

明 細 書

発明の名称：

流体デバイス、及びその製造方法、並びにそれを用いた電気泳動装置

技術分野

[0001] 本発明は、流体デバイス及びその製造方法並びにそれを用いた電気泳動装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、分析装置内に設置される流体デバイスとしては、熱で軟化させた樹脂基板に、微細な流路の形状を象った金型を押付けて転写した後、これに板状の蓋を貼り付けたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。この流体デバイスは、断面形状が略円形の流路抵抗の小さい流路の形成が難しく、流路に加わる内圧以上の貼り合せ強度が必要となる。また、樹脂基板に機械加工にて略円形の流路を形成した流体デバイスや、三次元プリンタにて略円形の流路を形成した流体デバイスも考えられる。しかし、これらの流体デバイスは、切削痕や走査痕により流路の内壁面に微細な凹凸が形成される。このような凹凸が流路に形成されると、流体の流れが阻害されたり、内壁面に気泡が付着したりする問題がある。

その一方で、従来、樹脂製の基板の表面に有機溶剤や樹脂ワニスを付与することで基板面の凹凸を平滑化する技術が開示されている（例えば、特許文献2及び特許文献3参照）。

そこで、機械加工や三次元プリンタで作製した流体デバイスに、基板面の平坦化技術（例えば、特許文献2及び特許文献3参照）を適用することも考えられる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2017-538416号公報

特許文献2：特開平6-128398号公報

特許文献3：特開平5－198952号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0004] ところが、機械加工や三次元プリンタで作製した流体デバイスを特許文献2及び特許文献3に開示された平滑化技術を適用しても、微細な流路には有機溶剤等が入り込み難い問題がある。また、有機溶剤の蒸気を加圧して流路内に強制的に導入することも考えられる。しかし、加圧により流路内に導入された有機溶剤は、その一部が流路内で液化する。流路の内壁面には、液化した有機溶剤が流路の長手方向の複数箇所に箇所に付着する。流体デバイスの流路には、長手方向に不均一な粗面が形成される。これにより流体デバイスの流路の内壁面は、さらに気泡が付着し易くなる。
- [0005] 本発明の課題は、従来よりも流路抵抗が小さく、流路の内壁面に気泡が付着することをより確実に防止した流体デバイス及びその製造方法並びにそれを用いた電気泳動装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明の流体デバイスは、分析装置に搭載される樹脂製の流体デバイスであって、長さとの比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路を内部に有し、前記流路の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。
- [0007] また、本発明の流体デバイスの製造方法は、長さとの比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路を内部に有し、前記流路の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下である流体デバイスの製造方法であって、樹脂ブロックに断面形状が円形の貫通孔を形成する工程と、前記貫通孔の一端側から吸引しつつ他端側から有機溶剤の蒸気を導入する工程と、を有することを特徴とする。
- [0008] また、本発明の電気泳動装置は、前記の流体デバイスを備え、前記流体デバイスにおける前記流路が、電気泳動の一部の流路を構成していることを特

徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、従来よりも流路抵抗が小さく、流路の内壁面に気泡が付着することを防止した流体デバイス及びその製造方法並びにそれを用いた電気泳動装置を提供することにある。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第1実施形態に係る流体デバイスの構成説明図である。

[図2]符号201から符号204は、図1に示す流体デバイスの製造方法の工程説明図である。

[図3]符号301は、図2の符号204の図のIIIa-IIIa断面図である。符号302は、符号301の図の流路の変形例を示す断面図である。

[図4]本発明の第2実施形態に係る流体デバイスの構成説明図である。

[図5]符号501から符号504は、図4に示す流体デバイスの製造方法の工程説明図である。

[図6]本発明の第3実施形態に係る流体デバイスの構成説明図である。

[図7]符号701から符号704は、図6に示す流体デバイスの製造方法の工程説明図である。

[図8]図6の流体デバイスを用いた電気泳動装置の構成説明図である。

[図9]本発明の実施形態に係る流体デバイスの奏する効果を検証した結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に本発明を実施するための形態（実施形態）について適宜図面を参照しながら詳細に説明する。本実施形態の流体デバイスは、分析装置に搭載されて使用される。分析装置としては、例えば、後に詳しく説明する電気泳動装置のほか、あらゆる分析装置に利用することができる。そして本実施形態の流体デバイスは、このような分析装置において、試薬の送液部や光学セル、マイクロリアクタなどとして機能させることができる。

[0012] <第1実施形態>

(流体デバイス)

図1は、本発明の第1実施形態に係る流体デバイス1Aの構成説明図である。

図1に示すように、流体デバイス1Aは、ポリマブロックとも称せられ、樹脂製の直方体を呈している。本実施形態での流体デバイス1Aは、後記するように、樹脂基板11(図3参照)を基体としてこれに流路23Aを形成したものである。樹脂基板11は、「樹脂ブロック」に相当する。

[0013] 流路23Aは、断面形状が円形であり管状を呈している。また、本実施形態での流路23Aの内径は、0.5mm以上、5mm以下のものを想定している。ただし、流路23Aの内径は、これに限定されるものではなく、流路23Aを流通させる流体の性状に応じて適宜に変更することができる。

また、流路23Aにおける長さに対する内径のアスペクト比(長さ/内径)は、10以上となっている。

[0014] また、流路23Aの長手方向の全域にわたる内壁面の粗さは、ISO4287-1997に準拠した算術平均粗さ(Ra)で、0.5μm以下となっている。また、流路23Aの長手方向の全域にわたる内壁面の粗さの標準偏差は、ISO25178に準拠した二乗平均平方根高さ(Sq)で、0.1μm以下となっている。

本実施形態の流体デバイス1Aの流路23Aの内壁面がこのような表面粗さを有していることの技術的意義は、後記する流体デバイス1Aの奏する作用効果とともに詳しく説明する。

[0015] 本実施形態の流体デバイス1Aを構成する樹脂は、アクリル樹脂を想定している。ただし、流体デバイス1Aを構成する樹脂は、これに限定されるものではなく、硬質透明樹脂を使用することができる。

硬質透明樹脂としては、例えば、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリスルホン、ポリイミド、ポリエーテルイミド、ノルボルネン樹脂などが挙げられるがこれに限定されるものではない。

