

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012 年 1 月 19 日(19.01.2012)

(10) 国際公開番号
WO 2012/008384 A1

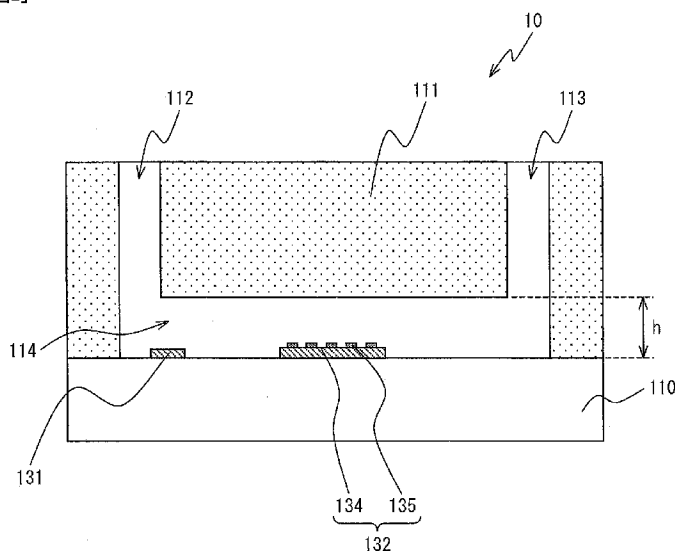
PCT

- (51) 国際特許分類:
G01N 35/08 (2006.01) G01N 37/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/065724
- (22) 国際出願日: 2011 年 7 月 8 日(08.07.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-162157 2010 年 7 月 16 日(16.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 三枝 理伸 (MIEDA, Michinobu). 北川 俊明 (KITAGAWA, Toshiaki).
- (74) 代理人: 特許業務法人原謙三国際特許事務所 (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADE-MARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DUCT STRUCTURE, METHOD FOR PRODUCING SAME, ANALYSIS CHIP, AND ANALYSIS DEVICE

(54) 発明の名称: 流路構造体及びその製造方法、並びに、分析チップ及び分析装置

[図2]



(57) Abstract: In the disclosed duct structure, a working electrode (132) that generates driving force that propels a solution along a duct (114) and a reference electrode (131) that generates driving force by generating a predetermined potential difference with respect to the working electrode (132) are formed, and on the surface of the working electrode (132) that contacts the solution, a hydrophobic portion (135) that is highly hydrophobic and a hydrophilic portion (134) that is highly hydrophilic are formed. As a result, solution that has been stopped on the working electrode is reliably moved.

(57) 要約: 流路 (114) に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極 (132) と、作用電極 (132) との間に所定の電位差を生じさせて駆動力を生じさせる参照電極 (131) とが形成され、作用電極 (132) の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水性部分 (135) と親水性の高い親水性部分 (134) とが形成されている。これにより、作用電極上に停止させ

た溶液を確実に移動させる。

明 細 書

発明の名称：

流路構造体及びその製造方法、並びに、分析チップ及び分析装置

技術分野

[0001] 本発明は、生体物質及び自然環境における物質等の微量化学分析に用いる流路構造体及びその製造方法、分析チップ、並びに、分析装置に関する。より詳細には、作用電極上に停止させた溶液を確実に移動させることができる流路構造体などに関する。

背景技術

[0002] 免疫分析法は、医療分野、生化学分野、及びアレルゲンなどの測定分野等において、重要な分析若しくは計測方法として知られている。しかし、従来の免疫分析法は、操作が煩雑である上に、分析に一日以上の時間を要するといった問題点があった。

[0003] このような中、基板にマイクロメートルオーダーの流路（以下、適宜「マイクロ流路」、又は、単に「流路」と略称する）を形成し、このマイクロ流路に抗体等を固定化することにより、分析時間の短縮化や分析操作の簡略化を図るマイクロ分析チップ（以下、適宜「分析チップ」と略称する）が提案されている。

[0004] このような分析チップを用いて分析を行う場合、液導入孔から分析チップ内に溶液を導入し、該溶液を分析チップの内部で反応させ、液排出孔から分析チップの外部に溶液を排出する必要がある。従来、分析チップにおける溶液の移送（送液）には、ポンプなどの外部の動力源を用いていたが、ポンプは、分析チップに比べて大型であるため、分析チップを備える分析装置全体の小型化が図りがたいという問題点がある。

[0005] このため、分析装置に微細加工技術を用いてマイクロポンプを組み込む技術が提案されているが、マイクロポンプの組み込みには複雑で高度な加工技術を必要とする。また、マイクロポンプの容積に加え、マイクロポンプを駆

動するための周辺要素の組み込み容積が必要となるので、分析装置の十分なコンパクト化が、図り難いという問題点がある。

[0006] 他方、マイクロポンプを用いない溶液の送液方法として、親水性のマイクロ流路の毛細管力を利用する送液方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。このような、毛細管力を利用した従来のマイクロ流路の基本構造を図23に示す。図23に示すマイクロ流路は、第2基板110と第1基板111とから構成され、注入孔112、排出孔113、及び流路114が形成されている。注入孔112に溶液を滴下すると、毛細管力によって溶液が流路114を移動し、排出孔113側に移動する。よってポンプ等の外部の動力源を必要とせずに溶液を注入孔112側から排出孔113側に移動させることができる。

[0007] また、特許文献1及び2には、微小なマイクロ流路において、溶液の流れを制御するために、エレクトロウェットティング技術を用いたバルブ（エレクトロウェットティングバルブと称される）を用いる方法が提案されている。

[0008] このエレクトロウェットティングバルブ（以下、単に「EWバルブ」と略称する）の原理を、図15を用いて説明する。溶液を分析チップに導入すると、溶液は毛細管力によって流路114を流れ、参照電極（reference electrode）131を超えて流れて作用電極（working electrode）132上に達するが、作用電極132の表面は、ほぼ全面に亘って疎水性膜で被覆されており、その疎水性により、電圧が印加されていない場合は、溶液との接触角が大きくなる。

[0009] このため、作用電極132の周辺部の溶液に作用する表面張力と、流路幅及び流路高さなどで決まる流れ抵抗とが相まって、溶液は、流路を通過することができない。すなわち、電圧が印加されていないときは、EWバルブが閉じた状態となる。

[0010] 一方、電圧が印加されているときは、作用電極132において、作用電極132と溶液との間で仮想的なキャパシタを形成するようになり、作用電極132に溶液が引き寄せられる効果が小さくなる。つまり、見かけ上、作用

電極 1 3 2 表面の親水性が強くなる。これにより、溶液が作用電極 1 3 2 の周辺部を通過することができるようになる。すなわち、電圧が印加されているときは、EWバルブが開放された状態となる。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開 2 0 0 6 - 2 2 0 6 0 6 号公報（2 0 0 6 年 8 月 2 4 日公開）
特許文献2：日本国公開特許公報「特開 2 0 0 5 - 1 9 9 2 3 1 号公報（2 0 0 5 年 7 月 2 8 日公開）
特許文献3：日本国公開特許公報「特開 2 0 0 3 - 1 4 9 2 5 2 号公報（2 0 0 3 年 5 月 2 1 日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、上記特許文献 1 及び 2 に記載のマイクロ流路及びEWバルブを用いた技術では、単純に作用電極の表面全体を疎水性膜で被覆しているだけなので、作用電極周辺部の疎水性が高くなりすぎ、停止させた溶液を再度移動させるために参照電極及び作用電極間に印加する電圧が高くなりすぎるという問題点がある。
- [0013] 例えば、このように印加電圧が高くなりすぎた場合、溶液が電気分解され、気泡が発生することにより、作用電極上に停止させた溶液を毛細管力によって再度移動させることができなくなる可能性がある。
- [0014] なお、以上のような問題点について上記特許文献 1 及び 2 には、何ら記載されていないし、また、そのような示唆もない。一方、上記特許文献 3 に記載の技術は、基板材料にプラスチック材料を用いた従来の分析チップであり、流体の流路空間の移動制御の機構に関しては、一切記載されていない。
- [0015] 本発明は、前記問題点に鑑みなされたものであって、作用電極上に停止させた溶液を確実に移動させることができる流路構造体などを提供することを

目的とする。

課題を解決するための手段

- [0016] 本発明の流路構造体は、前記課題を解決するために、流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極と、該作用電極との間に所定の電位差を生じさせて前記駆動力を生じさせる参照電極とが形成された流路構造体において、前記作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とが形成されていることを特徴とする。
- [0017] 前記構成によれば、作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とが形成されている。
- [0018] 作用電極の表面上の任意の一点における、気液界面の界面張力を σ 、溶液の接触角を θ とすると、作用電極の表面上の任意の一点における毛細管力に影響する界面張力の駆動力方向の成分は、 $\sigma \cos \theta$ に比例する。
- [0019] このため、作用電極の表面上の疎水部の総面積を S_A 、親水部の総面積を S_B 、疎水部の接触角を θ_A 、親水部の接触角を θ_B 、とすると、作用電極上における溶液の駆動力は、 $\sigma \cos (\theta_A) \times S_A + \sigma \cos (\theta_B) \times S_B$ と相関がある。
- [0020] ここで、 $\cos (\theta_A) < 0$ （なお、疎水部の一部の領域は $= 0$ でも良い）、 $\cos (\theta_B) > 0$ であるから、作用電極上の溶液の駆動力は、作用電極の表面の全面が親水性材料で構成されている場合と比較して、負側にシフトする。
- [0021] また、作用電極上における溶液の駆動力が正となる印加電圧は、作用電極の表面に対する面積 S_A と面積 S_B との割合に依存し、面積 S_A の割合が小さい程、印加電圧は小さくなる。
- [0022] そこで、上述したように、本発明の流路構造体では、作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水部と親水部とを形成している。
- [0023] これにより、作用電極の周辺部の親水性又は疎水性の微妙な調整が可能となるので、作用電極の全面に疎水性膜を形成した従来のEWバルブと比べて、作用電極上における溶液の駆動力が正となる印加電圧をより小さくして適切な値とすることができる。このため、印加電圧を高くした場合に生じる溶

液の電気分解による気泡発生が抑えられ、外部の動力源を備えない流路構造体において、作用電極上に停止させた溶液の移動を的確に制御することが可能となる。

[0024] 以上より、本発明の流路構造体によれば、作用電極上に停止させた溶液を確実に移動させることができる。

[0025] また、上記特許文献 1 及び 2 に記載の技術、並びに、本発明のマイクロ分析チップは、共に流体の流路空間の移動制御の機構に関する技術であるが、上記特許文献 1 に記載の技術には、作用電極の表面の濡れ性（親水性／疎水性）に関しては何も記載されていない。

[0026] 一方、上記特許文献 3 には、そもそも流体の流路空間の移動制御の機構に関しては、一切記載されていない。

[0027] なお、流路内において参照電極及び作用電極は、少なくとも 1 つずつ存在していれば良い。よって、参照電極が 2 つ以上であっても良く、作用電極が 2 つ以上であっても良い。また、作用電極及び参照電極に加えて、参照電極への電流の流れを抑制し、参照電極の電位を安定させるために 1 つ以上の対向電極を設けてもよい。

[0028] また、本発明の流路構造体の製造方法は、前記課題を解決するために、流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極と、該作用電極との間に所定の電位差を生じさせて前記駆動力を生じさせる参照電極とが形成され、前記流路を形成するための流路形成溝が少なくとも形成された第 1 基板と、前記第 1 基板に形成された前記流路形成溝を封止する第 2 基板とを備えた流路構造体の製造方法であって、前記第 1 基板上に前記流路形成溝を形成する流路形成溝形成工程と、親水性の導電性材料で前記作用電極を作成し、該作用電極の一部を疎水化处理して該作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化处理工程と、前記第 2 基板上に前記作用電極を設置する作用電極設置工程と、前記第 1 基板に形成された前記流路形成溝を前記第 2 基板で封止する流路形成溝封止工程とを含んでいることを特徴とする。

[0029] 前記方法によれば、流路形成溝形成工程では、第1基板上に流路形成溝を形成する。また、疎水化処理工程では、親水性の導電性材料で作用電極を作成し、作用電極の一部を疎水化処理して作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する。また、作用電極設置工程では、親水性の導電性材料で、第2基板上に作用電極を設置する。また、流路形成溝封止工程では、第1基板に形成された流路形成溝を第2基板で封止する。

[0030] これにより、上述した流路構造体を容易に作成することができる。

[0031] また、本発明の流路構造体の製造方法は、前記課題を解決するために、流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極と、該作用電極との間に所定の電位差を生じさせて前記駆動力を生じさせる参照電極とが形成され、前記流路を構成するための流路形成孔が少なくとも形成された流路形成層と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から封止する第3基板と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の他方側から封止する第4基板とを備えた流路構造体の製造方法であって、前記流路形成層に前記流路形成孔を形成する流路形成孔形成工程と、親水性の導電性材料で前記作用電極を作成し、該作用電極の一部を疎水化処理して該作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化処理工程と、前記第4基板上に前記作用電極を設置する作用電極設置工程と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から前記第3基板で封止すると共に、前記流路形成層の他方側から前記第4基板で封止する流路形成孔封止工程とを含んでいることを特徴とする。

[0032] 前記方法によれば、流路形成孔形成工程では、流路形成層に流路形成孔を形成する。また、疎水化処理工程では、親水性の導電性材料で作用電極を作成し、作用電極の一部を疎水化処理して作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する。また、作用電極設置工程では、第4基板上に作用電極を設置する。また、流路形成孔封止工

程では、流路形成層に形成された流路形成孔を、流路形成層の一方側から第3基板で封止すると共に、流路形成層の他方側から第4基板で封止する。

[0033] これにより、上述した流路構造体を容易に作成することができる。

発明の効果

[0034] 本発明の流路構造体は、以上のように、作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とが形成されているものである。

[0035] また、本発明の流路構造体の製造方法は、以上のように、第1基板上に流路形成溝を形成する流路形成溝形成工程と、親水性の導電性材料で作用電極を作成し、作用電極の一部を疎水化处理して作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化处理工程と、第2基板上に作用電極を設置する作用電極設置工程と、第1基板に形成された流路形成溝を第2基板で封止する流路形成溝封止工程とを含んでいる方法である。

[0036] また、本発明の流路構造体の製造方法は、以上のように、流路形成層に流路形成孔を形成する流路形成孔形成工程と、親水性の導電性材料で作用電極を作成し、作用電極の一部を疎水化处理して作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化处理工程と、第4基板上に作用電極を設置する作用電極設置工程と、流路形成層に形成された流路形成孔を、流路形成層の一方側から第3基板で封止すると共に、流路形成層の他方側から第4基板で封止する流路形成孔封止工程とを含んでいる方法である。

[0037] それゆえ、作用電極上に停止させた溶液を確実に移動させることができるという効果を奏する。

[0038] 本発明の他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分分かるであろう。また、本発明の利点は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]本発明における流路構造体の実施の一形態の構造を示す（組立）構造図であり、（a）は、前記流路構造体の全体構造を示し、（b）は、前記流路構造体を分解したときの第2基板の構成を示し、（c）は、第1基板の構成を示す。

[図2]前記流路構造体に関し、図1の（a）に示すA-A'断面の断面図である。

[図3]前記流路構造体に関し、作用電極の一例の近傍を拡大した部分拡大図である。

[図4]前記流路構造体に関し、作用電極の他の一例の近傍を拡大した部分拡大図であり、（a）は、溶液の流れる方向（紙面に対して上下方向）に平行に配列する直線状のパターン（縞模様）を示し、（b）は、溶液の流れる方向に直交する方向に沿って配列する直線状のパターン（縞模様）の一例を示し、（c）は、溶液の流れる方向に直交する方向に沿って配列する直線状のパターン（縞模様）の他の一例を示し、（d）は、溶液の流れる方向に直交する方向に沿って配列する直線状のパターン（縞模様）のさらに他の一例を示す。

[図5]前記流路構造体に関し、EWバルブの動作原理を説明するための概念図であり、（a）は、電圧印加OFFの状態、（b）は、電圧印加ONの状態を示す。

[図6]本発明における流路構造体の他の実施の形態の構造を示す（組立）構造図であり、（a）は、前記流路構造体の他の実施の形態の全体構造を示し、（b）は、前記流路構造体を分解したときの第4基板（第2基板）の構成を示し、（c）は、流路形成層（中間層）の構成を示し、（d）は、第3基板の構成を示す。

[図7]前記流路構造体に関し、図6の（a）に示すB-B'断面の断面図である。

[図8]本発明における流路構造体のさらに他の実施の形態の構造を示す（組立）構造図であり、（a）は、前記流路構造体のさらに他の実施の形態の全

体構造を示し、（b）は、前記流路構造体を分解したときの第2基板の構成を示し、（c）は、第1基板の構成を示す。

[図9]前記流路構造体に関し、作用電極の近傍における流路構造の一例を拡大した部分拡大図である。

[図10]前記流路構造体に関し、作用電極の近傍における流路構造の他の一例を示す断面図である。

[図11]本発明における流路構造体のさらに他の実施の形態の全体構造を示す組立構造図である。

[図12]本発明における流路構造体のさらに他の実施の形態の全体構造を示す組立構造図である。

[図13]本発明における流路構造体のさらに他の実施の形態の全体構造を示す組立構造図である。

[図14]本発明における流路構造体のさらに他の実施の形態の全体構造を示す組立構造図である。

[図15]本発明における流路構造体のさらに他の実施の形態の構造を示す（組立）構造図であり、（a）は、前記流路構造体のさらに他の実施の一形態の全体構造を示し、（b）は、前記流路構造体を分解したときの第2基板の構成を示し、（c）は、第1基板の構成を示す。

[図16]本発明における分析チップの実施の一形態の全体構造を示す構成図である。

[図17]前記分析チップを分解したときの各基板の構成を示す構成図であり、（a）は、第1基板の構成を示し、（b）は、第2基板の構成を示す。

[図18]本発明における分析装置の実施の一形態及び装着前の前記分析チップの外観を示す斜視図である。

[図19]接触角を説明するための概念図である。

[図20]前記流路構造体に関し、流路内の溶液に作用する圧力と、前記圧力に影響を及ぼす界面張力との関係を説明するための概念図であり、（a）は、流路内の溶液に作用する圧力と、前記圧力に影響を及ぼす界面張力との関係

を示し、(b)は、(a)に示す流路構造体を $y-z$ 平面に平行な平面で切断したときの切断面を示す。

[図21]前記圧力を算出する理論式を説明するための説明図である。

[図22]前記圧力を算出する理論式を説明するための説明図である。

[図23]従来の毛細管力を利用した流路構造体の全体構造を示す組立構造図である。

発明を実施するための形態

[0040] 本発明の一実施形態について図1～図23に基づいて説明すれば、次の通りである。以下の特定の実施形態で説明する構成以外の構成については、必要に応じて説明を省略する場合があるが、他の実施形態で説明されている場合は、その構成と同じである。また、説明の便宜上、各実施形態に示した部材と同一の機能を有する部材については、同一の符号を付し、適宜その説明を省略する。

[0041] [1. 従来のEWバルブの課題の詳細な検討]

まず、図19～21に基づき、毛細管力を利用したマイクロ流路（以下、単に「流路」と称する）における溶液の流れについて説明する。毛細管力による溶液に作用する圧力（駆動力） P は、流路内面と溶液との接触角（図19及び図20の(a)参照）に大きく影響される。

[0042] 例えば、流路内面が均一の材料で構成され、流路内を溶液が流れる方向（図20の(a)の x 軸方向）に対して垂直な流路断面の形状が円形である場合、溶液に作用する圧力 P は、気液界面の界面張力を σ 、流路内面の接触角を θ 、流路断面の半径を r とすると、図21の式1で与えられる。

[0043] つまり、 $\cos \theta$ が正である場合には、溶液は、流路内を移動することができ、他方、 $\cos \theta$ が0又は負である場合には、溶液は、流路内を移動することができずに停止する。すなわち、毛細管力を利用して溶液を移動させるためには、 $\cos \theta$ が正（親水性）である材料を用いることが必要となる。

[0044] 一方、流路内面が疎水性の場合は、 $\cos \theta$ が0又は負であり、溶液を流

さない方向に作用する圧力 P が生じる。よって、親水性材料で構成される親水性壁面と疎水性材料で構成される疎水性壁面との両方が存在する流路内面においては、親水性壁面の割合と、疎水性壁面の割合とを調整することにより、原理的には、毛細管現象が生じる状態と毛細管現象が生じない状態とを実現できる。

[0045] 次に、図20の(a)及び図20の(b)に示すように、流路断面(図20の(a)の $y-z$ 平面に平行な流路断面)が矩形形状の流路構造の場合、流路高さを h 、流路幅を w 、第1基板111の接触角を θ_1 、第2基板110の接触角を θ_2 、気液界面の界面張力を σ とし、流路の上面で働く界面張力 σ の x 軸方向成分(以下、単に「成分」という)を F_1 、下面で働く界面張力 σ の成分を F_2 、左右両側面で働く界面張力 σ の成分を F_3 とすると、成分 $F_1 \sim F_3$ は、それぞれ、図21の式2、式3、及び式4で与えられる。

[0046] 流路内の溶液に作用する圧力 P は、成分 $F_1 \sim F_3$ の和を断面積 wh で割ったものであるので、この場合の流路内の溶液に作用する圧力 P は、図21の式5で与えられる。

[0047] 圧力 P が正の値になる場合は、毛細管現象が生じ溶液が移動し、圧力 P が負の値になる場合は毛細管現象が生じず、溶液の動きが停止する。この関係と、作用電極132と第2基板110との親水性の程度の差を利用し、作用電極132が形成された流路114で溶液に作用する表面張力による圧力 P を調整することができる。

[0048] 次に、作用電極132及び参照電極131の両電極に電圧を印加すると溶液に電圧が印加されてキャパシタ効果が生じる。このキャパシタ効果により作用電極132の表面に対する溶液の接触角 θ が小さくなり、溶液は作用電極132上を通過できるようになる。つまり、電圧印加の有無により溶液の流れを制御することができる。

[0049] 以上では、 $y-z$ 平面に平行な流路断面の形状が矩形である場合について説明したが、流路断面の形状はこれに限定されるものではなく、円形状、楕

円形状、半円状、及び逆三角形状等のいずれであってもよい。流路断面の形状が矩形以外の場合であっても、流路断面の内周（流路内面側の周）を接触角 θ の値に応じて分割した分割領域ごとの界面張力の成分を求め、各分割領域の構成比率に応じて界面張力の成分を積算して（和分をとって）流路内の溶液全体に働く圧力 P を求めることができる（図21の式5参照）。

[0050] この原理から、EWバルブにより溶液の流れ（「移動」又は「停止」）を制御するには、両電極に電圧をかけない状態において作用電極132上で溶液に作用する圧力 P を0又は負とし、両電極に電圧をかけた状態においては正となるように適切に調整する必要がある。

[0051] しかし、毛細管力を利用して溶液を送液する送液方法において、溶液の流れを円滑にするために作用電極132の周辺部の流路内面の親水性を高くしすぎると、溶液の流れを停止させることが困難になる。その一方、溶液の流れを停止させ易くするために、作用電極132の周辺部の流路内面の疎水性を高くしすぎると、参照電極131及び作用電極132間に印加する電圧が高くなりすぎてしまう可能性がある。このように印加電圧が高くなりすぎた場合、溶液が電気分解され、気泡が発生することにより、毛細管力によって溶液を移動させることができなくなる可能性がある。

