
(P4383053)

(45) 発行日 平成21年12月16日(2009.12.16)

(24) 登録日 平成21年10月2日(2009.10.2)

(51) Int.Cl.

F 1

F 16 K 31/02 (2006.01)  
B 81 B 3/00 (2006.01)  
F 03 G 7/00 (2006.01)

F 16 K 31/02  
B 81 B 3/00  
F 03 G 7/00

Z  
H

請求項の数 39 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2002-567724 (P2002-567724)  
 (86) (22) 出願日 平成14年2月22日 (2002.2.22)  
 (65) 公表番号 特表2004-526913 (P2004-526913A)  
 (43) 公表日 平成16年9月2日 (2004.9.2)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2002/005222  
 (87) 國際公開番号 WO2002/068849  
 (87) 國際公開日 平成14年9月6日 (2002.9.6)  
 審査請求日 平成17年2月22日 (2005.2.22)  
 (31) 優先権主張番号 09/790,530  
 (32) 優先日 平成13年2月23日 (2001.2.23)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 595117091  
 ベクトン・ディキンソン・アンド・カンパニ  
 BECTON, DICKINSON AND COMPANY  
 アメリカ合衆国 ニュー・ジャージー O  
 7417-1880 フランクリン・レイクス ベクトン・ドライブ 1  
 1 BECTON DRIVE, FRANKLIN LAKES, NEW JERSEY 07417-1880, UNITED STATES OF AMERICA

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超小型流体用バルブ、および、超小型バルブ用マイクロアクチュエータ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ベースに設けられる電極パッドと、  
前記ベースに重なる第1の部分と、前記電極パッドに重なる第2の部分とを備え、縦寸法を有し前記電極パッド上の平坦な透過膜と、  
前記電極パッドに対向する領域内の前記透過膜に接触する部材と、を備え、  
前記透過膜は、ヒドロゲルポリマーであり、電流が前記電極パッドに供給される場合、該透過膜が前記縦寸法を横切る方向に収縮し、前記電流が遮断される場合、前記電極パッドの領域内で該透過膜から突出する突起を形成するように該透過膜が前記縦寸法を横切る方向に膨張し、それにより、前記部材を該突起によって動かす超小型電気機械装置用アクチュエータ。

## 【請求項 2】

前記電気機械装置は、超小型流体装置である請求項1記載のアクチュエータ。

## 【請求項 3】

前記電気機械装置は、前記部材と協働する流体用溝を有するバルブであり、該作動部材の動作が、該流体用溝を閉鎖する請求項1記載のアクチュエータ。

## 【請求項 4】

前記部材は、バルブ本体であり、該バルブ本体は、前記透過膜に結合される請求項3記載のアクチュエータ。

## 【請求項 5】

10

20

前記電極パッドは、基板、該基板に結合される電極、および、該電極の露出部分を形成するように該基板および該電極の部分上に重なる絶縁層とを含み、該透過膜は、該電極の露出部分に接触する請求項1記載のアクチュエータ。

【請求項6】

前記電極パッドに接続され、所定期間、所定の間隔で正または負の電荷を該電極パッドに選択的に供給するDC電源をさらに含む請求項1記載のアクチュエータ。

【請求項7】

少なくとも一つの電極パッドを有する基底基板と、

前記基板に重なる第1の部分と、前記電極パッドに重なる第2の部分とを備え、前記電極パッド上の高分子ヒドロゲルの平坦な透過膜であって、縦寸法を有し、電流が前記電極パッドに供給される場合、該縦寸法を横切る方向に変形可能である透過膜と、

前記透過膜から離隔され、該膜との相互間の流路であって該透過膜が弛緩状態の場合、開口する流路を形成する壁とを含み、

前記透過膜は、電流が前記電極パッドに供給される場合、実質的に前記流路を閉鎖するように該縦寸法を横切る方向に、前記電極パッドにより画定される領域内に突起を形成するように変形可能である超小型バルブ。

【請求項8】

前記透過膜は、約10ミクロンから約30ミクロンまでの厚さを有する請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項9】

前記透過膜は、アガロース、グリオキシルアガロース、ポリアクリルアミド、ポリメタクリルアミド、ポリアクリレート、メタクリル酸ポリマー、および、それらのコポリマーからなる群より選択されたポリマーである請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項10】

前記透過膜は、ビニルモノマーから作られたポリマーである請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項11】

前記透過膜は、帯電しているポリマーまたは電界を受けるとき、電荷を捕捉することができるポリマーである請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項12】

前記壁は、前記透過膜との間に前記流路からの流体用出口を形成する少なくとも一つの開口を含む請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項13】

前記少なくとも一つの開口が、前記電極パッドに対向する前記壁に配され、前記電流を前記電極パッドに供給することにより、前記透過膜が該電極パッドの一領域において変形し、該少なくとも一つの開口を閉じる請求項12記載の超小型バルブ。

【請求項14】

前記壁は、外面および前記透過膜に対向する内面を含み、該内面に形成される前記流体用流路を有する請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項15】

前記壁は、前記流路を形成するように前記超小型バルブの流体用入口から流体用出口まで延在する凹部を含む請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項16】

前記凹部は、前記電極パッドに対向して配され、前記透過膜は、電流が該電極パッドに供給される場合、該凹部を実質的に閉じるように変形可能である請求項15記載の超小型バルブ。

【請求項17】

前記電極パッドに接続され、所定期間、正または負の電荷を該電極パッドに選択的に供給するための制御部を含むDC電源をさらに含む請求項7記載の超小型バルブ。

【請求項18】

10

20

30

40

50

バルブハウジング、および、バルブ本体内に取り付けられ開放位置と閉鎖位置との間を移動するバルブ本体を含み、

該バルブ本体は、前記透過膜に結合される請求項 7 記載の超小型バルブ。

【請求項 19】

超小型流体装置のバルブアッセンブリを作動させる方法であって、

少なくとも一つの電極パッドを備える基底基板と、該基板に重なる第 1 の部分と、該電極パッドに重なる第 2 の部分とを有し、該電極パッド上の変形可能なヒドロゲルの平坦な透過膜と、該透過膜との間の流路であって該透過膜が弛緩状態の場合、開口する流路を形成するように該透過膜から離隔される壁とを有する超小型バルブアッセンブリを設けるステップと、

電流を前記電極パッドに十分な期間供給し、それから、該電流を遮断し、前記電極パッドの領域内の前記透過膜から突出する突起を形成するように前記透過膜を膨張させ、該流路を該突起により閉じるステップと、  
を含んでなる方法。

【請求項 20】

前記アッセンブリは、選択的に前記流路を開閉するように電極パッドへの電流を制御する制御部をさらに含む請求項 19 記載の方法。

【請求項 21】

正の電荷を、前記バルブアッセンブリを選択的に開閉せるように前記電極パッドに選択的に供給し、また、負の電荷を、前記バルブアッセンブリを選択的に閉じるように前記電極パッドに供給するステップを含む請求項 19 記載の方法。