[0016] (製造方法)

次に、流体デバイス 1 A（図 1 参照）の製造方法について説明する。

図 2 の符号 2 0 1 から符号 2 0 4 は、図 1 に示す流体デバイス 1 A の製造方法の工程説明図である。

本実施形態の製造方法は、図 2 の符号 2 0 1 の図に示す樹脂基板 1 1（樹脂ブロック）を用意する工程と、図 2 の符号 2 0 2 の図に示すように、樹脂基板 1 1（樹脂ブロック）に断面形状が円形の貫通孔 2 0 A を形成する工程と、図 2 の符号 2 0 3 の図に示すように、貫通孔 2 0 A の一端 2 1 a 側から吸引しつつ他端 2 1 b 側から有機溶剤の蒸気を導入する工程と、を有している。

[0017] これにより図 2 の符号 2 0 3 の図中、符号 V_{IN} の矢印で示すように、大気圧よりも低くなった減圧状態の貫通孔 2 0 A 内を、有機溶剤の蒸気は所定の流速で流れて、符号 V_{OUT} の矢印で示すように、樹脂基板 1 1 から排出されていく。この際、有機溶剤の蒸気は、液化することなく、貫通孔 2 0 A の粗面を構成する微細な樹脂からなる凸部（図示を省略）を溶解又は軟化させるとともに、凸部を蒸気の流れ方向に沿うように均していく。これにより微細な凹凸にて形成された貫通孔 2 0 A の粗面が平滑化することで、図 2 の符号 2 0 4 の図に示す流路 2 3 A を有する流体デバイス 1 A が完成する。

[0018] 本実施形態での樹脂基板 1 1（樹脂ブロック）としては、平面視で矩形の直方体形状のものを想定しているが、内部に流路 2 3 A を形成することができればこれに限定されるものではなく、多角柱形状、円柱形状、円盤形状、球形状などのような他の立体形状を有するものをも使用することができる。

[0019] 本実施形態での樹脂基板 1 1（樹脂ブロック）に対する貫通孔 2 0 A の形成方法としては、機械加工によるものを想定している。具体的には、ドリルなどの工具を使用して、樹脂基板 1 1（樹脂ブロック）を直線的に貫通するように所定の内径の孔（貫通孔 2 0 A）を形成する方法を想定している。

この貫通孔 2 0 A の断面形状は、図 1 に示す流路 2 3 A の断面形状とニアシェイプで形成され、そのアスペクト比は 1 0 以上となっている。

ただし、樹脂基板 1 1（樹脂ブロック）に貫通孔 2 0 A を形成する方法と

しては、機械加工によるものに限定されずに、後に説明するように、貫通孔 20A を有する樹脂基板 11（樹脂ブロック）を 3D プリンタにて形成することもできる。

[0020] 貫通孔 20A（図 2 の符号 203 の図参照）に有機溶剤の蒸気を導入する方法としては、例えば、底部に有機溶剤を貯留した浴槽の気相部に有機溶剤の蒸気を滞留させ、この有機溶剤の蒸気を貫通孔 20A 内に導き入れる方法が挙げられる。

この際、貫通孔 20A 内の温度、すなわち樹脂基板 11（樹脂ブロック）の温度よりも低い温度で有機溶剤の飽和蒸気を浴槽の気相部に発生させておくことが望ましい。

[0021] そして、図 2 の符号 203 の図に示すように、貫通孔 20A の一端 21a 側から真空ポンプなどで吸引しつつ他端 21b 側からこの有機溶剤の飽和蒸気を導入する。これにより貫通孔 20A の内圧は、大気圧よりも低くなることも相俟って、貫通孔 20A 内での有機溶剤の蒸気の液化をより確実に防止することができる。

なお、本実施形態での図 2 の符号 203 の図に示す工程における樹脂基板 11（樹脂ブロック）の温度は、室温（25℃）を想定しているが、室温（25℃）よりも高く設定することもできる。この際、有機溶剤の浴槽における気相部の温度は、樹脂基板 11（樹脂ブロック）の温度以下、室温（25℃）以上とすることもできる。

[0022] 本実施形態での有機溶剤としては、樹脂基板 11（樹脂ブロック）を構成するアクリル樹脂を溶解又は軟化することができるジクロロメタンを想定しているがこれに限定されるものではない。したがって、有機溶剤としては、樹脂ブロックを形成する樹脂の種類に応じて樹脂を溶解又は軟化し得る蒸気を、好ましくは大気圧下に常温（25℃）で蒸気を発生する有機溶剤を選択することができる。

このような有機溶剤としては、例えば、低炭素数のハロゲン化炭化水素、低炭素数のケトン類（例えばアセトン）、環状エーテル（例えばテトラヒド

ロフラン)などが挙げられるがこれに限定されるものではない。

[0023] 図3の符号301の図は、図2の符号204の図のIII a – III a 断面図である。図3の符号302の図は、図3の符号301の図の流路の変形例を示す断面図である。

このような製造方法によれば、貫通孔20A (図2の符号203の図参照) は、その長手方向の全体に亘って内壁面が平滑化されて、図2の符号204の図に示す樹脂基板11 (樹脂ブロック) の内部には、断面形状が円形であって、アスペクト比が10以上の流路23Aが形成されることとなる。

[0024] そして、図3の符号301の図に示す流路23Aは、その内壁面23A1の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下となっている。

また、図3の符号302の図に示すように、流路23Aの内壁面23A1には、 SiO_2 膜からなる被覆層Lを形成することを想定している。

このような内壁面23A1を被覆する SiO_2 膜は、平滑化した内壁面23A1に、 SiO_2 粒子の分散液や、シリコンアルコキシド溶液を付与することで形成される。

[0025] SiO_2 粒子の分散液を用いた SiO_2 膜は、内壁面23A1に付与された SiO_2 粒子の分散液から分散媒が蒸発することで形成される。シリコンアルコキシド溶液を用いた SiO_2 膜は、内壁面23A1におけるシリコンアルコキシドの加水分解反応により形成される。なお、シリコンアルコキシドとしては、例えばテトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、テトライソプロポキシシラン、テトラプロポキシシランなどが挙げられるがこれらに限定されるものではない。