[0052] 次に、作用電極132の周辺部の流路内面の親水性又は疎水性を調整する手法の一つとしては、流路内面の構成材料の選択が考えられるが、構成材料は、固有の親水性又は疎水性を有するので、単に流路内面の構成材料を選択するのみでは、親水性又は疎水性の微妙な調整は困難である。

[0053] また、親水性又は疎水性を調整するもう1つの手法としては、流路幅 w 及び流路高さ h の調整が考えられるが、分析のためにある程度の溶液量を確保する必要があるという制約と、流路の微小性により、流路幅 w 及び流路高さ h の微妙な調整は困難であり、親水性又は疎水性の微妙な調整は現実的には困難である。

[0054] それゆえ、従来のEWバルブのように、作用電極132の表面全体に亘って単純に疎水性膜を形成するだけでは、上述した流路内面の構成材料の選択

、並びに、流路幅 w 及び流路高さ h の調整を用いる手法とあまり変わらないので、外部の動力源を備えない流路構造体において、溶液の「移動」と「停止」とを確実に制御することは現実的には非常に難しい。

[0055] 本発明は、以上のような従来のEWバルブが有する課題を詳細に検討した結果見出されたものである。以下、このような課題を解決する本願発明の実施の形態について詳細に説明する。

[0056] [2. 実施の形態1]

図1～3に基づき、本発明の実施の形態1に関する流路構造体10について説明する。図1は、流路構造体10の構造を示す（組立）構造図であり、図1の（a）は、流路構造体10の全体構造を示し、図1の（b）は、流路構造体10を分解したときの第2基板110の構成を示し、図1の（c）は、第1基板111の構成を示す。

[0057] また、図2は、図1の（a）に示すA-A'断面の断面図である。さらに、図3は、作用電極132の一例の近傍を拡大した部分拡大図である。

[0058] 図1の（a）に示すように、本実施の形態にかかる流路構造体10は、第1基板111（ポリジメチルシロキサン（PDMS）：接触角 $100^{\circ} \sim 120^{\circ}$ ）と、第2基板110（ガラス：接触角 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ）とが、重ね合わされた（接合された）構造である。

[0059] すなわち、流路構造体10は、流路形成溝114aが少なくとも形成された第1基板111と、第1基板111に形成された流路形成溝114aを封止する第2基板110とを備える。

[0060] ところで、複雑な流路を毛細管のように細い管によって形成することは一般的に困難である。しかし、流路構造体10のように、第1基板111に形成した流路形成溝114aを、第2基板110によって封止することで毛細管（流路114など）を形成すれば、その作成は容易である。よって流路構造体10を容易に製造することが可能となる。

[0061] 次に、上述したPDMSは疎水性材料であり、ガラスは親水性材料である。よって、流路形成溝114aを形成すること、及び2つの第1基板111

及び第2基板110の貼り合せを容易に行うことが可能となる。また、各流路において、第1基板111の流路形成溝114aの流路内面が疎水性となるため、第1基板111及び第2基板110の貼り合わせ部分からの液漏れを防止することができる。

[0062] 次に、第1基板111には、溶液を流路構造体10の内部に注入する注入孔（液導入孔）112と、溶液を流路構造体10の外部に排出する排出孔（液排出孔）113と、注入孔112と排出孔113とを繋ぐ流路114を形成するための流路形成溝114aと、が形成されている（図1の（c）参照）。

[0063] 第2基板110には、EWバルブ用の参照電極131及び作用電極132と、各電極を延長する引き出し電極133と、外部接続端子用電極（外部接続端子）136と、が形成されている。ここで、流路構造体10の全体を紙面に対して手前から俯瞰すると、参照電極131が占める範囲は、流路114が占める範囲に含まれ（流路幅 $w >$ 参照電極幅）、作用電極132が占める範囲は、流路114が占める範囲と交わりをもつ（流路幅 $w <$ 作用電極幅）ように配置されている（図1の（a）参照）。

[0064] 図1、図2からわかるように、流路114は、流路幅 w （溝幅）、流路高さ h （溝高さ）ともに一定である。

[0065] また、図3に示す例では、作用電極132の表面上で、複数の疎水性部分（疎水部、ランド部）135と、親水性部分（親水部、グルーブ部）134とが配列する配列方向は、溶液が流れる方向（圧力 P の方向）に対して直交する方向となっている。

[0066] 以上より、疎水性部分135と親水性部分134とが配列する配列方向に沿って作用電極132の両端間に引いた線分上のすべての点が疎水性部分135となっているような領域が存在しないため、このような領域において部分的に圧力 P が正となる印加電圧が高くなってしまいうことを抑制することができる。

[0067] 上述のとおり、EWバルブにより溶液の流れ（「移動」又は「停止」）を

制御するには、電圧をかけない状態において作用電極 132 の周辺部における溶液に作用する圧力 P を 0 又は負とし、電圧をかけた状態においては正となるように設計する必要がある。

[0068] 作用電極 132 の表面の全体が親水性であると、作用電極 132 の表面の親水性が設計値より強くなった場合、電圧をかけない状態において作用電極 132 の周辺部における溶液に作用する圧力 P が正となり、溶液が停止せずにそのまま移動するおそれがある。

[0069] そこで本実施の形態では、作用電極 132 が、溶液の流れる方向に対して直交する方向で、疎水性部分 135 と親水性部分 134 との両方を有する領域を備える構成としている（図 3 参照）。

[0070] ここで、「親水性」とは、比抵抗が $18 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ よりも大きい純水（25℃）を用い、1 気圧、25℃で測定した接触角が 90° 未満である場合をいい、「疎水性」とは、上記純水の接触角が 90° 以上である場合をいう。

[0071] 上述のとおり、図 20 の（a）及び図 20 の（b）に示すような流路構造の場合、流路 114 内の作用電極 132 上の溶液に作用する圧力 P は、図 21 の式 5 で与えられる。

[0072] 一方、本実施の形態のように、作用電極 132 が、溶液の流れる方向に対して直交する方向で、疎水性部分 135 と親水性部分 134 との両方を有する領域を備える構成の場合は、疎水性部分 135 の接触角を θ_3 、疎水性部分 135 と親水性部分 134 との両方を有する流路断面（図 3 の破線で示す $a-a'$ 断面）での、配列方向に沿う線分上における疎水性部分 135 の全長の総和（疎水部全長）の、流路幅 w に対する割合を比（疎水部全長／流路幅） a とするとき、この断面部分に働く圧力 P は図 21 の式 6 に示す関係となる。

[0073] なお、比 a の値は、特に限定されるものではないが、 $0.2 \leq a \leq 0.8$ の範囲が好ましい。0.2 より小さい場合は、溶液を確実に停止させる効果が小さくなる。0.8 より大きくなると、印加電圧が高くなり、溶液の電気分解による気泡発生のおそれがある。

- [0074] ここで、比 $a > 0$ 、 $\cos(\theta_2) > 0$ 、 $\cos(\theta_3) < 0$ であるから、疎水性部分 135 と親水性部分 134 との両方を有する流路断面では、疎水性部分 135 を有さない流路断面（比 $a = 0$ ）に比べ、圧力 P が負側にシフトする。
- [0075] したがって、流路構造体 10 によれば、電圧無印加の状態において、親水性部分 134 が設計値よりも親水性が強くなった場合でも、疎水性部分 135 と親水性部分 134 の両方を有する流路断面では、溶液に作用する圧力 P が 0 又は負に保たれ、溶液を確実に停止させることができる。
- [0076] また、作用電極 132 及び参照電極 131 の両電極間に電圧を印加すると溶液に電圧が印加されてキャパシタ効果が生じる。このキャパシタ効果により作用電極 132 の表面に対する溶液の接触角 θ が小さくなり、溶液は作用電極 132 上を通過できるようになる。つまり、電圧印加の有無により溶液の流れを制御することができる。
- [0077] また、疎水性部分 135 と親水性部分 134 の両方を有する流路断面における溶液に作用する圧力 P が正となる印加電圧は、作用電極 132 の表面の親水性部分 134 の面積 S_A と疎水性部分 135 の面積 S_B との面積比に依存し、疎水性部分 135 の面積が小さい程、印加電圧は小さくなる。したがって、流路構造体 10 によれば、親水性部分 134 を有することにより、作用電極 132 の全体が疎水性膜で被覆されている場合に比べて、疎水性部分 135 と親水性部分 134 の両方を有する流路断面における溶液に作用する圧力 P が正となる印加電圧を小さくすることができる。そのため、印加電圧を高くした場合に生じる溶液の電気分解による気泡発生が抑えられ、外部の動力源を備えない流路構造体 10 において、溶液の「移動」と「停止」とを的確に制御することが可能となる。
- [0078] ここで、EWバルブの電極構成としては、少なくとも 1 つの参照電極と、少なくとも 1 つの作用電極とを有していればよい。よって、参照電極が 2 つ以上であってもよく、作用電極が 2 つ以上であってもよい。また、作用電極、参照電極に加えて、参照電極への電流の流れを抑制し、参照電極の電位を

安定させるために1つ以上の対向電極を設けてもよい。

[0079] 次に、第1基板111の厚みは0.1mm～10mm程度あり、注入孔112及び排出孔113のそれぞれは、直径10 μ m以上の貫通孔でよい。流路幅w、流路高さhは、本実施の形態では、それぞれ600 μ m、50 μ mとしている。

[0080] また、本実施の形態では、第1基板111として疎水性のPDMS基板を用い、第2基板110として親水性のガラス基板を用いているが、これに限定されるものではなく、流路構造体10の利用用途に応じて適切な素材を選択すれば良い。

[0081] 例えば、流路構造体10に光学的検出を行う検出部（分析部）を組み込む場合には、第1基板111及び第2基板110の何れか一方又は双方の材料として、励起光による発光が少ない透明又は半透明の材質の材料を用いることが望ましい。

[0082] このような透明又は半透明な材料としては、ガラス、石英、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、及びフィルム等が挙げられる。なかでも、シリコン系樹脂、アクリル系樹脂、及びスチレン系樹脂は、透明性及び成型性の観点から好ましい。励起光による発光が少ないプラスチック材料としては、例えば、ポリメチルメタクリレートの水素原子をフッ素原子に置換したフッ化ポリメチルメタクリレート等のフッ素系のプラスチック材料や、触媒や安定剤等の添加剤に蛍光を発しない部材を用いたポリメチルメタクリレート等が挙げられる。

[0083] 他方、流路構造体10の流路内で電氣的な制御や電氣的な測定を行うためには、第2基板110及び／又は第1基板111の表面に電極を形成する必要がある。このため、第1基板111若しくは第2基板110の一方、又は、両方が電極形成可能な材料であることが好ましい。電極形成可能な材料としては、生産性及び再現性の観点からガラス、石英、及びシリコン等が好ましい。

[0084] なお、凹凸のある部分に電極を形成することは難しいので、流路形成溝1

14 aによる凹凸のある第1基板111ではなく、平坦な第2基板110に電極を形成することが好ましい。

[0085] 以上で説明したように、流路構造体10は、作用電極132の溶液に接触する表面上に、疎水性部分135と親水性部分134とを有する構成である。

[0086] 上述したように、作用電極132の表面上の任意の一点における、気液界面の界面張力を σ 、溶液の接触角を θ とすると、作用電極132の表面上の任意の一点における毛細管力に影響する界面張力 σ の圧力 P の方向の成分は、 $\sigma \cos \theta$ に比例する。

[0087] このため、作用電極132の表面上の疎水性部分135の総面積を S_A 、親水性部分134の総面積を S_B 、疎水性部分135の接触角を θ_A 、親水性部分134の接触角を θ_B 、とすると、作用電極132上における溶液の圧力 P は、 $\sigma \cos(\theta_A) \times S_A + \sigma \cos(\theta_B) \times S_B$ と相関がある。

[0088] ここで、 $\cos(\theta_A) < 0$ （なお、疎水性部分135の一部の領域は $=0$ でも良い）、 $\cos(\theta_B) > 0$ であるから、作用電極132上の溶液の圧力 P は、作用電極132の表面の全面が親水性材料で構成されている場合と比較して、負側にシフトする。

[0089] また、作用電極132上における溶液の圧力 P が正となる印加電圧は、作用電極132の表面に対する面積 S_A と面積 S_B との割合に依存し、面積 S_A の割合が小さい程、印加電圧は小さくなる。

[0090] そこで、上述したように、流路構造体10では、作用電極132の表面の一部に疎水性部分135を有し、かつ他の一部に親水性部分134を有する構成としている。

[0091] これにより、作用電極132の周辺部の親水性又は疎水性の微妙な調整が可能となるので、作用電極132の表面の全面に疎水性膜を形成した従来のEWバルブと比べて、作用電極132上における圧力 P が正となる印加電圧をより小さくして適切な値とすることができる。このため、印加電圧を高くした場合に生じる溶液の電気分解による気泡発生が抑えられ、外部の動力源

を備えない流路構造体 10 において、作用電極 132 上に停止させた溶液の移動を的確に制御することが可能となる。

[0092] 以上より、流路構造体 10 によれば、作用電極 132 上に停止させた溶液を確実に移動させることができる。

[0093] (流路構造体 10 の製造方法)

次に、流路構造体 10 の製造方法は、以下の (1) ~ (4) の各工程を少なくとも含んでいれば良い。

(1) 第 1 基板 111 上に流路形成溝 114 a を形成する (流路形成溝形成工程)。

(2) 親水性の導電性材料で作用電極 132 を作成し、作用電極 132 の一部を疎水化処理して作用電極 132 の溶液と接触する表面上に、疎水性部分 135 と親水性部分 134 とを形成する (疎水化処理工程)。

(3) 第 2 基板 110 上に作用電極 132 を設置する (作用電極設置工程)。

(4) 第 1 基板 111 に形成された流路形成溝 114 a を第 2 基板 110 で封止する (流路形成溝封止工程)。なお、上述した (1) ~ (4) の各工程の順序は、必要に応じて適宜決定すれば良い。これにより、上述した流路構造体 10 を容易に作成することができる。

[0094] また、上述した疎水化処理工程では、疎水処理剤を用いたり、疎水性の官能基を有する疎水性膜を作用電極 132 の表面に形成したりして作用電極 132 の一部を疎水化処理しても良い。

[0095] 例えば、作用電極 132 の表面にフォトリソグロフ膜を塗布して露光・現像・パターン形成を行い、その後、このレジスト膜をマスクとして露出した部分に疎水処理剤を塗布するか、疎水性膜を形成すれば良い。また、作用電極 132 の表面の全面に疎水処理剤を塗布するか、疎水性膜を形成し、その後、フォトリソグラフィやエッチングを行って疎水性材料の一部を除去しても良い。

[0096] また、上記の疎水性膜もしくは疎水処理剤を用いた疎水化処理工程で、作

用電極 1 3 2 の疎水処理された部分の表面粗さを調整することで、疎水性をさらに高くしても良い。

[0097] 例えば、作用電極 1 3 2 の表面にフォトリソ膜を塗布して露光・現像・パターン形成を行い、その後、このフォトリソ膜をマスクとして露出した部分をガスで叩いてその部分の表面粗さを調整した後、疎水処理剤を塗布するか、疎水性膜を形成しても良い。表面粗さを調整し、表面積を増大させることにより、疎水処理部分の疎水性を高くすることができる。

[0098] なお、W e n z e l が提案する理論によれば、平面の面積 1 cm^2 に対する実際の面積が $S_r \text{ cm}^2$ であるとき、平面での接触角 θ と見かけ上の接触角 θ_w は、

$$\cos \theta_w = S_r \times \cos \theta \text{ となる。}$$

[0099] よって、表面積が増加する ($S_r > 1$) と、疎水性の場合 ($\theta > 90^\circ$) はより疎水性 ($\theta_w > \theta$) に、親水性の場合 ($\theta < 90^\circ$) はより親水性 ($\theta_w < \theta$) になる。

[0100] なお、疎水化処理工程は、以上で説明した手法に限られない。

[0101] (EWバルブの動作原理)

図 5 に本実施の形態にかかる流路構造体 1 0 の流路 1 1 4 における溶液の流れを示す。図 5 の (a) は、電圧印加 OFF の状態、図 5 の (b) は、電圧印加 ON の状態を示している。

[0102] 図 3 及び図 5 に示すように、EWバルブ用の作用電極 1 3 2 は、流路内面の一面を構成する親水性の第 2 基板 1 1 0 の流路部分を覆うように形成（流路形成溝 1 1 4 a に対向する位置に形成）されており、作用電極 1 3 2 の表面の疎水性部分 1 3 5 は、疎水性膜（フッ化炭素膜）で被覆されている。

[0103] 電圧印加が OFF の状態においては、溶液は、作用電極 1 3 2 を通過することができない（図 5 の (a) 参照）。他方、作用電極 1 3 2 と EWバルブ用の参照電極 1 3 1 との間に電圧が印加（0.8 V ~ 1.5 V 程度）されると、作用電極 1 3 2 上を溶液が通過することができるようになる（図 5 の (b) 参照）。

- [0104] このことを、図5を参照しつつ説明する。注入孔112から注液（導入）された溶液は、参照電極131上に接しながら流路114を流れ、流路114の特定領域（溶液を停止させたい領域）に設けられた作用電極132の周辺部に達する。なお、ここでは、作用電極132は金（接触角： $60^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ）で構成されており、かつ、疎水性部分135は疎水性膜（接触角： $95 \sim 120^{\circ}$ ）で被覆されているものとする。
- [0105] 電圧を印加していない場合は、表面張力により発生する圧力Pが0又は負となり、溶液の流れが停止させられる（図5の（a）参照）。すなわち、電圧印加がOFFのとき、バルブは閉じた状態となる。
- [0106] 他方、引き出し電極133に電圧が印加されると、参照電極131上を通過した溶液が帯電して、作用電極132と溶液の間で仮想的なキャパシタが形成され、溶液が作用電極132に引き寄せられる。この結果、溶液の作用電極132に対する接触角 θ が小さくなる。つまり、見掛け上、作用電極132の表面全体にわたって親水性が強くなり、親水性の影響が大きくなるので、表面張力により発生する圧力P（毛細管力）が正となる。これにより、溶液が作用電極132を通過することができることになる（図5の（b）参照）。すなわち、電圧印加がONのとき、バルブは開放された状態となる。
- [0107] このように、EWバルブを確実に動作させるためには、電圧印加がOFFのとき、溶液が停止するように設計する必要がある。
- [0108] 本実施の形態では、このような条件を満たすため、図3に示すように、作用電極132の表面に、疎水性部分135と親水性部分134の両方を有する領域を設けている。ここで、親水性部分134の接触角を θ_2 、疎水性部分135の接触角を θ_3 としたとすると、 $\theta_2 < 90^{\circ} \leq \theta_3$ の関係がある。
- [0109] 流路高さをh、流路幅をwとし、第1基板111の接触角を θ_1 、液界面の界面張力を σ 、溶液の流れる方向に垂直な流路断面での疎水性部分135の長さの総和の、流路幅wに対する割合を比aとすると、疎水性部分135と親水性部分134との両方を有する領域における溶液に作用する圧力P

は、図 21 の式 6 で求められる。したがって、疎水性部分 135 と親水性部分 134 との両方を有する流路断面では、親水性部分 134 のみの場合に比べ、圧力 P が負側にシフトする。

[0110] 作用電極 132 の表面の全面が親水性の場合は、親水性部分 134 の接触角 θ が設計した値より小さくなった場合、毛細管力が働き、溶液が停止しなくなる場合が生じる。本実施の形態では、作用電極 132 の表面に、溶液の流れる方向に対して直交する方向で、疎水性部分 135 と親水性部分 134 との両方が配列する領域を備えていることにより、親水性部分 134 の接触角 θ が設計した値より小さくなった場合でも、疎水性部分 135 を含む流路領域で溶液が停止し、設計からのずれによる誤動作を防止することができる。

[0111] また、本実施の形態では、作用電極 132 の全体が疎水性を示す場合に比べて、疎水性部分 135 を含む流路断面における溶液に作用する圧力 P が正となる印加電圧を小さくすることができる。そのため、印加電圧を高くした場合に生じる溶液の電気分解による気泡発生が抑えられ、外部の動力源を備えない流路構造体 10 において、溶液の「移動」と「停止」を的確に制御することが可能となる。

[0112] なお、比 a の値は、特に限定されないが、上述のように、 $0.2 \leq a \leq 0.8$ の範囲が好ましい。また、流路高さ h 、流路幅 w が変わった場合でも、比 a の値を変えることで毛細管力を調整することができる。

[0113] また、作用電極 132 の全体に対する疎水性部分 135 の面積の総和の作用電極 132 全体に対する割合を比 b とした場合、比 b の値は、 0.6 以下であることが好ましい。 0.6 よりも大きくなると、印加電圧が高くなり、溶液が電気分解する電圧に近づき、電気分解による気泡発生の恐れがある。

[0114] 流路構造体 10 のように、第 2 基板 110 に親水性基板（ガラス基板）を用い、流路形成溝 114a を形成する第 1 基板 111 に疎水性基板（PDMS 基板）を用いる場合においては、流路幅 w を狭くすることにより疎水性の影響を大きくできるので（毛細管力が小さくなる方向に働く）、これと作用

電極 1 3 2 の表面に対する接触角 θ の変化をバランスさせることにより、溶液の流れを的確に制御することができる。

[0115] ここで、作用電極 1 3 2 の表面に親水性部分 1 3 4 と疎水性部分 1 3 5 とを設ける方法としては、上述したように、作用電極 1 3 2 の構成材料として親水性材料を用い、かつ疎水性部分 1 3 5 が形成される領域を疎水性となるように処理するという手法を用いることができる。

[0116] 作用電極 1 3 2 の構成材料として導電性の金を用いることが好ましい。金以外にカーボンやビスマスを用いても良い。これらの材料は、作用電極 1 3 2 に電圧を印加した状態において、水素等の発生が少なく電極が劣化しにくいという利点がある。

[0117] 疎水性膜としては、フッ素含有物質若しくはチオール基を含む物質が適している。これらの物質を用いることにより、接触角を 90° よりも大きくすることができ、電圧を印加しない状態で、EWバルブで溶液を停止しやすくなるので、EWバルブの開閉動作を安定に行うことができる。疎水性膜（薄膜）は、上記物質に限定されるものではなく、接触角 θ が 90° より大きなものであればよい。

[0118] また、疎水性膜の厚みは、 100 nm 以下であることが好ましい。これにより、EWバルブの開閉動作に必要な電圧を低減することができ、分析装置等の分析システム全体の小型が可能となる。

[0119] 本実施の形態の流路構造体 10 では、作用電極 1 3 2 自体に親水性の金（接触角： $60^\circ \sim 85^\circ$ ）を用い、疎水性部分 1 3 5 を疎水性となるようにフッ化炭素膜（接触角： $100^\circ \sim 120^\circ$ ）を形成している。

