

(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
2022年3月3日(03.03.2022)



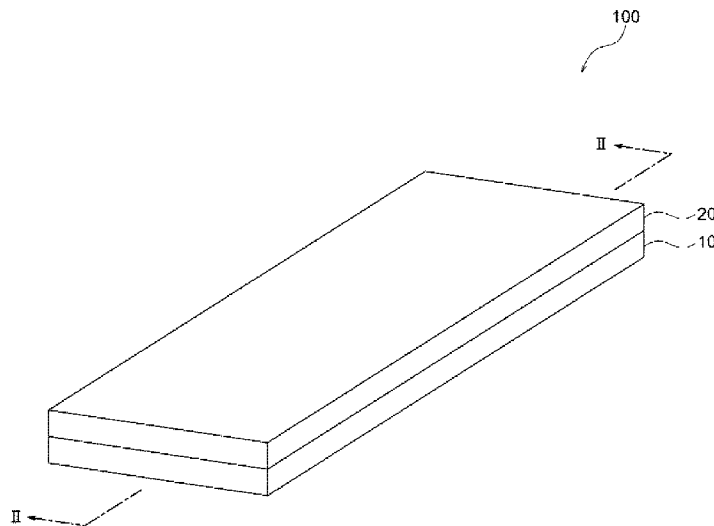
(10) 国際公開番号

WO 2022/044506 A1

- (51) 国際特許分類:
B81B 1/00 (2006.01) *B01J 13/04* (2006.01)
B01F 3/04 (2006.01) *B01J 19/00* (2006.01)
B01F 3/08 (2006.01) *B81C 3/00* (2006.01)
B01F 5/00 (2006.01) *G01N 37/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/023220
- (22) 国際出願日: 2021年6月18日(18.06.2021)
- (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 2020-141706 2020年8月25日(25.08.2020) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (**FUJIFILM CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松野 亮 (**MATSUNO, Ryo**); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (**TAIYO, NAKAJIMA & KATO**); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 Tokyo (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** MICROCHANNEL DEVICE, DROPLET PRODUCTION METHOD, BUBBLE PRODUCTION METHOD, MICROCAPSULE PRODUCTION METHOD, MULTIPLE EMULSION PRODUCTION METHOD, METHOD FOR PRODUCING DROPLETS INCLUDING BUBBLES, AND MICROCHANNEL DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: マイクロ流路デバイス、液滴の製造方法、気泡の製造方法、マイクロカプセルの製造方法、多重エマルションの製造方法、気泡を内包する液滴の製造方法及びマイクロ流路デバイスの製造方法



(57) **Abstract:** The present disclosure provides a microchannel device and applications thereof, the microchannel device comprising: a first base part which has a defining surface for defining a channel and contains a polymer containing a fluorine atom; and a second base part which has a defining surface for defining the channel together with the defining surface of the first base part, has solvent resistance, and is in contact with the first base part, wherein the arithmetic average roughness Ra of the surface of the first base part exposed by peeling the second base part from the first base part is at least 1 μm .



WO 2022/044506 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本開示は、流路を画定する画定面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部と、上記第1の基部の上記画定面とともに上記流路を画定する画定面を有し、耐溶剤性を有し、上記第1の基部に接触する第2の基部と、を含み、上記第1の基部から上記第2の基部を剥離することによって露出した上記第1の基部の表面の算術平均粗さ R_a が、 $1\mu\text{m}$ 以上である、マイクロ流路デバイス及びその応用を提供する。

明 細 書

発明の名称：

マイクロ流路デバイス、液滴の製造方法、気泡の製造方法、マイクロカプセルの製造方法、多重エマルジョンの製造方法、気泡を内包する液滴の製造方法及びマイクロ流路デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、マイクロ流路デバイス、液滴の製造方法、気泡の製造方法、マイクロカプセルの製造方法、多重エマルジョンの製造方法、気泡を内包する液滴の製造方法及びマイクロ流路デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] マイクロ流路デバイスは、バイオ分析及び高機能材料といった技術分野で注目されている（例えば、下記特許文献1）。マイクロ流路デバイスとは、流体が流れる微小な流路を含むデバイスである。流体とは、液体及び気体の総称である。マイクロ流路デバイスの流路は、例えば、混合、分離、分析又は反応に利用される。マイクロ流路デバイスの流路は、フォトリソグラフィといった微細加工技術を利用して形成される。例えば、マイクロ流路デバイスの流路は、フォトレジストを用いて作製した鋳型の形状をシリコーンゴムに転写する過程を経て形成される。上記のような方法によって形成されるマイクロ流路デバイスの流路は、シリコーンゴムの表面によって画定される。しかしながら、シリコーンゴムは、有機溶剤（例えば、アセトン及びメタノール）との接触によって膨潤し、変形することがある。有機溶剤に対する耐性の向上のため、例えば、下記非特許文献1には、フッ素エラストマーを用いて製造されたマイクロ流路デバイスが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-47438号公報

非特許文献

- [0004] 非特許文献1: Ikuko MORITA, Yasuhisa ANDO and Yun Jung HE0, 「Microsphere formation using SIFEL microfluidic devices with organic-solvent resistance」, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.11, No.2, 2017.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] マイクロ流路デバイスの多くは、2つの部材を貼り合わせることによって製造されている。しかしながら、フッ素エラストマーといったフッ素原子を含む重合体は有機溶剤に対して高い耐性を有するにもかかわらず、マイクロ流路デバイスの製造において、フッ素原子を含む重合体を含む部材と他の部材とを貼り合わせることは困難である。フッ素原子を含む重合体を含む部材を用いて製造されたマイクロ流路デバイスにおいて、フッ素原子を含む重合体を含む部材と他の部材との密着性（接着性ともいう。）の向上が求められている。

- [0006] 本開示の一態様は、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを提供することを目的とする。

本開示の他の一態様は、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いた液滴の製造方法を提供することを目的とする。

本開示の他の一態様は、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いた気泡の製造方法を提供することを目的とする。

本開示の他の一態様は、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いたマイクロカプセルの製造方法を提供することを目的とする。

本開示の他の一態様は、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いた多重エマルジョンの製造方法を提供することを目的とする。

本開示の他の一態様は、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路

デバイスを用いた気泡を内包する液滴の製造方法の提供することを目的とする。

本開示の他の一態様は、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスの製造方法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

[0007] 本開示は、以下の態様を含む。

<1> 流路を画定する画定面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部と、上記第1の基部の上記画定面とともに上記流路を画定する画定面を有し、耐溶剤性を有し、上記第1の基部に接触する第2の基部と、を含み、上記第1の基部から上記第2の基部を剥離することによって露出した上記第1の基部の表面の算術平均粗さ R_a が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上である、マイクロ流路デバイス。

<2> 上記第2の基部が、フッ素原子を含む重合体、ガラス及びステンレス鋼からなる群より選択される少なくとも1種を含む、<1>に記載のマイクロ流路デバイス。

<3> 上記第1の基部の上記画定面に対する水の接触角が、 90° 以上であり、上記第2の基部の上記画定面に対する水の接触角が、 90° 以上である、<1>又は<2>に記載のマイクロ流路デバイス。

<4> 上記第1の基部の上記画定面が、界面活性剤を吸着した領域を含み、上記第1の基部の上記画定面において上記界面活性剤を吸着した上記領域に対する水の接触角が、 60° 以下であり、上記第2の基部の上記画定面が、界面活性剤を吸着した領域を含み、上記第2の基部の上記画定面のうち上記界面活性剤を吸着した上記領域に対する水の接触角が、 60° 以下である、<1>又は<2>に記載のマイクロ流路デバイス。

<5> 上記界面活性剤が、アルキレンオキシド重合体である、<4>に記載のマイクロ流路デバイス。

<6> 上記界面活性剤が、エチレンオキシド-プロピレンオキシド共重合体である、<4>に記載のマイクロ流路デバイス。

<7> 上記第1の基部の上記画定面が、界面活性剤を吸着していない領域を更に含み、上記第2の基部の上記画定面が、界面活性剤を吸着していない領域を更に含む、<4>~<6>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<8> 上記流路が、第1の流路部と、上記第1の流路部に合流する第2の流路部と、上記第1の流路部と上記第2の流路部との合流点に接続する第3の流路部と、を含む、<1>~<7>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<9> 上記流路が、第1の流路部と、上記第1の流路部に合流する第2の流路部と、上記第1の流路部と上記第2の流路部との合流点に接続する第3の流路部と、上記第3の流路部に合流する第4の流路部と、上記第3の流路部と上記第4の流路部との合流点に接続する第5の流路部と、を含む、<1>~<7>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<10> 液滴を製造するために用いられる、<1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<11> 気泡を製造するために用いられる、<1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<12> マイクロカプセルを製造するために用いられる、<1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<13> 多重エマルジョンを製造するために用いられる、<1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<14> 気泡を内包する液滴を製造するために用いられる、<1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイス。

<15> <1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイスを用いる液滴の製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させて、液滴を得ることを含む、液滴の製造方法。

<16> <1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイスを

用いる気泡の製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で液体と気体とを合流させて、気泡を得ることを含む、気泡の製造方法。

<17> <1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイスを用いるマイクロカプセルの製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させて、マイクロカプセルを得ることを含む、マイクロカプセルの製造方法。

<18> <1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイスを用いる多重エマルションの製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で少なくとも3種の液体を合流させて、多重エマルションを得ることを含む、多重エマルションの製造方法。

<19> <1>~<9>のいずれか1つに記載のマイクロ流路デバイスを用いる気泡を内包する液滴の製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で、気体と、油を含む液体と、水を含む液体とを合流させて、気泡を内包する液滴を得ることを含む、気泡を内包する液滴の製造方法。

<20> 溝を有する面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部を準備することと、上記第1の基部の上記面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理を行うことと、上記第1の基部に接触するための面を有し、耐溶剤性を有する第2の基部を準備することと、上記第2の基部の上記面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理を行うことと、上記プラズマ処理が行われた上記第1の基部の上記面に、上記プラズマ処理が行われた上記第2の基部の上記面を接触させて、上記第1の基部と上記第2の基部とによって画定される流路を形成することと、を含む、マイクロ流路デバイスの製造方法。

発明の効果

[0008] 本開示の一態様によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスが提供される。

本開示の他の一態様によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いた液滴の製造方法が提供される。

本開示の他の一態様によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いた気泡の製造方法が提供される。

本開示の他の一態様によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いたマイクロカプセルの製造方法が提供される。

本開示の他の一態様によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いた多重エマルジョンの製造方法が提供される。

本開示の他の一態様によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスを用いた気泡を内包する液滴の製造方法が提供される。

本開示の他の一態様によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスの製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスを示す概略斜視図である。

[図2]図2は、図1に示される――線に沿った概略断面図である。

[図3]図3は、図1に示されるマイクロ流路デバイスの概略分解斜視図である。

[図4]図4は、図1に示されるマイクロ流路デバイスの概略平面図である。

[図5]図5は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスの流路を示す概略平面図である。

[図6]図6は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスの流路を示す概略平面図である。

[図7]図7は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスの流路における流体の流動様相を示す概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施形態について詳細に説明する。本開示は、以下の実施形態に何ら制限されない。以下の実施形態は、本開示の目的の範囲内において適宜変更されてもよい。

[0011] 本開示の実施形態について図面を参照して説明する場合、図面において重

複する構成要素及び符号の説明を省略することがある。図面において同一の符号を用いて示す構成要素は、同一の構成要素であることを意味する。図面における寸法の比率は、必ずしも実際の寸法の比率を表すものではない。

[0012] 本開示において、「～」を用いて示された数値範囲は、「～」の前後に記載される数値をそれぞれ下限値及び上限値として含む範囲を示す。本開示に段階的に記載されている数値範囲において、ある数値範囲で記載された上限値又は下限値は、他の段階的な記載の数値範囲の上限値又は下限値に置き換えてもよい。また、本開示に記載されている数値範囲において、ある数値範囲で記載された上限値又は下限値は、実施例に示されている値に置き換えてもよい。

[0013] 本開示において、組成物中の各成分の量は、組成物中に各成分に該当する物質が複数存在する場合、特に断らない限り、組成物中に存在する複数の物質の合計量を意味する。

[0014] 本開示において、序数詞（例えば、「第1」、「第2」）は、複数の構成要素を区別するために使用する用語であり、構成要素の数、及び構成要素の優劣を制限するものではない。

[0015] 本開示において、「工程」との用語には、独立した工程だけでなく、他の工程と明確に区別できない場合であっても工程の所期の目的が達成されれば、本用語に含まれる。