【請求項 22】

前記バルブアッセンブリは、前記透過膜と連動されるバルブ部材をさらに含む請求項 19 記載の方法。

【請求項 23】

前記バルブアッセンブリは、前記透過膜と連動するバルブ部材を含み、前記上壁は流体用出口を含み、前記電流を前記電極パッドに供給し、前記上壁に接触する該バルブ部材を移動させ、該流体用出口を閉鎖するステップを含む請求項 19 記載の方法。

【請求項 24】

前記透過膜は、アガロース、グリオキシルアガロース、ポリアクリルアミド、ポリメタクリルアミド、ポリアクリレート、ポリメタクリレート、および、それらのコポリマーからなる群より選択されたポリマーである請求項 19 記載の方法。

【請求項 25】

前記透過膜は、ビニルモノマーで作られるポリマーである請求項 19 記載の方法。

【請求項 26】

前記透過膜は、帯電しているポリマーまたは、電界を受けるとき、電荷を捕捉することができるポリマーである請求項 19 記載の方法。

【請求項 27】

前記壁は、流体用出口を形成する少なくとも一つの開口を含み、前記方法は、電流を前記電極パッドに供給し前記透過膜を変形させ、該少なくとも一つの開口を閉じるステップを含む請求項 19 記載の方法。

【請求項 28】

前記壁は、外面と、流体用流路を形成する少なくとも一つの凹部を有する内面とを含み、前記方法は、電流を前記電極パッドに供給し前記透過膜を変形させ、該凹部を閉じるステップを含む請求項 19 記載の方法。

【請求項 29】

前記バルブアッセンブリは、複数の前記電極パッドと、複数の流体用流路を含む前記壁とを含み、前記方法は、選択的に前記電極パッドを作動させ、前記透過膜を変形させ、各流体用流路を閉じるステップを含む請求項 19 記載の方法。

【請求項 30】

10

20

30

40

50

前記透過膜は、透水膜である請求項 1 記載のアクチュエータ。

**【請求項 3 1】**

前記透過膜は、該透過膜が膨張するとき、増大し、該透過膜が収縮するとき、減少する厚さを有している請求項 1 記載のアクチュエータ。

**【請求項 3 2】**

正の電流が前記電極パッドに供給される場合、前記透過膜の厚さは、減少し、該正の電流が遮断される場合、該透過膜の厚さは、増大する請求項 1 記載のアクチュエータ。

**【請求項 3 3】**

前記電極パッドに接続される直流電源をさらに含み、該電源は、所定の期間、正または負の電荷を前記電極パッドに供給し、該透過膜の変形状態を維持するように該正または負の電荷を断続的に該電極パッドに供給するためのコントローラを有する請求項 1 記載のアクチュエータ。10

**【請求項 3 4】**

正の電流が前記電極パッドに供給される場合、前記透過膜の厚さは、減少し、該正の電流が遮断された場合、該透過膜の厚さは、増大する請求項 7 記載の超小型バルブ。

**【請求項 3 5】**

前記透過膜は、該透過膜が膨張するとき、増大し、該透過膜が収縮するとき、減少する厚さを有している請求項 7 記載の超小型バルブ。

**【請求項 3 6】**

前記透過膜は、該透過膜が膨張した場合、増大する厚さを有している請求項 19 記載の方法。20

**【請求項 3 7】**

正の電流が前記電極パッドに供給される場合、前記透過膜の厚さは、減少し、正の電流が遮断される場合、該透過膜の厚さは、減少する請求項 19 記載の方法。

**【請求項 3 8】**

少なくとも 1 つの電極パッドを有する基底基板と、

前記基板に重なる第 1 の部分と、前記電極パッドに重なる第 2 の部分とを備え、縦寸法を有し、電流が前記電極パッドに供給される場合、該縦寸法を横切る方向に変形可能とされる前記電極パッド上の平坦な高分子透過膜と、

前記電極パッドに接続され、所定の期間、正または負の電荷を選択的に該電極パッドに供給するためのコントローラを含む直流電源と、30

前記透過膜から離隔され、該膜との間に流路を形成する壁とを含み、該透過膜は、電流が前記電極パッドに供給され、該電流が遮断されるとき、前記電極パッドの領域における該透過膜から突出する突起を形成するように該透過膜を膨張させ、実質的に該流路を該突起により閉鎖する場合、変形可能であり、

前記直流電源の前記コントローラは、前記透過膜の変形状態を維持するように前記電極パッドに断続的に前記電荷を供給する超小型バルブ。

**【請求項 3 9】**

超小型流体装置のバルブアッセンブリを作動させる方法であって、

少なくとも一つの電極パッドを備える基底基板と、該基板における第 1 の部分、および、該電極パッド上の第 2 の部分を有する変形可能な透過膜と、該透過膜との間に流路を形成するように該透過膜から離隔される上壁とを有する超小型バルブアッセンブリを設け、該透過膜は、前記流路を閉鎖するように電流が遮断後、ある期間、該電極パッドにおける領域内に突起を形成し、変形したままであるステップと、

突起を形成するように前記透過膜を膨張させ、該流路を該突起により閉じるように変形した状態で該透過膜を維持するように、所定の間隔および十分な期間、電流を前記電極パッドに供給するステップと、

を含んでなる方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

10

20

30

40

50

**【0001】**

本発明は、超小型装置、および、超小型装置を作動させるアクチュエータ装置について述べられている。さらに詳細には、本発明は、超小型流体装置において使用するためのバルブ構造、および、超小型バルブを作動させるための超小型装置について述べられている。

**【背景技術】****【0002】**

様々な超小型装置は、その分野において知られており、異なる作業を行う。近年、関心事となる一つの用途は、流体制御装置における分野、特に、超小型バルブである。その超小型バルブは、薬物送達の分野、内燃機関の燃料送出システム、ならびにインクジェットプリンタなどの多くの産業上の用途において有効であることが明らかとなっている。これらの装置は、多くの異なる方法により作られる。

10

**【0003】**

電子機器および集積回路チップの製造において通常使用されるその多くの技術は、超小型機械装置のマイクロマシニングに適している。これらの超小型装置は、代表的には、マイクロエレクトリカルメカニカルシステム（MEMS）と呼称される。その装置は、非常に小さく、多数の種類の材料で作られ得る。一般的な材料は、集積回路部門で使用されるシリコンウェーハ形のシリコンである。使用され得る他の材料は、ガラスおよびセラミックである。

**【0004】**

20

超小型バルブの例としては、johnson等に与えられた米国特許第605669号に開示されている。その超小型バルブは、バルブシートを備えるシリコンダイヤフラムおよび流路を含んでいる。そのダイヤフラムは、ダイヤフラムが撓んだ場合、バルブシートに対し閉じるように位置決めされている。別個の作動力が、バルブを開閉するようにそのダイヤフラムに加えられる。その作動装置は、そのダイヤフラムの一方側に力を加えるための圧力がかかっている液体、またはソレノイド機構であってもよい。