[0120] 次に、作用電極 1 3 2 の表面に形成した親水性部分 1 3 4 及び疎水性部分 1 3 5 の形状としては、例えば、図 3 に示すように、複数の疎水性部分 1 3 5 が、島状に配列するパターンが好ましい。すなわち、作用電極 1 3 2 の表面上で、各疎水性部分 1 3 5 がランド部を形成し、親水性部分 1 3 4 が各疎水性部分 1 3 5 を取り囲むグループ部を形成していても良い。

[0121] これにより、疎水性部分 1 3 5 と親水性部分 1 3 4 との両方を有する作用

電極 1 3 2 を容易に実現することができる。また、複雑なパターンを有していないため、疎水性部分 1 3 5 の形成が容易である。

[0122] なお、本実施の形態では、縦 $50\ \mu\text{m}$ 、横 $50\ \mu\text{m}$ の疎水性部分 1 3 5 が $50\ \mu\text{m}$ 間隔でマトリクス状に配列されたパターンを用いている。

[0123] 以上の構成では、溶液の流れる方向に対して直交する方向で、疎水性部分 1 3 5 と親水性部分 1 3 4 との両方を有する領域が複数備えられており、電圧を印加しない状態で、EWバルブで溶液を停止しやすくなるので、バルブの開閉動作を安定に行うことができる。

[0124] また、以上の構成では、溶液の流れる方向に対して直交する方向に沿って作用電極 1 3 2 の両端間に引かれる複数の線分を定義し、各線分上における疎水性部分 1 3 5 の長さの総和を疎水部全長とすると、作用電極 1 3 2 上において、流路幅 w に対する疎水部全長の割合（比 a ）が互いに異なる線分の組みが少なくとも 1 組存在している。

[0125] よって、溶液の流れる方向に対して直交する方向に沿って、比 a が高い線分が引ける領域（比 b が低い線分が引ける領域）と、比 a が低い線分が引ける領域（比 b が高い線分が引ける領域）とが、作用電極 1 3 2 上に少なくとも 1 組存在する。

[0126] よって、比 a が高い線分が引ける領域（疎水性部分の割合が高い領域）では、溶液を停止させる効果が大きくなる。また、比 a が低い線分が引ける領域（親水性部分の割合が高い領域）も存在しているので、作用電極 1 3 2 の表面の全面が疎水膜で被覆されている場合と比較して、その領域において疎水性部分 1 3 5 の割合を小さくすることができ、溶液を移動させるのに必要な印加電圧を小さくすることができる。

[0127] さらに、例えば、上述した比 a が高い線分が引ける領域と、比 a が低い線分が引ける領域とを、溶液の流れる方向に交互に配列することで、比 a が高い線分が引ける領域が複数個設けられるため、溶液の「移動」又は「停止」を的確に制御することが可能となる。

[0128] なお、疎水性部分 1 3 5 の形状は、以上のような島状の形状に限定される

ものではなく、例えば、図4の(a)に示すように、溶液の流れる方向に平行に配列する直線状のパターン（縞模様）を形成していても良い。

[0129] 以上の構成では、溶液の流れる方向に対して直交する方向で、疎水性部分135と親水性部分134との両方を有する領域が作用電極全体に備えられており、電圧を印加しない状態で、EWバルブで溶液を停止しやすくなるので、バルブの開閉動作を安定に行うことができる。また、形状が単純なため、作製が容易となる利点がある。

[0130] また、疎水性部分135の形状は、図4の(b)～図4の(c)に示すように、溶液の流れる方向に直交する方向に沿って配列する直線状のパターン（縞模様）を形成していても良い。

[0131] なお、図4の(b)に示す疎水性部分135のパターンでは、疎水性部分135の疎水部全長は、流路幅 w と同じ長さ（比 $a = 1$ ）なので、溶液を「停止」させる効果が高いものの、 $a - a'$ 断面における印加電圧が高くなり易い。

[0132] 一方、図4の(c)及び図4の(d)に示す疎水性部分135のパターンでは、疎水性部分135の疎水部全長は、図4の(b)よりも小さい（比 $a < 1$ ）ので、 $a - a'$ 断面における印加電圧が高くなりにくい。

[0133] また、図1に示す流路構造体10の流路114における流路幅 w と流路高さ h は、特に限定はしないが、溶液の濡れと毛細管力によって溶液が浸透していくことが可能な寸法に設定することが好ましい。流路高さ h は、好ましくは、 $1\mu\text{m} \sim 5\text{mm}$ 程度に設定し、流路幅 w は、好ましくは $1\mu\text{m} \sim 5\text{mm}$ 程度に設定する。

[0134] この流路構造体10は、例えば作用電極132の上流側の領域を、溶液を混合する領域として用い、作用電極132よりも下流側の領域に抗体等を固定化し、この下流側の領域で抗原を含む溶液を流して抗原抗体反応させ、さらに蛍光色素を付けた標識抗体を含む溶液を流して抗原抗体反応させ、当該下流側の領域に励起光を照射してその蛍光の量により抗原の量を測定するというマイクロ分析チップとして利用できる。

[0135] 各流路の流路内面の「親水性」や「疎水性」は、基板材料が親水性の基板又は疎水性の基板を用いることにより容易に実現できるが、本明細書では、親水性や疎水性は基板材料自身の持つ性質に由来するものに限定されない。例えば、疎水性材料からなる基板表面に親水性処理を施すことにより、「親水性」を実現することができる。また、親水性材料からなる基板表面の疎水膜の形成等の疎水処理を施すことにより「疎水性」としてもよい。

[0136] 親水化処理としては、例えば酸素プラズマ処理やUV (Ultra Violet) 処理などを用いることができる。また、界面活性剤や親水性の官能基を持つ試薬を表面に塗布することによって親水性を高めてもよい。他方、疎水化処理としては、フッ酸処理や、テトラフルオロエチレン被膜を形成する等の方法がある。

[0137] [3. 実施の形態2]

次に、上記実施の形態1とは異なる構造の流路構造体20について、図6～図7を用いて詳細に説明する。

[0138] 図6は、流路構造体20の構造を示す（組立）構造図であり、図6の（a）は、流路構造体20の全体構造を示し、図6の（b）は、流路構造体20を分解したときの第4基板（第2基板）の構成を示し、図6の（c）は、流路形成層（中間層）の構成を示し、図6の（d）は、第3基板の構成を示す。図7は、図6の（a）に示すB-B'断面の断面図である。

[0139] なお、第2基板（第4基板）110は、上記実施の形態1と同様である。このため、以下、第3基板115及び中間層（流路形成層）116について、構造を詳細に説明し、第2基板110の構造に関する説明は適宜省略する。

[0140] 図6の（a）に示すように、本実施の形態にかかる流路構造体20は、第2基板110（ガラス：接触角 5° ～ 30° ）と、第3基板115（ポリジメチルシロキサン（PDMS）：接触角 100° ～ 120° ）と、中間層116（フィルムレジスト：接触角 100° ～ 120° ）とが、重ね合わされた（接合された）構造である。

- [0141] すなわち、流路構造体 20 は、流路形成孔 114b が少なくとも形成された中間層 116 と、中間層 116 に形成された流路形成孔 114b を、中間層 116 の一方側から封止する第 3 基板 115 と、中間層 116 に形成された流路形成孔 114b を、中間層 116 の他方側から封止する第 2 基板 110 とを備えている。
- [0142] これにより、中間層 116 に流路形成孔 114b を設けて両側から基板で挟むことは、容易に実行できる。よって、流路構造体 20 を容易に製造することが可能となる。
- [0143] 第 3 基板 115 には、溶液を流路構造体 20 の内部に注入（導入）する注入孔 112 と、溶液を流路構造体 20 の外部に排出する排出孔 113 と、が形成されている（図 6 の（d）参照）。
- [0144] 中間層 116 には、注入孔 112、排出孔 113、及び、注入孔 112 と排出孔 113 とを繋ぐ流路 114 を形成するための流路形成孔 114b が形成されている（図 6 の（c）参照）。
- [0145] 第 2 基板 110 には、EW バルブ用の参照電極 131 及び作用電極 132 と、各電極を延長する引き出し電極 133 と、外部接続端子用電極 136 と、が形成されている。ここで、流路構造体 20 の全体を紙面に対して手前から俯瞰すると、参照電極 131 が占める範囲は、流路 114 が占める範囲に含まれ（流路幅 $w >$ 参照電極幅）、作用電極 132 が占める範囲は、流路 114 が占める範囲と交わりをもつ（流路幅 $w <$ 作用電極幅）ように配置されている（図 6 の（b）参照）。
- [0146] 図 6 及び図 7 からわかるように、流路 114 は、流路幅 w （溝幅）、流路高さ h （溝高さ）ともに一定である。
- [0147] また、作用電極 132 の表面は、図 3 に示すように、溶液の流れる方向に対して直交する方向で、疎水性部分 135 と親水性部分 134 との両方を有する領域を備えている。
- [0148] 第 3 基板 115 の厚みは 0.1 mm ～ 1.0 mm 程度あり、注入孔 112 及び排出孔 113 は、直径 10 μ m 以上の貫通孔でよい。

- [0149] 中間層 116 の厚みは、流路高さ h に相当するため、溶液の濡れと毛細管力によって溶液が浸透していくことが可能な寸法に設定される。好ましくは、 $1\ \mu\text{m} \sim 5\ \text{mm}$ 程度に設定され、この場合、流路高さ h が一定となり、流路幅 w のみで毛細管力を調整することが可能である。流路幅 w 、流路高さ h は、本実施の形態では、それぞれ $600\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ としている。
- [0150] なお、中間層 116 は、疎水性材料で構成されていても良い。これにより、親水性と疎水性の両方が存在する流路内面を容易に形成することができる。また、中間層 116 に形成された流路形成孔 114b の壁面が疎水性となるため、基板の貼り合わせ部分からの液漏れを防止することができる。
- [0151] また、中間層 116 として、フォトレジストを用いてもよい。この場合は、第 2 基板 110 上に、フォトリソグラフィ法により、中間層 116 を直接形成することにより、貼りあわせる方法に比べて、位置合せの精度を上げることができる。
- [0152] また、本実施の形態の流路構造体 20 では、第 3 基板 115 として疎水性の PDMS 基板を用い、第 2 基板 110 として親水性のガラス基板を用いているが、これに限定されるものではなく、流路構造体 20 の利用用途に応じて適切な素材を選択するのがよい。
- [0153] 例えば、流路構造体 20 に光学的検出を行う検出部（分析部）を組み込む場合には、第 3 基板 115 及び第 2 基板 110 の何れか一方又は双方の材料として、励起光による発光が少ない透明又は半透明の材質の材料を用いることが望ましい。
- [0154] このような透明又は半透明な材料としては、流路構造体 10 で説明したとおりである。
- [0155] 他方、流路構造体 20 の流路 114 の内部で電気的な制御や電気的な測定を行うためには、第 2 基板 110 及び／又は第 3 基板 115 の表面に電極を形成する必要がある。このため、第 3 基板 115 又は第 2 基板 110 の一方又は両方が電極形成可能な材料であることが好ましい。電極形成可能な材料としては、流路構造体 10 で説明したとおりである。

[0156] (流路形成孔 1 1 4 b の形成方法)

中間層 1 1 6 の流路形成孔 1 1 4 b、並びに、注入孔 1 1 2 及び排出孔 1 1 3 (貫通孔) の形成方法としては、例えば、機械加工による方法、レーザー加工による方法、薬品やガスによるエッチングによる方法等がある。また、上述のとおり、フォトリソグラフィ法を用いてフォトレジストに流路形成孔 1 1 4 b、注入孔 1 1 2、及び排出孔 1 1 3 のパターンを形成してもよい。

[0157] (流路構造体 2 0 の製造方法)

次に、流路構造体 2 0 の製造方法は、以下の (1) ~ (4) の各工程を少なくとも含んでいれば良い。

(1) 中間層 1 1 6 に流路形成孔 1 1 4 b を形成する (流路形成孔形成工程)。

(2) 親水性の導電性材料で作用電極 1 3 2 を作成し、作用電極 1 3 2 の一部を疎水化処理して作用電極 1 3 2 の溶液と接触する表面上に、疎水性部分 1 3 5 と親水性部分 1 3 4 とを形成する (疎水化処理工程)。

(3) 第 2 基板 1 1 0 上に作用電極 1 3 2 を設置する (作用電極設置工程)。

(4) 中間層 1 1 6 に形成された流路形成孔 1 1 4 b を、中間層 1 1 6 の一方側から第 3 基板 1 1 5 で封止すると共に、中間層 1 1 6 の他方側から第 2 基板 1 1 0 で封止する (流路形成孔封止工程) なお、上述した (1) ~ (4) の各工程の順序は、必要に応じて適宜決定すれば良い。これにより、上述した流路構造体 2 0 を容易に作成することができる。

[0158] なお、疎水化処理工程については、流路構造体 1 0 の製造方法で説明したとおりであるので、ここでは、説明を省略する。

[0159] また、流路構造体 2 0 の作用電極 1 3 2 上の疎水性部分 1 3 5 及び親水性部分 1 3 4 の形成パターンは、流路構造体 1 0 と同様であるので、ここでは、説明を省略する (図 3、図 4 参照)。

[0160] [4. 実施の形態 3]

次に、本実施の形態にかかる流路構造体 30 を、図 8 に示す。

[0161] 図 8 は、流路構造体 30 の構造を示す（組立）構造図であり、図 8 の（a）は、流路構造体 30 の全体構造を示し、図 8 の（b）は、流路構造体 30 を分解したときの第 2 基板 110 の構成を示し、図 8 の（c）は、第 1 基板 111 の構成を示す。

[0162] 本実施の形態の流路構造体 30 は、図 8 の（a）に示すように、第 1 基板 111（ポリジメチルシロキサン（PDMS）：疎水性）と、第 2 基板 110（ガラス：親水性）とが、重ね合わせられた（接合された）構造である点は、上記実施の形態 1 と同様である。

[0163] また、本実施の形態の流路構造体 30 では、作用電極 132 の周辺部における隘路 114c の流路幅 w' を、他の部分の流路幅 w よりも狭くしたこと以外は、上記実施の形態 1 と同様である。よって、基板構成、流路、注入孔等は、上記実施の形態 1 と同様であり、その説明を省略する。

[0164] 図 9 は、流路構造体 30 の作用電極 132 の周辺部を部分的に拡大した部分拡大図である。なお、流路 114 の流路高さは、 h とする。

[0165] 同図に示すように、作用電極 132 上で、流路高さ h を一定に保った状態で、隘路 114c の流路幅 w' を他の部分の流路幅 w よりも狭くすることで、流路高さ h が一定に保たれた流路内面が占める割合が、流路幅 w を狭くされた（流路幅 w' の）流路内面が占める割合よりも高くなる。

[0166] よって、第 1 基板 111 を疎水性材料で構成すれば、作用電極 132 の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0167] 一方、第 1 基板 111 を親水性材料で構成すれば、作用電極 132 の周辺部の親水性を高めることができる。

[0168] 例えば、本実施の形態の流路構造体 30 のように、疎水性材料から第 1 基板 111 と、親水性材料で構成された第 2 基板 110 とからなる場合、流路幅 w が、作用電極 132 上で狭くなっている隘路 114c が存在することで、隘路 114c での、第 1 基板 111 が占める割合が、第 2 基板 110 が占める割合よりも高くなるので、作用電極 132 の周辺部の疎水性を高めるこ

とができる。

[0169] なお、上述した流路構造体 20 の流路 114 に隘路 114c を設けても、流路構造体 30 とほぼ同様の効果を得られる。

[0170] よって、電圧印加が OFF の状態において、流路構造体 30 において毛細管力が働かないように、図 21 の式 6 の変数となる流路高さ h 、流路幅 w 、及び流路幅 w' のそれぞれを適切に設定すると、作用電極 132 上の溶液に発生する表面張力による圧力 P を 0 又は負にする設計が容易となる。

[0171] (実施の形態 3 の変形例)

次に、図 10 に基づき、実施の形態 3 の流路構造体 30 の変形例である流路構造体 40 について説明する。図 10 は、流路構造体 30 の構成を示す断面図である。

[0172] 図 10 に示す流路構造体 40 では、流路構造体 30 と異なり、流路 114 の流路幅 w は一定であるが、流路高さ h' が他の部分の流路高さ h よりも高くなっている段差部 114d を作用電極 132 の周辺部に設けている。

[0173] なお、流路構造体 40 は、段差部 114d 以外の構成は、流路構造体 10 と同じであるので、ここでは説明を省略する。

[0174] 上記の構成では、作用電極 132 上で、流路幅 w を一定に保った状態で、段差部 114d の流路高さ h' 他部分の流路高さ h よりも高くすることで、流路高さ h' の流路内面が占める割合が、流路幅 w が一定に保たれた流路内面が占める割合よりも高くなる。

[0175] よって、第 1 基板 111 を疎水性材料で構成すれば、作用電極 132 の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0176] 一方、第 1 基板 111 を親水性材料で構成すれば、作用電極 132 の周辺部の親水性を高めることができる。

[0177] 例えば、流路構造体 40 が、上述のように、疎水性材料で構成された第 1 基板 111 と、親水性材料で構成された第 2 基板 110 とからなる場合、段差部 114d が存在することで、段差部 114d での、作用電極 132 上で第 2 基板 110 が占める割合が、第 2 基板 110 が占める割合よりも高くな

るので、作用電極 1 3 2 の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0178] なお、上述した流路構造体 2 0 の流路 1 1 4 に段差部 1 1 4 d を設けても、流路構造体 4 0 とほぼ同様の効果を得られる。

[0179] よって、電圧印加が OFF の状態において、流路構造体 4 0 において毛細管力が働かないように、図 2 1 の式 6 の変数となる流路高さ h 、流路高さ h' 、及び流路幅 w を設定する。上記構成を採用すると、作用電極 1 3 2 上の溶液に発生する表面張力による圧力 P を 0 又は負にする設計が容易となる。

[0180] [5. 実施の形態 4]

次に、図 1 1 に基づき、実施の形態 4 の流路構造体 5 0 について説明する。図 1 1 は、実施の形態 4 の流路構造体 5 0 の全体構成を示す組立構造図である。

[0181] 本実施の形態の流路構造体 5 0 は、作用電極 1 3 2 及び参照電極 1 3 1 からなる EW バルブを 2 つ直列に配置した点以外の構成は、上記実施の形態 1 の流路構造体 1 0 とほぼ同様である。よって、各構成要素に関する説明や溶液を停止させるための設計要件等の説明は省略する。

[0182] この流路構造体 5 0 では、流路 1 1 4 で 2 段階に溶液の停止と移動を制御することが可能となる。なお、本実施形態では、EW バルブを直列に 2 つ配置しているが、EW バルブは、必要に応じて 3 つ以上配置してもよい。

[0183] (実施の形態 4 の変形例)

次に、図 1 2 に基づき、実施の形態 4 の流路構造体 5 0 の変形例である流路構造体 6 0 について説明する。図 1 2 は、流路構造体 6 0 の全体構成を示す組立構造図である。

[0184] 流路構造体 6 0 は、2 つの直列に配置された EW バルブ毎に、図 9 に示す隘路 1 1 4 c を設けている点で、実施の形態 4 の流路構造体 5 0 と異なる。

[0185] この流路構造体 6 0 では、隘路 1 1 4 c で疎水性をより高くしつつ、流路 1 1 4 で 2 段階に溶液の停止と移動を制御することが可能となる。なお、本実施形態では、EW バルブを直列に 2 つ配置しているが、EW バルブは、必要に応じて 3 つ以上配置してもよい。

[0186] 〔 6. 実施の形態 5 〕

次に、図 1 3 に基づき、実施の形態 5 の流路構造体 7 0 について説明する。図 1 3 は、実施の形態 5 の流路構造体 7 0 の全体構成を示す組立構造図である。

[0187] 本実施の形態の流路構造体 7 0 は、図 1 3 に示すように、作用電極 1 3 2 a 及び作用電極 1 3 2 a からなる E W バルブと、作用電極 1 3 2 b 及び参照電極 1 3 1 b からなる E W バルブとの 2 つの E W バルブを並列に配置した点、及び流路 1 1 4 が第 2 流路（流路） 1 5 1 a 及び第 2 流路（流路） 1 5 1 b に分岐している点以外の構成は、上記実施の形態 1 の流路構造体 1 0 とほぼ同様である。よって、各構成要素に関する説明や溶液を停止させるための設計要件等の説明は省略する。

[0188] 流路構造体 7 0 では、2 つの注入孔（液導入孔） 1 1 2 a 及び注入孔（液導入孔） 1 1 2 b と、注入孔 1 1 2 a 及び注入孔 1 1 2 b にそれぞれ連続する第 2 流路 1 5 1 a 及び第 2 流路 1 5 1 b と、第 2 流路 1 5 1 a 及び第 2 流路 1 5 1 b のそれぞれに連続する流路 1 1 4 と、流路 1 1 4 に連続する排出孔 1 1 3 と、を有している。

[0189] ここで、作用電極 1 3 2 a 及び作用電極 1 3 2 a は、第 2 流路 1 5 1 a の内部に、作用電極 1 3 2 b 及び参照電極 1 3 1 b は、第 2 流路 1 5 1 b の内部に形成されている。

[0190] 上記構成では、異なる溶液を順次、流路 1 1 4 に送り込むことが可能となる。なお、本実施の形態の流路構造体 7 0 では、E W バルブを並列に 2 つ配置した構成となっているが、必要に応じて E W バルブを 3 つ以上配置しても良く、上記実施の形態 4 のように E W バルブを 2 つ以上直列させる構成を組合せても良い。

[0191] （実施の形態 5 の変形例）

次に、図 1 4 に基づき、実施の形態 5 の流路構造体 7 0 の変形例である流路構造体 8 0 について説明する。図 1 4 は、流路構造体 7 0 の全体構成を示す組立構造図である。

[0192] 図14に示すように、流路構造体70では、2つの注入孔112a及び注入孔112bと、注入孔112a及び注入孔112bにそれぞれ連続する第2流路151a及び第2流路151bと、第2流路151a及び第2流路151bにそれぞれ連続する、第2流路151a及び第2流路151bよりも流路幅の狭い第3流路152a及び第3流路152bと、2つの第3流路152a及び第3流路152bに連続する流路114と、流路114に連続する排出孔113と、を有している。

[0193] ここで、参照電極131a及び131bは、それぞれ第2流路151a及び151bの内部に形成されており、作用電極132a及び132bは、それぞれ第2流路151a及び151bが、第3流路152a及び152bに切り替わる出口近傍に形成されている。

[0194] 基板構成は、上記実施の形態3と同様である。すなわち、作用電極132a及び132b上のそれぞれの流路幅を狭くした構造になっている。このため、実施の形態5にかかるEWバルブは、上記実施の形態3と同様の効果が得られるものが2つ並列に配置されたものである。

[0195] この構成では、作用電極132a及び132bの周辺部の疎水性を高めつつ、異なる溶液を順次流路114に送り込むことが可能となる。なお、本実施の形態の流路構造体80では、EWバルブを並列に2つ配置した構造となっているが、必要に応じてEWバルブを3つ以上配置しても良く、上記実施の形態4のようにEWバルブを2つ以上直列させる構成を組合せても良い。

[0196] [7. 実施の形態6]