[0026] (作用効果)

次に、本実施形態の流体デバイス1A及びその製造方法の奏する作用効果について説明する。

本実施形態の流体デバイス1Aは、長さとの比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路23Aを内部に有

し、流路23Aの内壁面23A1の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下である。

この流体デバイス1Aは、アスペクト比が10以上であることによって、流路23Aにおける試薬や検体（試料）の滞留時間を長くすることができる。これにより流体デバイス1Aは、流路23A内で試薬や検体（試料）を十分に混合し、反応させることができる。この効果は、この流体デバイス1Aを分析装置の送液部やマイクロリアクタとして機能させる際に有利に働く。

[0027] また、流体デバイス1Aは、流路23Aの断面形状が円形であることで、従来の流体デバイス（例えば、特許文献1参照）と異なって、流路23Aに角部がない。これにより流体デバイス1Aは、流路23Aを流体が流れる際の流路抵抗を低減することができる。また、流体デバイス1Aは、流路23Aに角部がないので、流体の流れに影響を与えず、内壁面に気泡が付着することを抑制する。

[0028] また、流体デバイス1Aは、流路23Aの内壁面の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下となっていることで、流路23Aの内壁面への気泡の付着抑制はもちろんのこと、試薬に含まれる化合物や検体に含まれる生体物質の付着をも抑制することができる。したがって、この流体デバイス1Aによれば、流路23Aの内壁面に化合物や生体物質が徐々に蓄積されていくことによる分析結果の信頼性の低下を未然に防止することができる。また、流体デバイス1Aによれば、化合物や生体物質が徐々に蓄積されて流路23Aが閉塞されることをより確実に防止することができる。

[0029] なお、本実施形態の流体デバイス1Aと異なって、流路の内壁面の表面粗さが局所的にでも大きいと、その部分に化合物や生体物質が付着しやすくなる。化合物や生体物質は、徐々に蓄積されて、分析結果の信頼性の低下や、流路の閉塞を生じさせることとなる。

これらの効果は、この流体デバイス1Aを分析装置の送液部やマイクロリアクタとして機能させる際に有利に働く。

[0030] また、流体デバイス1Aは、流路23Aの内壁面の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下である。

5 μm 以下となっていることで、流路23Aの表面での光散乱が小さくなる。これにより流体デバイス1Aは、流路23A内での試薬や検体の光化学反応による反応効率が向上する。

また、流体デバイス1Aは、流路23Aの内壁面の粗さの算術平均が0.5 μm 以下となっていることで、流路23A内での発光反応の光検出感度が向上する。

これらの効果は、この流体デバイス1Aを分析装置の光学セルとして機能させる際に有利に働く。

[0031] また、このような流体デバイス1Aにおいては、前記樹脂がアクリル樹脂であることが望ましい。

この流体デバイス1Aによれば、基体となる樹脂基板11（樹脂ブロック）の成型性に優れるとともに、樹脂基板11に貫通孔20Aを形成するための機械加工が容易となる。また、この流体デバイス1Aによれば、貫通孔20Aに導入する有機溶剤の選択の幅が広がる。

[0032] また、このような流体デバイス1Aにおいては、流路23Aの内壁面23A1が SiO_2 膜で被覆されていることが望ましい。

この流体デバイス1Aによれば、流路23Aの表面エネルギーが大きくなって、気泡の付着をより確実に抑制することができる。

[0033] また、このような流体デバイス1Aの製造方法は、長さとの比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路23Aを内部に有し、流路23Aの内壁面の粗さの算術平均が0.5 μm 以下、標準偏差が0.1 μm 以下である流体デバイス1Aの製造方法であって、樹脂基板11（樹脂ブロック）からなる基体に断面形状が円形の貫通孔20Aを形成する工程と、貫通孔20Aの一端21a側から吸引しつつ他端21b側から有機溶剤の蒸気を導入する工程と、を有する。

[0034] この製造方法によれば、貫通孔20Aの一端21a側から吸引することで貫通孔20A内に有機溶剤の蒸気を導入するので、アスペクト比が10以上となる高アスペクト比の貫通孔20Aに対しても、容易に有機溶剤の蒸気を

導入することができる。

[0035] また、この製造方法によれば、貫通孔20Aの一端21a側から吸引することで貫通孔20A内に有機溶剤の蒸気を導入するので、有機溶剤の蒸気は、大気圧よりも低い減圧状態の貫通孔20A内に導入される。これにより有機溶剤の蒸気は、貫通孔20A内で液化することが抑制される。流路23Aは、長手方向の全域にわたって変形することなく平滑化される。

また、この製造方法によれば、長さとの比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路23Aを内部に有し、流路23Aの内壁面の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下である流体デバイス1Aを確実にかつ効率よく製造することができる。

[0036] また、このような流体デバイス1Aの製造方法においては、貫通孔20Aは、樹脂基板11（樹脂ブロック）に対する機械加工にて形成されることが望ましい。

この製造方法によれば、樹脂基板11（樹脂ブロック）に対して予め定めたアスペクト比の貫通孔20Aを容易にかつ正確に形成することができる。

[0037] また、このような流体デバイス1Aの製造方法においては、樹脂基板11（樹脂ブロック）を構成する樹脂は、アクリル樹脂であり、前記有機溶剤は、ジクロロメタンであることが望ましい。

この製造方法によれば、樹脂基板11（樹脂ブロック）に対して、内壁面の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下であり、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下である流路23Aを効率よく形成することができる。

[0038] また、このような流体デバイス1Aの製造方法においては、貫通孔20Aに有機溶剤の蒸気を導入する工程を行った後、貫通孔20Aの内壁面に SiO_2 膜を形成する工程をさらに有することが望ましい。

この製造方法によれば、 SiO_2 膜によって表面エネルギーが大きい流路23Aを形成することができる。これにより流体デバイス1Aの流路23Aに対する気泡の付着は、より確実に防止されることとなる。

[0039] <第2実施形態>

(流体デバイス)

次に、本発明の第2実施形態に係る流体デバイスについて説明する。

なお、本実施形態において前記第1実施形態に係る流体デバイス1A(図1参照)と同じ構成要素については同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