**【0005】**

ガスクロマトグラフィーアッセンブリにおけるバルブのソレノイド作動は、Terrry等に与えられた米国特許第4582624号に開示されるように知られている。その作動力は制御することが難しく、また、十分な力をもたらすことが困難なのでこれらの装置は、そのバルブを作動するうえで必ずしも有効ではない。また、そのソレノイド作動式装置は、製造するのに高価であり、装置の一部が効率よく製造されない。

30

**【0006】**

他の超小型アクチュエータ装置は、Trahan等に与えられた米国特許第5344117号に開示されている。そのアクチュエータは、シリコン本体の下部に形成される凹部内に湾曲される湾曲要素を有するシリコン本体で作られている。圧力要素は、その湾曲要素の上面に結合され、その湾曲要素の撓みを引き起こす。その圧力要素は、熱膨張および熱収縮で作用するように開示されている。

**【0007】**

超小型バルブ装置を作動させる他の方法は、柔軟なダイヤフラムを撓ませるために静電力を使用するものである。そのダイヤフラムは、バルブシートを接触させることにより、そのバルブの出口を密封するために使用されている。その静電力は、確実かつ安定した方法で作り出されないことがわかる。この形式の装置の例としては、米国特許第452624号に開示されている。

40

**【0008】**

超小型ポンプは、また、様々な用途で知られており、特にインクジェットプリンタを駆動させることで知られている。これらのポンプは、代表的には、その膜を移動させポンピング動作を引き起こすことができる膜に固定された圧電性結晶を有している。この形式の装置の利点は、その膜が温度変化とともに変形できるので温度により変化をもたらされることである。

50

**【0009】**

他の形式の超小型装置は、電動アクチュエータにより作動される。一例としては、バイメタル材料で作られた複数の脚部を有する装置である。そのバイメタルの脚部は、加熱され、それぞれ異なる膨張係数により脚部内に応力および反りを引き起こす。その脚部の反りがその装置を作動させる。アクチュエータがオリフィス内の流体流れを増減させるように制御することもたらすことができるのでこれが、超小型バルブを作動させる典型的な方法である。

**【0010】**

他の超小型バルブの構造、および、そのバルブの制御および作動方法は、Gordon等に与えられた米国特許第5058856号、Barthに与えられた米国特許第5780780号、Lisec等に与えられた米国特許第5681024号、Stevenson等に与えられた米国特許第5429713号に開示されている。10

**【0011】**

- 【特許文献1】米国特許第605669号明細書
- 【特許文献2】米国特許第4582624号明細書
- 【特許文献3】米国特許第5344117号明細書
- 【特許文献4】米国特許第452624号明細書
- 【特許文献5】米国特許第5058856号明細書
- 【特許文献6】米国特許第5780780号明細書
- 【特許文献7】米国特許第5681024号明細書
- 【特許文献8】米国特許第5429713号明細書

20

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0012】**

超小型装置、特に超小型バルブを制御するための先の装置は、多くの目的についてうまくいっている。しかし、他の目的においては不十分な成果しかあがっていない。

**【0013】**

従って、様々な超小型装置用の改善された作動装置がその業界において必要とされている。

**【課題を解決するための手段】**

30

**【0014】**

本発明は、超小型バルブ、および、超小型装置を作動させるためのアクチュエータ装置について述べられている。さらに詳細には、本発明は、超小型バルブのような超小型流体装置、および、超小型装置を作動させるためのアクチュエータについて述べられている。

**【0015】**

従って、本発明の第1の目的は、薬物送達の分野のような様々な医療用途に使用され得る超小型バルブを提供することである。

**【0016】**

本発明の他の目的は、マイクロマシン技術により製造され得る超小型バルブを提供することである。

40

**【0017】**

本発明のさらなる目的は、マイクロエレクトロメカニカル法により製造され得る超小型アクチュエータを提供することを目的とする。

**【0018】**

本発明の更なる他の目的は、最小限の数の移動部品を有し、製造するのも経済的である超小型バルブを提供することである。

**【0019】**

本発明の他の目的は、ポリマー材料で作られた膜を有する超小型バルブを提供することであり、そのポリマー材料は、その膜がバルブシートに接触しそのバルブを閉じるように電流をその膜に供給することにより変形される。

50

**【0020】**

本発明の他の目的は、透過膜を備える電極パッドを有する超小型バルブを提供することであり、その透過膜の厚さは、電流をその電極に供給することにより、膨張可能な厚さである。

**【0021】**

本発明の他の目的は、バルブシートから離隔され取り付けられる透水膜を備える超小型バルブを提供することを目的とし、その膜は、正の電荷が電極パッドに供給される場合、第1の方向に変形し、負の電荷が供給される場合、第2の方向に変形する。

**【0022】**

本発明のさらなる目的は、超小型装置のアクチュエータを提供することであり、そのアクチュエータは、電極、および、電流が電極に供給される場合、変形せしめられる透過層を含む。 10

**【0023】**

本発明のさらなる他の目的は、透過膜を備える電極を有する超小型装置のアクチュエータを提供することであり、その膜は、電流が供給される場合、その電極に対し垂直の方向に膨張する。

**【0024】**

本発明の他の目的は、超小型装置用アクチュエータを提供することであり、そのアクチュエータは、超小型装置に影響を与え、正の電荷または負の電荷をそのアクチュエータに選択的に供給することにより作動される。 20

**【0025】**

本発明の様々な目的および利点は、基本的には、超小型装置用アクチュエータを提供することにより達成される。そのアクチュエータは、透水膜を有する電極パッドと、その透水膜に接触するアクチュエータ部材とを含む。その透水膜は、膨張し、そのアクチュエータ部材を移動させるために電流が電極パッドに供給される場合、接触するように選択される。

**【0026】**

本発明の目的は、さらに、電極パッド上に透過膜を備える少なくとも一つの電極パッドを有する基底基板を含む超小型バルブを提供することにより達成される。

その透過膜は、電流が電極パッドに供給される場合、変形可能である。上壁は、透水膜から離隔され、透水膜との間に流路を形成する。その透過膜は、電流が電極パッドに供給される場合、実質的に流路を閉鎖するように変形可能である。 30

**【0027】**

本発明の目的は、さらに超小型流体装置のバルブアッセンブリを作動させる方法を提供することにより達成される。その方法は、少なくとも一つの電極パッドを備える基底基板と、電極パッド上の変形可能な透水膜とを有する超小型バルブアッセンブリを設けるステップを含んでいる。上壁は、透過膜との間に流路を形成するように透過膜から離隔されている。電流は、電極パッドに十分な期間供給され、透水膜を膨張させ、流路を閉じる。

**【0028】**

本発明における目的、利点、および他の顕著な特徴は、この最初の開示の一部を形成する添付された図面とともに、本発明の以下の詳細な説明から当業者にとって明らかとなるだろう。 40