次に、図15に基づき、実施の形態6の流路構造体90について説明する。図15は、流路構造体90の構造を示す（組立）構造図であり、図15の（a）は、流路構造体90の全体構造を示し、図15の（b）は、流路構造体90を分解したときの第2基板110の構成を示し、図15の（c）は、第1基板111の構成を示す。

[0197] 実施の形態6の流路構造体90は、参照電極131の電位を安定にするため、対向電極137を設置したこと以外は、上記実施の形態1と同様である

。対向電極 137 を設置することで、電位の基準になる参照電極 131 への電流の流れを防止することができ、作用電極 132 の電位を安定させることができる。この効果により、より高精度に EW バルブを電氣的に駆動することが可能となる。

[0198] なお、以上で説明した実施の形態 3～6 では、実施の形態 1 と同様に、第 1 基板 111 と第 2 基板 110 を重ね合わせた構造としたが、実施の形態 2 と同様に、第 3 基板 115、中間層 116 及び第 2 基板 110 を重ね合わせた構造であっても良い。この場合も同様の効果を得ることができる。

[0199] [8. 実施の形態 7]

実施の形態 1～6 にかかる流路構造体 10～90 は、流路に抗体等を固定化し、電極を設け、抗原抗体反応、酵素標識付き抗体と抗原－抗体複合体との反応、酵素基質反応を行わせ、酵素基質反応により生じた電極活性物質の量を電極で検出するというマイクロ分析チップとして利用できる。

[0200] 実施の形態 7 は、実施の形態 1～6 にかかる流路構造体 10～90 をマイクロ分析チップに発展させたものである。以下、実施の形態 7 のマイクロ分析チップ（分析チップ）2302 の具体的構成の詳細を順次説明する。

[0201] （全体構造）

次に、図 16 に基づき、実施の形態 7 のマイクロ分析チップ（分析チップ）2302 の全体構造について説明する。図 16 は、マイクロ分析チップ 2302 の全体構造を示す構成図である。

[0202] 図 16 に示すように、マイクロ分析チップ 2302 は、第 1 注入孔（液導入孔）2001、第 2 注入孔（液導入孔）2002、第 1 液溜め部（流路）2003、第 2 液溜め部（流路）2004、注入路（流路）2005、注入路（流路）2006、ミキサー部（流路）2007、第 1 流路（流路）2008、第 1 隘路（流路）2009、第 2 流路（流路）2010、第 2 隘路（流路）2011、第 3 隘路（流路）2013、排出孔（液排出孔）2014、及び第 3 流路（流路）2016 を備える。

[0203] 第 1 注入孔 2001 及び第 2 注入孔 2002 のそれぞれには、第 1 の溶液

及び第2の溶液が注入（導入）される。

[0204] 第1液溜め部2003及び第2液溜め部2004のそれぞれは、第1注入孔2001及び第2注入孔2002に連続している。

[0205] 注入路2005及び注入路2006のそれぞれは、第1液溜め部2003及び第2液溜め部2004に連続している。

[0206] 第1流路2008には、反応部（分析部）2017が設けられ、第2流路2010には、検出部（分析部）2012が設けられている。

[0207] 注入路2005には、作用電極（不図示）が形成され、更に、第1液溜め部2003には、参照電極（不図示）が形成され、第1開閉バルブとして機能する。

[0208] 一方、注入路2006には、作用電極（不図示）が形成され、更に、第2液溜め部2004には、参照電極（不図示）が形成され、第2開閉バルブとして機能する。すなわち、この実施の形態は、上記実施の形態5を利用したものである。さらに、マイクロ分析チップ2302の端部に、外部接続端子2015が設けられている。

[0209] 第1注入孔2001から第1の溶液が注入されると、第1液溜め部2003に第1の溶液が注入される。第2注入孔2002も同様に、第2の溶液が注入されると第2液溜め部2004に第2の溶液が注入される。

[0210] 上記作用電極と参照電極とにより、注入された溶液のミキサー部2007への流入を停止又は開始することができる。ミキサー部2007は第1の溶液と第2の溶液を混合できる構造としている。

[0211] ミキサー部2007には、第1流路2008が第1隘路2009を介して接続されている。第1流路2008に設けられた反応部2017には、溶液に含まれる被検出物質と反応する物質が配置されている。

[0212] なお、図16に示す例では、ミキサー部2007と反応部2017とは第1隘路2009を介して接続されているが、第1隘路2009を介することなく直接接続されていてもよい。

[0213] 第2流路2010は、第2隘路2011を介して第1流路2008と接続

されており、第2流路2010には検出部2012が設けられている。検出部2012は、被検出物質を直接又は間接的に検出することができるよう構成されている。なお、被検出物質を直接検出できる構成である場合には、第2流路2010を有さない構成とすることができる。

[0214] また、マイクロ分析チップ2302は、外部接続端子2015を有しており、外部接続端子2015を介して外部電源への接続、電氣的制御信号の入力、検出信号の出力などを行えるようになっている。これにより、電源やIC (Integrated circuit) などの制御回路を外付けとすることができるので、その分、マイクロ分析チップ2302のコンパクト化を図れる。

[0215] すなわち、外部接続端子2015外部接続端子を介して作用電極及び参照電極間に電位差を生じさせることで、作用電極上で停止した溶液を移動させるための駆動力を生じさせることができる。また、反応部2017及び検出部2012での検出結果（分析結果）を、外部接続端子2015を介して出力できる。

[0216] これにより、第1注入孔2001及び第2注入孔2002を介して溶液を流路の内部に導入し、流路の内部に導入された溶液の特性を、反応部2017及び検出部2012で反応・検出（分析）し、流路の内部に導入された溶液を排出孔2014から排出する一連の工程を実行することができる。

[0217] また、反応部2017に抗体等を固定化し、抗原抗体反応、酵素標識付き抗体と抗原－抗体複合体との反応、酵素基質反応を行わせ、酵素基質反応により生じた電極活性物質の量を検出部2012で検出することが可能となり、マイクロ分析チップ2302による分析が容易となる。

[0218] ここで、「分析」とは、物質の鑑識、検出、又は、化学的組成を定性的若しくは定量的に識別することであり、本明細書では、化学反応によって生じる物質の鑑識、検出、又は化学的組成の識別を含むものとする。よって、「分析部」は、本実施形態のように、反応部2017と検出部2012との組合せで構成されていても良いし、検出のみを行う検出部2012のみで構成されていても良いし、反応部2017及び検出部2012が一体化されてい

ても良い。

[0219] 次に、マイクロ分析チップ2302の各構成要素について詳細に説明する。

[0220] (溶液の注入)

第1の溶液用の第1注入孔2001及び第2の溶液用の第2注入孔2002より、それぞれ第1の溶液及び第2の溶液を注入する。これにより、第1液溜め部2003及び第2液溜め部2004にそれぞれの溶液を注入できる。

[0221] 第1注入孔2001及び第2注入孔2002のそれぞれは、外部（大気）に開放された孔であって毛細管力が働かない程度の大きさ（例えば2mmφ）としてある。毛細管力が働かない大きさである場合には、注入孔が疎水性であっても溶液を円滑に注入することができる。第1注入孔2001及び第2注入孔2002のそれぞれは、毛細管力の働く大きさであってもよいが、この場合には溶液を円滑に注入できるように、注入孔に親水性処理を施す等する必要がある。

[0222] なお、第1注入孔2001及び第2注入孔2002のそれぞれに溶液を充填したカートリッジを接続する方法で溶液を注入させることもできる。この場合にはカートリッジ内の溶液が流路系に十分に流れ込むよう、第1注入孔2001及び第2注入孔2002のそれぞれに空気抜き用の隙間が確保できるようにするか、又は別途空気抜き孔を設けるのが好ましい。

[0223] 図16の例は、2つの第1注入孔2001及び第2注入孔2002を有する構造であるが、注入孔は2つに限られず、3つ以上とすることもできる。例えば、第1の溶液用の第1注入孔2001に被検出物質を含む試料を、第2の溶液用の第2注入孔2002に試薬を、第3の溶液用の第3注入孔（不図示）に標準試料を、第4の溶液用の第4注入孔（不図示）に洗浄液を注入する等とすることができる。

[0224] 洗浄液を注入する第4注入孔を設けた構造であると、分析チップ内を洗浄し繰り返し使用することによって、分析チップのコストパフォーマンスを高

めることができる。なお、検出処理前後に第1の溶液用の第1注入孔2001等から洗浄液を注入して流路内を洗浄することにより、試料等の汚染を低減することもできる。これにより検出誤差を少なくすることができる。

[0225] (ミキサー部)

ミキサー部2007は第1の溶液と第2の溶液を充分混合できるように構成する。例えば、ミキサー部2007に、第1開閉バルブ及び第2開閉バルブから流入して来た溶液が自然混合されるように、マイクロピラー構造設けるのもよい。また、T字型ミキサー、Manzミキサー、3次元蛇行流路を用いたミキサーなどを設けることもできる。

[0226] 図16の例は2種類の溶液を混合する場合であるが、3種類以上の溶液を混合するように構成してもよい。この場合、第3の溶液の注入と、流入タイミングを制御するために、他の液溜め部、注入路と同様に電極を形成することが好ましい。

[0227] (第1流路)

第1流路2008は、反応を行う反応領域として機能する。第1流路2008に設けられる反応部2017は、第1流路2008の全部であってもよいし、その一部であってもよい。反応部2017には、例えば、サンプル溶液に含まれる被検出物質を特異的に認識し反応する分子が配置される。被検出物質が抗原である場合は、抗体を反応部2017に固定化するとよい。被検出物質を検出するためには、酵素免疫反応のサンドイッチ法を用いることができ、この場合、抗原を酵素標識抗体（二次抗体）と反応させ、抗原と酵素標識抗体が結合した複合体とする。この複合体を反応部2017に予め固定化しておき抗体（一次抗体）と反応させる。次に基質を導入し、二次抗体に標識されている酵素と反応させ、反応により生成された電気化学的に活性のある物質を検出部2012の電極上で電気化学的に検出を行う。反応部2017では、検出部2012にて検出できる物質が被検出物質の量に応じて生成される。なお、反応部2017における検出手段が光学的な手段であってもよい。

[0228] (外部接続端子)

外部接続端子 2015 は、外部の駆動電源からマイクロ分析チップ 2302 への駆動電力を受け取ったり、駆動信号（制御信号）を受け取ったり、外部に検出結果等を出力するためのインターフェイスである。

[0229] この外部接続端子 2015 の形成に金薄膜を用いると、外部接続端子 2015 の形成を EW バルブや検出電極などと同様に行うことができるので生産効率がよい。なお、金に代えて、銅や鉄又はアルミニウムなどの他の導電性材料を用いても良いことは勿論である。

[0230] (構造体)

実施の形態 7 にかかるマイクロ分析チップは第 1 基板 2101 と第 2 基板 2102 を重ね合わせた 2 層構造になっている。2 層構造の各々の層構造について図 17 を用いて説明する。

[0231] 第 1 基板 2101 は、透明性及び加工性が高いものが良く、また溶液の移動の制御を行うために疎水性を有するものがよい。このような基板としては、ポリジメチルシロキサン（PDMS）からなるものがよい。他方、第 2 基板 2102 は、電極が形成し易い材料が良く、第 1 基板 2101 を疎水性とした場合においては親水性とする必要がある。このような基板として、ガラス、石英、及びシリコン等のいずれかからなる基板が好適である。

[0232] 第 1 基板 2101 及び／又は第 2 基板 2102 は、上記親水性又は疎水性の特性を有することに加え、蛍光や UV 光を用いて検出目的物質を測定するために、励起光による発光が少ない透明又は半透明の材質を用いることが望ましい。このような材質としては、実施の形態 1 に記載したものや、特許文献 3 で提案される材質を用いることができる。

[0233] 各基板に対し次のような加工を行う。第 1 基板 2101 に対しては、基板上部（図 17 の（a）の紙面に対して手前側）に第 1 注入孔 2001、第 2 注入孔 2002、排出孔 2014 を上向きに開口する。また、第 1 液溜め部 2003、第 2 液溜め部 2004、注入路 2005、注入路 2006、ミキサー部 2007、第 1 流路 2008、第 1 隘路 2009、第 2 流路 2010

、第2隘路2011、第3隘路2013、及び第3流路2016用の凹状溝（流路形成孔）を形成する。

[0234] 第2基板2102に対しては、その表面に電極2105及び電極2106、検出用電極（分析部）2112を形成し、また、第2基板2102の端部に外部接続端子2015を形成する。更に各電極を外部接続端子2015に接続する引き出し線を形成する。各電極の形成は、公知の方法を用いればよい。

[0235] 上記のように加工した第1基板2101及び第2基板2102を、加工面を内側にして張り合わせる。これにより実施の形態6にかかるマイクロ分析チップ2302が完成する。

[0236] 本実施の形態では、第1基板2101と第2基板2102とを重ね合わせた構造について説明したが、実施の形態2と同様に、第3基板、中間層（流路形成層）、第2基板（第4基板）を重ね合わせた構造であっても良い。

[0237] [9. 実施の形態8]

次に、図18に基づき、実施の形態8の携帯可能なハンディ型の制御用ハンディ機器（分析装置）2301について説明する。図18は、制御用ハンディ機器2301及び装着前のマイクロ分析チップ2302の外観を示す斜視図である。

[0238] 制御用ハンディ機器2301は、マイクロ分析チップ2302が装填されることにより分析装置として機能する。マイクロ分析チップ2302は、上記実施の形態7で説明したものである。よって、ここでは、マイクロ分析チップ2302の詳細な説明は省略する。

[0239] 図18に示すように、制御用ハンディ機器2301の下部には、マイクロ分析チップ2302の外部接続端子2015を挿入するチップ接続口2303が設けられており、このチップ接続口2303の奥には、外部接続端子2015と電氣的に接続する外部入出力端子（不図示）が設けられている。

[0240] マイクロ分析チップ2302の外部接続端子2015をチップ接続口2303に挿入すると、制御用ハンディ機器2301内の外部入出力端子とマイ

クロ分析チップ2302の外部接続端子とが電氣的に接続される。

[0241] 制御用ハンディ機器2301には、マイクロ分析チップ2302の測定結果（被検出物質の量など）を表示することができる表示部2304、及び、測定の開始、停止や、測定パラメータを特定するための様々なデータを入力することのできる入力部2305が設けられている。入力部2305としては、例えばタッチパネル構造が採用できる。

[0242] 更に制御用ハンディ機器2301には、図示しないが、データを処理することのできるCPU（central processing unit：情報処理部）や入力情報及び出力情報を処理するI/O論理回路などの情報処理部が組み込まれている。

[0243] マイクロ分析チップ2302を制御用ハンディ機器2301に接続し、各種データを入力し、測定開始ボタンを押す。これにより、予めマイクロ分析チップ2302に備えられ、且つ第1開閉バルブ及び第2開閉バルブにより流路内への流入が停止されていた試薬液や試料液（被検液；溶液）などの溶液が流路内に順次進入する。これにより各流路内で所定の反応が行われて検出可能物質になり検出部2012に至り、ここで被検出物質の量に応じた電気信号（分析信号）が発せられる。この電気信号は外部接続端子2015から外部に出力される。

[0244] 外部接続端子2015から出力された電気信号は、外部接続端子2015と電氣的に接続された制御用ハンディ機器の外部入出力端子が受け取り、この電気信号を制御用ハンディ機器に予め格納されたソフト情報（例えば、電気信号と分析データとの対応関係を示す情報など）に基づいて分析する。これにより、被検出物質の量又は種類などを特定することができる。

[0245] 制御用ハンディ機器2301としては、例えば、携帯電話やPDA（personal digital assistance）などの携帯電子機器を活用することができる。ここでは携帯電話を例に挙げて説明する。例えばコンピュータ機能を備えた携帯電話に、上記したチップ接続口2303を設け、この携帯電話にマイクロ分析チップ2302から発信（出力）されたデータを処理する分析ソフト（

分析プログラム)を格納する。この携帯電話は通常は携帯電話として機能し、必要に応じて制御用ハンディ機器2301として機能させることができる。

[0246] 次に、制御用ハンディ機器2301の操作方法を例示する。携帯電話にマイクロ分析チップ2302を接続し、携帯電話の入力部2305のボタンにより各種データを入力した後、測定開始ボタンとして設定されたボタンを押す。これにより、あらかじめマイクロ分析チップ2302に準備され、かつ第1開閉バルブ及び第2開閉バルブにより流路内への流入が停止されていた試薬液や被検液などが流路内へ進行する。この後、マイクロ分析チップ2302が順次動作して検出部2012において検出された被検出物質量に応じた電気信号を携帯電話に出力する。携帯電話のコンピュータがこの信号をソフト的に解析し被検出物質の量や種類などを特定する。これを携帯電話の表示部2304に表示する。また、オペレータの指示を受け、その電送機能を利用して解析情報を離れた場所にまで電送する。

[0247] このように、携帯機器を利用することにより、コストパフォーマンスに優れ、かつ利便性・使い勝って性に優れた制御用ハンディ機器2301を実現することができる。

[0248] なお、マイクロ分析チップ2302と制御用ハンディ機器2301との間の信号伝達方式は、両者間で電気信号がやり取りできる限りどのような方式・形態でもよく、必ずしも上記のようなチップ接続口2303を介する方式である必要はない。

[0249] より詳細には、制御用ハンディ機器2301の各構成要素は、集積回路(ICチップ)上に形成された論理回路によってハードウェア的に実現してもよいし、CPUを用いてソフトウェア的に実現してもよい。

[0250] 後者の場合、制御用ハンディ機器2301は、各機能を実現する分析プログラムなどの各種制御プログラムの命令を実行するCPU、上記制御プログラムを格納したROM(Read Only Memory)、上記プログラムを展開するRAM(Random Access Memory)、上記各種プログラムおよび各種データを格

納するメモリ等の記憶装置（記録媒体）などを備えている。そして、本発明の目的は、上述した機能を実現するソフトウェアである制御用ハンディ機器 2301 の制御プログラムのプログラムコード（実行形式プログラム、中間コードプログラム、ソースプログラム）をコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体を、上記制御用ハンディ機器 2301 に供給し、そのコンピュータ（または CPU や MPU）が記録媒体に記録されているプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成可能である。

[0251] 上記記録媒体としては、例えば、磁気テープやカセットテープ等のテープ類、フロッピー（登録商標）ディスク／ハードディスク等の磁気ディスクや CD-ROM／MO／MD／DVD／CD-R 等の光ディスクを含むディスク類、IC カード（メモリカードを含む）／光カード等のカード類、マスク ROM／EPROM／EEPROM／フラッシュ ROM 等の半導体メモリ類、あるいは PLD（Programmable logic device）や FPGA（Field Programmable Gate Array）等の論理回路類などを用いることができる。

[0252] また、制御用ハンディ機器 2301 を通信ネットワークと接続可能に構成し、上記プログラムコードを通信ネットワークを介して供給してもよい。この通信ネットワークは、プログラムコードを伝送可能であればよく、特に限定されない。例えば、インターネット、イントラネット、エキストラネット、LAN、ISDN、VAN、CATV 通信網、仮想専用網（Virtual Private Network）、電話回線網、移動体通信網、衛星通信網等が利用可能である。また、この通信ネットワークを構成する伝送媒体も、プログラムコードを伝送可能な媒体であればよく、特定の構成または種類のものに限定されない。例えば、IEEE 1394、USB、電力線搬送、ケーブル TV 回線、電話線、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）回線等の有線でも、IrDA やリモコンのような赤外線、Bluetooth（登録商標）、IEEE 802.11 無線、HDR（High Data Rate）、NFC（Near Field Communication）、DLNA（Digital Living Network Alliance）、携帯電話網、衛星回線、地上波デジタル網等の無線でも利用可能である。

[0253] (実施例)

次に、実施例により本発明の説明を行うが、本発明の範囲は実施例に限定されるものではない。

[0254] 本実施例にかかる流路構造体は、上記実施の形態 1 と同様の構成であり、2つの基板（第 1 基板 1 1 1 と第 2 基板 1 1 0）が重ね合わされて構成されている。

[0255] 第 1 基板 1 1 1 への流路 1 1 4 形用の流路形成溝 1 1 4 a の形成には、金型による樹脂成型方法を用いた。金型は、シリコン基板にフォトリソ法でレジストパターンを形成後、ドライエッチングプロセス法によりエッチングを行って作製した。作製された金型型枠を設置し、シリコンゴム（ポリジメチルシロキサン、東レダウコーニング社製 ジルポット 1 8 4）を厚みが 2 mm になるまで流し込み、100℃、15分の加熱を行い、硬化させた。硬化後、金型と硬化したシリコンゴムを分離させ、シリコンゴムを縦 20 mm、横 10 mm、厚み 2 mm に整形し、上部基板を作製した。流路幅を 600 μ m、流路高さを 50 μ m とした。

[0256] 第 2 基板 1 1 0 は、厚み 600 μ m の石英基板をダイシングソーで縦 25 mm、横 15 mm に切断して作製した。参照電極 1 3 1 の寸法を 800 μ m $\times$ 300 μ m、作用電極 1 3 2 の寸法を 1000 μ m $\times$ 1000 μ m、外部接続端子用電極 1 3 6 の寸法を 1000 mm $\times$ 1000 mm、引き出し電極 1 3 3 のライン幅を 200 μ m に設計した。参照電極 1 3 1、作用電極 1 3 2 の作製には、フォトリソ法によりレジストをパターニング後、スパッタ法によってチタン層（又はクロム層）50 nm、金層 100 nm を形成し、リフトオフ法によってレジスト及びレジスト上に形成されたチタン層及び金層を除去し、所望の形にパターニングされた電極を形成した。

[0257] 電極作製後、フォトリソ法によって、EWバルブ用作用電極の内側に抜きパターンを形成後、プラズマ中で C 4 F 8（八フッ化シクロブタン）ガスを導入し、フッ化炭素膜を 50 nm 堆積させた。フッ化炭素膜の堆積には住友精密工業製の ICP 装置（MUC-21）を用いた。フッ化炭素膜を堆積後

、リフトオフ法によってレジスト及びレジスト上に形成されたフッ化炭素膜を除去し、作用電極 1 3 2 上に疎水性部分 1 3 5 を形成した。疎水性部分 1 3 5 は、形状が縦 $50\ \mu\text{m}$ 、横 $50\ \mu\text{m}$ で、 $50\ \mu\text{m}$ 間隔で島（ランド部）状に複数個配置させた。フッ化炭素膜の接触角は、 110° （室温 25°C 、純水（比抵抗 $18\ \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ）における）であった。

[0258] 上記第 1 基板 1 1 1 及び第 2 基板 1 1 0 を張り合わせ、実施例にかかる流路構造体を作製した。

[0259] （比較例 1）

作用電極に疎水性膜の形成を行わない以外は、上記実施例と同様にして流路構造体を作製した。

[0260] （比較例 2）

フッ化炭素膜を作用電極全面に形成したこと以外は、上記実施例と同様にして流路構造体を作製した。

[0261] 実施例、比較例 1、比較例 2 にかかる流路構造体に液を流す試験を行った。実施例では、注入孔に蛍光色素（フルオレセインイソシアネート：FITC）溶液を滴下すると、毛細管現象により流路構造体内に溶液が入った。この後、EWバルブの作用電極に溶液が達した時点で溶液の流れが停止した。作用電極及び参照電極に $1.5\ \text{V}$ の電圧を印加すると、作用電極上を溶液が通過し、流路内の溶液が無くなるまで溶液を流すことができた。