[0016] 本開示において、「質量%」と「重量%」とは同義であり、「質量部」と「重量部」とは同義である。

[0017] 本開示において、2以上の好ましい態様の組み合わせは、より好ましい態様である。

[0018] <マイクロ流路デバイス>

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、流路を画定する画定面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部と、上記第1の基部の上記画定面とともに上記流路を画定する画定面を有し、耐溶剤性を有し、上記第1の基部に接触する第2の基部と、を含む。上記した実施形態において

、第1の基部から第2の基部を剥離することによって露出した上記第1の基部の表面の算術平均粗さ R_a は、 $1\mu m$ 以上である。上記した実施形態によれば、優れた耐溶剤性及び貼合性を有するマイクロ流路デバイスが提供される。本開示において、「貼合性」とは、第1の基部と第2の基部との密着性（接着性ともいう。）を表す。本開示において、「耐溶剤性」とは、有機溶剤に対する抵抗性を意味する。

[0019] 本開示の一実施形態において、上記した効果を発現するマイクロ流路デバイスが提供される推定理由を以下に説明する。本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部と、耐溶剤性を有する第2の基部と、を含む。上記のような第1の基部及び第2の基部は、マイクロ流路デバイスの耐溶剤性を向上させる。さらに、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスにおいて、第1の基部から第2の基部を剥離することによって露出した上記第1の基部の表面（以下、「露出面」という場合がある。）の算術平均粗さ R_a は、 $1\mu m$ 以上である。露出面の算術平均粗さ R_a は、剥離によって生じる破壊の様相を表している。例えば、第1の基部又は第2の基部の内部で働く凝集力よりも第1の基部と第2の基部との間の密着性が低い場合、第1の基部から第2の基部を剥離する過程において主に第1の基部と第2の基部との間の界面で剥離が生じる。第1の基部と第2の基部との間の界面で剥離が生じると、露出面の算術平均粗さ R_a は小さくなる。一方、第1の基部又は第2の基部の内部で働く凝集力よりも第1の基部と第2の基部との間の密着性が高い場合、第1の基部から第2の基部を剥離する過程において主に第1の基部又は第2の基部の内部で破壊が生じる。主に第1の基部又は第2の基部の内部で破壊が生じると、露出面の算術平均粗さ R_a は大きくなる。つまり、「露出面の算術平均粗さ R_a が $1\mu m$ 以上である」という特性は、第1の基部から第2の基部を剥離する過程において、第1の基部又は第2の基部の内部で生じる破壊が優勢であること、言い換えると、第1の基部と第2の基部との間の密着性が高いことを表している。よって、本開示の一実施形態によれば、優れた耐溶剤性及び貼合

性を有するマイクロ流路デバイスが提供される。以下、マイクロ流路デバイスについて具体的に説明する。

[0020] <<露出面の算術平均粗さ R_a >>

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスにおいて、第1の基部から第2の基部を剥離することによって露出した上記第1の基部の表面（すなわち、露出面）の算術平均粗さ R_a は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。貼合性の向上の観点から、露出面の算術平均粗さ R_a は、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましく、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが特に好ましい。貼合性の観点において、露出面の算術平均粗さ R_a の上限は制限されない。露出面の算術平均粗さ R_a の上限は、例えば、 $300\text{ }\mu\text{m}$ 、 $500\text{ }\mu\text{m}$ 又は $1000\text{ }\mu\text{m}$ であってもよい。露出面の算術平均粗さ R_a は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ ～ $1000\text{ }\mu\text{m}$ であることが好ましく、 $2\text{ }\mu\text{m}$ ～ $500\text{ }\mu\text{m}$ であることがより好ましく、 $3\text{ }\mu\text{m}$ ～ $300\text{ }\mu\text{m}$ であることが特に好ましい。

[0021] 本開示において、露出面の算術平均粗さ R_a は、以下の方法によって測定される。まず、マイクロ流路デバイスの第1の基部から第2の基部を剥離する。剥離角度は、 90° である。言い換えると、マイクロ流路デバイスの第1の基部から第2の基部を 90° の角度で剥離する。マイクロ流路デバイスの第1の基部から第2の基部を剥離することで、マイクロ流路デバイスを2つの試験片に分ける。2つの試験片は、第1の基部側に分かれた試験片及び第2の基部側に分かれた試験片を含む。第1の基部側に分かれた試験片（以下、「第1の試験片」という。）は、第2の基部の一部を含んでもよい。剥離によって露出した、第1の試験片の表面（ただし、マイクロ流路デバイスの流路を画定していた領域を除く。）の算術平均粗さ R_a を、レーザー光学顕微鏡（例えば、VK8550、株式会社キーエンス）を用いて測定する。

[0022] <<第1の基部>>

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、流路を画定する画定面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部を含む。フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部は、マイクロ流路デバイスの耐溶剤性を向上さ

せる。以下、第1の基部について具体的に説明する。

[0023] フッ素原子を含む重合体の種類は制限されない。本開示におけるフッ素原子を含む重合体は、公知のフッ素原子を含む重合体を包含する。フッ素原子を含む重合体としては、例えば、フルオロポリエーテル、ポリテトラフルオロエチレン及びパーフルオロアルコキシエチレンが挙げられる。耐溶剤性及び透明性の観点から、フッ素原子を含む重合体は、フルオロポリエーテルであることが好ましい。フルオロポリエーテルは、フルオロアルキレンオキシ基を含む重合体である。フルオロポリエーテルは、2種以上のフルオロアルキレンオキシ基を含んでもよい。フルオロアルキレンオキシ基は、例えば、直鎖状のフルオロアルキレンオキシ基又は分岐状のフルオロアルキレンオキシ基であってもよい。フルオロアルキレンオキシ基は、パーフルオロアルキレンオキシ基であることが好ましい。フルオロアルキレンオキシ基は、炭素数が2～6のフルオロアルキレンオキシ基であることが好ましく、炭素数が2～4のフルオロアルキレンオキシ基であることがより好ましい。フッ素原子を含む重合体は、例えば、フッ素原子及び炭素原子以外の原子を含んでもよい。フッ素原子を含む重合体は、ケイ素原子を含むことが好ましい。フッ素原子を含む重合体の市販品としては、例えば、X-71C-8115A/B、X-71C-8015A/B、X-71-358-4及びX-71-359（いずれもフッ素エラストマー、信越化学工業株式会社）が挙げられる。第1の基部は、2種以上のフッ素原子を含む重合体を含んでもよい。

[0024] 第1の基部におけるフッ素原子を含む重合体の含有率は制限されない。耐溶剤性向上の観点から、第1の基部におけるフッ素原子を含む重合体の含有率は、第1の基部の全質量に対して、70質量%～100質量%であることが好ましく、80質量%～100質量%であることが好ましく、90質量%～100質量%であることが特に好ましい。第1の基部におけるフッ素原子を含む重合体の含有率は、第1の基部の全質量に対して、100質量%未満であってもよい。

[0025] 第1の基部の画定面は、マイクロ流路デバイスの流路を画定する。すなわ

ち、第1の基部の画定面は、流路に面している基部の表面である。第1の基部の画定面の数は制限されない。第1の基部は、2つ以上の画定面を有してもよい。第1の基部の画定面の形状は制限されない。第1の基部の画定面は、例えば、平面又は曲面であってもよい。

[0026] ある実施形態において、第1の基部の画定面に対する水の接触角（以下、本段落において単に「接触角」という。）は、 90° 以上であることが好ましく、 95° 以上であることがより好ましく、 100° 以上であることが特に好ましい。接触角が 90° 以上であることで、第1の基部の画定面に対する水を含む液体の親和性が低下する。第1の基部の画定面に対する水を含む液体の親和性の低下は、例えば、水滴の形成を促進する。接触角の上限は制限されない。接触角の上限は、例えば、 140° 、 130° 又は 120° であってもよい。接触角は、 $90^{\circ} \sim 140^{\circ}$ であることが好ましく、 $95^{\circ} \sim 130^{\circ}$ であることがより好ましく、 $100^{\circ} \sim 120^{\circ}$ であることが特に好ましい。

[0027] 本開示において、水の接触角は以下の方法によって測定される。 25°C の室温で、水平にした対象面に $2\mu\text{L}$ の純水を滴下する。対象面への純水の接触から1秒後の液滴の接触角を、接触角計（例えば、DMS-401、協和界面科学株式会社）を用いて測定する。得られた値を、水の接触角として採用する。

[0028] フッ素原子を含む重合体は、通常、疎水性を示す傾向にある。疎水性の材料を用いて形成されるマイクロ流路デバイスにおいて、流路を画定する疎水性の固体表面（例えば、第1の基部の画定面）は、流路を流れる試料（例えば、酵素及びタンパク質）を吸着することがある。例えばマイクロ流路デバイスを用いる分析において、流路を画定する固体表面への試料の吸着は、分析性能及び分析の再現性の低下を招く可能性がある。また、例えば、マイクロ流路デバイスを用いる油滴の製造方法において、流路を画定する固体表面は、溶剤として使用される水を含む液体に対し親和性が高いことが好ましい。上記のようないくつかの用途への適合性の観点から、ある実施形態に係る

マイクロ流路デバイスの流路を画定する固体表面（例えば、第1の基部の画定面）の少なくとも一部の親水性を向上させることが好ましい。

[0029] ある実施形態において、第1の基部の画定面は、界面活性剤を吸着した領域を含むことが好ましい。すなわち、第1の基部の画定面の少なくとも一部に界面活性剤が吸着していることが好ましい。界面活性剤を吸着した領域は、流路を画定する固体表面の親水性を向上させる。流路を画定する固体表面の親水性の向上は、例えば、油滴の形成を促進する。第1の基部の画定面において、界面活性剤を吸着した領域の位置は制限されない。界面活性剤を吸着した領域は、第1の基部の画定面の全部又は一部に配置されてもよい。吸着の態様は制限されない。吸着は、例えば、物理吸着又は化学吸着であってもよい。第1の基部の画定面に吸着した界面活性剤は、例えば、後述する飛行時間型二次イオン質量分析によって検出される。第1の基部の画定面に吸着した界面活性剤の種類は、1種又は2種以上であってもよい。

[0030] 界面活性剤の種類は制限されない。本開示における界面活性剤は、公知の界面活性剤を包含する。界面活性剤としては、例えば、カチオン性界面活性剤、アニオン性界面活性剤、両性界面活性剤及び非イオン性界面活性剤が挙げられる。親水性の向上の観点から、界面活性剤は、非イオン性界面活性剤であることが好ましい。親水性の向上の観点から、非イオン性界面活性剤は、重合体であることが好ましく、アルキレンオキシド重合体であることがより好ましく、エチレンオキシド-プロピレンオキシド共重合体であることが特に好ましい。アルキレンオキシド重合体とは、アルキレンオキシ基を含む重合体である。界面活性剤として使用されるアルキレンオキシド重合体は、流路を画定する固体表面に対して強固に吸着することができ、そして、流路を画定する固体表面に吸着したアルキレンオキシド重合体の親水基は、流路に面して安定的に配置される。この結果、界面活性剤として使用されるアルキレンオキシド重合体は、親水性の向上に加えて、例えば、経時的な親水性の低下を抑制することもできる。例えば、界面活性剤としてアルキレンオキシド重合体を吸着した固体表面の親水性は、流路を流れる流体の速度が速い

環境下でも低下しにくい。アルキレンオキシド重合体は、2種以上のアルキレンオキシ基を含んでもよい。アルキレンオキシド重合体は、主鎖、側鎖又は主鎖及び側鎖の両方にアルキレンオキシ基を含んでもよい。アルキレンオキシド重合体は、主鎖にアルキレンオキシ基を含むことが好ましい。アルキレンオキシ基は、例えば、直鎖状のアルキレンオキシ基又は分岐状のアルキレンオキシ基であってもよい。アルキレンオキシ基は、炭素数が2～6のアルキレンオキシ基であることが好ましく、炭素数が2～3のアルキレンオキシ基であることがより好ましい。アルキレンオキシ基としては、例えば、エチレンオキシ基及びプロピレンオキシ基が挙げられる。エチレンオキシド-プロピレンオキシド共重合体とは、エチレンオキシ基及びプロピレンオキシ基を含む共重合体である。また、バイオテクノロジー、食品及び化粧品といった技術分野へのマイクロ流路デバイスの利用の観点から、界面活性剤は、高い生体親和性を有することが好ましい。界面活性剤の市販品としては、例えば、「Pluronic」（商品名、BASF社、例えば、F68及びF127）が挙げられる。