**【発明を実施するための最良の形態】****【0029】**

本発明は、超小型装置および超小型装置を作動させるための動作装置について述べられている。さらに、本発明は、超小型の電気機械装置、および、超小型の電気機械装置を作動させる方法に関する。図に示される本発明の第1実施例における超小型電気機械のアクチュエータ装置は、アクチュエータ12およびバルブハウジング14を含むバルブ本体10である。バルブ10は、多数の異なる形式の超小型装置に使用され得るものであり、特に、生物学的試料のテストおよび分析のための超小型流体用装置に適している。本発明に 50

おいて示される実施例では、本発明がマイクロバルブに限られるものではないことは了解されるであろうが、アクチュエータ12は、マイクロバルブで使用される。当業者は、超小型装置の動作が必要とされる多数の異なる用途のためにそのアクチュエータが使用され得ることを理解するだろう。

#### 【0030】

本発明の第1実施例を示す図1～図5を参照するに、本発明の第1実施例は、基底基板16および透過膜18を有するアクチュエータ12を含んでいる。ベース16は、バルブ本体10を形成するようにハウジング14に結合される。

#### 【0031】

ベース16は、示されるように上面20および下面22を有する概ね平板状の部材である。さらなる実施例において上面20は、特にそのバルブの設計上の要求に対応するよう10に湾曲され、または、カーブがつけられ得るが、図1に示される実施例においては、上面20は、概ね平面である。電極24および対電極26は、ベース16の上面20に結合されている。本発明の好ましい実施例において、電極24および26は、十分な間隔をもって互いに離隔され、もっと詳細に後述されるように透過膜18における選択された領域に電荷をもたらす。電極24および26は、それぞれ、リード25および27により適当な電源に接続される。代替的に、電極24および26は、その分野において知られる配線または他の適切な電気回路により電源に接続され得る。

#### 【0032】

電極24および26は、アクチュエータ12の使用中、安全な位置で電極を維持するようにベース16に接合される電気導電性金属で作られている。好ましい実施例において、電極24および26は、電気部品および電気回路の知られた製造方法により作られ、ベース16に固定される。それらの電極は、代表的には、集積回路を製造するために通常使用されるフォトリソグラフィーの方法により作られる。

#### 【0033】

図1～図5の実施例において、単一の電極24および単一の対電極26は、ベース16に設けられている。いくつかの電極および対電極は、アクチュエータ12の特定の必要条件に依存して使用され得ることは理解されるだろう。絶縁層29、即ち、不動態化層は、電極24および対電極26上に露出した部分を形成するようにベース16および電極24の一部に施される。透過膜18は、知られた方法でベース16と、電極24および電極26とに接合されている。本発明の好ましい実施例において、透過膜18は、電極16、電極24および26上に積層または直接的に形成される透水膜である。示される実施例において、透過膜18は、ベース12のかなりの部分に重なるように寸法を有している。好ましくは、透過膜18は、電極24および対電極26の露出部分を完全に覆うように寸法を有している。

#### 【0034】

図2に示されるように、透過膜18は、第1の大きな部分28および大きな部分28と一緒に形成される第2の小さな部分30を有している。透過膜18の小さな部分30は、電極24の露出部分に重なり、大きな部分28の厚さより大なる厚さを有する透過膜18の中央に、厚くした部分を形成する。好ましい実施例において、第1の大きな部分28は、ベース16、電極24および26と同一の広がりをもっている。透過膜18の第2の小さな部分30は、電極24を覆うような寸法を有する。本発明における好ましい実施例において、電気的な絶縁層29は、電極24を包囲し、電極24と対電極26とを絶縁するように含まれている。

さらなる実施例においては、その透過膜18が、ベース16全体に渡って均一な厚さで作られてもよい。

#### 【0035】

バルブハウジング14は、図1～5に示される上壁34を含み、概ね平坦な構成をもった外面36を有している。好ましくは、バルブハウジング14および上壁34は、ベース12の外寸法を補完する寸法を有している。上壁34は、その相対向する外縁38から下

10

20

30

40

50

方に向けて延在する脚部 3 6 を含んでいる。脚部 3 6 は、ベース 1 2 の外縁 3 8 に結合される外縁 4 0 を有し、ベース 1 2 から上壁 3 4 までの長さを有している。脚部 3 6 は、上壁 3 4 と透過膜 1 8 との間の流体用の溝 4 4 を形成するように寸法を有している。その流体用溝 4 4 の寸法は、膜 1 8 の変形量により決定される。代表的には、上壁 3 4 は、膜が弛緩した状態の場合、約 3 ~ 6 ミクロンの距離、膜 1 8 から離れている。開口 4 6 は、外面 3 6 と内面 4 8 との間に広がる上壁 3 4 内に設けられている。開口 4 6 は、好ましくは、電極 2 4 のすぐ上に配置される。示される実施例において、上壁 3 4 は、上壁 3 4 に結合され、開口 4 6 を取り囲み、バルブ 1 0 の溝 4 4 からの流体を導く環状のコラム 5 0 を含んでいる。

## 【 0 0 3 6 】

10

図 1 ~ 図 3 の実施例において、バルブ 1 0 の溝 4 4 は、第 1 の入口端 5 2 および第 2 の出口端 5 4 で開口し、バルブ 1 0 内に延在する連続した流路をもたらす。

第 1 の開口端 5 2 は、パイプまたは他の適当な導管により流体源に連結される流体用の入口を形成する。溝 4 4 は、第 2 の端部 5 4 までバルブ 1 0 内を完全に貫通している。それにより、流体が第 2 の出口用開口のような他の位置に導かれる。代替的に、第 2 の端部 5 4 は、流体を必要とされる位置に導くようにパイプまたは導管に連結され得る。

## 【 0 0 3 7 】

一実施例において、マイクロバルブ 1 0 は、図 1 A に示されるような薬物の注入装置 5 6 内に内臓され得る。薬物の注入装置 5 6 は、導管 6 0 によりマイクロバルブ 1 0 に連結される薬物用貯留槽 5 8 を含んでいる。導管 6 0 は、適当な流体継手により入口端 5 2 に接続されている。コラム 5 0 は、流体を送出装置 6 4 に導く導管 6 2 に接続されている。電源 6 6 は、バルブ 1 0 を作動させるための電極 2 4 および 2 6 に接続されている。コントローラ 6 8 は、選択的に電流を電極 2 4 および 2 6 に供給するように電源 6 6 に接続される。電源 6 6 は、必要に応じて正または負の電流を電極 2 4 に、選択された間隔で所定期間、供給できる直流 (DC) 電源である。