[0262] 他方、比較例 1 では、作用電極に溶液が達した時点で溶液の流れが停止せず、ゆっくりと作用電極上を移動し通過する場合が発生した。

[0263] 比較例 2 では、作用電極に溶液が達した時点で溶液の流れが停止し、 $1.5\ \text{V}$ 電圧を印加したときには溶液の流れが再開しなかった。さらに、印加電圧を大きくすることにより、作用電極上を溶液が通過することができるが、印加電圧を大きくすると、溶液の電気分解により気泡が発生し、途中で溶液が停止する場合が発生した。

[0264] 以上により、実施例の流路構造体では、溶液の流れを確実に制御できることがわかる。

- [0265] また、本発明は、以下のように表現することもできる。
- [0266] すなわち、本発明の流路構造体は、流路内に形成された第 1 の電極（作用電極）と、前記第 1 の電極の形成された領域よりも上流側に形成された第 2 の電極（参照電極）とを有し、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極に接し、前記第 1 の電極で停止している液を、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極に電圧を印加することにより、前進させる送液バルブが配置された流路構造体において、前記第 1 の電極表面に、液の流れる方向に対して直交方向において、疎水性部分と親水性部分が配置されていても良い。
- [0267] また、本発明の流路構造体は、前記疎水性部分と前記親水性部分の割合が異なる領域を備えていても良い。
- [0268] また、本発明の流路構造体は、前記流路用の溝が形成された第 1 基板と、前記第 2 の電極と前記第 1 の電極が形成された第 2 基板と、を有し、前記第 1 基板と前記第 2 基板とが重ね合わされてなるものであっても良い。
- [0269] また、本発明の流路構造体は、前記第 1 基板の表面が疎水性であり、前記第 2 基板の表面が親水性であっても良い。
- [0270] また、本発明の流路構造体は、前記第 1 基板はポリジメチルシロキサンからなり、前記第 2 基板はガラスからなっても良い。
- [0271] また、本発明の流路構造体は、前記各流路用の溝の側壁部が形成された中間層と、前記中間層の溝部を両面から蓋する第 2 基板及び第 3 基板と、を有し、前記第 3 基板と前記中間層と前記第 2 基板が重ね合わされてなるものであっても良い。
- [0272] また、本発明の流路構造体は、前記中間層の表面が疎水性であっても良い。
- [0273] また、本発明の流路構造体は、前記第 1 の電極の疎水性部分が複数の島状に配置されていても良い。
- [0274] また、本発明の流路構造体は、前記第 1 の電極の疎水性部分が液の流れる方向に対して平行な複数のライン状に配置されていても良い。
- [0275] また、本発明の流路構造体は、前記第 1 の電極の構成材料が親水性であり

、前記第 1 の電極の一部に疎水化处理されていても良い。

[0276] また、本発明の流路構造体は、前記疎水化处理が、疎水处理剤処理であっても良い。

[0277] また、本発明の流路構造体は、前記疎水化处理が、疎水性膜の形成であっても良い。

[0278] また、本発明の流路構造体は、前記疎水化处理の後、表面粗さの調整が行われても良い。

[0279] また、本発明の流路構造体は、前記第 1 の電極上に、流れの方向の前後の流路の溝幅よりも、溝幅が小さい流路部を有していても良い。

[0280] また、本発明の流路構造体は、前記第 1 の電極上に、流れの方向の前後の流路の溝高さよりも、溝高さが大きい流路部を有していても良い。

[0281] また、本発明の分析チップは、前記流路構造体を備えた分析チップであって、注入孔と、排出孔と、反応部及び／又は検出部と、外部接続端子とを備えていても良い。

[0282] また、本発明の分析装置は、前記分析チップを備えた分析装置であって、チップ接続口と、外部入出力端子と、表示部と、入力部と、情報処理部とを備えていても良い。

[0283] また、本発明は、以下のようにも表現できる。

[0284] また、本発明の流路構造体は、前記疎水部と前記親水部とが配列する配列方向が、前記駆動力に対して直交する方向であっても良い。

[0285] 前記構成によれば、疎水部と親水部とが配列する配列方向に沿って作用電極の両端間に引いた線分上のすべての点が疎水部となっているような領域が存在しないため、このような領域において部分的に溶液の駆動力が正となる印加電圧が高くなってしまいうことを抑制することができる。

[0286] また、本発明の流路構造体は、前記駆動力に対して直交する方向に沿って前記作用電極の両端間に引かれる複数の線分を定義し、各線分上における前記疎水部の長さの総和を疎水部全長とすると、前記作用電極上において、前記流路の流路幅に対する前記疎水部全長の割合が互いに異なる線分の組み

が少なくとも 1 組存在しても良い。

[0287] 前記構成によれば、駆動力に対して直交する方向に沿って、疎水部の割合が高い線分が引ける領域（親水部の割合が低い線分が引ける領域）と、疎水部の割合が低い線分が引ける領域（親水部の割合が高い線分が引ける領域）とが、作用電極上に少なくとも 1 組存在する。

[0288] よって、疎水部の割合が高い線分が引ける領域では、溶液を停止させる効果が大きくなる。また、疎水部の割合が低い線分が引ける領域も存在しているので、作用電極の表面の全面が疎水膜で被覆されている場合と比較して、その領域において疎水部の割合を小さくすることができ、溶液を移動させるのに必要な印加電圧を小さくすることができる。

[0289] さらに、例えば、上述した疎水部の割合が高い線分が引ける領域と、疎水部の割合が低い線分が引ける領域とを、駆動力の方向に交互に配列することで、疎水部の割合が高い領域が複数個設けられるため、溶液の停止をより確実に行うことが可能となる。

[0290] また、本発明の流路構造体は、前記疎水部が複数存在し、前記作用電極の表面上で、各疎水部がランド部を形成し、前記親水部が前記各疎水部を取り囲むグループ部を形成していても良い。

[0291] 前記構成によれば、疎水部と親水部との両方を有する作用電極を容易に実現することができる。また、複雑なパターンを有していないため、疎水部の形成が容易である。

[0292] また、本発明の流路構造体は、前記疎水部が複数存在し、各疎水部が、前記駆動力の方向に沿って縞模様を形成していても良い。

[0293] 前記構成によれば、疎水部と親水部との両方を有する作用電極を容易に実現することができる。また、複雑なパターンを有していないため、疎水部の形成が容易である。

[0294] また、本発明の流路構造体は、前記流路の流路幅が、前記作用電極上で狭くなっている部分が存在していても良い。

[0295] 前記構成によれば、作用電極上で、流路高さを一定に保った状態で、流路

幅を狭くすることで、流路高さが一定に保たれた流路内面が占める割合が、流路幅を狭くされた流路内面が占める割合よりも高くなる。

[0296] よって、流路高さが一定に保たれた流路内面を疎水性材料で構成すれば、作用電極の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0297] 一方、流路高さが一定に保たれた流路内面を親水性材料で構成すれば、作用電極の周辺部の親水性を高めることができる。

[0298] 例えば、流路構造体が、後述する疎水性材料から構成された第1基板と、親水性材料で構成された第2基板とからなる場合、流路の流路幅が、作用電極上で狭くなっている部分が存在することで、その部分での、作用電極上で第1基板が占める割合が、第2基板が占める割合よりも高くなるので、作用電極の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0299] 一方、流路構造体が、後述する第3基板、流路形成層、及び第4基板からなる場合、流路幅が、作用電極上で狭くなっている部分が存在することで、その部分での、作用電極上で流路形成層が占める割合が、第3基板及び第4基板が占める割合よりも高くなるので、作用電極の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0300] これにより、電圧無印加の状態における作用電極上の流路において溶液に発生する駆動力を0又は負にすることが容易に実現できる。

[0301] また、本発明の流路構造体は、前記流路の流路高さが、前記作用電極上で高くなっている部分が存在していても良い。

[0302] 前記構成によれば、作用電極上で、流路幅を一定に保った状態で、流路高さを高くすることで、流路高さが高い流路内面が占める割合が、流路幅が一定に保たれた流路内面が占める割合よりも高くなる。

[0303] よって、流路高さが高い流路内面を疎水性材料で構成すれば、作用電極の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0304] 一方、流路高さが高い流路内面を親水性材料で構成すれば、作用電極の周辺部の親水性を高めることができる。

[0305] 例えば、流路構造体が、後述する疎水性材料から構成された第1基板と、

親水性材料で構成された第2基板とからなる場合、流路高さが、作用電極上で高くなっている部分が存在することで、その部分での、作用電極上で第1基板が占める割合が、第2基板が占める割合よりも高くなるので、作用電極の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0306] 一方、流路構造体が、後述する第3基板、流路形成層、及び第4基板からなる場合、流路高さが、作用電極上で高くなっている部分が存在することで、その部分での流路形成層が占める割合が、第3基板及び第4基板が占める割合よりも高くなるので、作用電極の周辺部の疎水性を高めることができる。

[0307] これにより、電圧無印加の状態における作用電極上の流路において溶液に発生する駆動力を0又は負にすることが容易に実現できる。

[0308] また、本発明の流路構造体は、前記流路を形成するための流路形成溝が少なくとも形成された第1基板と、前記第1基板に形成された前記流路形成溝を封止する第2基板とを備えていても良い。

[0309] ところで、複雑な流路を毛細管のように細い管によって形成することは一般的に困難である。しかし、前記構成のように、第1基板に形成した溝部を、第2基板によって封止することで毛細管（各流路）を形成すれば、その作成は容易である。よって流路構造体を容易に製造することが可能となる。

[0310] また、本発明の流路構造体は、前記第1基板は、疎水性材料で構成されており、前記第2基板は、親水性材料で構成されていても良い。

[0311] 前記構成によれば、親水性と疎水性の両方が存在する流路内面を容易に形成することができる。また、各流路において、第1基板の溝の流路内面が疎水性となるため、第1基板及び第2基板の貼り合わせ部分からの液漏れを防止することができる。

[0312] また、本発明の流路構造体は、前記第1基板を構成する疎水性材料は、ポリジメチルシロキサンであり、前記第2基板を構成する親水性材料は、ガラスであっても良い。

[0313] ポリジメチルシロキサンは疎水性であり、ガラスは親水性である。よって

、前記構成によれば、流路形成溝を形成すること、及び2つの基板の貼り合せを容易に行うことが可能となる。また、各流路において、第1基板の溝の流路内面が疎水性となるため、第1基板及び第2基板の貼り合わせ部分からの液漏れを防止することができる。

[0314] また、本発明の流路構造体は、前記流路を構成するための流路形成孔が少なくとも形成された流路形成層と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から封止する第3基板と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の他方側から封止する第4基板とを備えていても良い。

[0315] 前記構成のように、流路形成層に流路形成孔を設けて両側から基板で挟むことは、容易に実行できる。よって、流路構造体を容易に製造することが可能となる。

[0316] また、本発明の流路構造体は、前記流路形成層は、疎水性材料で構成されていても良い。

[0317] 前記構成によれば、親水性と疎水性の両方が存在する流路内面を容易に形成することができる。また、流路形成層に形成された孔の壁面が疎水性となるため、基板の貼り合わせ部分からの液漏れを防止することができる。

[0318] また、本発明の分析チップは、前記流路構造体を備えた分析チップであっても良い。

[0319] 前記構成によれば、上述した各流路構造体の機能を有する分析チップを実現できる。

[0320] また、本発明の分析装置は、前記分析チップを備えていても良い。

[0321] 前記構成によれば、上述した各流路構造体の機能を有する分析チップを利用することができる分析装置を実現できる。

[0322] また、本発明の流路構造体の製造方法は、前記疎水化処理工程で、疎水処理剤を使用することで、前記作用電極の一部を疎水化処理しても良いし、前記作用電極の一部に疎水性膜を形成することで、前記作用電極の一部を疎水化処理しても良い。

[0323] また、本発明の流路構造体の製造方法は、前記疎水化処理工程で、前記疎水化処理の後に、さらに前記作用電極の一部の表面粗さを調整しても良い。これにより、疎水化処理後の作用電極の一部の疎水性をさらに高くすることができる。

[0324] 特に、作用電極の材料として金（接触角： 60° ～ 85° ）を用い、親水性の金の表面を疎水性膜で被覆する方法を簡便な方法として例示できる。

[0325] また、本発明の流路構造体は、所定の電位差を生じさせて流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極および参照電極が形成された流路構造体において、

前記作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とが形成されていることを含んでも良い。

[0326] また、本発明の流路構造体の製造方法は、所定の電位差を生じさせて流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極および参照電極が形成され、前記流路を形成するための流路形成溝が少なくとも形成された第1基板と、前記第1基板に形成された前記流路形成溝を封止する第2基板とを備えた流路構造体の製造方法であって、前記第1基板上に前記流路形成溝を形成する流路形成溝形成工程と、親水性の導電性材料で前記作用電極を作成し、該作用電極の一部を疎水化処理して該作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化処理工程と、前記第2基板上に前記作用電極を設置する作用電極設置工程と、前記第1基板に形成された前記流路形成溝を前記第2基板で封止する流路形成溝封止工程とを含んでも良い。

[0327] また、本発明の流路構造体の製造方法は、所定の電位差を生じさせて流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極および参照電極が形成され、前記流路を構成するための流路形成孔が少なくとも形成された流路形成層と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から封止する第3基板と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の他方側から封止する第4基板とを備えた流路構造体

の製造方法であって、前記流路形成層に前記流路形成孔を形成する流路形成孔形成工程と、親水性の導電性材料で前記作用電極を作成し、該作用電極の一部を疎水化处理して該作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化处理工程と、前記第4基板上に前記作用電極を設置する作用電極設置工程と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から前記第3基板で封止すると共に、前記流路形成層の他方側から前記第4基板で封止する流路形成孔封止工程とを含んでも良い。

[0328] 〔付記事項〕

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組合せて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

産業上の利用可能性

[0329] 本発明は、医療分野、生化学分野、アレルギーなどの測定分野等における流路構造体、該流路構造体を備えた抗原の分析などに用いるマイクロ分析チップ、該マイクロ分析チップを備えた分析装置などに広く適用することができる。このため、その産業上の利用価値は大きい。

符号の説明

- [0330] 1 0 ～ 9 0 流路構造体（分析チップ）
- 1 1 0 第2基板（第4基板）
- 1 1 1 第1基板
- 1 1 2, 1 1 2 a, 1 1 2 b 注入孔（液導入孔）
- 1 1 3 排出孔（液排出孔）
- 1 1 4 流路
- 1 1 4 a 流路形成溝
- 1 1 4 b 流路形成孔
- 1 1 4 c 隘路（流路）

- 1 1 4 d 段差部（流路）
- 1 1 5 第3基板
- 1 1 6 中間層（流路形成層）
- 1 3 1, 1 3 1 a, 1 3 1 b 参照電極
- 1 3 2, 1 3 2 a, 1 3 2 b 作用電極
- 1 3 4 親水性部分（親水部, グループ部）
- 1 3 5 疎水性部分（疎水部, ランド部）
- 1 3 6 外部接続端子用電極（外部接続端子）
- 1 3 7 対向電極
- 1 5 1 a, 1 5 1 b 第2流路（流路）
- 1 5 2 a, 1 5 2 b 第3流路（流路）
- 2 0 0 1 第1注入孔（液導入孔）
- 2 0 0 2 第2注入孔（液導入孔）
- 2 0 0 3 第1液溜め部（流路）
- 2 0 0 4 第2液溜め部（流路）
- 2 0 0 5, 2 0 0 6 注入路（流路）
- 2 0 0 7 ミキサー部（流路）
- 2 0 0 8 第1流路（流路）
- 2 0 0 9 第1隘路（流路）
- 2 0 1 0 第2流路（流路）
- 2 0 1 1 第2隘路（流路）
- 2 0 1 2 検出部（分析部）
- 2 0 1 3 第3隘路（流路）
- 2 0 1 4 排出孔（液排出孔）
- 2 0 1 5 外部接続端子
- 2 0 1 6 第3流路（流路）
- 2 0 1 7 反応部（分析部）
- 2 1 0 1 第1基板

2 1 0 2 第2基板

2 1 1 2 検出用電極（分析部）

2 3 0 1 制御用ハンディ機器（分析装置）

2 3 0 2 マイクロ分析チップ（分析チップ）

a 比（疎水部全長／流路幅）

h, h' 流路高さ

P 圧力（駆動力）

w, w' 流路幅

請求の範囲

- [請求項1] 流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極と、該作用電極との間に所定の電位差を生じさせて前記駆動力を生じさせる参照電極とが形成された流路構造体において、
- 前記作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とが形成されていることを特徴とする流路構造体。
- [請求項2] 前記疎水部と前記親水部とが配列する配列方向が、前記駆動力に対して直交する方向であることを特徴とする請求項1に記載の流路構造体。
- [請求項3] 前記駆動力に対して直交する方向に沿って前記作用電極の両端間に引かれる複数の線分を定義し、各線分上における前記疎水部の長さの総和を疎水部全長とするとき、
- 前記作用電極上において、前記流路の流路幅に対する前記疎水部全長の割合が互いに異なる線分の組みが少なくとも1組存在することを特徴とする請求項1又は2に記載の流路構造体。
- [請求項4] 前記疎水部が複数存在し、
- 前記作用電極の表面上で、各疎水部がランド部を形成し、前記親水部が前記各疎水部を取り囲むグループ部を形成していることを特徴とする請求項1から3までのいずれか1項に記載の流路構造体。
- [請求項5] 前記疎水部が複数存在し、
- 各疎水部が、前記駆動力の方向に沿って縞模様を形成していることを特徴とする請求項1から4までのいずれか1項に記載の流路構造体。
- [請求項6] 前記流路の流路幅が、前記作用電極上で狭くなっている部分が存在していることを特徴とする請求項1から5までのいずれか1項に記載の流路構造体。
- [請求項7] 前記流路の流路高さが、前記作用電極上で高くなっている部分が存在していることを特徴とする請求項1から6までのいずれか1項に記

載の流路構造体。

[請求項8] 前記流路を形成するための流路形成溝が少なくとも形成された第1基板と、

前記第1基板に形成された前記流路形成溝を封止する第2基板とを備えていることを特徴とする請求項1から7までのいずれか1項に記載の流路構造体。

[請求項9] 前記第1基板は、疎水性材料で構成されており、

前記第2基板は、親水性材料で構成されていることを特徴とする請求項8に記載の流路構造体。

[請求項10] 前記第1基板を構成する疎水性材料は、ポリジメチルシロキサンであり、

前記第2基板を構成する親水性材料は、ガラスであることを特徴とする請求項9に記載の流路構造体。

[請求項11] 前記流路を構成するための流路形成孔が少なくとも形成された流路形成層と、

前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から封止する第3基板と、

前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の他方側から封止する第4基板とを備えていることを特徴とする請求項1から7までのいずれか1項に記載の流路構造体。

[請求項12] 前記流路形成層は、疎水性材料で構成されていることを特徴とする請求項11に記載の流路構造体。

[請求項13] 請求項1から12までのいずれか1項に記載の流路構造体を備えた分析チップ。

[請求項14] 請求項13に記載の分析チップを備えた分析装置。

[請求項15] 流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極と、該作用電極との間に所定の電位差を生じさせて前記駆動力を生じさせる参照電極とが形成され、前記流路を形成するための流路形成溝が少なく

とも形成された第1基板と、前記第1基板に形成された前記流路形成溝を封止する第2基板とを備えた流路構造体の製造方法であって、

前記第1基板上に前記流路形成溝を形成する流路形成溝形成工程と、

、
親水性の導電性材料で前記作用電極を作成し、該作用電極の一部を疎水化处理して該作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化处理工程と、

前記第2基板上に前記作用電極を設置する作用電極設置工程と、

前記第1基板に形成された前記流路形成溝を前記第2基板で封止する流路形成溝封止工程とを含んでいることを特徴とする流路構造体の製造方法。

[請求項16]

流路に沿って溶液を送液する駆動力を生じさせる作用電極と、該作用電極との間に所定の電位差を生じさせて前記駆動力を生じさせる参照電極とが形成され、前記流路を構成するための流路形成孔が少なくとも形成された流路形成層と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から封止する第3基板と、前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の他方側から封止する第4基板とを備えた流路構造体の製造方法であって、

前記流路形成層に前記流路形成孔を形成する流路形成孔形成工程と、

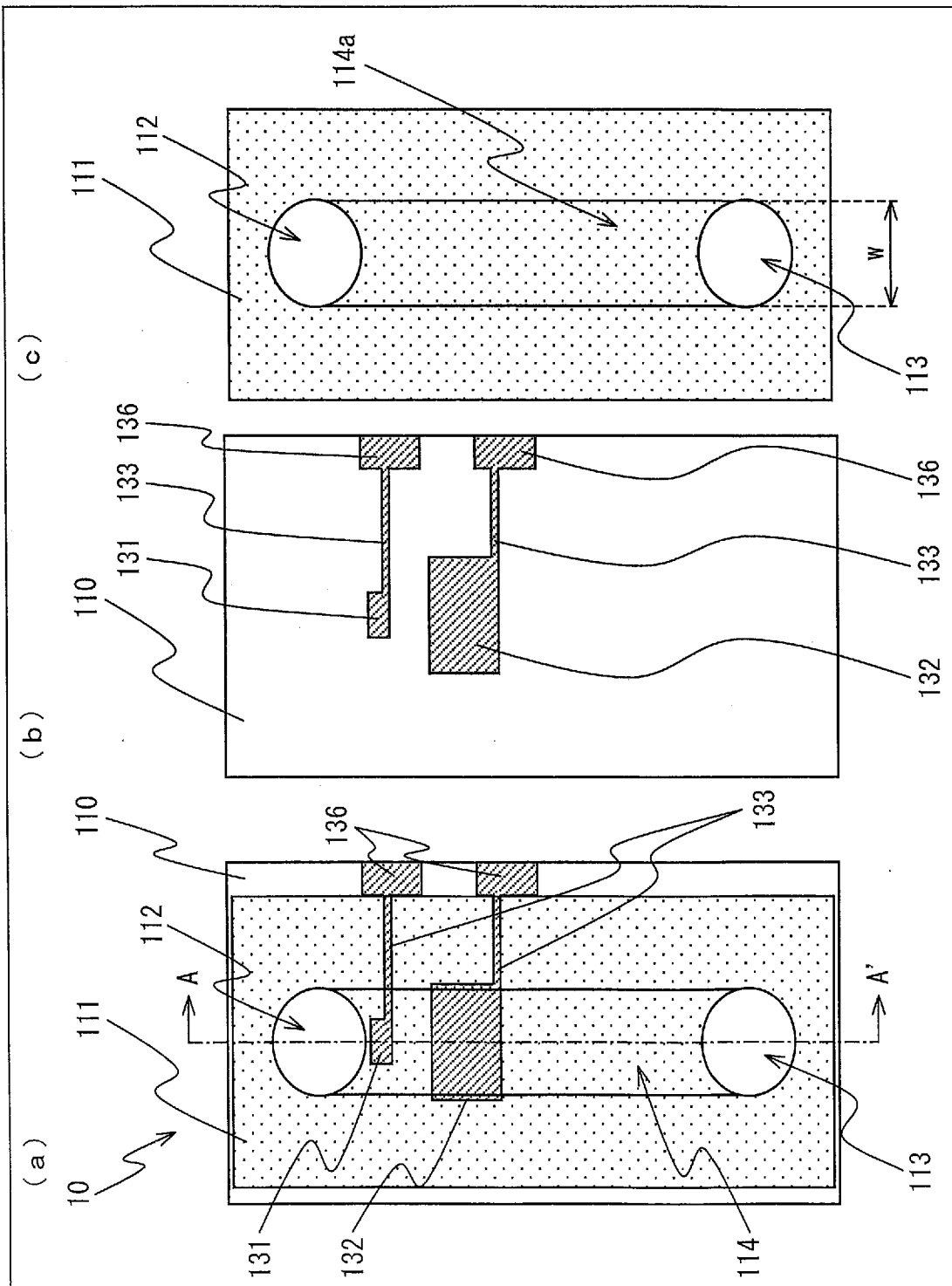
、
親水性の導電性材料で前記作用電極を作成し、該作用電極の一部を疎水化处理して該作用電極の溶液と接触する表面上に、疎水性の高い疎水部と親水性の高い親水部とを形成する疎水化处理工程と、