[0031] 界面活性剤の分子量は制限されない。親水性の向上の観点から、界面活性剤の分子量は、2,000以上であることが好ましく、5,000以上であることがより好ましく、10,000以上であることが特に好ましい。界面活性剤の分子量は、マイクロ流路デバイスへの製造方法に使用される界面活性剤を含む組成物の粘度の観点から、100,000以下であることが好ましく、50,000以下であることがより好ましく、20,000以下であることが特に好ましい。界面活性剤の分子量は、2,000～100,000であることが好ましく、5,000～50,000であることがより好ましく、10,000～20,000であることが特に好ましい。本開示において、分子量分布を有する界面活性剤の分子量は、重量平均分子量によって表すものとする。本開示において、重量平均分子量は、ゲル浸透クロマトグラフィー（GPC）によって測定される。

[0032] 第1の基部の画定面に吸着した界面活性剤の量は、飛行時間型二次イオン

質量分析（TOF-SIMS）により検出されるトータルイオン量に対する界面活性剤の二次イオン量の比によって表される。親水性の向上の観点から、TOF-SIMSにより検出されるトータルイオン量に対する第2の基部の画定面に吸着した界面活性剤の二次イオン量の比（以下、本段落において「界面活性剤の吸着量」という。）は、0.01以上であることが好ましく、0.015以上であることがより好ましく、0.02以上であることが更に好ましく、0.025以上であることが特に好ましい。界面活性剤の吸着量の上限は制限されない。界面活性剤の吸着量の上限は、例えば、0.5、0.3又は0.1であってもよい。界面活性剤の吸着量は、0.01～0.5であることが好ましく、0.015～0.3であることがより好ましく、0.02～0.1であることが更に好ましく、0.025～0.1であることが特に好ましい。

[0033] 本開示において、飛行時間型二次イオン質量分析（TOF-SIMS）により検出されるトータルイオン量に対する対象面に吸着した界面活性剤の二次イオン量の比は、以下の方法によって測定される。以下に示す条件に従って $n=2$ で実施されるTOF-SIMSにより、トータルイオンの強度で規格化した界面活性剤に特異的なフラグメントイオン（二次イオン）の相対強度を算出する。得られた値を、TOF-SIMSにより検出されるトータルイオン量に対する対象面に吸着した界面活性剤の二次イオン量の比として採用する。TOF-SIMSでは、公知の飛行時間型質量分析計が用いられる。

- ・一次イオン： Bi_3^+
- ・測定モード：Bunching Mode
- ・測定面積： $300\mu\text{m}$ （面分解能： $128\times128\text{pixel}$ ）
- ・積算数：16回
- ・極性：positive

[0034] 親水性の向上の観点から、第1の基部の画定面において界面活性剤を吸着した領域に対する水の接触角（以下、本段落において単に「接触角」という

。)は、 60° 以下であることが好ましく、 50° 以下であることがより好ましく、 40° 以下であることが特に好ましい。接触角の下限は制限されない。接触角の下限は、例えば、 5° 、 10° 又は 20° であってもよい。接触角は、 $5^{\circ} \sim 60^{\circ}$ であることが好ましく、 $5^{\circ} \sim 50^{\circ}$ であることがより好ましく、 $5^{\circ} \sim 40^{\circ}$ であることが特に好ましい。

[0035] 第1の基部の画定面は、界面活性剤を吸着していない領域を更に含んでもよい。ある実施形態において、第1の基部の画定面は、界面活性剤を吸着した領域及び界面活性剤を吸着していない領域を含む。第1の基部の画定面において、界面活性剤を吸着していない領域の位置は制限されない。界面活性剤を吸着していない領域の位置は、例えば流体の種類に応じて決定すればよい。界面活性剤を吸着した領域の親水性に比べて、界面活性剤を吸着していない領域の親水性は低い。界面活性剤を吸着した領域及び界面活性剤を吸着していない領域における親水性の相対的な違いを利用することで、例えば、油を含む液体及び水を含む液体の流動様相を制御することができる。油を含む液体及び水を含む液体を含む流体において、油を含む液体は、低い親水性を有する固体表面の近傍を流れる傾向にある。例えば、低い親水性を有する固体表面によって画定される流路内で油を含む液体及び水を含む液体を合流させることで、水滴を形成することができる。一方、油を含む液体及び水を含む液体を含む流体において、水を含む液体は、高い親水性を有する固体表面の近傍を流れる傾向にある。例えば、高い親水性を有する固体表面によって画定される流路内で油を含む液体及び水を含む液体を合流させることで、油滴を形成することができる。上記のような現象を利用して、例えば、水中に分散した、水を内包する油滴を製造することができる。水中に分散した、水を内包する油滴を含む系は、W/O/W型のエマルションと称される。

[0036] 第1の基部の形状は制限されない。製造容易性の観点から、基部の形状は、平板状であることが好ましい。

[0037] 第1の基部の厚さは制限されない。基部の厚さは、例えば、 $1\text{ mm} \sim 10\text{ mm}$ の範囲内で決定されてもよい。基部の厚さは、 $1\text{ mm} \sim 10\text{ mm}$ の範囲

内であることが好ましく、1 mm～5 mmの範囲内であることがより好ましく、1.5 mm～4 mmの範囲内であることが特に好ましい。

[0038] <<第2の基部>>

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、第1の基部に接触する第2の基部を含む。第2の基部は、第1の基部の画定面とともに流路を画定する画定面を有する。第2の基部の画定面によって画定される流路は、第1の基部の画定面によって画定される流路と同じである。すなわち、第1の基部及び第2の基部を含むマイクロ流路デバイスにおける流路は、第1の基部と第2の基部との間に形成される。第2の基部は、耐溶剤性を有する。耐溶剤性を有する第2の基部は、マイクロ流路デバイスの耐溶剤性を向上させる。以下、第2の基部について具体的に説明する。

[0039] 本開示において、第2の基部の耐溶剤性は、以下に示す方法によって確認される。第2の基部から3つの試験片を採取する。各試験片の質量を測定する。1つ目の試験片を25℃のメチルエチルケトンに浸漬し、2つ目の試験片を25℃のトルエンに浸漬し、そして、3つ目の試験片を25℃の酢酸エチルに浸漬する。27日間の浸漬後の各試験片の質量を測定する。以下の式に従って、各試験片の質量の変化率を求める。各試験片の質量の変化率が±5%以内である場合、第2の基部は、耐溶剤性を有する基部であると判断される。

式：試験片の質量の変化率＝（〔試験前の試験片の質量〕－〔試験後の試験片の質量〕）／〔試験前の試験片の質量〕×100

[0040] 第2の基部は、耐溶剤性を有する成分を含むことが好ましい。第2の基部の成分としては、例えば、フッ素原子を含む重合体、ガラス及びステンレス鋼が挙げられる。耐溶剤性の向上の観点から、第2の基部は、フッ素原子を含む重合体、ガラス及びステンレス鋼からなる群より選択される少なくとも1種を含むことが好ましい。

[0041] ある実施形態において、第2の基部は、フッ素原子を含む重合体を含むことがより好ましい。フッ素原子を含む重合体を含む第2の基部は、フッ素原

子を含む重合体を含む第1の基部に対して高い親和性を示すため、貼合性を向上させる。フッ素原子を含む重合体としては、例えば、上記「第1の基部」の項で説明したフッ素原子を含む重合体が挙げられる。フッ素原子を含む重合体の好ましい種類は、上記「第1の基部」の項で説明したフッ素原子を含む重合体の好ましい種類と同じである。第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体の種類は、第1の基部におけるフッ素原子を含む重合体の種類と同じであっても異なってもよい。貼合性の向上の観点から、第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体は、第1の基部におけるフッ素原子を含む重合体と同じフッ素原子を含む重合体を含むことが好ましい。第2の基部は、1種又は2種以上のフッ素原子を含む重合体を含んでもよい。

[0042] ある実施形態において、第2の基部は、ガラスを含むことが好ましい。ガラスの種類は制限されない。本開示におけるガラスは、公知のガラスを包含する。ガラスの成分としては、例えば、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 、及び SiO_2 が挙げられる。

[0043] ある実施形態において、第2の基部は、ステンレス鋼を含むことが好ましい。ステンレス鋼の種類は制限されない。本開示におけるステンレス鋼は、公知のステンレス鋼を包含する。ステンレス鋼としては、例えば、SUS304及びSUS316が挙げられる。なお、ステンレス鋼を含む第2の基部の表面は、シリカゾルゲルコーティング剤によるガラス様コーティングが施されてもよい。

[0044] 第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体、ガラス及びステンレス鋼からなる群より選択される少なくとも1種の含有率は制限されない。耐溶剤性の向上の観点から、第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体、ガラス及びステンレス鋼からなる群より選択される少なくとも1種の含有率は、第2の基部の全質量に対して、85質量%～100質量%であることが好ましく、90質量%～100質量%であることが好ましく、95質量%～100質量%であることが特に好ましい。第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体、ガラス及びステンレス鋼からなる群より選択される少なくとも1種の含

有率は、第2の基部の全質量に対して、100質量%未満であってもよい。

[0045] 第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体の含有率は制限されない。ある実施形態において、耐溶剤性の向上の観点から、第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体の含有率は、第2の基部の全質量に対して、70質量%～100質量%であることが好ましく、80質量%～100質量%であることが好ましく、90質量%～100質量%であることが特に好ましい。第2の基部におけるフッ素原子を含む重合体の含有率は、第2の基部の全質量に対して、100質量%未満であってもよい。

[0046] 第2の基部におけるガラスの含有率は制限されない。ある実施形態において、耐溶剤性の向上の観点から、第2の基部におけるガラスの含有率は、第2の基部の全質量に対して、85質量%～100質量%であることが好ましく、90質量%～100質量%であることが好ましく、95質量%～100質量%であることが特に好ましい。第2の基部におけるガラスの含有率は、第2の基部の全質量に対して、100質量%未満であってもよい。

[0047] 第2の基部におけるステンレス鋼の含有率は制限されない。ある実施形態において、耐溶剤性の向上の観点から、第2の基部におけるステンレス鋼の含有率は、第2の基部の全質量に対して、85質量%～100質量%であることが好ましく、90質量%～100質量%であることが好ましく、95質量%～100質量%であることが特に好ましい。第2の基部におけるステンレス鋼の含有率は、第2の基部の全質量に対して、100質量%未満であってもよい。

[0048] 第2の基部の画定面は、マイクロ流路デバイスの流路を画定する。すなわち、第2の基部の画定面は、流路に面している第2の基部の表面である。第2の基部の画定面の数は制限されない。第2の基部の画定面の数は、1つ又は2つ以上であってもよい。第2の基部の画定面の形状は制限されない。第2の基部の画定面は、例えば、平面又は曲面であってもよい。

[0049] ある実施形態において、第2の基部の画定面に対する水の接触角（以下、本段落において単に「接触角」という。）は、90°以上であることが好ま

しく、 95° 以上であることがより好ましく、 100° 以上であることが特に好ましい。接触角が 90° 以上であることで、第2の基部の画定面に対する水を含む液体の親和性が低下する。第2の基部の画定面に対する水を含む液体の親和性の低下は、例えば、水滴の形成を促進する。接触角の上限は制限されない。接触角の上限は、例えば、 140° 、 130° 又は 120° であってもよい。接触角は、 $90^{\circ} \sim 140^{\circ}$ であることが好ましく、 $95^{\circ} \sim 130^{\circ}$ であることがより好ましく、 $100^{\circ} \sim 120^{\circ}$ であることが特に好ましい。

[0050] ある実施形態において、第2の基部の画定面は、界面活性剤を吸着した領域を含むことが好ましい。すなわち、第2の基部の画定面の少なくとも一部に界面活性剤が吸着していることが好ましい。界面活性剤を吸着した領域は、流路を画定する固体表面の親水性を向上させる。流路を画定する固体表面の親水性の向上は、例えば、油滴の形成を促進する。第2の基部の画定面において、界面活性剤を吸着した領域の位置は制限されない。界面活性剤を吸着した領域は、第2の基部の画定面の全部又は一部に配置されてもよい。親水性の向上の観点から、第2の基部の画定面のうち界面活性剤を吸着した領域は、基部の画定面のうち界面活性剤を吸着した領域に対向していることが好ましい。流路の一区画において、流路を画定する固体表面に占める界面活性剤を吸着した領域の割合が大きくなるほど、流路を画定する固体表面の親水性が向上するためである。吸着の態様は制限されない。吸着は、例えば、物理吸着又は化学吸着であってもよい。第2の基部の画定面に吸着した界面活性剤は、例えば、上記した飛行時間型二次イオン質量分析によって検出される。第2の基部の画定面に吸着した界面活性剤の種類は、1種又は2種以上であってもよい。