20

## 【 0 0 3 8 】

透過膜 1 8 は、好ましくは、ヒドロゲル材料のような透水膜である高分子材料である。適切なヒドロゲル材料は、アガロース、および、ポリアクリルアミドポリマーを含む。電極 2 4 に印加された電荷が、透過膜 1 8 における変形を生じさせることはわかった。好ましい実施例において、正の電流が電極 2 4 に供給され、従って、該電極が陽極として作動する場合、電極 2 4 に接触する透過膜 1 8 の部分 6 9 が、正の電荷を得ながら電極 2 4 に対し垂直に収縮する。この膜の収縮は、膜の厚さの減少と伴っている。その後、その電流が遮断される場合、透過層内に電荷があると、その膜が、透過膜 1 8 の平面に対し垂直の方向に膨張する。

30

## 【 0 0 3 9 】

透過膜 1 8 における膨張量、即ち、膨張の程度は、ポリマーの性質および組成、透過膜 1 8 に供給される電流の強さおよび極性、電流の供給される期間、透過膜の厚さにより、決定される。電極の電気的な励起が、その膜内に電荷、またはイオンを生じさせ、電流が停止した場合、電荷が静電気の斥力を生じるように作用し、垂直方向の膨張をもたらすと考えられる。代表的には、その膜は、約 1 ~ 6 ミクロン膨張する。

40

## 【 0 0 4 0 】

完全に理解されているわけではないが、そのメカニズムは、電極 2 4 に負の電位が加えられるとき、アニオン種の同様な発生によるアニオン媒介性パームレイヤーの膨張にも適用され得ると考えられる。さらに実施例において、また、帯電した種（双極性、陽イオン、または負イオンのコモノマー等）を含む透過層は、電極 2 4 における反対の電荷の電位に従う期間およびときにおいて、容易く収縮せしめられ得ると考えられる。同様に、その透過層は、同じ電荷の電位に従う期間およびとき、膨張せしめられる。

## 【 0 0 4 1 】

図面を参照するに、透過膜 1 8 は、出口用開口 4 6 が開き、流体が溝 4 4 を通過でき、開口 4 6 を通じて出るように通常、弛緩状態にある。正の電荷は、電極 2 4 に加えられる

50

。一方、負の電荷が、数ミリ秒から数分までの期間、対電極 2 6 に加えられる。電気的な対処が終了するとき、透過膜 1 8 は、部分 6 9 で膨張し、図 4 に示されるように突起 7 0 を形成する。電極 2 4 および開口 4 6 は、突起 7 0 が膨張し開口 4 6 を閉鎖し流体流れを妨害するように配置されている。正の電荷は、短期間、加えられて遮断され、膜 1 8 が膨張し完全に開口 4 6 を閉鎖し得ることがわかった。電流が遮断されるとき、透過膜の変形は、開口 4 6 がこの期間閉鎖されたままであるようにある期間そのままであることがわかった。透過膜の変形は、透過膜 1 8 の組成および電流次第で数分から数時間の間そのままである。このようにして、電流は、バルブ 1 0 を閉鎖状態に維持するように断続的に加えられ得る。透過膜 1 8 は、電流が遮断された後、最終的に弛緩状態に戻るだろう。

#### 【 0 0 4 2 】

10

共有結合、または層に単純に捕捉されるカチオン種の存在などの透過層の種類および組成次第で、電極 2 4 に加えられる負の電荷が、帯電した部分の収縮を生じさせ、透過膜 1 8 の厚さを減少させると考えられる。このようにして、断続的な正の電荷は、電極 2 4 に加えられると、透過膜を変形させ、バルブ 1 0 を閉じる。負の電荷が、加えられると、透過膜 1 8 がその最初の形状に収縮または弛緩し、バルブ 1 0 を開ける。好ましい実施例において、制御装置 6 8 は、必要に応じてバルブ 1 0 を開閉するために正または負の電荷を加えるように選択的に電源 6 6 を作動させることができる。

#### 【 0 0 4 3 】

バルブ 1 0 は、好ましくは、約 1 . 5 c m × 約 1 . 5 c m 未満の外寸を有するマイクロバルブである。バルブ 1 0 の実際の寸法は、使用目的次第で変更できる。図 1 ~ 5 における実施例において、いくつもの出口および電極が設けられ得るが、単一の出口用開口が示されている。

20

#### 【 0 0 4 4 】

アクチュエータ 1 2 およびハウ징 1 4 は、好ましくは、バルブ 1 0 の最終の形状および寸法を作り出すように超小型電気機械の方法 ( M E M S ) により製造される。バルブ 1 0 は、シリコン、ガラス、二酸化珪素、プラスチック、またはセラミック材料などのような様々な材料で作られ得る。

#### 【 0 0 4 5 】

アクチュエータ 1 2 は、 N a n o g e n , I n c により製造され、その全体が本明細書の一部を構成する米国特許第 6 0 5 1 3 8 0 号公報に開示される“バイオチップ”に実質的に類似した構造を有している。示される実施例において、アクチュエータ 1 2 は、略正方形の電極 2 4 を有する電極パッドである。電極は、望み通りに円形または長方形であってもよい。電極の大きさは、約 5 ミクロンから約 5 0 0 ミクロンまでの範囲を有する。代表的には、電極 2 4 は、製造技術次第で約 1 0 ミクロンから約 1 0 0 ミクロンの範囲を有する。

30

#### 【 0 0 4 6 】

電極は、その分野で知られたマイクロリソグラフィーおよび / またはマイクロマシン技術により製造され得る。使用され得る他の技術は、電子線リソグラフィー、イオンビームリソグラフィー、および、分子線エピタキシーを含む。電極 2 4 は、基本的に、基材に金属層を適切な方法で張り付けることにより製造される。使用される実際の方法は、基材および張り付けられる特定の金属次第であろう。

40

#### 【 0 0 4 7 】

フォトレジスト層が、付けられ、電極の所望の形状が過剰金属をエッティングすることにより、作られる。残った金属が、超小型電極部位として機能する。超小型電極を作るために適した金属および他の材料は、アルミニウム、銅、炭素、鉄、銀、金、パラジウム、プラチナ、および、インジウム錫酸化物を含む。代表的に、絶縁材料は、超小型電極を互いに分離するように施される。適切な絶縁材料は、限定されるわけではないが、二酸化ケイ素、窒化ケイ素、ガラス、レジスト材料、ポリアミド、ゴム、プラスチック、セラミック材料を含む。

#### 【 0 0 4 8 】

50

酸化金属層は、超小型電極上に施され、即ち、形成され得るものであり、透過層18の結合のための基材をもたらす。単独あるいは結合した金属酸化物およびヒドロキシル基、ならびに、他の知られた材料は、超小型電極に透過層を付けるための共通結合の部位をもたし得る。いくつかの用途において、共有結合され超小型電極の表面に取り付けられた透過層を有することが望ましい。他の実施例において、透過層は、透過層の物理的な被膜により施され得る。例えば、プラチナまたは金で作られた超小型電極は、透過膜で覆われてもよい。