前記第4基板上に前記作用電極を設置する作用電極設置工程と、

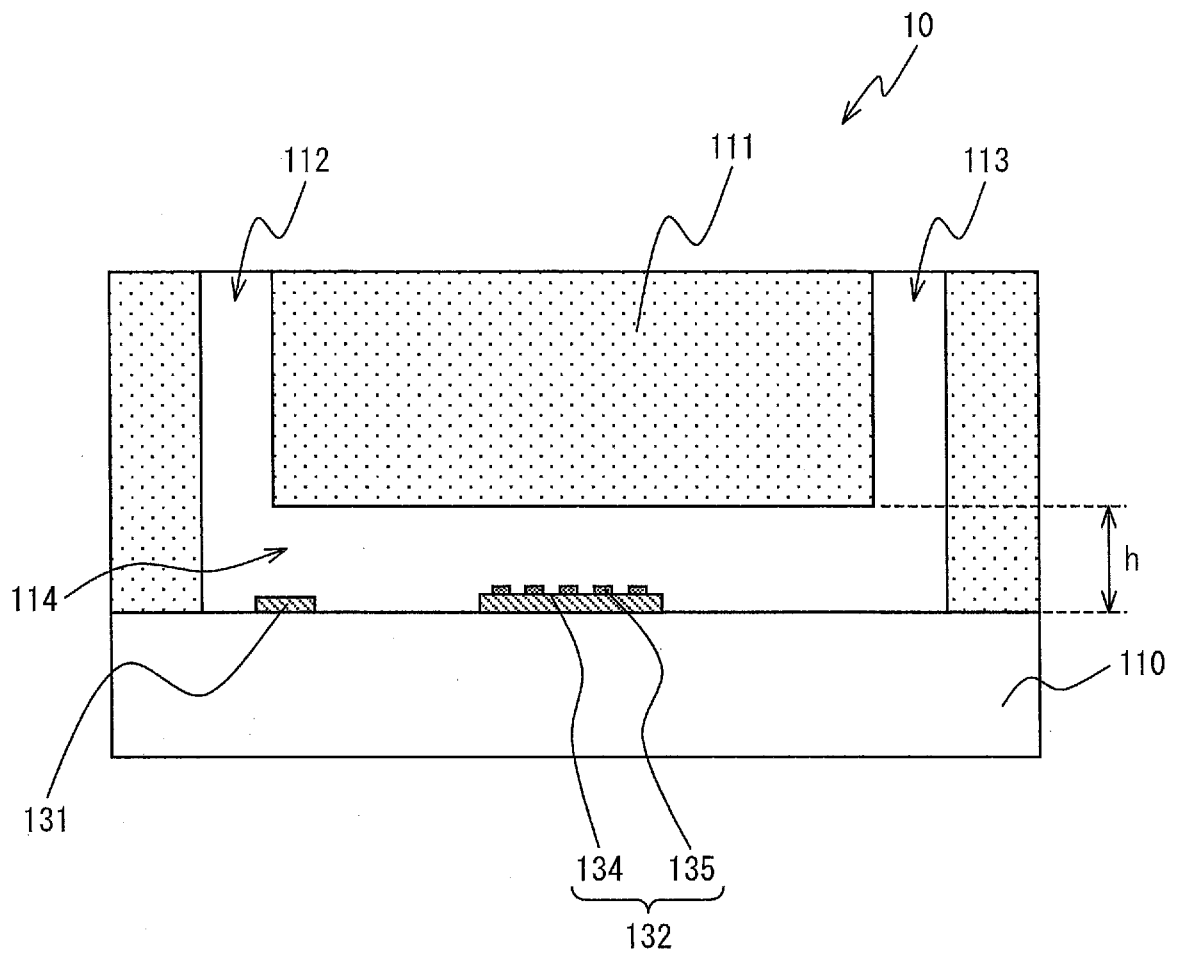
前記流路形成層に形成された前記流路形成孔を、前記流路形成層の一方側から前記第3基板で封止すると共に、前記流路形成層の他方側から前記第4基板で封止する流路形成孔封止工程とを含んでいることを特徴とする流路構造体の製造方法。

- [請求項17] 前記疎水化処理工程で、疎水処理剤を使用することで、前記作用電極の一部を疎水化処理することを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 に記載の流路構造体の製造方法。
- [請求項18] 前記疎水化処理工程で、前記作用電極の一部に疎水性膜を形成することで、前記作用電極の一部を疎水化処理することを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 に記載の流路構造体の製造方法。
- [請求項19] 前記疎水化処理工程で、前記疎水化処理の後に、さらに前記作用電極の一部の表面粗さを調整することを特徴とする請求項 1 7 又は 1 8 に記載の流路構造体の製造方法。

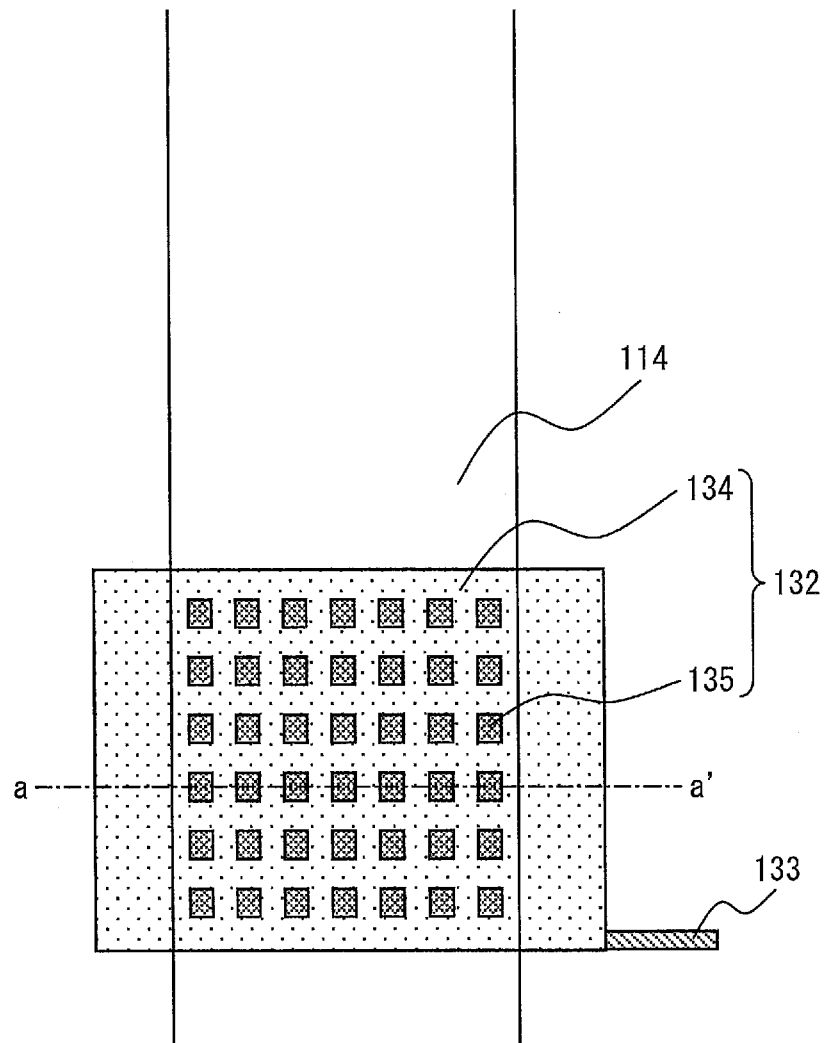
[図1]



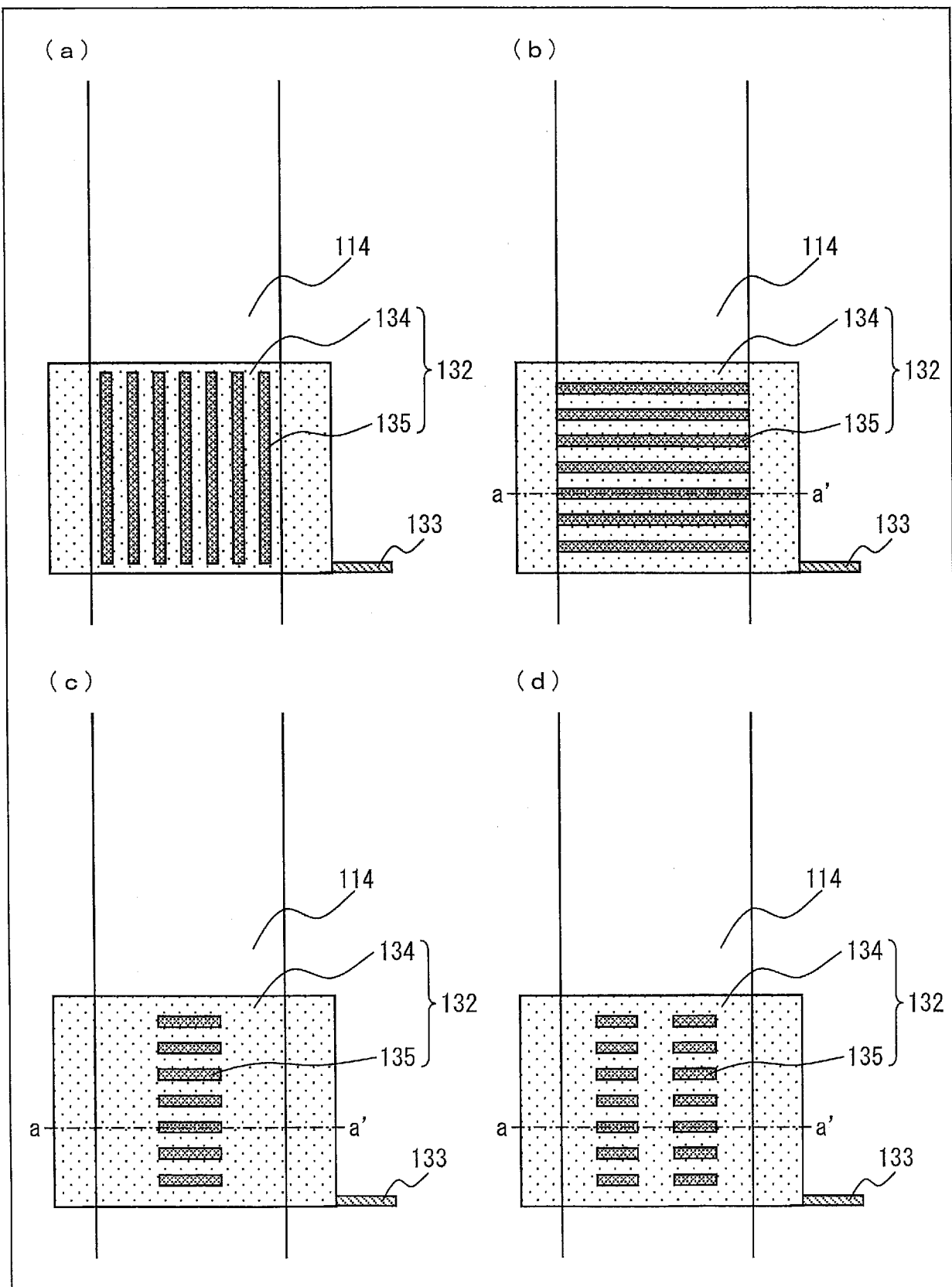
[図2]



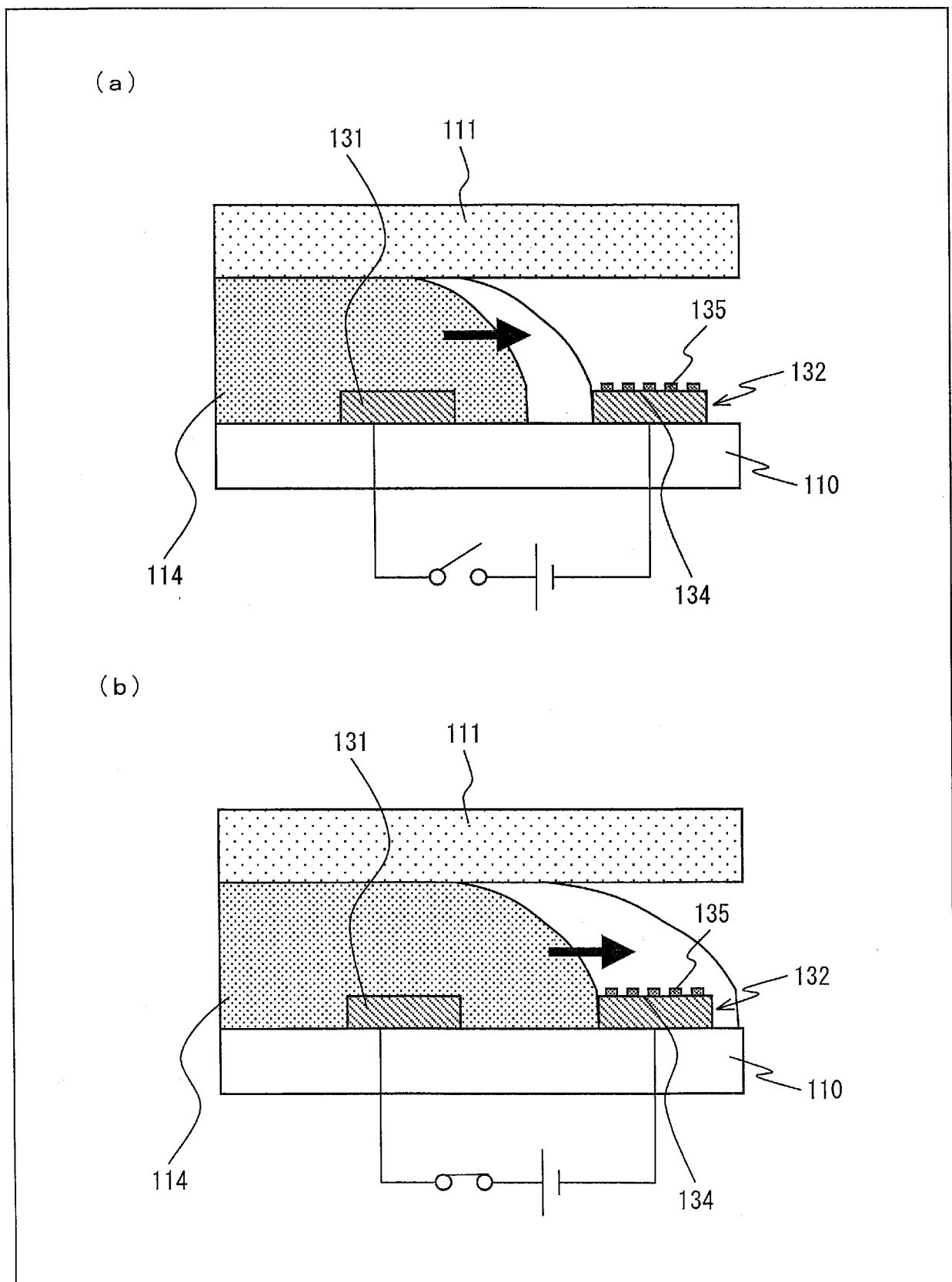
[図3]



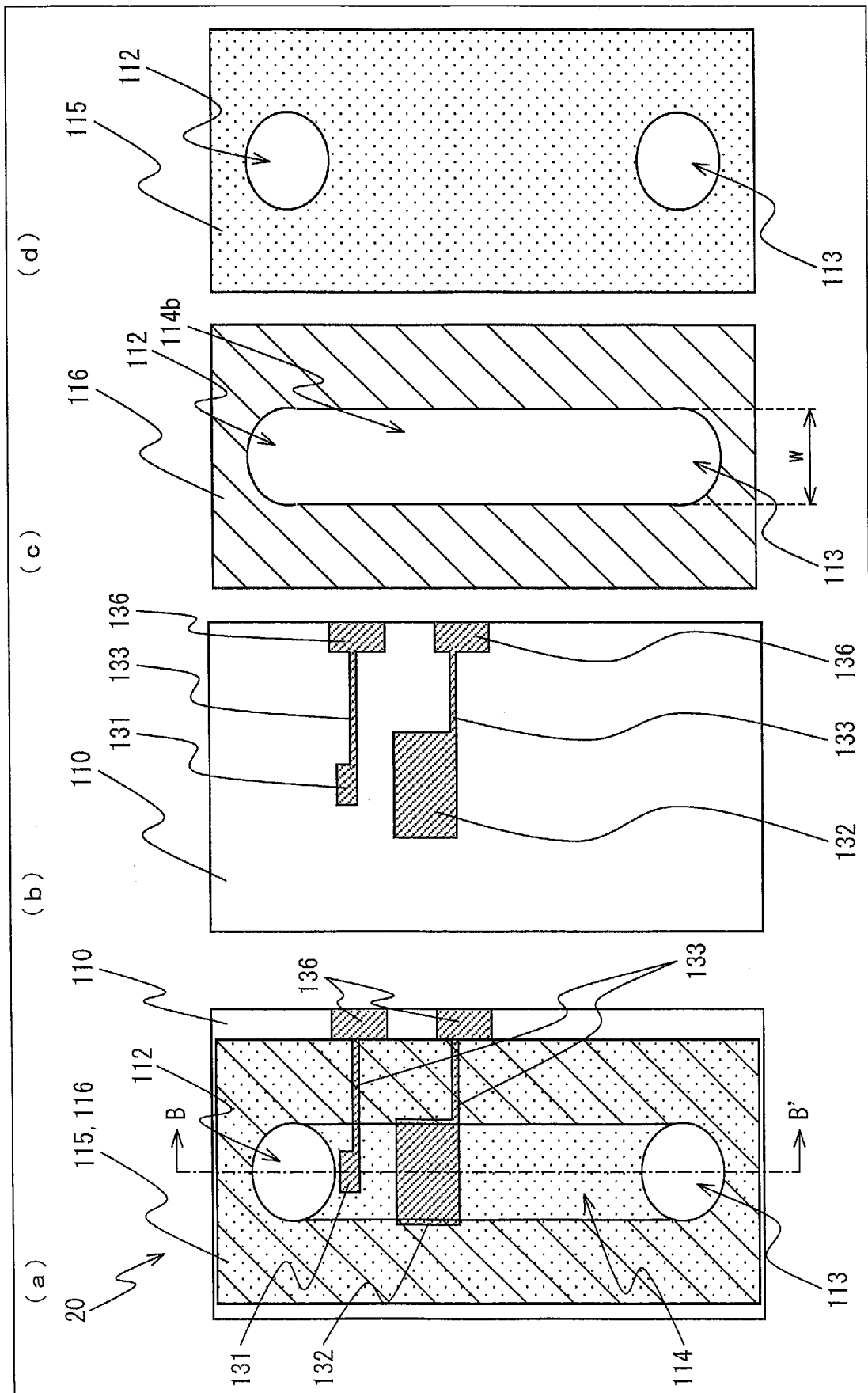
[図4]



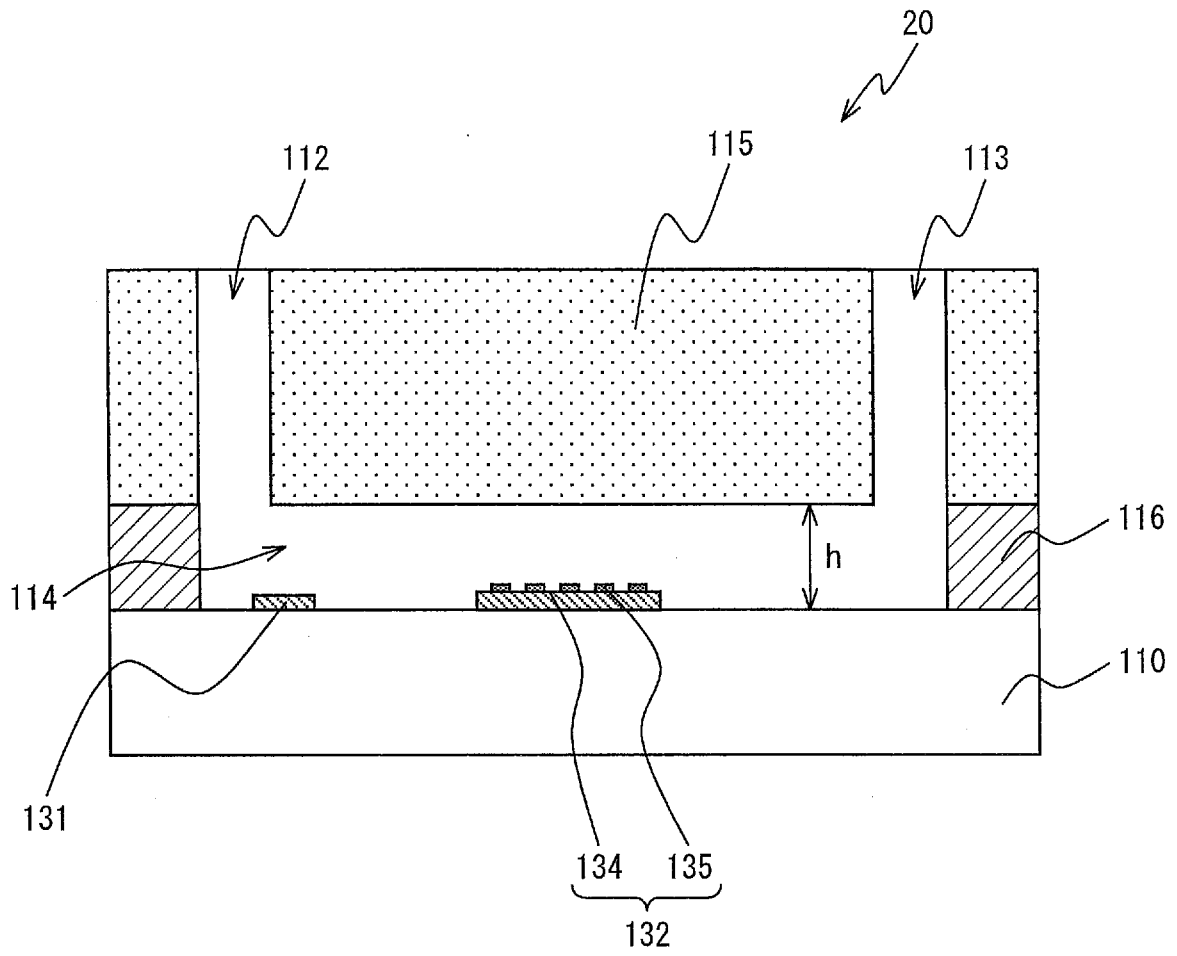
[図5]