[0051] 界面活性剤としては、例えば、上記「第1の基部」の項で説明した界面活性剤が挙げられる。界面活性剤の好ましい種類は、上記「第1の基部」の項で説明した界面活性剤の好ましい種類と同じである。第2の基部の画定面に吸着した界面活性剤の種類は、第1の基部の画定面に吸着した界面活性剤の

種類と同じであっても異なってもよい。第2の基部の画定面に吸着した界面活性剤は、第1の基部の画定面に吸着した界面活性剤と同じ界面活性剤を含むことが好ましい。界面活性剤の好ましい分子量は、上記「第1の基部」の項で説明した界面活性剤の好ましい分子量と同じである。

[0052] 第2の基部の画定面に吸着した界面活性剤の量は、飛行時間型二次イオン質量分析（TOF-SIMS）により検出されるトータルイオン量に対する界面活性剤の二次イオン量の比によって表される。親水性の向上の観点から、TOF-SIMSにより検出されるトータルイオン量に対する第2の基部の画定面に吸着した界面活性剤の二次イオン量の比（以下、本段落において「界面活性剤の吸着量」という。）は、0.01以上であることが好ましく、0.015以上であることがより好ましく、0.02以上であることが更に好ましく、0.025以上であることが特に好ましい。界面活性剤の吸着量の上限は制限されない。界面活性剤の吸着量の上限は、例えば、0.5、0.3又は0.1であってもよい。界面活性剤の吸着量は、0.01～0.5であることが好ましく、0.015～0.3であることがより好ましく、0.02～0.1であることが特に好ましい。

[0053] 親水性の向上の観点から、第2の基部の画定面において界面活性剤を吸着した領域に対する水の接触角（以下、本段落において単に「接触角」という。）は、60°以下であることが好ましく、50°以下であることがより好ましく、40°以下であることが特に好ましい。接触角の下限は制限されない。接触角の下限は、例えば、5°、10°又は20°であってもよい。接触角は、5°～60°であることが好ましく、5°～50°であることがより好ましく、5°～40°であることが特に好ましい。

[0054] 第2の基部の画定面は、界面活性剤を吸着していない領域を更に含んでもよい。ある実施形態において、第2の基部の画定面は、界面活性剤を吸着した領域及び界面活性剤を吸着していない領域を含む。第2の基部の画定面において、界面活性剤を吸着していない領域の位置は制限されない。界面活性剤を吸着していない領域の位置は、例えば流体の種類に応じて決定すればよ

い。流動様相の制御の観点から、第2の基部の画定面のうち界面活性剤を吸着していない領域は、基部の画定面のうち界面活性剤を吸着していない領域に対向していることが好ましい。

[0055] 第2の基部の形状は制限されない。製造容易性の観点から、第2の基部の形状は、平板状であることが好ましい。

[0056] 第2の基部の厚さは制限されない。第2の基部の厚さは、例えば、1 mm～20 mmの範囲内で決定されてもよい。

[0057] 以下、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスについて、図1、図2、図3及び図4を参照して説明する。図1は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスを示す概略斜視図である。図2は、図1に示されるⅠ－Ⅰ線に沿った概略断面図である。図3は、図1に示されるマイクロ流路デバイスの概略分解斜視図である。図4は、図1に示されるマイクロ流路デバイスの概略平面図である。

[0058] 図1に示されるマイクロ流路デバイス100は、第1の基部10及び第2の基部20を含む。第2の基部20は、第1の基部10の上に配置されている。第2の基部20は、第1の基部10に接触している。

[0059] 図2及び図3に示されるように、マイクロ流路デバイス100の流路30は、第1の基部10と第2の基部20との間に形成されている。図2に示されるように、流路30は、第1の基部10の表面に形成された溝（すなわち、凹部）の壁面及び第2の基部20の表面に囲まれた空間である。流路30を囲む面は、本開示における画定面である。流路30の形状は、第1の基部10の表面に形成された溝の形状に対応している。図4に示されるように、流路30は、合流点30A及び合流点30Bで分岐している。

[0060] 図3及び図4に示されるように、マイクロ流路デバイス100は、第1の基部10を貫通した4つの開口部を含む。4つの開口部は、開口部40、開口部41、開口部42及び開口部43を含む。各開口部は、流路30に接続している。例えば、3つの開口部は流体の導入部として用いられ、そして、残りの1つの開口部は流体の排出部として用いられる。図4に示されるよう

に、平面視における各開口部の形状は、円形である。ただし、平面視における開口部の形状は、円形に制限されるものではない。各開口部の寸法は、例えば、流路の寸法（例えば、流路の幅）を考慮して決定される。

[0061] <<流路>>

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの流路は、第1の基部の画定面及び第2の基部の画定面によって画定されている。

[0062] 流路の形状は制限されない。流路の断面形状としては、例えば、四角形、円形及び半円形が挙げられる。例えば、断面において四角形の流路は、4つの平面状の画定面に囲まれることで画定される。例えば、断面において円形の流路は、1つの円筒状の画定面又は2つの湾曲した画定面に囲まれることで画定される。例えば、断面において半円形の流路は、1つの湾曲した画定面及び1つの平面状の画定面に囲まれることで画定される。ただし、上記の具体例は、流路の形状と画定面の態様（例えば、画定面の数及び形状）との関係を制限するものではない。

[0063] 流路の幅は制限されない。流路の幅は、例えば、 $1\ \mu\text{m} \sim 2,000\ \mu\text{m}$ の範囲内で決定されてもよい。流路の幅は、 $5\ \mu\text{m} \sim 1,000\ \mu\text{m}$ の範囲内であることが好ましく、 $10\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$ の範囲内であることがより好ましく、 $20\ \mu\text{m} \sim 400\ \mu\text{m}$ の範囲内であることが特に好ましい。

[0064] 流路は、主流路部と、上記主流路から分岐した少なくとも1つの分岐流路部と、を含むことが好ましい。上記のような構造を有する流路は、主流路部と分岐流路部との合流点で少なくとも2種の流体を合流させることができる。例えば、主流路部に第1の流体を導入し、そして、上記主流路部から分岐した第1の分岐流路部に第2の流体を導入することで、第1の流体に対して第2の流体を合流させることができる。例えば、主流路部に第1の流体を導入し、上記主流路部から分岐した第1の分岐流路部に第2の流体を導入し、そして、上記主流路部と上記第1の分岐流路部との合流点よりも下流で上記主流路部から分岐した第2の分岐流路部に第3の流体を導入することで、第1の流体に対して、第2の流体及び第3の流体を順次合流させることができ

る。主流路から分岐した分岐流路部の数は、1つ又は2つ以上であってもよい。主流路部と分岐流路との合流点の数は、1つ又は2つ以上であってもよい。主流路部と分岐流路との合流点の形状は制限されない。主流路部と分岐流路との合流点の形状は、例えば、分岐流路部の数及び主流路部に対する分岐流路部の合流位置に応じて決定されてもよい。主流路部と分岐流路との合流点の形状としては、例えば、T字型、Y字型及び十字型が挙げられる。

[0065] 以下、流路の構成について、図5及び図6を参照して説明する。図5は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスの流路を示す概略平面図である。図6は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスの流路を示す概略平面図である。ただし、流路の構成は、以下に示す構成に制限されるものではない。

[0066] ある実施形態において、流路は、第1の流路部と、上記第1の流路部に合流する第2の流路部と、上記第1の流路部と上記第2の流路部との合流点に接続する第3の流路部と、を含むことが好ましい。上記した実施形態において、流路は、例えば、4つ以上の流路部及び2つ以上の合流点を含んでもよい。

[0067] 上記のような構成要素を含む流路の一例において、図5に示される流路31は、第1の流路部31aと、上記第1の流路部31aに合流する第2の流路部31bと、上記第1の流路部31aと上記第2の流路部31bとの合流点31Aに接続する第3の流路部31cと、を含む。合流点31Aの形状は、T字型である。

[0068] 図5に示される流路31において、例えば、第1の流路部31aに導入された第1の流体は、第2の流路部31bに導入された第2の流体に合流点31Aで合流する。合流点31Aで合流した第1の流体及び第2の流体は、第3の流路部31cを流れる。

[0069] 例えば、図5に示される流路31内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させて油滴を製造する方法において、第3の流路部31c（好ましくは、第1の流路部31a、第2の流路部31b及び第3の流路部31c）を画定

する固体表面は、界面活性剤を吸着した領域を含むことが好ましい。界面活性剤を吸着した領域は、流路を画定する固体表面に対する油を含む液体の親和性を低下させ、油滴の形成を促進する。

[0070] ある実施形態において、流路は、第1の流路部と、上記第1の流路部に合流する第2の流路部と、上記第1の流路部と上記第2の流路部との合流点に接続する第3の流路部と、上記第3の流路部に合流する第4の流路部と、上記第3の流路部と上記第4の流路部との合流点に接続する第5の流路部と、を含むことが好ましい。上記した実施形態において、流路は、例えば、6つ以上の流路部及び3つ以上の合流点を含んでもよい。

[0071] 上記のような構成要素を含む流路の一例において、図6に示される流路32は、第1の流路部32aと、上記第1の流路部32aに合流する第2の流路部32bと、上記第1の流路部32aと上記第2の流路部32bとの合流点32Aに接続する第3の流路部32cと、上記第3の流路部32cに合流する第4の流路部32dと、上記第3の流路部32cと上記第4の流路部32dとの合流点32Bに接続する第5の流路部32eと、を含む。合流点32Aの形状は、T字型である。合流点32Bの形状は、T字型である。

[0072] 図6に示される流路32において、例えば、第1の流路部32aに導入された第1の流体は、第2の流路部32bに導入された第2の流体に合流点32Aで合流する。合流点32Aで合流した第1の流体及び第2の流体は、第3の流路部32cを経て、第5の流路部32eに導入された第3の流体に合流点32Bで合流する。合流点32Bで合流した第1の流体、第2の流体及び第3の流体は、第4の流路部32dを流れる。

[0073] 例えば、図6に示される流路32内で、第1の流体として油を含む液体、第2の流体として水を含む液体及び第3の流体として水を含む液体を合流させてW/O/W型のエマルション（すなわち、水中に分散した、水を内包する油滴を含む系）を製造する方法において、第1の流路部32a及び第2の流路部32bを画定する固体表面は、界面活性剤を吸着していない領域を含むことが好ましい。また、第3の流路部32cを画定する固体表面は、界面

活性剤を吸着していない領域を含んでいてもよい。界面活性剤を吸着していない領域は、流路を画定する固体表面に対する水を含む液体の親和性を低下させ、水滴の形成を促進する。さらに、第4の流路部32d及び第5の流路部32eを画定する固体表面は、界面活性剤を吸着した領域を含むことが好ましい。界面活性剤を吸着した領域は、流路を画定する固体表面に対する油を含む液体の親和性を低下させ、油滴の形成を促進する。例えば、上記のような特性を利用して、第1の流路部32aに導入された第1の流体（油を含む液体）と、第2の流路部32bに導入された第2の流体（水を含む液体）と、第5の流路部32eに導入された第3の流体（水を含む液体）とを合流させることで、第2の流体（水を含む液体）における水が、第1の流体（油を含む液体）における油、次に、第3の流体（水を含む液体）における水に覆われる過程を経て、W/O/W型のエマルジョンが得られる。

[0074] <<用途>>

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの用途は制限されない。本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、例えば、混合、分離、分析又は反応に利用されてもよい。本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、油を含む液体を用いる技術に利用されることが好ましい。本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの用途の具体例を以下に示す。ただし、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの用途は、以下に示す具体例に制限されるものではない。

[0075] [液滴の製造]

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、液滴を製造するために用いられることが好ましい。液滴としては、例えば、油滴及び水滴が挙げられる。油滴としては、例えば、水中に分散した油滴が挙げられる。油滴は、例えば、水又は空気を内包してもよい。水滴としては、例えば、油中に分散した水滴が挙げられる。水滴は、例えば、油又は空気を内包してもよい。液滴は、例えば、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させることによって製造される。液滴は、例えば、公知のマイ

クロ流路デバイスを用いる液滴の製造方法を参照して製造されてもよい。以下、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる液滴の製造方法について説明する。

[0076] 本開示の一実施形態に係る液滴の製造方法は、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる液滴の製造方法である。本開示の一実施形態に係る液滴の製造方法は、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させて、液滴を得ることを含むことが好ましい。