[0040] 図4は、本発明の第2実施形態に係る流体デバイス1Bの構成説明図である。

図4に示すように、流体デバイス1Bは、アクリル樹脂からなる樹脂基板11(樹脂ブロック)の内部に形成される流路23Bが屈曲するように形成されている。ただし、樹脂基板11は、アクリル樹脂に限定されるものではなく、前記の硬質透明樹脂を使用することができる。

[0041] 流路23Bは、直線的に延びる第1流路部分23B1と、直線的に延びる第2流路部分23B2とからなっている。これら第1流路部分23B1と、第2流路部分23B2とは、互いに挟角を形成するように、樹脂基板11(樹脂ブロック)の内部で連通している。これにより流路23Bは、第1流路部分23B1と第2流路部分23B2とが一体となって、樹脂基板11(樹脂ブロック)を貫く一つの孔を形成している。

なお、第1流路部分23B1と、第2流路部分23B2とが成す角度は、0度を超え、180度未満の範囲で設定することができるが、本実施形態での第1流路部分23B1と、第2流路部分23B2とが成す角度は、120度に設定されている。

[0042] このような流路23Bの断面形状は、円形を呈している。また、本実施形態での流路23Bの内径は、0.5mm以上、5mm以下のものを想定している。ただし、流路23Bの内径は、これに限定されるものではなく、流路23Bを流通させる流体の性状に応じて適宜に変更することもできる。

また、流路23Bにおける長さに対する内径のアスペクト比(長さ/内径)は、10以上となっている。

[0043] また、流路23Bの長手方向の全域にわたる内壁面の粗さは、ISO4287-1997に準拠した算術平均粗さ(Ra)で、 $0.5\mu\text{m}$ 以下となっている。また、流路23Bの長手方向の全域にわたる内壁面の粗さの標準偏差は、ISO25178に準拠した二乗平均平方根高さ(Sq)で、 $0.1\mu\text{m}$ 以下となっている。

また、流路23Bの内壁面には、この内壁面を被覆する SiO_2 膜からなる被覆層L(図3の符号302の図参照)を設けることを想定している。

[0044] (製造方法)

次に、流体デバイス1B(図4参照)の製造方法について説明する。

図5の符号501から符号504は、図4に示す流体デバイス1Bの製造方法の工程説明図である。

本実施形態の製造方法は、図5の符号501の図に示す樹脂基板11(樹脂ブロック)を用意する工程と、図5の符号502の図に示すように、樹脂基板11(樹脂ブロック)に断面形状が円形の貫通孔20Bを形成する工程と、図5の符号503の図に示すように、貫通孔20Bの一端21c側から吸引しつつ他端21d側から有機溶剤の蒸気を導入する工程と、を有している。

[0045] 図5の符号502の図に示す貫通孔20Bを形成する工程においては、貫通孔20Bの一端21c側と、他端21d側との両方からドリルなどの工具によって穿たれて屈曲した貫通孔20Bが形成されることとなる。

また、貫通孔20Bへの有機溶剤の蒸気の導入工程においては、図5の符号503の図中、符号 V_{IN} の矢印で示すように、大気圧よりも低くなった減圧状態の貫通孔20B内を、有機溶剤の蒸気は所定の流速で流れて、符号 V_{OUT} の矢印で示すように、樹脂基板11から排出されていく。この際、有機溶剤の蒸気は、液化することなく、貫通孔20Bの粗面を構成する微細な樹脂からなる凸部(図示を省略)を溶解又は軟化させるとともに、凸部を蒸気の流れ方向に沿うように均していく。これにより微細な凹凸にて形成された貫通孔20Bの粗面が平滑化することで、図5の符号504の図に示す流路2

3 Bを有する流体デバイス 1 Bが完成する。

[0046] (作用効果)

次に、本実施形態の流体デバイス 1 B 及びその製造方法の奏する作用効果について説明する。

本実施形態の流体デバイス 1 B は、長さ $\times$ 直径との比であるアスペクト比が 10 以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路 23 B を内部に有し、流路 23 B の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下であることで、前記の第 1 実施形態の流体デバイス 1 A と同様の作用効果を奏することができる。

[0047] また、本実施形態の流体デバイス 1 B は、流路 23 B が屈曲している。

この流体デバイス 1 B 及びその製造方法によれば、第 1 流路部分 23 B 1 と、第 2 流路部分 23 B 2 とが成す角度を変更することで、流体デバイス 1 B の流路 23 B における流体の出口と入口の位置を変更することができる。

この流体デバイス 1 B 及びその製造方法によれば、分析装置内での配置の自由度が向上する流体デバイスを得ることができる。

[0048] <第 3 実施形態>

(流体デバイス)

次に、本発明の第 3 実施形態に係る流体デバイスについて説明する。

なお、本実施形態において前記第 1 実施形態に係る流体デバイス 1 A (図 1 参照) と同じ構成要素については同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

[0049] 図 6 は、本発明の第 3 実施形態に係る流体デバイス 1 C の構成説明図である。

図 6 に示すように、流体デバイス 1 C は、アクリル樹脂からなる樹脂基板 11 (樹脂ブロック) の内部に形成される流路 23 C を有している。ただし、樹脂基板 11 は、アクリル樹脂に限定されるものではなく、前記の硬質透明樹脂を使用することができる。

本実施形態での樹脂基板 11 (樹脂ブロック) は、直方体にて形成されて

いる。

流路23Cは、流路23C1と、流路23C2と、流路23C3と、流路23C4と、からなる複数の流路にて構成されている。

[0050] また、流体デバイス1Cは、樹脂基板11（樹脂ブロック）の表面に開口する凹部24と凹部25とを有している。これら二つの凹部24、25は、有底の円柱形状の空間にて形成されている。そして、凹部24が開口する一面と、凹部25が開口する一面とは、互いに直交する位置関係にある。

[0051] 流路23C1は、樹脂基板11の一側面から樹脂基板11の内部に向けて直線状に延びている。

流路23C2は、樹脂基板11の内部に形成される流路23C1の端部を基端とするとともに、流路23C1とL字をなすように延びている。流路23C2の先端部は、凹部25の底面に接続されている。