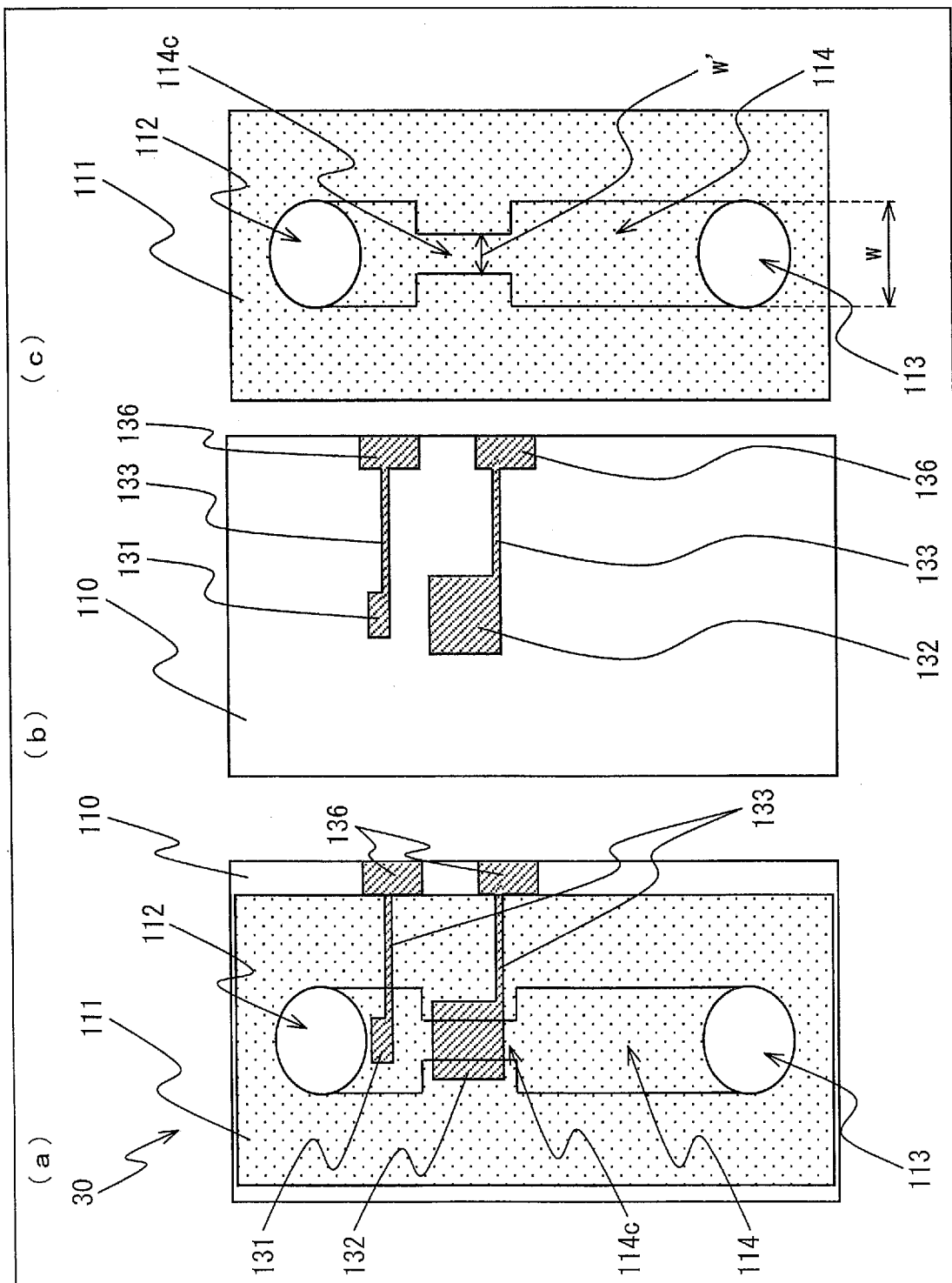
[図6]



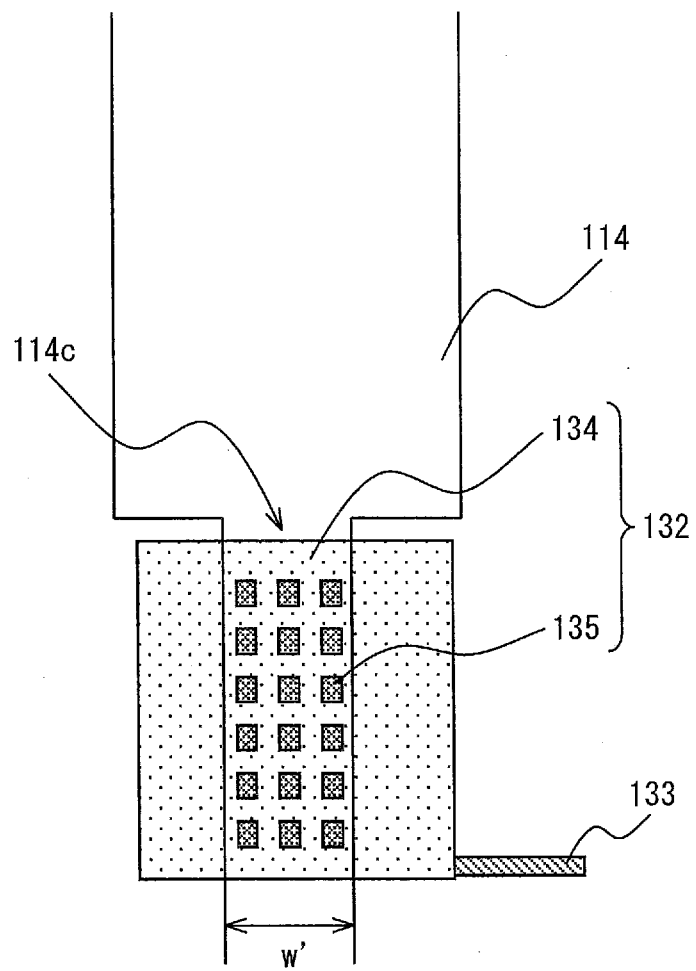
[図7]



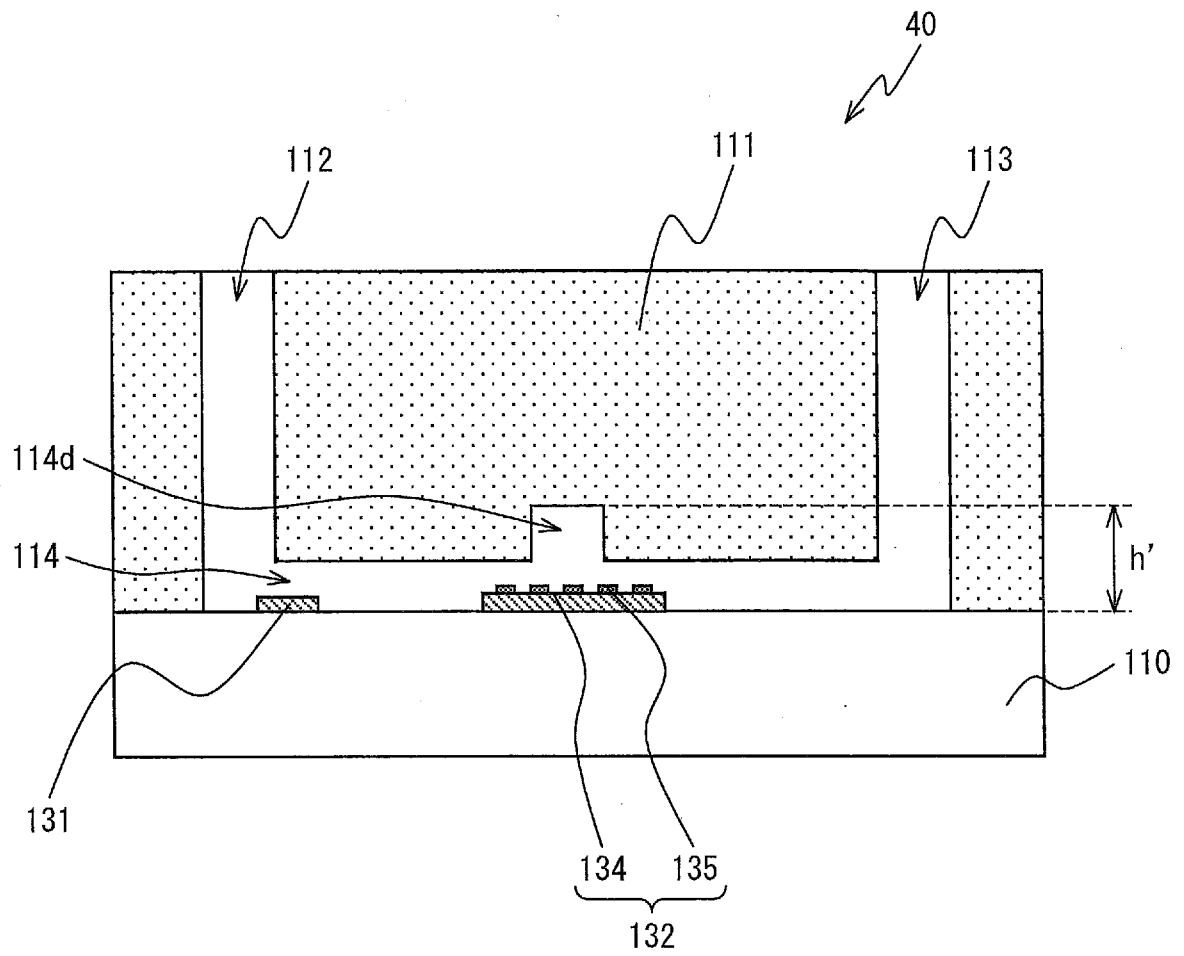
[図8]



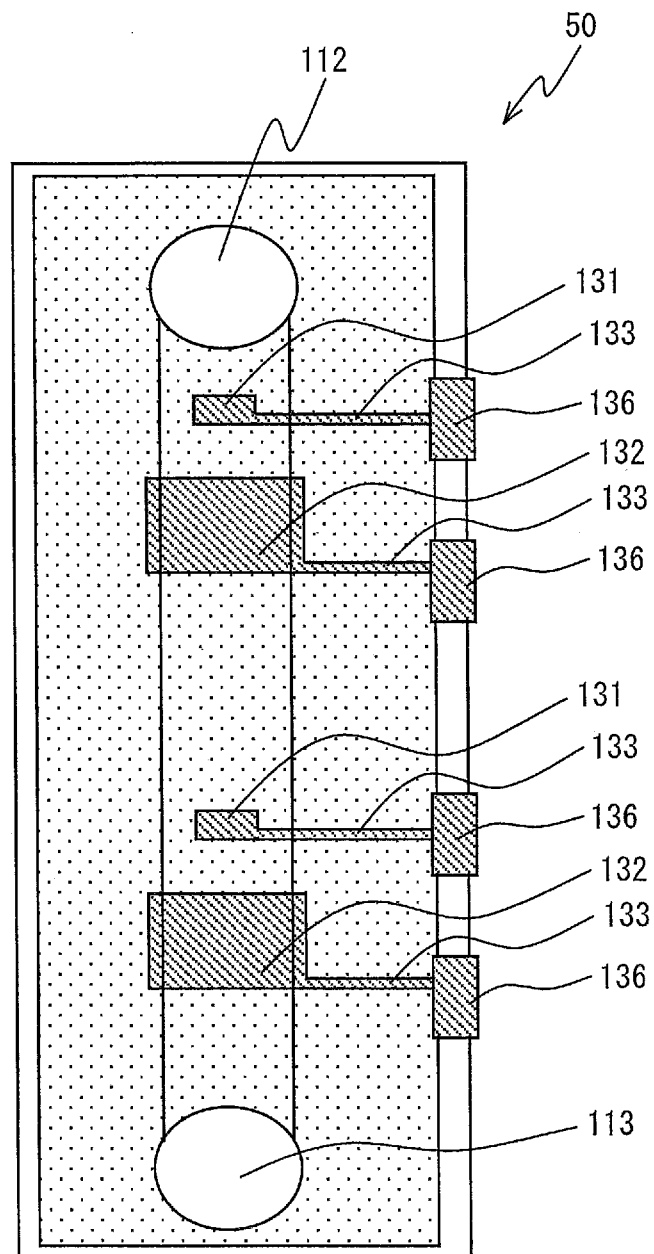
[図9]



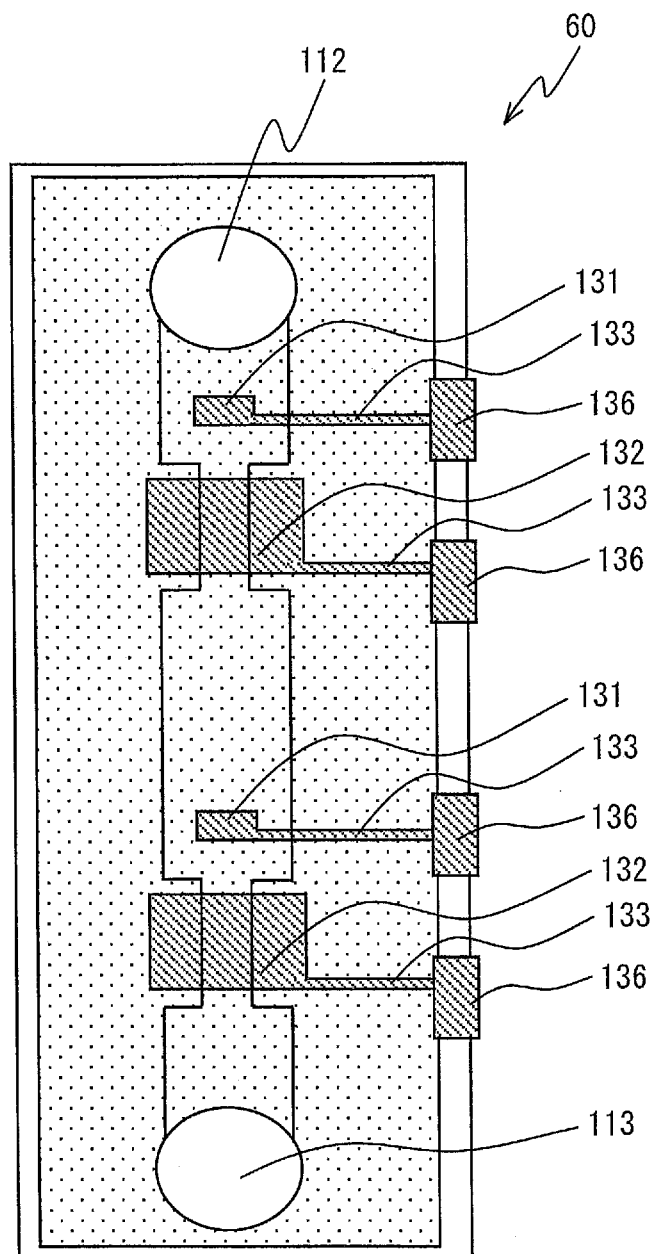
[図10]



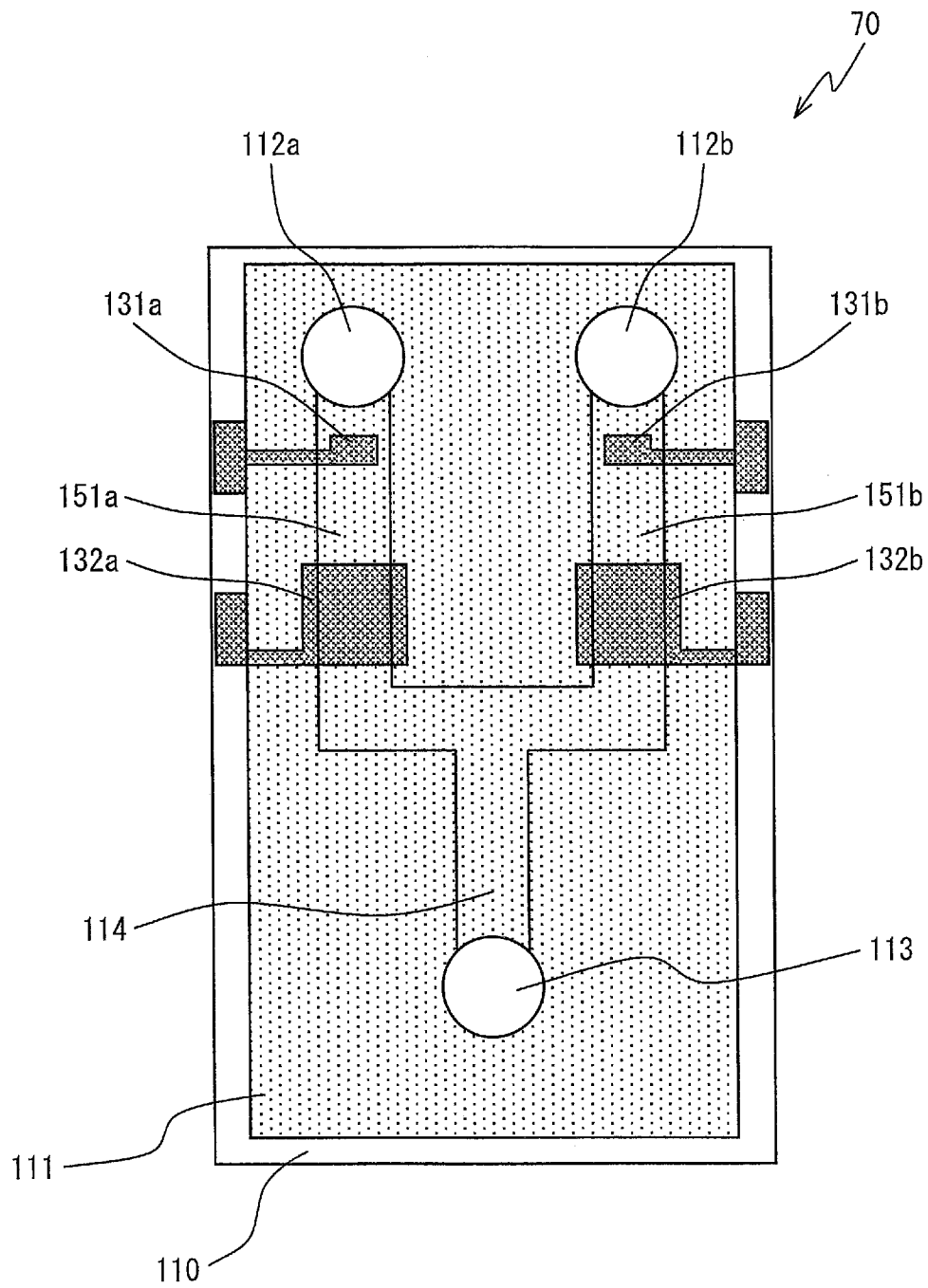
[図11]



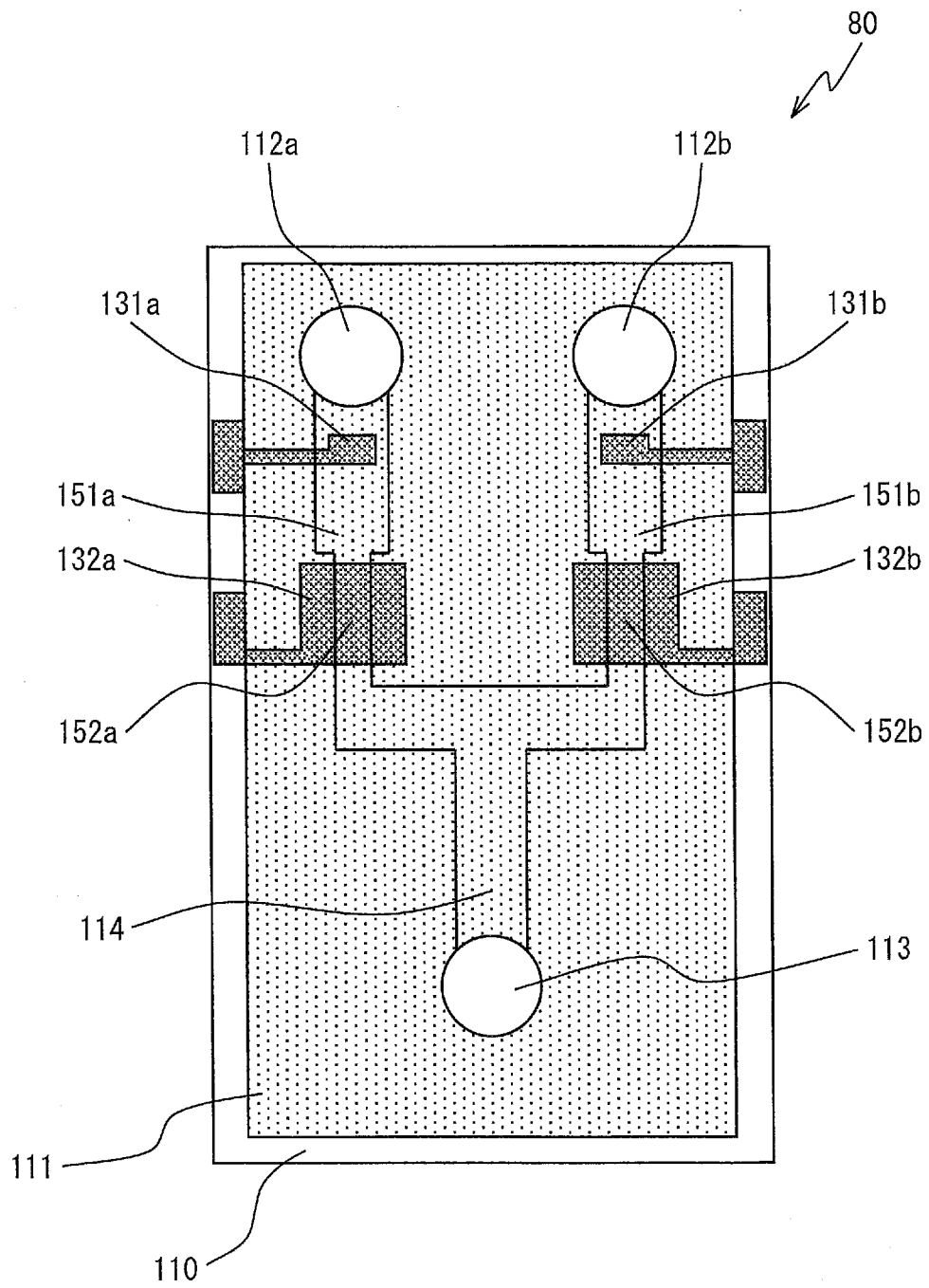
[図12]