[0077] 本開示における油は、水に混ざらない液体を包含する。油としては、例えば、フッ素オイル、シリコンオイル及びミネラルオイルが挙げられる。フッ素オイルの市販品としては、例えば、「NOVEC 7300」（3M社）が挙げられる。また、シリコンオイルの市販品としては、例えば、「KF 96-1CS」（信越化学工業株式会社）が挙げられる。油を含む液体は、2種以上の油を含んでもよい。油を含む液体は、油以外の成分を含んでもよい。油を含む液体は、例えば水滴の形成性及び形成した水滴の安定性を高めるための界面活性剤及び親油性重合体からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいることが好ましい。さらに、油を含む液体は、用途に応じて、微粒子又は水滴を含んでもよい。

[0078] 水としては、例えば、純水が挙げられる。水を含む液体は、水以外の成分を含んでもよい。水を含む液体は、例えば油滴の形成性及び形成した油滴の安定性を高めるための界面活性剤及び親水性重合体からなる群より選択される少なくとも1種を含んでいることが好ましい。さらに、水を含む液体は、用途に応じて、微粒子や油滴を含んでもよい。

[0079] マイクロ流路デバイスの流路内に液体を送る方法としては、例えば、送液ポンプを用いる方法が挙げられる。送液ポンプの種類は制限されない。送液ポンプの種類は、例えば、液体の種類及び送液量に応じて決定されてもよい。送液ポンプとしては、例えば、シリンジポンプ、プランジャーポンプ、モーノポンプ、ダイヤフラムポンプ、チュービングポンプ及び空圧ポンプが挙げられる。送液時の低脈動の観点から、シリンジポンプ、空圧ポンプ、多連

のプランジャーポンプ及びモノポンプが好ましい。

[0080] 油を含む液体と水を含む液体とを合流させる方法としては、例えば、主流路部と、上記主流路から分岐した少なくとも1つの分岐流路部と、を含む流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させる方法が挙げられる。液滴の製造方法では、例えば、図5に示されるような構成要素を含む流路が利用される。例えば、図5に示される流路31内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させた場合、第2の流路部31bを流れる油を含む液体は、第1の流路部31aを流れる水を含む液体に合流点31Aで合流し、液滴を形成する。

[0081] 流路を画定する固体表面に対する液体の親和性は、油を含む液体と水を含む液体との合流によって形成される液滴の種類に影響を及ぼす。例えば、高い親水性を有する固体表面によって画定される流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させると、油滴が形成される。一方、低い親水性を有する固体表面によって画定される流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させると、水滴が形成される。

[0082] [気泡の製造]

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、気泡を製造するために用いられることが好ましい。気泡としては、例えば、油中に分散した気泡又は水中に分散した気泡が挙げられる。気泡は、例えば、マイクロ流路デバイスの流路内で液体と気体とを合流させることによって製造される。気泡は、例えば、公知のマイクロ流路デバイスを用いる気泡の製造方法を参照して製造されてもよい。以下、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる気体の製造方法について説明する。

[0083] 本開示の一実施形態に係る気泡の製造方法は、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる気泡の製造方法である。本開示の一実施形態に係る気泡の製造方法は、マイクロ流路デバイスの流路内で液体と気体とを合流させて、気泡を得ることを含むことが好ましい。

[0084] 液体としては、例えば、油を含む液体及び水を含む液体が挙げられる。油

については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。油を含む液体は、2種以上の油を含んでもよい。油を含む液体は、油以外の成分を含んでもよい。水については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。水を含む液体は、水以外の成分を含んでもよい。液体の送液方法については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。

[0085] 気体としては、例えば、酸素、窒素、酸素と窒素との混合物及び微量なフッ素オイルの揮発成分を含む窒素が挙げられる。

[0086] 液体と気体とを合流させる方法としては、例えば、主流路部と、上記主流路から分岐した少なくとも1つの分岐流路部と、を含む流路内で液体と気体とを合流させる方法が挙げられる。気泡の製造方法では、例えば、図5に示されるような構成要素を含む流路が利用される。例えば、図5に示される流路31内で液体と気体とを合流させた場合、第2の流路部31bを流れる気体は、第1の流路部31aを流れる液体に合流点31Aで合流し、気泡を形成する。

[0087] [マイクロカプセルの製造]

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、マイクロカプセルを製造するために用いられることが好ましい。マイクロカプセルの種類は制限されない。マイクロカプセルは、例えば、多重マイクロカプセルであってもよい。マイクロカプセルは、例えば、芯物質と、上記芯物質を内包する外殻と、を含む。

[0088] 芯物質の種類は制限されない。マイクロカプセルの内包物としては、例えば、有機化合物及び溶剤が挙げられる。有機化合物としては、例えば、香料、染料及び蓄熱材が挙げられる。溶剤としては、例えば、水及び有機溶剤が挙げられる。

[0089] マイクロカプセルの外殻の成分は制限されない。マイクロカプセルの外殻の成分としては、例えば、重合体が挙げられる。重合体としては、例えば、ポリウレタン、ポリウレア、ポリエステル、ポリエーテル、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリ塩化ビニル及びアクリル樹脂が挙げられる。

[0090] マイクロカプセルは、例えば、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させることによって製造される。マイクロカプセルは、例えば、公知のマイクロ流路デバイスを用いるマイクロカプセルの製造方法を参照して製造されてもよい。以下、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いるマイクロカプセルの製造方法について説明する。

[0091] 本開示の一実施形態に係るマイクロカプセルの製造方法は、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いるマイクロカプセルの製造方法である。本開示の一実施形態に係るマイクロカプセルの製造方法は、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させて、マイクロカプセルを得ることを含むことが好ましい。ある実施形態において、マイクロカプセルは、重合法によって形成されることが好ましい。重合法によれば、例えば、合流した油を含む液体と水を含む液体との界面で進行する重合反応によって、マイクロカプセルの外殻が形成される。重合法としては、例えば、*in situ* 重合法及び界面重合法が挙げられる。また、本開示の別の実施形態に係るマイクロカプセルの製造方法においては、マイクロ流路デバイスの流路内で油滴を製造した後、マイクロ流路デバイス内又はマイクロ流路デバイス外で熱又は光を油滴に照射し、油を含む液体、水を含む液体又は油を含む液体及び水を含む液体の両方に含まれる重合性化合物（例えば、モノマー）を重合させることも可能である。

[0092] 油については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。油を含む液体は、油以外の成分を含んでもよい。油を含む液体は、モノマー及び重合開始剤からなる群より選択される少なくとも1種を含むことが好ましい。

[0093] 水については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。水を含む液体は、水以外の成分を含んでもよい。水を含む液体は、モノマー及び重合開始剤からなる群より選択される少なくとも1種を含むことが好ましい。

[0094] 液体の送液方法については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。

[0095] 油を含む液体と水を含む液体とを合流させる方法については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。マイクロカプセルの製造方法では、例えば、図5に示されるような構成要素を含む流路が利用される。

[0096] 多重マイクロカプセルの製造方法において、多重マイクロカプセルは、例えば、目的とする多重マイクロカプセルの構成に応じて流路内で合流させる液体の種類及び液体の合流時期を調節することによって製造される。

[0097] [多重エマルションの製造]

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、多重エマルションを製造するために用いられることが好ましい。多重エマルションとしては、例えば、W/O/W型のエマルション及びO/W/O型のエマルションが挙げられる。W/O/W型のエマルションは、水中に分散した、水を内包する油滴を含む系である。O/W/O型のエマルションは、油中に分散した、油を内包する水滴を含む系である。多重エマルションにおいて、分散媒中に分散している液滴に含まれる層の数は、例えば、2層又は3層以上であってもよい。分散媒は、連続相とも称される。

[0098] 多重エマルションは、例えば、マイクロ流路デバイスの流路内で少なくとも3種の液体を合流させることによって製造される。多重エマルションは、例えば、公知のマイクロ流路デバイスを用いる多重エマルションの製造方法を参照して製造されてもよい。以下、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる多重エマルションの製造方法について説明する。

[0099] 本開示の一実施形態に係る多重エマルションの製造方法は、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる多重エマルションの製造方法である。本開示の一実施形態に係る多重エマルションの製造方法は、マイクロ流路デバイスの流路内で少なくとも3種の液体を合流させて、多重エマルションを得ることを含むことが好ましい。

[0100] 液体としては、例えば、油を含む液体及び水を含む液体が挙げられる。油については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。油を含む液体は、2種以上の油を含んでもよい。油を含む液体は、油以外の成分を含ん

でもよい。水については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。水を含む液体は、水以外の成分を含んでもよい。液体の送液方法については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。

[0101] 少なくとも3種の液体を合流させる方法としては、例えば、主流路部と、上記主流路から分岐した少なくとも2つの分岐流路部と、を含む流路内で少なくとも3種の液体を合流させる方法が挙げられる。多重エマルションは、例えば、目的とする多重エマルションの構成に応じて流路内で合流させる液体の種類及び液体の合流時期を調節することによって製造される。多重エマルションの製造方法では、例えば、図6に示されるような構成要素を含む流路が利用される。

[0102] 以下、多重エマルションの一例であるW/O/W型のエマルションの製造方法について説明する。W/O/W型のエマルションの製造方法において、少なくとも3種の液体は、油を含む第1の液体、水を含む第2の液体及び水を含む第3の液体を含む。例えば、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む第1の液体と水を含む第2の液体とを合流させた後、得られた混合物と水を含む第3の液体とを合流させることで、W/O/W型のエマルションが得られる。W/O/W型のエマルションにおいて、第2の液に含まれる水は、分散媒中に分散している油滴に内包される。W/O/W型のエマルションにおいて、油滴は、第1の液体に含まれる油によって形成される。W/O/W型のエマルションにおいて、分散媒は、第3の液体に含まれる水によって形成される。

[0103] [気泡を内包する液滴の製造]

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、気泡を内包する液滴を製造するために用いられることが好ましい。気泡を内包する液滴としては、液体中に分散した、気泡を内包する液滴が挙げられる。分散媒として用いられる液体としては、例えば、油及び水が挙げられる。液滴としては、例えば、油滴及び水滴が挙げられる。液滴は、油滴であることが好ましい。液滴が油滴である場合、分散媒として用いられる液体は水であることが好ましい。

。気泡を内包する液滴は、例えば、マイクロ流路デバイスの流路内で、気体と、油を含む液体と、水を含む液体とを合流させることによって製造される。気泡を内包する液滴は、例えば、公知のマイクロ流路デバイスを用いる油滴の製造方法を参照して製造されてもよい。以下、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる気泡を内包する液滴の製造方法について説明する。

[0104] 本開示の一実施形態に係る気泡を内包する液滴の製造方法は、本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスを用いる気泡を内包する液滴の製造方法である。本開示の一実施形態に係る気泡を内包する液滴の製造方法は、マイクロ流路デバイスの流路内で、気体と、油を含む液体と、水を含む液体とを合流させて、気泡を内包する液滴を得ることを含むことが好ましい。

[0105] 油については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。油を含む液体は、2種以上の油を含んでもよい。油を含む液体は、油以外の成分を含んでもよい。

[0106] 水については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。水を含む液体は、水以外の成分を含んでもよい。なお、気泡を内包する液滴において2つ以上の水相が生成される場合、少なくとも2つの水相が油相をはさんで浸透圧によって液滴が不安定化することを抑制するため、水を含む液体は、浸透圧を調整するための塩を含むことが好ましい。

[0107] 液体の送液方法については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。

[0108] 気体については、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。

[0109] 気体と、油を含む液体と、水を含む液体とを合流させる方法としては、例えば、主流路部と、上記主流路から分岐した少なくとも2つの分岐流路部と、を含む流路内で、気体と、油を含む液体と、水を含む液体とを合流させる方法が挙げられる。気泡を内包する液滴の製造方法では、例えば、図6に示されるような構成要素を含む流路が利用される。

[0110] 流路を画定する固体表面に対する液体の親和性は、油を含む液体と水を含

む液体との合流によって形成される液滴の種類に影響を及ぼす。例えば、高い親水性を有する固体表面によって画定される流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させると、油滴が形成される。一方、低い親水性を有する固体表面によって画定される流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させると、水滴が形成される。

[0111] [他の用途]

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、上記した用途以外の用途に用いられてもよい。本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスは、例えば、ヤヌス粒子及び多重構造の一部が固体である部分的マイクロカプセルといった多層構造を有する粒子を製造するために用いられてもよい。

[0112] [流動様相]

液滴の形成について、図7を参照して説明する。図7は、本開示のある実施形態に係るマイクロ流路デバイスの流路における流体の流動様相を示す概略平面図である。図7に示されるように、例えば、流路内のT字型の合流点で2つの液体が合流することで、液滴D1が形成される。