流路23C3は、凹部24の底面に接続される一端側から樹脂基板11の内部に向けて直線状に延びている。そして、流路23C3の他端側は、凹部24の内周面に接続されている。

[0052] 流路23C4は、流路23C1と平行となるように樹脂基板11の一側面から樹脂基板11の内部に向けて直線状に延びて、凹部24の内周面に接続されている。

すなわち、流体デバイス1Cにおいては、流路23Cを構成する、流路23C1と、流路23C2と、流路23C3と、流路23C4と、からなる複数の流路のうち、流路23C2と流路23C3とが凹部25を介して連通し、流路23C3と流路23C4とが、凹部24を介して連通している。

[0053] このような流路23Cの断面形状は、円形を呈している。また、本実施形態での流路23Bの内径は、0.5mm以上、5mm以下のものを想定している。ただし、流路23Cの内径は、これに限定されるものではなく、流路23Cを流通させる流体の性状に応じて適宜に変更することもできる。

また、流路23Cにおける長さに対する内径のアスペクト比（長さ／内径）は、10以上となっている。

[0054] また、流路23Cの長手方向の全域にわたる内壁面の粗さは、ISO4287-1997に準拠した算術平均粗さ(Ra)で、 $0.5\mu\text{m}$ 以下となっている。また、流路23Cの長手方向の全域にわたる内壁面の粗さの標準偏差は、ISO25178に準拠した二乗平均平方根高さ(Sq)で、 $0.1\mu\text{m}$ 以下となっている。

また、凹部24、25の内壁面の算術平均粗さ(Ra)も、 $0.5\mu\text{m}$ 以下となっており、その二乗平均平方根高さ(Sq)は、 $0.1\mu\text{m}$ 以下となっている。

また、流路23Cの内壁面及び凹部24、25の内壁面には、これらの内壁面を被覆する SiO_2 膜からなる被覆層L(図3の符号302の図参照)を設けることを想定している。

[0055] (製造方法)

次に、流体デバイス1C(図6参照)の製造方法について説明する。

図7の符号701から符号704は、図6に示す流体デバイス1Cの製造方法の工程説明図である。

本実施形態の製造方法は、図7の符号701の図に示す樹脂基板11(樹脂ブロック)を用意する工程と、図7の符号702の図に示すように、樹脂基板11(樹脂ブロック)に断面形状が円形の貫通孔20Cを形成する工程と、図7の符号703の図に示すように、貫通孔20Cの一端21e、21f、21g側から吸引しつつ有機溶剤の蒸気を貫通孔20C内に導入する工程と、を有している。

[0056] この製造方法では、樹脂基板11にドリルなどで凹部24、25が形成される。その後、断面形状が円形の貫通孔20Cが機械加工にて形成される。

図7の符号702の図に示す貫通孔20Cを形成する工程においては、貫通孔20C1は、貫通孔20C1の一端21h側からドリルなどの工具によって穿たれて形成される。貫通孔20C2は、貫通孔20C2の一端21e側からドリルなどの工具によって穿たれて形成される。貫通孔20C3は、貫通孔20C3の一端21f側からドリルなどの工具によって穿たれて形成

される。貫通孔20C4は、貫通孔20C4の一端21g側からドリルなどの工具によって穿たれて形成される。

[0057] また、貫通孔20Cへの有機溶剤の蒸気の導入工程においては、図7の符号703の図に示すように、貫通孔20C1、20C2と、貫通孔20C3とは、貫通孔20C1の一端21eと貫通孔20C3の一端21fとで連通し合う凹部25を介して吸引される。貫通孔20C4は、一端21gを介して吸引される。これにより図7の符号703の図中、符号 V_{IN} で示すように、有機溶剤の蒸気は、大気圧よりも低くなった減圧状態で凹部24と、貫通孔20C1の一端21hから導入されるとともに、符号 V_{OUT} で示すように、凹部25と貫通孔20C4の一端21gから排出される。

[0058] この際、有機溶剤の蒸気は、液化することなく、貫通孔20C（図7の符号702の図参照）の粗面を構成する微細な樹脂からなる凸部（図示を省略）を溶解又は軟化させるとともに、凸部を蒸気の流れ方向に沿うように均していく。これにより微細な凹凸にて形成された貫通孔20C（図7の符号702の図参照）の粗面が平滑化することで、図7の符号704の図に示す流路23Cを有する流体デバイス1C（図6参照）が完成する。

[0059] （電気泳動装置）

次に、本実施形態の流体デバイス1C（図6参照）を用いた電気泳動装置について説明する。

図8は、分析装置の例であるキャピラリ電気泳動装置Ap（以下、単に「電気泳動装置Ap」と称する）の構成図である。この電気泳動装置Apは、DNAシーケンサやDNAフラグメント解析装置などとして用いられる。

図8に示すように、電気泳動装置Apは、流体デバイス1Cと、キャピラリ26と、試薬ボトル31と、容器32と、容器33と、高圧電源50と、レーザ光源60と、を主に備えて構成されている。

[0060] キャピラリ26は、試料注入端26aと、この試料注入端26aを一端に有するキャピラリ本体26bとを有している。キャピラリ本体26bの他端側は、容器32に満たされる後記する試薬に浸される。試料注入端26aは

、流体デバイス 1 C の凹部 2 5 に取り付けられている。なお、容器 3 2 内には、陰電極 5 2 が配置されている。

試薬ボトル 3 1 は、バルブ 4 1 を介して流体デバイス 1 C における流路 2 3 C 4 の一端 2 1 g に取り付けられている。本実施形態での試薬ボトル 3 1 は、試薬としての緩衝ゲルを貯留したものを想定している。