#### 【0049】

本発明における一つの実施例において、アクチュエータ12は、標準的なマスクデザインおよび標準的なマイクロリソグラフィー技術により製造される。基底基板は、代表的には、約0.5mmの厚さを有する1から2cmまでの正方のシリコンウェーハである。そのシリコンウェーハは、1から2ミクロンまでの厚さの二酸化ケイ素の絶縁被膜で先ず保護被覆されている。その二酸化ケイ素は、プラズマ強化化学蒸着法(PECVD)により施され得る。

10

#### 【0050】

アルミニウムのような金属層は、真空蒸着により蒸着され、約0.2ミクロンから0.5ミクロンまでの厚さの層を形成する。または、その金属層は、スパッタリング技術により付けられる。様々な方法および材料が、基材に対する金属層の接合を強化するように基材に適用され得る。ポジタイプのフォトレジストは、それから、付けられ、所望の電極形状でマスキングが行われる。フォトレジスト層は、露光および現像される。光可溶化されたレジストは、除去され、露出された金属層は、所望されるパターンを作るようエッチングされる。

20

#### 【0051】

約0.2ミクロンから0.4ミクロンまでの厚さの二酸化ケイ素の層に次いで載せられる0.1ミクロンから0.2ミクロンまでの窒化ケイ素(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)は、その基材に施される。その基材は、それから、ポジタイプのフォトレジストで覆われ、電極用にマスキングされ、露出されて現像される。その光可溶化されたレジストは、除去され、その二酸化ケイ素および窒化ケイ素層は、電極を露出させるようにエッチングされる。

#### 【0052】

その透過膜は、それから、露出された電極に張り付けられる。透過膜を張り付けるために使用され得るその設計および技術は、綿織物(ローン)、織り布(メッシュ)、多孔質体を含んでいる。その透過膜は、約10ミクロンから30ミクロンの厚さの層を有している。ひとつの実施例において、修飾親水性ゲルは、基材内の空孔を満たすように20%から35%までのポリアクリルアミド、0.1%のポリリシンを含むものが施される。この材料は、約2nmから約10nmまでの空孔精度をもってゲル状の被膜を形成する。その透過膜により、その電極がDCモードで役立つことができ、小さな対イオンがその透過膜を通過できる。

30

#### 【0053】

ローンタイプの透過膜は、その表面から垂直方向に直線状分子、またはポリマーの配列を含んでいる。これらの構造は、分子間の最小の橋かけで親和性ポリマー分子を金属表面に付けることにより形成される。

40

#### 【0054】

メッシュタイプの透過膜は、ポリマー分子の不規則な配列により形成される。その分子は、橋かけの程度により決定される平均空孔サイズを有するメッシュ状構造を形成する。これらの構造は、ヒドロゲル型の材料で作られ得る。適した材料の例としては、アガロース、グリオキシルアガロース、ポリアクリルアミド、ポリメタクリルアミド、ポリアクリラート、ポリメタクリレートおよびそれらのコポリマーからなる群から選択されたポリマーを含む。重合、および架橋された他の生物学的材料または非生物学的材料は、使用され得る。一般に、ポリマーは、ビニルモノマー(vinylic monomers)で作られる。これらの材料は、その基材の表面上にスピンドルコーティングにより施される。本發

50

明の他の実施例において、透過膜は、帯電しているポリマー、または、電界を受けるとき、電荷を捕捉できるポリマーで作られ得る。

#### 【0055】

ポアタイプの透過膜は、透過膜の表面形式で電極パッドに溝または孔を直接に形成する材料を使用する。適した材料の例としては、ポリカーボネイト、ポリスルホン、およびガラス材料などを含む。この形式の透過膜は、物理的および化学的に金属表面に固定されなければならない。

#### 【0056】

ハウジング14は、同様なマイクロマシンまたはフォトリソグラフィーの方法により形成され得る。ハウジング14の脚部36は、リソグラフィーまたは機械加工により形成され得る。代替的に、脚部36は、適切な技術により上壁34に接合される個別の部材として形成されてもよい。脚部36は、超小型機械装置産業において通常使用される知られた接合技術を使って基底16に接合されている。

#### 【0057】

図1～図5は、その透過膜が変形しバルブ構造において出口用開口に接触し密封する超小型バルブを製造するための本発明に係る一つの実施例を示す。図6に示される本発明における代替的な実施例において、バルブ70は、アクチュエータ72およびハウジング74を含んでいる。アクチュエータ72は、図1～図5のアクチュエータと実質的に同様であり、基底76、電極パッド78、絶縁層80、および、透過膜82を含む。ハウジング14は、その中を延在する通路86を有する本体部84で作られている。溝88は、出口用溝を形成するように通路86に連通する本体部84の上面に形成されている。上壁90は、溝88および通路86を包囲するように本体部84に取り付けられている。バルブ70は、所定期間、電荷を電極パッド78に加えることによる同様な方法で作動される。その結果、透過膜は、図6の想像線により示されるように、膨張し通路86を閉鎖する。上述の実施例のように、その電流は、バルブ10を選択的に開閉するように反転され得る。

#### 【0058】

##### 図7および図8における実施例

図7および図8は、本発明に従うバルブ90の第2の実施例を示す。バルブ90は、図1～図5における実施例に類似しており、アクチュエータ90およびバルブハウジング94を含んでいる。アクチュエータ92は、上述の実施例と類似しており、ベース95、電極パッド96、および電極パッド96を包囲する絶縁層98を含んでいる。透過膜100は、電極パッド96および絶縁層98上に施されている。

ハウジング94は、下面102および上面104を有している。下面102は、第1の端部108からハウジング94の第2の端部110まで延在する流れ溝106を含んでいる。図7に示されるように、溝106は、透過膜100および電極96の真上に延在している。溝106は、概ね平坦な上面112および真っ直ぐな側壁114で形成されるように示されている。代替的な実施例において、溝106は、V字状の溝を形成するような傾斜した側壁、または、U字状の溝を形成するように湾曲した側壁を有するものでもよい。好みの実施例において、溝106は、マイクロマシンまたはフォトリソグラフィー法により形成される。従来、溝106を形成するために使用されるその方法は、溝106の最終形状を決定する。例えば、溝106をエッティングするために使用される腐食液が、真っ直ぐな側壁が形成されるか、傾斜した側壁が形成されるかを決定する。

図7および図8において、ハウジング94の下面102は、下面102と透過膜100との間に流体流れがないようにじかにアクチュエータ92に結合される。

代替的な実施例において、下面102は、上述の実施例のように透過膜100から離隔されてもよい。

#### 【0059】

バルブ90は、上述の実施例と同様な方法で作動される。電荷は、電極パッド96に供給されて、透過膜100が図8に想像線により示されるような形状に膨張し、溝106の断面部を埋め、その通路を閉鎖する。上述の実施例のように、電極パッド96に通じる電