[0113] <<マイクロ流路デバイスの製造方法>>

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの製造方法は、（１）溝を有する面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第１の基部を準備することと、（２）上記第１の基部の上記面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理を行うことと、（３）上記第１の基部に接触するための面を有し、耐溶剤性を有する第２の基部を準備することと、（４）上記第２の基部の上記面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理を行うことと、（５）上記プラズマ処理が行われた上記第１の基部の上記面に、上記プラズマ処理が行われた上記第２の基部の上記面を接触させて、上記第１の基部と上記第２の基部とによって画定される流路を形成することと、を含むことが好ましい。以下、マイクロ流路デバイスの製造方法の各段階について具体的に説明する。

[0114] [工程（１）]

工程（１）では、溝を有する面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第１の基部を準備する。以下、第１の基部における溝を有する面を「第１の基部の特定面」という場合がある。

[0115] フッ素原子を含む重合体としては、例えば、上記「第１の基部」の項で説明したフッ素原子を含む重合体が挙げられる。フッ素原子を含む重合体の好ましい種類は、上記「第１の基部」の項で説明したフッ素原子を含む重合体の好ましい種類と同じである。

[0116] 第１の基部の特定面は、後述する工程（５）において第２の基部に接触する領域及び後述する工程（５）において形成される流路を画定する領域を含む。第１の基部の特定面は、後述する工程（２）においてプラズマ処理が施され、そして、後述する工程（５）において第２の基部に接触する。溝の形状は制限されない。溝の形状は、例えば、目的の流路の形状に応じて決定される。溝の断面形状としては、例えば、四角形及び半円形が挙げられる。溝の形成方法は制限されない。溝の形成方法としては、例えば、フォトリソグラフィによって作製された鋳型を用いる方法が挙げられる。例えば、公知のマイクロ流路デバイスの流路の多くは、フォトリソグラフィによって作製された鋳型を用いて形成されている。例えば、フォトリソグラフィによって作製された鋳型にシリコン又はシリコンの材料を含む組成物を接触させ、上記組成物を硬化させることで、溝を有する第１の基部が得られる。例えば、鋳型の凸部の形状は、第１の基部の溝（すなわち、凹部）の形状に対応している。

[0117] 第１の基部の形状は制限されない。製造容易性の観点から、第１の基部の形状は、平板状であることが好ましい。例えば、平板状の第１の基部は、第１の主面及び上記第１の主面の反対側に第２の主面を有する。平板状の第１の基部において、第１の基部の特定面は、第１の主面又は第２の主面であってもよい。

[0118] [工程（２）]

工程（２）では、第１の基部の特定面に対して、アンモニアガスの存在下

でプラズマ処理（以下、本項において「第1のプラズマ処理」という場合がある。）を行う。工程（2）では、必要に応じて、後述する界面活性剤を含む組成物に接触する部分に対してもプラズマ処理が行われてもよい。第1のプラズマ処理は、第1の基部の特定面に $-NH_3$ 基といった官能基を形成する。第1の基部の特定面に形成された $-NH_3$ 基といった官能基は、後述する工程（5）において第2の基部に対する第1の基部の密着性を向上させる。プラズマ処理では、例えば、公知のプラズマ処理装置が用いられてもよい。第1のプラズマ処理に用いられるガスは、本開示の趣旨を逸脱しない限り、アンモニアガス以外のガスを含んでもよい。

[0119] 第1のプラズマ処理におけるアンモニアガスの流量は、 $1\text{ sccm} \sim 500\text{ sccm}$ であることが好ましく、 $10\text{ sccm} \sim 300\text{ sccm}$ であることがより好ましく、 $50\text{ sccm} \sim 150\text{ sccm}$ であることが特に好ましい。

[0120] 第1のプラズマ処理における圧力は、 $10\text{ Pa} \sim 300\text{ Pa}$ であることが好ましく、 $20\text{ Pa} \sim 200\text{ Pa}$ であることがより好ましく、 $50\text{ Pa} \sim 150\text{ Pa}$ であることが特に好ましい。

[0121] 第1のプラズマ処理における処理時間は、30秒間～700秒間であることが好ましく、50秒間～500秒間であることがより好ましく、100秒間～300秒間であることが特に好ましい。

[0122] 第1のプラズマ処理における出力は、 $10\text{ W} \sim 1,000\text{ W}$ であることが好ましく、 $20\text{ W} \sim 500\text{ W}$ であることがより好ましく、 $50\text{ W} \sim 150\text{ W}$ であることが特に好ましい。出力は、RF（Radio Frequency）出力である。

[0123] 本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの製造方法は、第1のプラズマ処理の後、第1の基部の特定面に対して、酸素ガスの存在下でプラズマ処理（以下、本項において「第2のプラズマ処理」という場合がある。）を行うことを含んでもよい。第2のプラズマ処理は、第1の基部の特定面に $-OH$ 基及び $-COOH$ 基といった官能基を形成する。第1の基部の特定面

に形成された $-OH$ 基及び $-COOH$ 基といった官能基は、第1の基部の特定面の親水性を向上させる。この結果、第1の基部の画定面の親水性が向上する。第2のプラズマ処理に用いられるガスは、本開示の趣旨を逸脱しない限り、酸素ガス以外のガスを含んでもよい。

[0124] 第2のプラズマ処理における酸素ガスの流量は、 $1\text{ sccm} \sim 500\text{ sccm}$ であることが好ましく、 $10\text{ sccm} \sim 500\text{ sccm}$ であることがより好ましく、 $50\text{ sccm} \sim 150\text{ sccm}$ であることが特に好ましい。

[0125] 第2のプラズマ処理における圧力は、 $10\text{ Pa} \sim 300\text{ Pa}$ であることが好ましく、 $20\text{ Pa} \sim 200\text{ Pa}$ であることがより好ましく、 $50\text{ Pa} \sim 150\text{ Pa}$ であることが特に好ましい。

[0126] 第2のプラズマ処理における処理時間は、 $10\text{ 秒間} \sim 500\text{ 秒間}$ であることが好ましく、 $20\text{ 秒間} \sim 300\text{ 秒間}$ であることがより好ましく、 $50\text{ 秒間} \sim 150\text{ 秒間}$ であることが特に好ましい。

[0127] 第2のプラズマ処理における出力は、 $10\text{ W} \sim 1,000\text{ W}$ であることが好ましく、 $15\text{ W} \sim 700\text{ W}$ であることがより好ましく、 $50\text{ W} \sim 500\text{ W}$ であることが特に好ましい。出力は、RF (Radio Frequency) 出力である。

[0128] 本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの製造方法は、第2のプラズマ処理の後、第1の基部の特定面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理（以下、本項において「第3のプラズマ処理」という場合がある。）を行うことを含んでもよい。第3のプラズマ処理は、第2のプラズマ処理を経て $-OH$ 基及び $-COOH$ 基といった官能基が形成された第1の基部の特定面に $-NH_3$ 基といった官能基を更に形成する。第1のプラズマ処理、第2のプラズマ処理及び第3のプラズマ処理を含む一連のプラズマ処理は、第1の基部の特定面の親水性及び後述する工程（5）において第2の基部に対する第1の密着性を向上させる。第3のプラズマ処理に用いられるガスは、本開示の趣旨を逸脱しない限り、アンモニアガス以外のガスを含んでもよい。

[0129] 第3のプラズマ処理におけるアンモニアガスの流量は、1 s c c m ~ 5 0 0 s c c m であることが好ましく、1 0 s c c m ~ 3 0 0 s c c m であることがより好ましく、5 0 s c c m ~ 1 5 0 s c c m であることが特に好ましい。

[0130] 第3のプラズマ処理における圧力は、1 0 P a ~ 3 0 0 P a であることが好ましく、2 0 P a ~ 2 0 0 P a であることがより好ましく、5 0 P a ~ 1 5 0 P a であることが特に好ましい。

[0131] 第3のプラズマ処理における処理時間は、3 0 秒間 ~ 7 0 0 秒間であることが好ましく、5 0 秒間 ~ 5 0 0 秒間であることがより好ましく、1 0 0 秒間 ~ 3 0 0 秒間であることが特に好ましい。

[0132] 第3のプラズマ処理における出力は、1 0 W ~ 1 , 0 0 0 W であることが好ましく、2 0 W ~ 5 0 0 W であることがより好ましく、5 0 W ~ 1 5 0 W であることが特に好ましい。出力は、R F (R a d i o F r e q u e n c y) 出力である。

[0133] [工程 (3)]

工程 (3) では、第1の基部に接触するための面を有し、耐溶剤性を有する第2の基部を準備する。以下、第2の基部における第1の基部に接触するための面を「第2の基部の特定面」という場合がある。

[0134] 第2の基部の成分としては、例えば、上記「第2の基部 (第2の基部)」の項で説明した成分が挙げられる。第2の基部の好ましい成分は、上記「第2の基部 (第2の基部)」の項で説明した第2の基部の好ましい成分と同じである。

[0135] 第2の基部の特定面は、後述する工程 (4) においてプラズマ処理が施され、そして、後述する工程 (5) において第1の基部に接触する。第2の基部の特定面には溝が形成されてもよい。溝の形状は制限されない。溝の形状は、例えば、目的の流路の形状に応じて決定される。溝の断面形状としては、例えば、四角形及び半円形が挙げられる。溝の形成方法としては、例えば、上記「工程 (1)」の項で説明したフォトリソグラフィによって作製され

た鋳型を用いる方法が挙げられる。

[0136] 第2の基部の形状は制限されない。製造容易性の観点から、第2の基部の形状は、平板状であることが好ましい。例えば、平板状の第2の基部は、第1の主面及び上記第1の主面の反対側に第2の主面を有する。平板状の第2の基部において、第2の基部の特定面は、第1の主面又は第2の主面であってもよい。

[0137] [工程(4)]

工程(4)では、第2の基部の特定面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理（以下、本項において「第1のプラズマ処理」という場合がある。）を行う。工程(4)では、必要に応じて、後述する界面活性剤を含む組成物に接触する部分に対してもプラズマ処理が行われてもよい。第1のプラズマ処理の好ましい条件は、上記「工程(2)」の項で説明した第1のプラズマ処理の好ましい条件と同じである。

[0138] 本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの製造方法は、第1のプラズマ処理の後、第2の基部の特定面に対して、酸素ガスの存在下でプラズマ処理（以下、本項において「第2のプラズマ処理」という場合がある。）を行うことを含んでもよい。第2のプラズマ処理の好ましい条件は、上記「工程(2)」の項で説明した第2のプラズマ処理の好ましい条件と同じである。

[0139] 本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの製造方法は、第2のプラズマ処理の後、第2の基部の特定面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理（以下、本項において「第3のプラズマ処理」という場合がある。）を行うことを含んでもよい。第2のプラズマ処理の好ましい条件は、上記「工程(2)」の項で説明した第2のプラズマ処理の好ましい条件と同じである。

[0140] 工程(4)は、工程(2)と同時に行うことが好ましい。すなわち、工程(4)では、第1の基部の特定面及び第2の基部の特定面に対して同時にプラズマ処理を行うことが好ましい。工程(2)と工程(4)とを同時に行う

ことで、工程（２）及び工程（４）の終了から工程（５）の開始までの時間が短縮され、後述する工程（５）において第１の基部と第２の基部との密着性が向上する。工程（２）及び工程（４）は、例えば、１つのプラズマ処理装置の中で同時に行われてもよい。

[0141] [工程（５）]

工程（５）では、プラズマ処理が行われた第１の基部の特定面に、プラズマ処理が行われた第２の基部の特定面を接触させて、上記第１の基部と上記第２の基部とによって画定される流路を形成する。プラズマ処理の後、第１の基部に第２の基部を接触させることで、第１の基部に第２の基部が接着する。工程（５）では、第１の基部の溝が第２の基部によって覆われることで、第１の基部の表面及び第２の基部の表面に囲まれた空間（すなわち、流路）が形成される。

[0142] 貼合性の向上の観点から、プラズマ処理の終了から、プラズマ処理が行われた第１の基部の特定面にプラズマ処理が行われた第２の基部の特定面を接触させるまでの時間（以下、本段落において「待機時間」という。）は、０．５分間～１０分間であることが好ましく、０．５分間～８分間であることがより好ましく、０．５分間～５分間であることが好ましい。本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの製造方法が異なる時期に実施される複数のプラズマ処理を含む場合、待機時間は、最後に終了したプラズマ処理の終了時から起算される。