[0061] 容器 3 3 は、バルブ 4 3 を介して流路 2 3 C 1 の一端 2 1 h に取り付けられている。

この容器 3 3 内には、後記するように試薬ボトル 3 1 の試薬で満たされることとなる。

このような容器 3 3 内には、陽電極 5 3 が配置されている。

高圧電源 5 0 は、陰電極 5 2 と陽電極 5 3 との間に電圧を印加するようになっている。

レーザ光源 6 0 は、キャピラリ本体 2 6 b の所定の位置 6 2 にレーザビーム 6 1 を照射するようになっている。

[0062] 次に、電気泳動装置 A p の動作について主に図 8 を参照しながら説明する。

この電気泳動装置 A p の流体デバイス 1 C は、試薬ボトル 3 1 に貯留された試薬の送液装置として機能する。

流体デバイス 1 C の凹部 2 4 の開口部には、モータ駆動のプランジャポンプ（図示を省略）が取り付けられている。

[0063] この電気泳動装置 A p においては、試料注入端 2 6 a を閉状態にし、バルブ 4 3 を閉状態にし、バルブ 4 1 を開状態にしてから、プランジャポンプが吸引するように駆動すると、試薬ボトル 3 1 の試薬は、凹部 2 4 に満たされる。

次いで、バルブ 4 1 を閉状態にし、試料注入端 2 6 a を開状態にしてから、プランジャポンプが押し出すように駆動すると、凹部 2 4 の試薬は、キャピラリ 2 6 を介して容器 3 2 に移送される。必要に応じてこの動作を繰り返すことによって、容器 3 2 には、キャピラリ 2 6 の先端部が浸る程度に試薬

が満たされる。陰電極 5 2 は、試薬に浸漬される。そして、キャピラリ 2 6 の中空部には、その全体にわたって試薬が充填される。

[0064] 次に、この電気泳動装置 A p においては、試料注入端 2 6 a を閉状態にし、バルブ 4 3 を閉状態にし、バルブ 4 1 を開状態にしてから、プランジャポンプが吸引するように駆動すると、試薬ボトル 3 1 の試薬は、凹部 2 4 に満たされる。

次いで、バルブ 4 1 を閉状態にし、バルブ 4 3 を開状態にしてから、プランジャポンプが押し出すように駆動すると、凹部 2 4 の試薬は、流路 2 3 C 3、流路 2 3 C 2 及び流路 2 3 C 1 を介してキャピラリ 2 6 を介して容器 3 3 に移送される。必要に応じてこの動作を繰り返すことによって、少なくとも容器 3 3 と、流路 2 3 C 1、2 3 C 2 と、凹部 2 5 には、試薬が満たされることとなる。

そして、バルブ 4 3 と試料注入端 2 6 a とを開状態にすることで、陰電極 5 2 と陽電極 5 3 との間には、試薬を介した電気泳動路が形成される。

[0065] この電気泳動装置 A p を使用した分析方法では、例えば複数種類の蛍光体で標識された複数種類の成分（DNA 断片など）を含む試料が、試料注入端 2 6 a に注入される。

その後、陰電極 5 2 と陽電極 5 3 との間に電圧が印加されると、試料に含まれる負電荷を帯びた成分（DNA 断片など）は、キャピラリ本体 2 6 b の中を、試料注入端 2 6 a から容器 3 2 側に向かって電気泳動される。

[0066] 電気泳動による移動度の違いにより、試料に含まれる複数種類の成分は徐々に分離されていく。キャピラリ本体 2 6 b 上の一定距離だけ電気泳動された位置 6 2 に、レーザ光源 6 0 から出射されたレーザビーム 6 1 が照射される。レーザビーム 6 1 は、位置 6 2 を順次通過する成分に標識された複数種類の蛍光体による蛍光の発光を促す。電気泳動に伴って時間変化する蛍光は、複数種類の波長帯で光検出を行う多色検出装置（図示を省略）によって計測されることとなる。

[0067] （作用効果）

次に、本実施形態の流体デバイス 1 C 及びその製造方法並びにそれを用いた電気泳動装置の奏する作用効果について説明する。

本実施形態の流体デバイス 1 C は、分析装置に搭載される樹脂からなる流体デバイス 1 C であって、長さとの比であるアスペクト比が 10 以上であり、かつ断面形状が円形の管状である複数の流路 23 C 1、23 C 2、23 C 3、23 C 4 を内部に有し、流路 23 C 1、23 C 2、23 C 3、23 C 4 の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下である。

[0068] この流体デバイス 1 C は、長さとの比であるアスペクト比が 10 以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路 23 C を内部に有し、流路 23 C の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下であることで、前記の第 1 実施形態の流体デバイス 1 A と同様の作用効果を奏することができる。

また、流体デバイス 1 C は、複数の流路 23 C 1、23 C 2、23 C 3、23 C 4 を内部に有していることで、流体デバイス 1 C 内での流体の流通経路の多様化を図ることができる。

[0069] また、このような流体デバイス 1 C においては、前記樹脂がアクリル樹脂であることが望ましい。

この流体デバイス 1 C によれば、基体となる樹脂基板 11（樹脂ブロック）の成型性に優れるとともに、樹脂基板 11 に貫通孔 20 C を形成するための機械加工が容易となる。また、この流体デバイス 1 C によれば、貫通孔 20 C に導入する有機溶剤の選択の幅が広がる。

[0070] また、このような流体デバイス 1 C においては、流路 23 C の内壁面が SiO_2 膜で被覆されていることを想定している。

この流体デバイス 1 C によれば、流路 23 C の内壁面の表面エネルギーが大きくなって、気泡の付着をより確実に抑制することができる。

[0071] また、このような流体デバイス 1 C においては、凹部 24、25 の内壁面が SiO_2 膜で被覆されていることを想定している。

この流体デバイス 1 C によれば、凹部 2 4, 2 5 の内壁面の表面エネルギーが大きくなって、気泡の付着をより確実に抑制することができる。

[0072] また、このような流体デバイス 1 C においては、流路 2 3 C は、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) を貫通する孔にて構成され、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) は、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) の表面に開口する凹部 2 4、2 5 を有し、前記複数の流路 2 3 C のうち、少なくとも 2 つの前記流路、すなわち流路 2 3 C 2 と流路 2 3 C 3 とは、凹部 2 5 を介して連通している。また、流路 2 3 C 3 と、流路 2 3 C 4 とは、凹部 2 4 を介して連通している。

[0073] この流体デバイス 1 C によれば、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) における流路長さをより長く確保することができる。これにより樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) 内における流体の滞留時間を延長することができる。