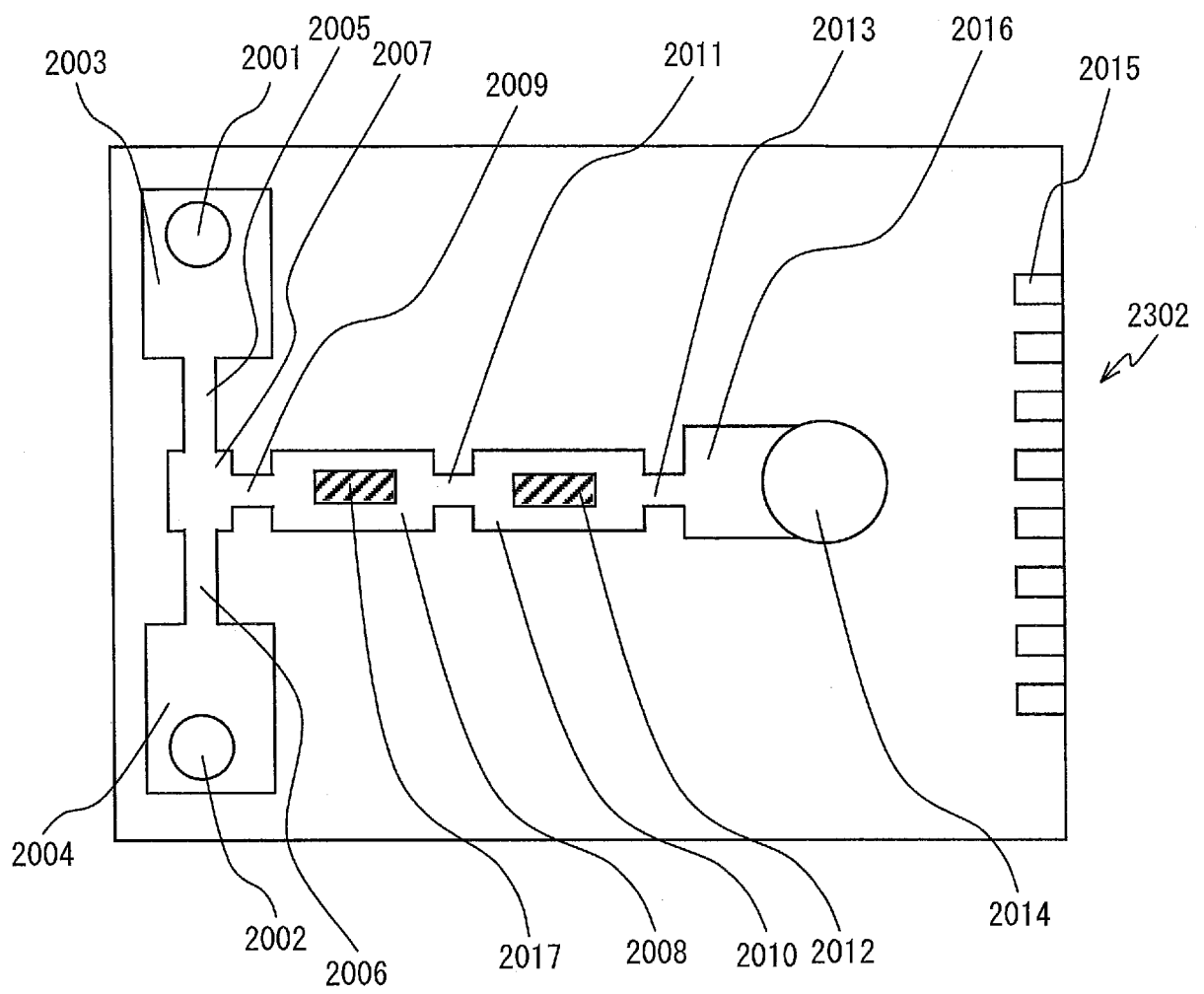
[図13]



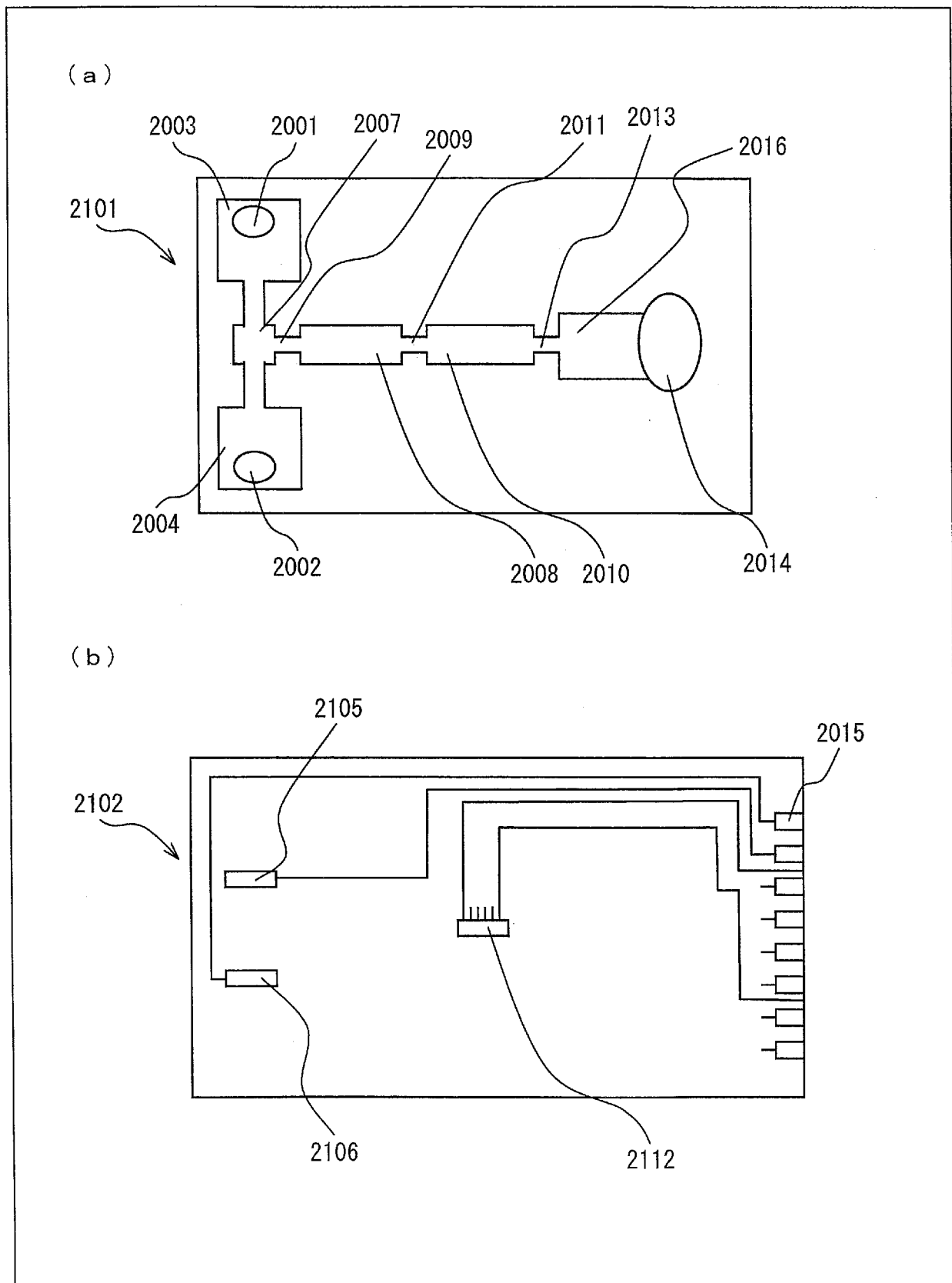
[図14]



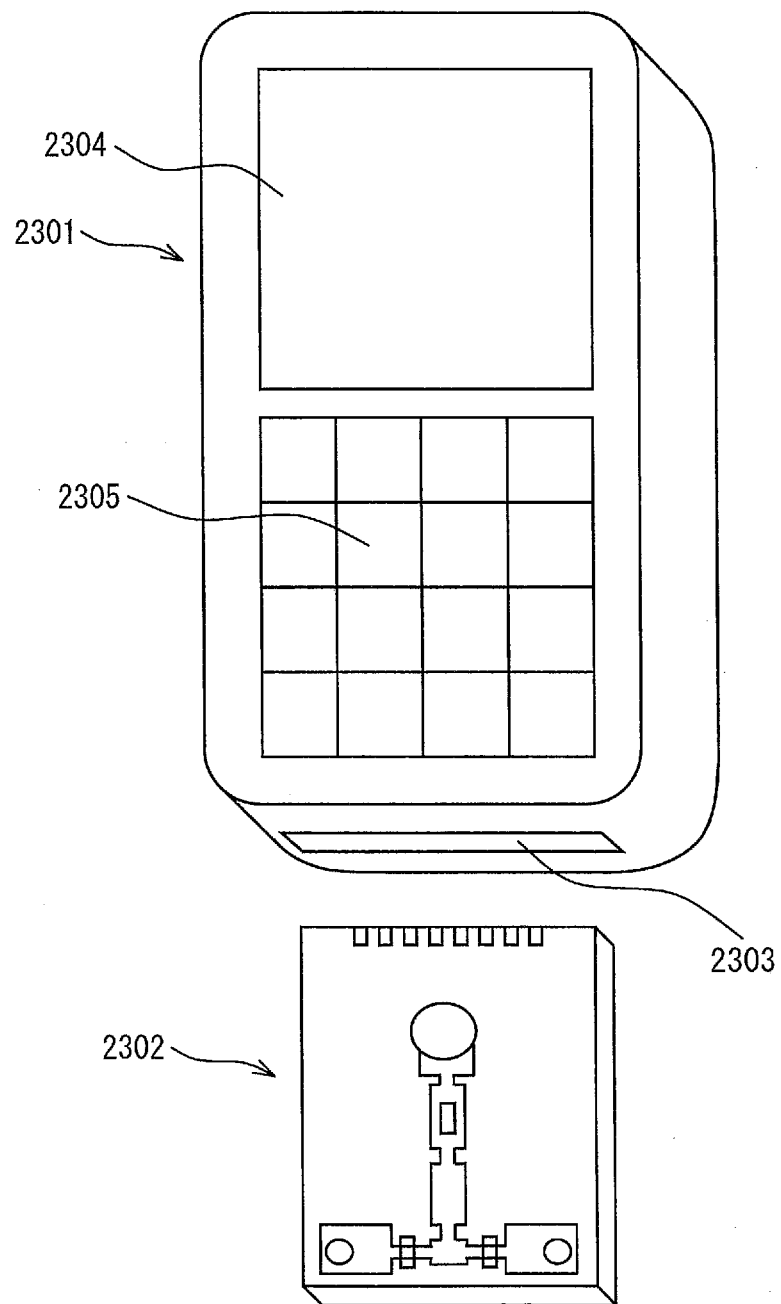
[図16]



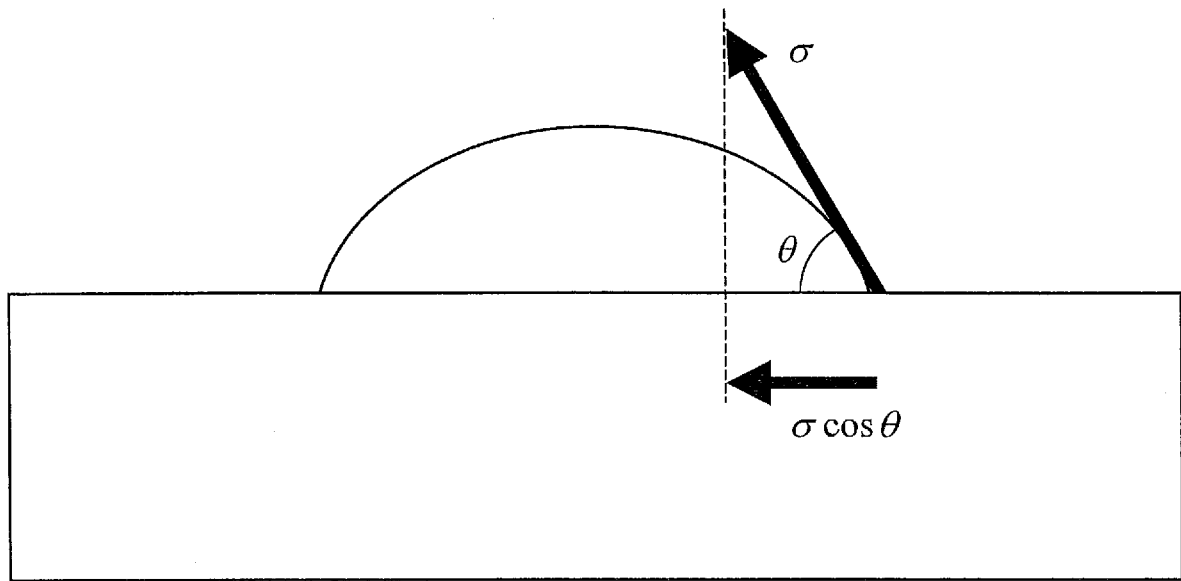
[図17]



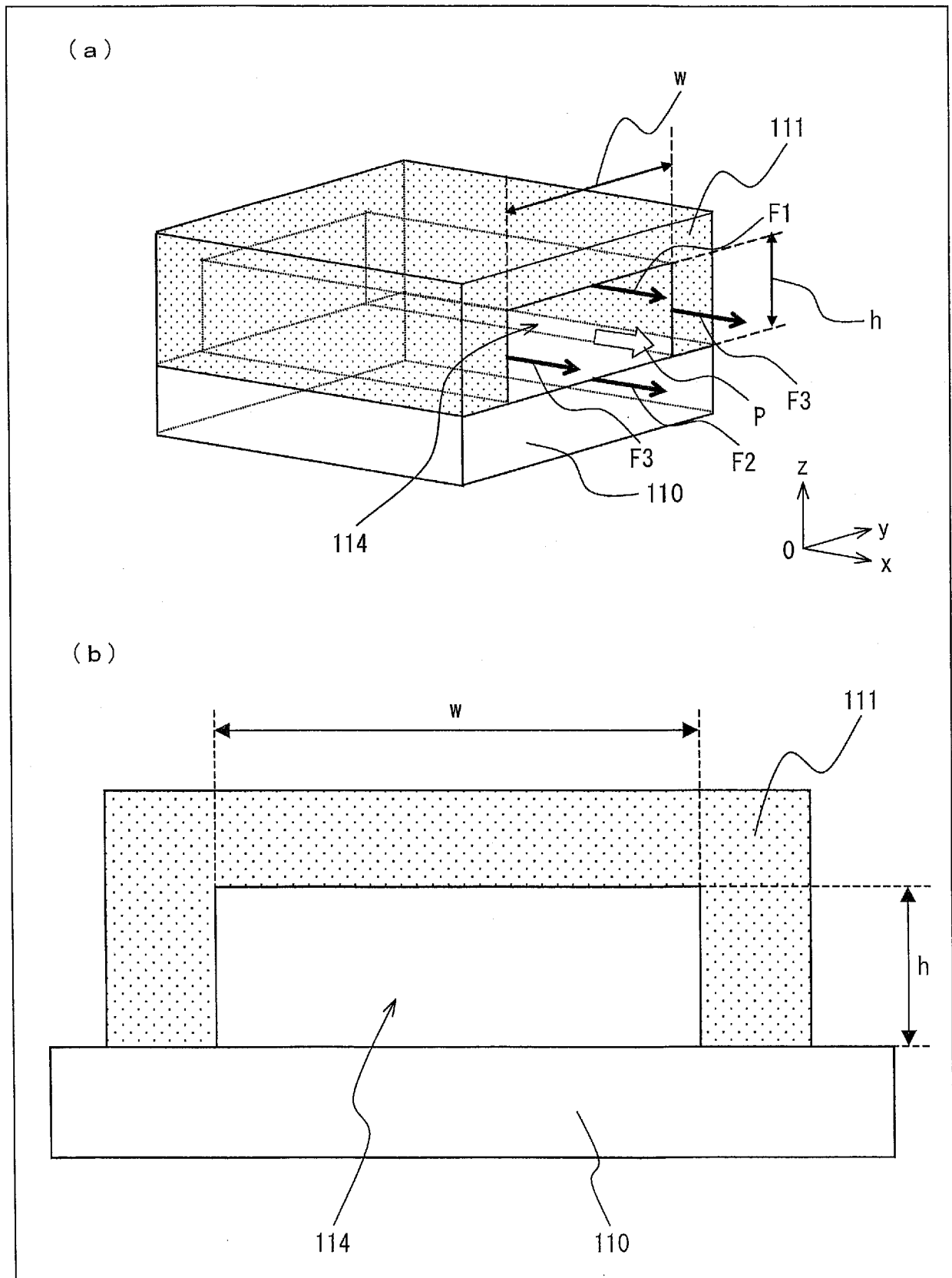
[図18]



[図19]



[図20]



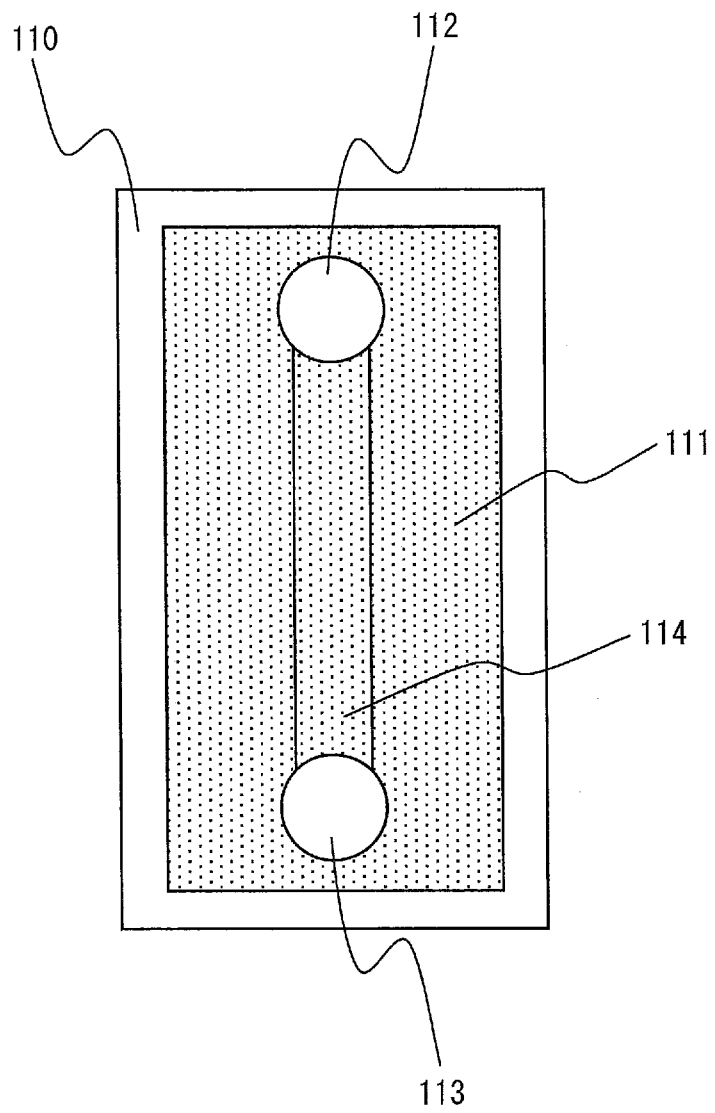
[図21]

$P = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$	式1
$F1 = w\sigma \cos \theta 1$	式2
$F2 = w\sigma \cos \theta 2$	式3
$F3 = 2h\sigma \cos \theta 1$	式4
$P = \sigma \left(\frac{\cos \theta 1}{h} + \frac{\cos \theta 2}{h} + \frac{2 \cos \theta 1}{w} \right)$	式5
$P = \sigma \left[\frac{\cos \theta 1}{h} + \frac{\cos \theta 2}{h} + \frac{2 \cos \theta 1}{w} + \frac{a (\cos \theta 3 - \cos \theta 2)}{h} \right]$	式6

[図22]

$P = \sigma \left[\frac{\cos \theta 1}{h} + \frac{\cos \theta 2}{h} + \frac{2 \cos \theta 4}{w} \right]$	式5'
$P = \sigma \left[\frac{\cos \theta 1}{h} + \frac{\cos \theta 2}{h} + \frac{2 \cos \theta 4}{w} + \frac{a (\cos \theta 3 - \cos \theta 2)}{h} \right]$	式6'

[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/065724

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N35/08(2006.01) i, G01N37/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N35/08, G01N37/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-502882 A (Universite des Sciences et Technologies de Lille),	1, 2, 4, 8, 13,
Y	31 January 2008 (31.01.2008), entire text; all drawings & US 2008/0110753 A1 & EP 1781409 A & WO 2006/003293 A2 & FR 2871150 A1 & CA 2568805 A & KR 10-2007-0053165 A & CN 101031362 A	14, 18 3, 5, 6, 7, 9-12, 15, 16, 17, 19
X	JP 2010-85334 A (Sharp Corp.),	1, 6-10,
Y	15 April 2010 (15.04.2010), entire text; all drawings (Family: none)	13-15, 17, 18 2-5, 11, 12, 16, 19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 August, 2011 (01.08.11)

Date of mailing of the international search report
09 August, 2011 (09.08.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/065724

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-83784 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 26 March 1999 (26.03.1999), paragraphs [0007] to [0009], [0013]; fig. 1, 2, 8, 9 (Family: none)	11,12
Y	JP 2009-204339 A (Sharp Corp.), 10 September 2009 (10.09.2009), paragraphs [0081] to [0092]; fig. 15 & WO 2009/107608 A1	11
Y	JP 10-267801 A (Advance Co., Ltd.), 09 October 1998 (09.10.1998), paragraph [0006] (Family: none)	17,19

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N35/08(2006.01)i, G01N37/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N35/08, G01N37/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2008-502882 A (ユニバーサルシテ・デ・スジャンス・エ・テクノ ロジー・ドウ・リル) 2008.01.31, 全文, 全図 & US 2008/0110753 A1	1, 2, 4, 8, 13, 14, 18
---	& EP 1781409 A & WO 2006/003293 A2 & FR 2871150 A1	---
Y	& CA 2568805 A & KR 10-2007-0053165 A & CN 101031362 A	3, 5, 6, 7, 9-12, 15, 16, 17, 19
X	JP 2010-85334 A (シャープ株式会社) 2010.04.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 6-10, 13-15, 17, 18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

長谷 潮

2 J

3 9 0 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
---		---
Y		2-5, 11, 12, 16, 19
Y	JP 11-83784 A (日本電信電話株式会社) 1999.03.26, 第 0007-0009, 0013 段落, 第 1, 2, 8, 9 図 (ファミリーなし)	11, 12
Y	JP 2009-204339 A (シャープ株式会社) 2009.09.10, 第 0081-0092 段落, 第 15 図 & WO 2009/107608 A1	11
Y	JP 10-267801 A (株式会社アドバンス) 1998.10.09, 第 0006 段落 (ファミリーなし)	17, 19