[0143] 貼合性の向上の観点から、工程（５）において、第１の基部の特定面に第２の基部の特定面を接触させた後、第１の基部及び第２の基部に荷重を加えることが好ましい。荷重は、例えば、基部の成分に応じて決定されてもよい。荷重は、 $50\text{ g/cm}^2 \sim 500\text{ g/cm}^2$ であることが好ましく、 $80\text{ g/cm}^2 \sim 300\text{ g/cm}^2$ であることがより好ましい。貼合性の向上の観点から、工程（５）において、後述する温度条件下で、第１の基部の特定面に第２の基部の特定面を接触させた後、第１の基部及び第２の基部に荷重を加えることがより好ましい。

[0144] 貼合性の向上の観点から、工程（５）において、第１の基部の特定面に第２の基部の特定面を接触させた後、第１の基部及び第２の基部を加熱してもよい。温度は、例えば、基部の成分に応じて決定されてもよい。温度は、５０℃～３００℃であることが好ましく、８０℃～３００℃であることがより好ましく、１２０℃～３００℃であることが特に好ましい。非接触式の加熱装置を用いる加熱方法における温度は、雰囲気温度を表す。接触式の加熱装置を用いる加熱方法における温度は、基部に直接接触する物品の温度を表す。

[0145] [工程（６）]

本開示の一実施形態に係るマイクロ流路デバイスの製造方法は、上記した工程（５）を経て形成された流路内に界面活性剤を含む組成物を流通させることを含んでもよい。流路内に界面活性剤を含む組成物を流通させることで、流路を画定する固体表面（すなわち、第１の基部の画定面及び第２の基部の画定面）の組成物に接触する部分に界面活性剤を吸着させることができる。

[0146] 界面活性剤としては、例えば、上記「第１の基部」の項で説明した界面活性剤が挙げられる。界面活性剤の好ましい種類は、上記「第１の基部」の項で説明した界面活性剤の好ましい種類と同じである。組成物は、２種以上の界面活性剤を含んでもよい。

[0147] 組成物における界面活性剤の含有率は、組成物の全質量に対して、０．１質量％～２０質量％であることが好ましく、０．５質量％～１５質量％であることがより好ましく、２質量％～８質量％であることが特に好ましい。

[0148] 界面活性剤を含む組成物は、例えば、界面活性剤と溶剤との混合によって製造される。溶剤は、第１の基部及び第２の基部を溶解しない溶剤であることが好ましい。溶剤は、水であることが好ましい。

[0149] 流路内への組成物の流通方法は制限されない。組成物は、例えば、送液ポンプを用いる方法又は浸漬法によって流路内に流通されてもよい。送液ポンプについては、上記「液滴の製造」の項で説明したとおりである。浸漬法に

において、工程（５）で貼り合わせられた第１の基部及び第２の基部を組成物の中に浸漬することで、流路内に界面活性剤を含む組成物を毛管力により流通させる。

[0150] 送液ポンプといった送液手段を用いる方法において、組成物の流速は、 $0.1\text{ mm/秒} \sim 1,000\text{ mm/秒}$ であることが好ましく、 $0.5\text{ mm/秒} \sim 500\text{ mm/秒}$ であることがより好ましく、 $1\text{ mm/秒} \sim 100\text{ mm/秒}$ であることが特に好ましい。組成物の流速が 0.1 mm/秒 以上であることで、親水化処理の均一性が向上する。組成物の流速が $1,000\text{ mm/秒}$ 以下であることで、第１の基部及び第２の基部に対する界面活性剤の吸着性が向上する。

[0151] 組成物の流通時間は、 $0.5\text{ 分間} \sim 120\text{ 分間}$ であることが好ましく、 $1\text{ 分間} \sim 60\text{ 分間}$ であることがより好ましく、 $2\text{ 分間} \sim 30\text{ 分間}$ であることが特に好ましい。浸漬法において、流通時間は浸漬時間によって表される。

[0152] 流路を画定する固体表面への界面活性剤の吸着量は、例えば、組成物における界面活性剤の含有率、組成物の流速又は組成物の流通時間によって調節される。

[0153] 工程（６）は、複数回にわたって行われてもよい。例えば、複数回にわたって工程（６）が行われる場合、 n 番目の工程（６）の後、かつ、 $n+1$ 番目の工程（６）の前に、工程（５）が更に行われてもよい。また、工程（６）の後、工程（５）が更に行われてもよい。上記のような時期で工程（５）が更に行われることで、貼合性が向上する。上記のような時期で行われる工程（５）は、加圧、加熱又は加圧及び加熱の両方の条件下で行われることが好ましい。工程（５）における加熱条件及び加圧条件については、上記「工程（５）」の項で説明したとおりである。

[0154] 工程（６）において、流路内に組成物を導入するために、必要に応じて、流路に接続する開口部をマイクロ流路デバイスに形成してもよい。工程（６）よりも前の工程において、第１の基部又は第２の基部に開口部を形成してもよい。

実施例

[0155] 以下、実施例により本開示を詳細に説明する。ただし、本開示は、以下の実施例に制限されるものではない。

[0156] <実施例 1>

以下の手順に従って、マイクロ流路デバイスを作製した。マイクロ流路デバイスは、第 1 の基部と、上記基部に接触する第 2 の基部と、を含む（例えば、図 1 参照）。

[0157] （工程 1：フォトマスクの準備）

青板ガラスと、パターン状のクロム薄膜と、を含むフォトマスク（株式会社システムアドバンス）を準備した。青板ガラスの片面（以下、「第 1 の面」という。）は、パターン状のクロム薄膜によって覆われている。青板ガラスの第 1 の面のうちパターン状のクロム薄膜によって覆われた領域は、フォトマスクの遮光部を形成する。青板ガラスの第 1 の面のうちパターン状のクロム薄膜によって覆われていない領域は、フォトマスクの透過部を形成する。フォトマスクは、T 字型の透過部を含む。T 字型の透過部の線幅は、 $300\mu\text{m}$ である。

[0158] （工程 2：鋳型の作製）

4 インチのシリコンウェーハ（株式会社エレクトロニクスエンドマテリアルズコーポレーション）を、アセトン及びエタノールを用いて洗浄した。洗浄したシリコンウェーハを、ホットプレート（HP-1SA、アズワン株式会社）を用いて 100°C で 10 分間乾燥した。乾燥したシリコンウェーハを、吸引によってスピコート（MS-A150、ミカサ株式会社）に設置した。シリコンウェーハの上に 5 mL の「SU-8 3050」（KAYAKU Advanced Materials 社）を滴下した。「SU-8 3050」は、ネガ型のフォトレジストである。シリコンウェーハの上に滴下された「SU-8 3050」内の気泡を除去した後、シリコンウェーハを $1,300\text{rpm}$ (revolutions per minute) の回転数で 30 秒間回転させた。「SU-8 3050」の薄膜によって覆わ

れたシリコンウェーハに対して、65℃で5分間、そして、95℃で40分間のプリベークを行った後、シリコンウェーハを室温に冷却した。シリコンウェーハを、吸引によってマスクアライナーに設置した。シリコンウェーハの上に形成された「SU-8 3050」の薄膜にフォトマスクのクロム薄膜を接触させて、「SU-8 3050」の薄膜に対して、8.0 mW/cm²の紫外線（波長：365 nm）を25秒間照射した。シリコンウェーハに対して、65℃で1分間、そして、95℃で15分間のベークを行った後、シリコンウェーハを室温に冷却した。120 mm径のガラスシャーレに、シリコンウェーハ、そして、10 mLの「SU-8 developer」（KAYAKU Advanced Materials社）を入れた後、振とう機（NR-10、タイテック株式会社、振とう数：30 rpm）を用いて10分間現像を行った。シリコンウェーハに残留した「SU-8 3050」及び「SU-8 developer」をイソプロピルアルコール（富士フイルム和光純薬株式会社）を用いて洗浄した。シリコンウェーハに対して、ホットプレートを用いて150℃で20分間のハードベークを行った。以上の手順によって鋳型を得た。鋳型は、シリコンウェーハと、上記シリコンウェーハの上にフォトレジストを用いて形成されたパターンと、を含む。

[0159]（工程3：第1の基部の作製）

鋳型を、アセトン及びエタノールを用いて洗浄した後、ホットプレートを用いて100℃で10分間乾燥した。ガラスシャーレ内に配置した鋳型の上に、X-71C-8115A（フッ素エラストマー、「SHIN-ETSU SIFEL」、信越化学工業株式会社）とX-71C-8115B（フッ素エラストマー、「SHIN-ETSU SIFEL」、信越化学工業株式会社）とを1：1（質量比）で混合した組成物を配置した。脱気の後、組成物を、ホットプレートを用いて120℃で1時間加熱することで硬化させた。硬化物を鋳型から剥離することで、フッ素エラストマーを含む第1の基部を得た。剥離によって露出した第1の基部の表面には溝が形成されている。第1の基部に形成された溝の形状は、鋳型のパターンの形状に対応している。

。レーザー光学顕微鏡（VK8550、株式会社キーエンス）を用いて測定した溝の深さは、 $100\mu\text{m}\sim 105\mu\text{m}$ の範囲内であった。

[0160]（工程4：プラズマ処理）

第2の基部として、フッ素エラストマー製の板を準備した。具体的に、X-71C-8115AとX-71C-8115Bとを1：1（質量比）で混合し、得られた混合物を 120°C で1時間加熱し硬化することで、第2の基部を得た。第1の基部及び第2の基部をプラズマエッチャーCPE-200（株式会社魁半導体）のチャンバー内に配置した。チャンバー内に 100 sccm のアンモニアガス（ NH_3 ）を流入させ、 100 Pa の圧力にて、 100 W のRF（Radio Frequency）出力で180秒間のプラズマ処理を行った。第1の基部の処理対象面は、溝が形成された面である。第2の基部の処理対象面は、第2の基部の片面（すなわち、後述する工程5において第1の基部に接触する第2の基部の表面）である。

[0161]（工程5：貼り合わせ）

プラズマ処理後、第1の基部のプラズマ処理面（すなわち、第1の基部の溝が形成された面）と第2の基部のプラズマ処理面とを貼り合わせ、得られたマイクロ流路デバイスに対して、 $100\text{ g}/\text{cm}^2$ の荷重をかけた状態でオーブンを用いて 150°C の温度で10分間の加熱加圧処理を行った。

[0162] 上記した手順によって得られたマイクロ流路デバイスにおいて、第1の基部と第2の基部との間には図5に示されるようなT字型の流路が形成されている。1.5mm径の生検トレパン（貝印株式会社）を用いて、マイクロ流路デバイスの第1の基部に3つの開口部（すなわち、穴）を形成した。各開口部は、T字型の流路の末端に接続している。

[0163] ＜実施例2～8＞

表1の記載に従って製造条件を変更したこと以外は、実施例1に示す手順と同じ手順によって、マイクロ流路デバイスを作製した。

[0164] ＜実施例9～11＞

以下の工程1、工程2、工程5及び工程6に示す手順に従って、実施例9

に係るマイクロ流路デバイスを作製した。以下の工程 1、工程 2、工程 3、工程 5 及び工程 6 に示す手順に従って、実施例 10 に係るマイクロ流路デバイスを作製した。以下の工程 1、工程 2、工程 3、工程 4、工程 5 及び工程 6 に示す手順に従って、実施例 11 に係るマイクロ流路デバイスを作製した。

[0165] (工程 1 : 第 1 の基部及び第 2 の基部の準備)

実施例 1 の工程 1 ～工程 3 に示す手順と同じ手順によって、第 1 の基部を作製した。第 2 の基部として、フッ素エラストマー製の板を準備した。

[0166] (工程 2 : 第 1 のプラズマ処理)

第 1 の基部及び第 2 の基部をプラズマエッチャー C P E - 2 0 0 (株式会社魁半導体) のチャンバー内に配置した。チャンバー内にアンモニアガス (NH_3) を 1 0 0 s c c m で流入させ、1 0 0 P a の圧力にて、1 0 0 W の R F 出力で 1 8 0 秒間のプラズマ処理を行った。第 1 の基部の処理対象面は、溝が形成された面である。第 2 の基部の処理対象面は、第 2 の基部の片面 (すなわち、後述する工程 5 において第 1 の基部に接触する第 2 の基部の表面) である。

[0167] (工程 3 : 第 2 のプラズマ処理)

アンモニアガス (NH_3) に代えて酸素ガス (O_2) をチャンバー内に 1 0 0 s c c m で流入させ、1 0 0 P a の圧力にて 3 0 0 W の R F 出力で 1 0 0 秒間のプラズマ処理を行った。

[0168] (工程 4 : 第 3 のプラズマ処理)