[0074] また、このような流体デバイス 1 C においては、凹部は、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) に複数形成されている (凹部 2 4、2 5)。

この流体デバイス 1 C によれば、凹部 2 4、2 5 を介して、例えば、ポンプ、キャピラリーなどの種々の部品や装置を容易に取り付けることができる。

[0075] また、このような流体デバイス 1 C の製造方法は、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) を用意する工程と、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) に断面形状が円形の貫通孔 2 0 C を形成する工程と、貫通孔 2 0 C の一端 2 1 e、2 1 f、2 1 g 側から吸引しつつ有機溶剤の蒸気を貫通孔 2 0 C 内に導入する工程と、を有している。

また、このような製造方法においては、貫通孔 2 0 C は、樹脂基板 1 1 (樹脂ブロック) に対する機械加工にて形成される。

この製造方法では、樹脂基板 1 1 にドリルなどで凹部 2 4、2 5 が形成される。その後、断面形状が円形の貫通孔 2 0 C が機械加工にて形成される。

そして、貫通孔 2 0 C や凹部 2 4、2 5 の内壁面には、ドリルの加工痕が形成される。このような状態で流体を貫通孔 2 0 C に流通させると、内壁面には気泡が付着しやすい。

[0076] そこで、本実施形態での製造方法においては、貫通孔 2 0 C の一端 2 1 e

、21 f、21 g 側から吸引しつつ有機溶剤の蒸気を貫通孔20 C内に導入する。また、一端21 e、21 fからの吸引は、凹部25を介して行われる。貫通孔20 C3、20 C4に対する有機溶剤の蒸気の導入は、凹部24を介して行われる。

これにより流路23 C及び凹部24、25の内壁面は溶解して平滑となる。この製造方法によれば、表面粗さの小さい内壁面の流路23 Cを有する流体デバイス1 Cを製造することができる。

[0077] また、このような製造方法においては、樹脂ブロックを構成する樹脂は、アクリル樹脂であり、前記有機溶剤は、ジクロロメタンであることが望ましい。

この製造方法によれば、樹脂基板11（樹脂ブロック）に対して、内壁面の粗さの算術平均が $0.5\mu\text{m}$ 以下であり、標準偏差が $0.1\mu\text{m}$ 以下である流路23 Cを効率よく形成することができる。

[0078] また、このような製造方法においては、貫通孔20 Cに有機溶剤の蒸気を導入する工程を行って流路23 Cを形成した後、流路23 Cの内壁面にSiO₂膜を形成する工程をさらに有することが望ましい。

この製造方法によれば、SiO₂膜によって表面エネルギーが大きい流路23 Cを形成することができる。これにより流体デバイス1 Cの流路23 Cに対する気泡の付着は、より確実に防止されることとなる。

[0079] また、本実施形態の電気泳動装置Apは、流体デバイス1 Cを備え、流体デバイス1 Cにおける流路23 C1、23 C2が、電気泳動の一部の流路を構成している。

図7の符号702の図に示した機械加工後の樹脂基板11（樹脂ブロック）を用いた電気泳動装置Apでは、試薬を吸引するときに混入した気泡は、流路となる貫通孔20 Cの内壁面に付着する。これにより貫通孔20 Cを介した電気泳動は阻害される。また、付着した気泡が大きく、貫通孔20 Cが塞がれた場合には、陰電極52と陽電極53とに破損のおそれがある。

[0080] これに対して、本実施形態の電気泳動装置Apで用いた流体デバイス1 C

は、流路23Cの内壁面に付着することがない。流路23Cに入り込んだ気泡は、たとえ大きくても容器32、33へと押し出される。

また、流路23Cや凹部24、25の内壁面にSiO₂膜を有する流体デバイス1Cを用いた電気泳動装置Apは、それらの内壁面の表面エネルギーを大きくすることができ、気泡の付着をより効果的に抑制することができる。これにより電気泳動装置Apは、さらに良好な電気泳動を実施することができる。

実施例

[0081] 次に、本発明に実施形態に係る流体デバイスの奏する効果を検証した結果について説明する。

(実施例1)

実施例1では、アクリル樹脂を使用して図4に示す流体デバイス1Bを製作した。

まず、用意した樹脂基板11（図5の符号501の図参照）に、ドリルを用いた機械加工によって屈曲する貫通孔20B（図5の符号502の図参照）を形成した。貫通孔20Bの長さは50mmであり、内径は0.8mmであった。この貫通孔20Bのアスペクト比（長さ／内径）は62.5であった。

[0082] 次に、図5の符号503の図に示すように、貫通孔20Bの一端21c側から吸引しつつ他端21d側からジクロロメタンの蒸気を導入した。これにより内壁面が平滑化された流路23B（図5の符号504の図参照）を有する流体デバイス1B（図5の符号504の図参照）を得た。

そして、流路23Bの蒸気導入部となった一端側からの長さ、その長さに対応する位置における内壁面の粗さを、ISO4287-1997に準拠した算術平均粗さ（Ra）にて測定した。その結果を図9のグラフに示す。

[0083] 図9の横軸は、流路23Bの一端側の位置、すなわちジクロロメタンの蒸気の導入端を0mmとし、流路23Bの他端側の位置を50mmとしている。図9の縦軸は、測定した内壁面の表面粗さ[μm]（算術平均粗さ（Ra

))を示している。

図9中、丸印で示される実施例1の表面粗さ $[\mu\text{m}]$ は、流路23Bの長手方向の全域に亘って、概ね $0.1\mu\text{m}$ 以下に集中している。ジクロロメタンの蒸気の導入端となる長さが 5mm 以下の一部の範囲において表面粗さ $[\mu\text{m}]$ の最大値($0.4[\mu\text{m}]$)を示しているものの、表面粗さ $[\mu\text{m}]$ は、 $0.5[\mu\text{m}]$ 以下となっている。また、流路23Bの長手方向の全域にわたる内壁面の粗さの標準偏差は、ISO25178に準拠した二乗平均平方根高さ(S_q)で、 $0.1\mu\text{m}$ 以下となっていた。

[0084] (比較例1)

比較例1においては、図5の符号502の図に示す貫通孔20Bを形成した樹脂基板11について、貫通孔20Bの一端21側から吸引せずに、樹脂基板11をそのまま浴槽内でジクロロメタンの蒸気に晒すことによって流体デバイスを得た。