10

20

30

40

50

流を反転させると、透過膜 100 がその最初の形状に戻り溝 106 を開く。

#### 【0060】

##### 図9～図12の実施例

図9～図12を参照するに、本発明の他の実施例は、アクチュエータ122およびバルブハウジング124を含むバルブアッセンブリ120について述べられる。アクチュエータ122は、上述の実施例と実質的に同様であり、ベース126、電極パッド128、絶縁層130、透過膜132を含む。

バルブハウジング124は、上面138に形成され長手方向の流れ用の溝136を有する本体134を含む。実施例に示される溝136は、概ねU字形を有し、第1の端部140から第2の端部141まで延在している。開口142は、上面138から下面144まで本体134を貫通している。開口142は、図11に示されるように、溝136が開口142の中心を貫通するように溝136と同心とされている。バルブ用部材146は、開口142内に設けられ図9に示される開いた位置と図12に示される閉じた位置との間を往復する。

#### 【0061】

図9および図10を参照するに、バルブ用部材146は、開口142の形状および寸法を相補する側壁148を有する概ね円柱状部材である。バルブ用部材146の下端150は、概ね平坦であり、透過膜132に接触する。上壁152は、開口142の上端および溝136を閉鎖するようにバルブ本体134に結合されている。バルブ用部材146の上端154は、バルブ用部材146が閉じた場合、上壁152に合うように概ね平坦である。

#### 【0062】

バルブアッセンブリ120は、電流を電極パッド128に供給することにより、透過膜132が図12に示されるように変形し膨張することによって作動される。透過膜132の膨張が、バルブ部材146を上壁152に向けて押し動かし、溝136を閉じる。示される実施例において、凹部156は、透過膜132の膨張のための逃げ部を形成するようにバルブ本体134の下面144に設けられている。バルブ部材146は、透過膜132の膨張および収縮により開口142内を往復動するように透過膜132に取り付けられ得る。更なる実施例においては、バルブ部材146は、開状態となるように透過膜132に向かって付勢されてもよい。

#### 【0063】

##### 図13の実施例

図13は、マルチバルブアッセンブリを使用するためのアクチュエータ160の他の実施例を示す。示されるようなアクチュエータ160は、ベース162、および、ベース上から離隔されるいくつかの電極パッド164を含む。この実施例において、二つの対電極166が設けられている。上述の実施例のように、変形可能な透過膜およびバルブハウジング(不図示)が設けられている。得られるバルブは、上述の実施例と同じように作動される。

#### 【0064】

いくつかの実施例が、本発明を説明するために選択されたが、本装置の様々な変更および修正が添付した請求の範囲において定義されたような発明の範囲から逸脱することなくなされ得ることは当業者によって理解されるだろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0065】

【図1】電極パッドおよびバルブハウジングを示す本発明の第1の実施例におけるマイクロバルブ装置の分解した斜視図である。

【図1A】本発明の装置を合体する薬物送出装置の概略図である。

【図2】解放され開状態にあるバルブ構造を示す図1のマイクロバルブ装置の側断面図である。

【図3】解放され開状態にあるバルブ構造を示す図1のマイクロバルブ装置の端部の断面

10

20

30

40

50

図である。

【図4】作動され閉状態にあるバルブ構造を示す図1のマイクロバルブの構造の側断面図である。

【図5】作動され閉状態にあるバルブを示す図1のバルブ装置の端部の断面図である。

【図6】本発明の第2の実施例におけるマイクロバルブの構造の側断面図である。

【図7】本発明の第3の実施例におけるマイクロバルブの構造の端部の断面図である。

【図8】図7の実施例におけるマイクロバルブの側断面図である。

【図9】電極パッド、可動弁、バルブハウジングを示す本発明の第4の実施例におけるマイクロバルブの構造の側断面図である。 10

【図10】図9における10-10線に沿って示されるマイクロバルブの構造の断面図である。

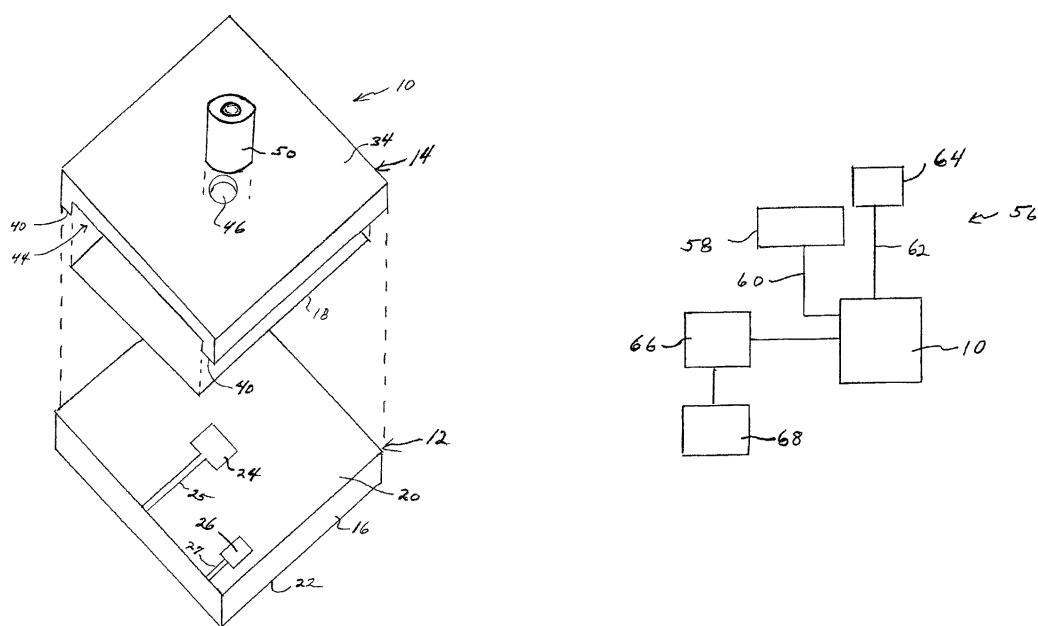
【図11】図9における11-11線に沿って示されるマイクロバルブの構造の上部の断面図である。

【図12】閉状態における図9のマイクロバルブの構造の側断面図である。

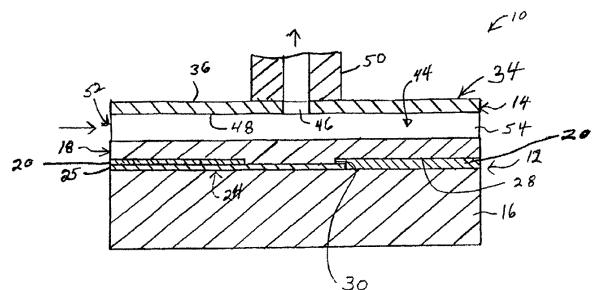
【図13】本発明の他の実施例におけるマイクロバルブ装置の電極パッドおよび膜の平面図である。