この流体デバイスについて、流路の内壁面における表面粗さ $[\mu\text{m}]$ を実施例1と同様にして測定した。その結果を図9のグラフの四角印にて示す。

図9に示すように、比較例1の流体デバイスにおける流路の表面粗さ $[\mu\text{m}]$ は、長手方向の全域に亘って、 $0.5\mu\text{m}$ 以上となっていた。すなわち、流路の内壁面の平滑化はされていなかった。また、ISO25178に準拠した二乗平均平方根高さ(S_q)についても、 $0.1\mu\text{m}$ を超えていた。

[0085] (比較例2)

比較例2においては、図5の符号502の図に示す貫通孔20Bを形成した樹脂基板11について、貫通孔20Bの内壁面に対してリーマ研磨を行った。なお、この比較例2では、樹脂基板11をジクロロメタンの蒸気に接触させずに、貫通孔20Bにリーマ研磨のみを行って流体デバイスを作製した。

この流体デバイスについて、流路の内壁面における表面粗さ $[\mu\text{m}]$ を実施例1と同様にして測定した。その結果を図9のグラフの三角印にて示す。

図9に示すように、比較例2の流体デバイスにおける流路の表面粗さ $[\mu$

m] は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下となっている箇所もあるが、表面粗さ [μm] にばらつきが大きく、標準偏差は $0.2\ \mu\text{m}$ 以上であった。特に、アスペクト比10を超える長さ8 mmから、表面粗さ、標準偏差のばらつきが大きくなった。

[0086] (評価結果)

比較例1の流体デバイスは、樹脂基板11をジクロロメタンの蒸気に晒すことのみで作製されたため、貫通孔20Bの内壁面の平滑化ができないことが確認された。

また、比較例1の流体デバイスは、流路が貫通孔20Bの機械的研磨のみで形成されているため、表面粗さ [μm] のばらつきが大きいことが確認された。

これに対して、本発明の実施例1の流体デバイス1B (図5の符号504の図参照) は、貫通孔の一端側から吸引しつつ他端側から有機溶剤の蒸気を導入することで、流路23Bの内壁面の粗さの算術平均が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下となることが検証された。

[0087] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

前記第1から第3実施形態では、樹脂基板11 (樹脂ブロック) に対して機械加工にて貫通孔20A、20B、20Cを形成した流体デバイス1A、1B、1Cについて説明したが、貫通孔20A、20B、20Cを有する流体デバイス1A、1B、1Cは、3Dプリンタにて作製することができる。

また、本実施形態の電気泳動装置Apは、第3実施形態の流体デバイス1Cの流路23Cを電気泳動の一部の流路として使用するものについて説明したが、流体デバイス1A、1Bの流路23A、23Bを電気泳動の一部の流路として使用することもできる。

符号の説明

[0088] 1A、1B、1C 流体デバイス

20 A、20 B、20 C	貫通孔
23 A、23 B、23 C	流路
11	樹脂基板（樹脂ブロック）
24、25	凹部
Ap	電気泳動装置

請求の範囲

- [請求項1] 分析装置に搭載される樹脂製の流体デバイスであって、
長さとは直径との比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路を内部に有し、
前記流路の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする流体デバイス。
- [請求項2] 前記樹脂がアクリル樹脂であることを特徴とする請求項1に記載の流体デバイス。
- [請求項3] 前記流路の内壁面が SiO_2 膜で被覆されていることを特徴とする請求項1に記載の流体デバイス。
- [請求項4] 分析装置に搭載される樹脂製の流体デバイスであって、
長さとは直径との比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である複数の流路を内部に有し、
前記流路の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\ \mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする流体デバイス。
- [請求項5] 前記樹脂がアクリル樹脂であることを特徴とする請求項4に記載の流体デバイス。
- [請求項6] 前記流路の内壁面が SiO_2 膜で被覆されていることを特徴とする請求項4に記載の流体デバイス。
- [請求項7] 前記流路は、樹脂ブロックを貫通する孔にて構成され、
前記樹脂ブロックは、前記樹脂ブロックの表面に開口する凹部を有し、
前記複数の流路のうち、少なくとも2つの前記流路は、前記凹部を介して連通していることを特徴とする請求項4に記載の流体デバイス。
- [請求項8] 前記凹部は、前記樹脂ブロックに複数形成されていることを特徴とする請求項7に記載の流体デバイス。
- [請求項9] 請求項1又は請求項4に記載の流体デバイスを備え、

前記流体デバイスにおける前記流路が、電気泳動の一部の流路を構成していることを特徴とする電気泳動装置。

[請求項10] 前記樹脂がアクリル樹脂であることを特徴とする請求項9に記載の電気泳動装置。

[請求項11] 前記流路の内壁面が SiO_2 膜で被覆されていることを特徴とする請求項9に記載の電気泳動装置。

[請求項12] 前記凹部の内壁面が SiO_2 膜で被覆されていることを特徴とする請求項7に記載の電気泳動装置。

[請求項13] 長さとは直径との比であるアスペクト比が10以上であり、かつ断面形状が円形の管状である流路を内部に有し、前記流路の内壁面の粗さの算術平均が $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下、標準偏差が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下である流体デバイスの製造方法であって、

樹脂ブロックに断面形状が円形の貫通孔を形成する工程と、
前記貫通孔の一端側から吸引しつつ他端側から有機溶剤の蒸気を導入する工程と、
を有することを特徴とする流体デバイスの製造方法。

[請求項14] 前記貫通孔は、前記樹脂ブロックに対する機械加工にて形成されることを特徴とする請求項13に記載の流体デバイスの製造方法。

[請求項15] 前記樹脂ブロックを構成する樹脂は、アクリル樹脂であり、前記有機溶剤は、ジクロロメタンであることを特徴とする請求項13に記載の流体デバイスの製造方法。

[請求項16] 前記貫通孔に有機溶剤の蒸気を導入する工程を行った後、
前記貫通孔の内壁面に SiO_2 膜を形成する工程をさらに有することを特徴とする請求項13に記載の流体デバイスの製造方法。