【図1】

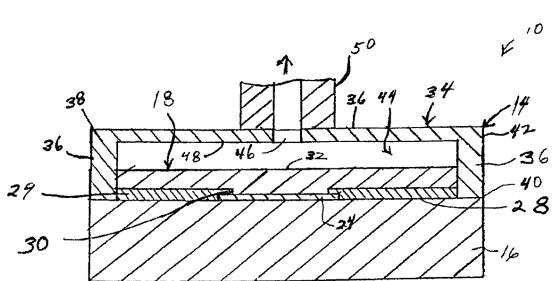
【図1A】



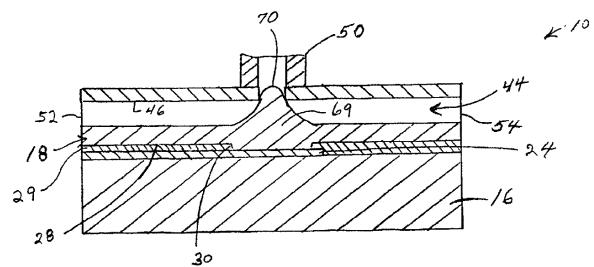
【図2】



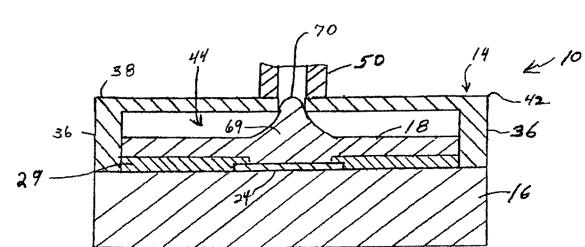
【図3】



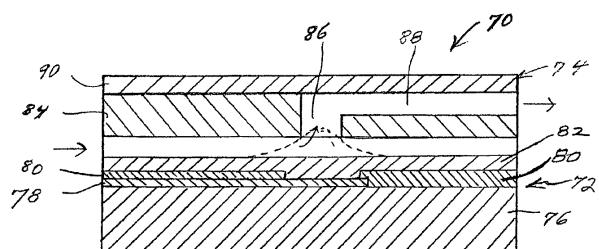
【図4】



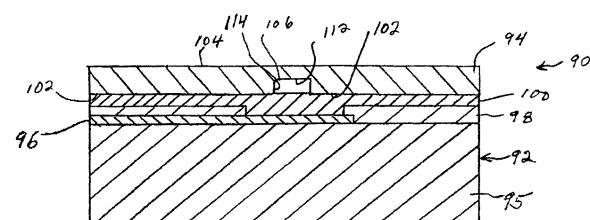
【図5】



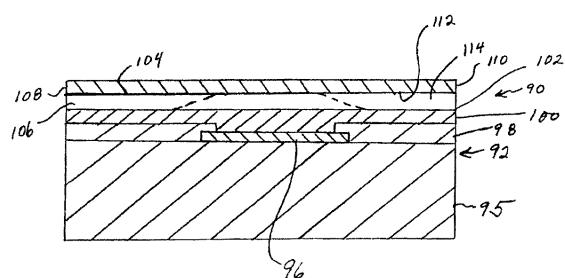
【図6】



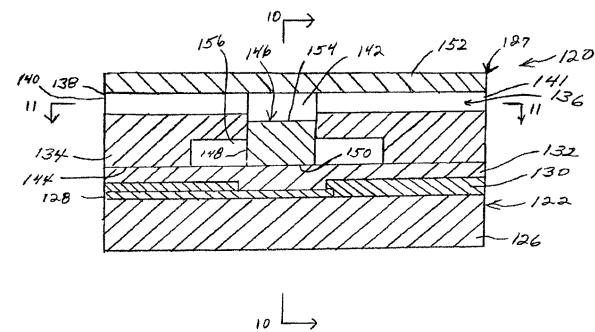
【図7】



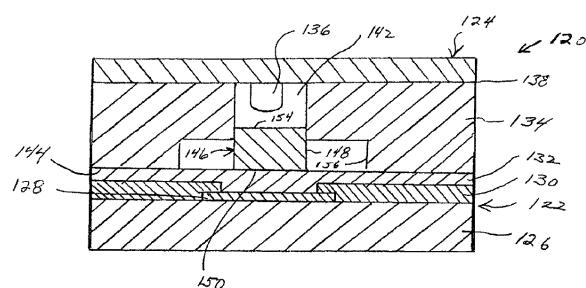
【図8】



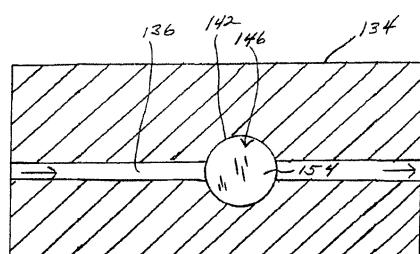
【図9】



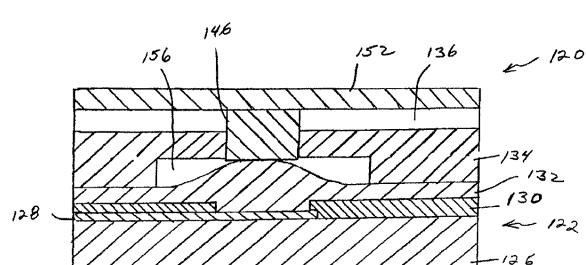
【図10】



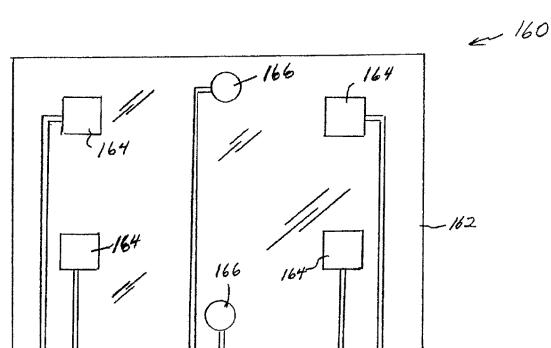
【図11】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

(73)特許権者 399030381

ナノゲン・インコーポレイテッド

NANOGEN, INC.

アメリカ合衆国 92121 カリフォルニア州サンディエゴ、パシフィック・センター・コート 10

398 番

(74)代理人 100077481

弁理士 谷 義一

(74)代理人 100088915

弁理士 阿部 和夫

(72)発明者 トーマス ウィンガー

アメリカ合衆国 92128 カリフォルニア州 サン デイエゴ ナンバー 2 ヘザートン コート 12475

(72)発明者 ジョン エバンス

アメリカ合衆国 90292 カリフォルニア州 マリナ デル レイ タヒチ ウェイ 140  
55 アパートメント 105

(72)発明者 ノエル ハーベイ

アメリカ合衆国 27243 ノースキャロライナ州 エフランド ユーエス 70 ウエスト  
3211

審査官 北村 一

(56)参考文献 特開2000-179729 (JP, A)

実開平05-057551 (JP, U)

特開平02-041685 (JP, A)

特開2000-253682 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16K 31/02

B81B 3/00