酸素ガス (O_2) に代えてアンモニアガス (NH_3) を 1 0 0 s c c m でチャンバー内に流入させ、1 0 0 P a の圧力にて 1 0 0 W の R F 出力で 1 8 0 秒間のプラズマ処理を行った。

[0169] (工程 5 : 貼り合わせ)

一連のプラズマ処理の後に、第 1 の基部のプラズマ処理面 (すなわち、第 1 の基部の溝が形成された面) と第 2 の基部のプラズマ処理面とを貼り合わせた。得られたマイクロ流路デバイスにおいて、第 1 の基部と第 2 の基部と

の間には図5に示されるようなT字型の流路が形成されている。流路の幅は、 $300\mu\text{m}$ である。1. 5mm 径の生検トレパン（貝印株式会社）を用いて、マイクロ流路デバイスの第1の基部に3つの開口部（すなわち、穴）を形成した。各開口部は、T字型の流路の末端に接続している。

[0170] （工程6：親水化処理）

マイクロ流路デバイスに対して $100\text{g}/\text{cm}^2$ の荷重をかけた状態で、各開口部に、PFAチューブ（外径： $1/16$ ” インチ、内径： 0.5mm ）を挿入した後、シリンジポンプ（PHD4400、HARVARD社）を用いて、流路内に5質量%の「Pluronic F127」（BASF社）を含む純水を $3\text{mL}/\text{時間}$ の流量で5分間流した。PFAは、パーフルオロアルコキシアルカンと称されるフッ素樹脂である。流路内の液を圧縮空気により押し出した後、オーブンを用いて 150°C の温度で10分間加熱加圧処理を行った。オーブンから取り出したマイクロ流路デバイスを冷却した。次に、シリンジポンプ（PHD4400、HARVARD社）を用いて、流路内に5質量%の「Pluronic F127」（BASF社）を含む純水を $3\text{mL}/\text{時間}$ の流量で5分間流した。流路内に「Pluronic F127」を流すことで、流路に面する第1の基部の表面及び第2の基部の表面に対して親水化処理を行った。

[0171] ＜実施例12＞

工程6（親水化処理）において、「Pluronic F127」にかえて、「Pluronic F68」を用いたこと以外は、実施例11に示す手順と同じ手順によって、マイクロ流路デバイスを作製した。

[0172] ＜比較例1～5＞

表1の記載に従って製造条件を変更したこと以外は、実施例1に示す手順と同じ手順によって、マイクロ流路デバイスを作製した。

[0173] ＜測定＞

（接触角）

親水化処理の方法を変更したことと、流路の幅を 5mm に変更したこと以

外は、対応する実施例及び比較例に示す手順と同じ手順によって、接触角測定用のマイクロ流路デバイスを作製した。親水化処理では、流路内に親水化処理用の処理液を流すことに代えてマイクロ流路デバイスを処理液に浸漬させた。接触角測定用のマイクロ流路デバイスをカッターを用いて切断し、流路を画定していた第1の基部の面を露出させた。流路を画定していた第1の基部の面をアセトン及びエタノールを用いて洗浄し、エアブローによって乾燥させた。流路を画定していた第1の基部の面に2 μ Lの純水を滴下した。流路を画定していた第1の基部の面への純水の接触から1秒後の液滴の接触角を、協和界面科学株式会社製のDMS-401を用いて測定した。上記した方法と同じ方法によって、流路を画定していた第2の基部の面に対する純水の接触角を測定した。測定結果を表1に示す。

[0174] <評価>

(耐溶剤性)

耐溶剤性を評価するため、実施例及び比較例のそれぞれにおいて3つのマイクロ流路デバイスを準備した。3つのマイクロ流路デバイスの流路内に、以下に示す3種の溶剤をそれぞれ流した。メチルエチルケトン（富士フィルム和光純薬株式会社）を1つ目のマイクロ流路デバイスの流路内に1 mL／時間の流量で10分間流した。トルエン（富士フィルム和光純薬株式会社）を2つ目のマイクロ流路デバイスの流路内に1 mL／時間の流量で10分間流した。酢酸エチル（富士フィルム和光純薬株式会社）を3つ目のマイクロ流路デバイスの流路内に1 mL／時間の流量で10分間流した。有機溶剤の通液後に、マイクロ流路デバイスの流路の幅の最小値を測定した。以下の式に従って求めた流路の幅の変化率Xに基づき、以下の基準に従って耐溶剤性を評価した。評価結果を表1に示す。

[0175] 式：流路の幅の変化率＝（〔試験前の流路の幅（300 μ m）〕－〔試験後の流路の幅の最小値〕）／〔試験前の流路の幅〕×100

[0176] －基準－

A：全てのマイクロ流路デバイスの流路の幅の変化率Xが、 $-5\% \leq X \leq$

+ 5 %を満たす。

B : 少なくとも 1 つのマイクロ流路デバイスの流路の幅の変化率 X が、 $X < -5 \%$ 又は $+5 \% < X$ を満たす。

[0177] (貼合性)

マイクロ流路デバイスの第 1 の基部から第 2 の基部を手作業で慎重に剥離し、第 1 の基部側に分かれた試験片及び第 2 の基部側に分かれた試験片を得た。剥離によって露出した、第 1 の基部側に分かれた試験片の表面（以下、「対象面」という。）を、レーザー光学顕微鏡（VK 8550、株式会社キーエンス）を用いて $300 \mu\text{m}$ 幅（すなわち、レーザーの走査距離）で互いに異なる 5 つの領域を走査した。対象面の算術平均粗さ R_a を算出した。 R_a の値が大きいほど、貼合性、すなわち、第 1 の基部と第 2 の基部との密着性が高いことを示す。

[0178] [表1]

No.	成分	プラズマ処理				貼り合わせ				親水化処理	接合角		評価	
		膜厚	ガス種	RF出力	時間	プラズマ処理の終了から貼り合わせの開始までの時間	荷重	温度	時間		第1の基部	第2の基部	貼合性 (表面粗さ R_a)	耐溶剤性
比較例 1	ポリジメチルシロキサン	1	O_2	20W	20秒	5分	-	25℃	1分	-	109°	109°	31 μm	B
比較例 2	フッ素エラストマー	1	O_2	20W	20秒	5分	-	25℃	1分	-	117°	117°	0.1 μm	A
比較例 3	フッ素エラストマー	1	O_2	20W	20秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	111°	111°	0.1 μm	A
比較例 4	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	25℃	10分	-	117°	117°	0.1 μm	A
比較例 5	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	20秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	116°	116°	0.1 μm	A
実施例 1	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	117°	117°	24 μm	A
実施例 2	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	180秒	5分	-	150℃	10分	-	116°	116°	3 μm	A
実施例 3	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	100℃	10分	-	117°	117°	4 μm	A
実施例 4	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	100秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	117°	117°	18 μm	A
実施例 5	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	300秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	117°	117°	26 μm	A
実施例 6	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	600秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	117°	117°	6 μm	A
実施例 7	第1の基部：フッ素エラストマー 第2の基部：ガラス	1	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	117°	96°	17 μm	A
実施例 8	第1の基部：フッ素エラストマー 第2の基部：SUS304	1	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	-	117°	98°	12 μm	A
実施例 9	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	有0 (Pluronic F127)	111°	111°	9 μm	A
実施例 10	フッ素エラストマー	1	NH_3	100W	180秒	-	-	-	-	有0 (Pluronic F127)	-	-	-	-
実施例 11	フッ素エラストマー	2	O_2	300W	100秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	有0 (Pluronic F127)	92°	92°	3 μm	A
		1	NH_3	100W	180秒	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	O_2	500W	100秒	-	-	-	-	-	-	-	-	-
実施例 12	フッ素エラストマー	3	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	有0 (Pluronic F127)	36°	36°	18 μm	A
		1	NH_3	100W	180秒	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	O_2	300W	100秒	-	-	-	-	-	-	-	-	-
実施例 12	フッ素エラストマー	3	NH_3	100W	180秒	5分	100g/cm ²	150℃	10分	有0 (Pluronic F68)	36°	36°	17 μm	A

[0179] 表 1 において「基部」の項に記載された成分は、特に断りのない限り、第 1 の基部の成分及び第 2 の基部の成分を示す。

[0180] 表 1 は、比較例 1 ～ 5 におけるマイクロ流路デバイスの耐溶剤性及び貼合性に比べて、実施例 1 ～ 12 におけるマイクロ流路デバイスの耐溶剤性及び

貼合性が優れていることを示す。

[0181] <液滴の製造>

実施例 1 で作製したマイクロ流路デバイスを用いて、以下の手順によって油中水滴を製造した。以下、試験の具体的な手順について、図 5 を参照して説明する。シリンジポンプ（PHD 4400、HARVARD 社）を用いて、第 1 の流路部 31a に接続した開口部（不図示）より流路 31 内へ 0.5 質量%の KF6017（信越化学工業株式会社）を含むシリコンオイル（KF96-1CS、信越化学工業株式会社）を 10 mL / 時間の流量で導入し、そして、第 2 の流路部 31b に接続した開口部より流路 31 内へ純水を 3 mL / 時間で導入することで、合流点 31A で均一な油中水滴が得られた。

[0182] 実施例 11 で作製したマイクロ流路デバイスを用いて、以下の手順によって水中油滴を製造した。以下、試験の具体的な手順について、図 5 を参照して説明する。シリンジポンプ（PHD 4400、HARVARD 社）を用いて、第 1 の流路部 31a に接続した開口部（不図示）より流路 31 内へ 1 質量%のポリビニルアルコール（メルク社）を含む純水を 10 mL / 時間で導入し、そして、第 2 の流路部 31b に接続した開口部より流路 31 内へシリコンオイル（KF96-1CS、信越化学工業株式会社）を 3 mL / 時間で導入することで、合流点 31A で均一な水中油滴が得られた（例えば、図 7 参照）。

[0183] 2020 年 8 月 25 日に出願された日本国特許出願 2020-141706 号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。本明細書に記載された全ての文献、特許出願、及び技術規格は、個々の文献、特許出願、及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記載された場合と同程度に、本明細書に参照により取り込まれる。

符号の説明

[0184] 10 : 第 1 の基部
20 : 第 2 の基部

30、31、32：流路

31a、32a：第1の流路部

31b、32b：第2の流路部

31c、32c：第3の流路部

32d：第4の流路部

32e：第5の流路部

30A、30B、31A、32A、32B：合流点

40、41、42、43：開口部

100：マイクロ流路デバイス

D1：液滴

請求の範囲

- [請求項1] 流路を画定する画定面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部と、
- 前記第1の基部の前記画定面とともに前記流路を画定する画定面を有し、耐溶剤性を有し、前記第1の基部に接触する第2の基部と、を含み、
- 前記第1の基部から前記第2の基部を剥離することによって露出した前記第1の基部の表面の算術平均粗さ R_a が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上である、マイクロ流路デバイス。
- [請求項2] 前記第2の基部が、フッ素原子を含む重合体、ガラス及びステンレス鋼からなる群より選択される少なくとも1種を含む、請求項1に記載のマイクロ流路デバイス。
- [請求項3] 前記第1の基部の前記画定面に対する水の接触角が、 90° 以上であり、前記第2の基部の前記画定面に対する水の接触角が、 90° 以上である、請求項1又は請求項2に記載のマイクロ流路デバイス。
- [請求項4] 前記第1の基部の前記画定面が、界面活性剤を吸着した領域を含み、前記第1の基部の前記画定面において前記界面活性剤を吸着した前記領域に対する水の接触角が、 60° 以下であり、前記第2の基部の前記画定面が、界面活性剤を吸着した領域を含み、前記第2の基部の前記画定面のうち前記界面活性剤を吸着した前記領域に対する水の接触角が、 60° 以下である、請求項1又は請求項2に記載のマイクロ流路デバイス。
- [請求項5] 前記界面活性剤が、アルキレンオキシド重合体である、請求項4に記載のマイクロ流路デバイス。
- [請求項6] 前記界面活性剤が、エチレンオキシド-プロピレンオキシド共重合体である、請求項4に記載のマイクロ流路デバイス。
- [請求項7] 前記第1の基部の前記画定面が、界面活性剤を吸着していない領域を更に含み、前記第2の基部の前記画定面が、界面活性剤を吸着して

いない領域を更に含む、請求項4～請求項6のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項8] 前記流路が、第1の流路部と、前記第1の流路部に合流する第2の流路部と、前記第1の流路部と前記第2の流路部との合流点に接続する第3の流路部と、を含む、請求項1～請求項7のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項9] 前記流路が、第1の流路部と、前記第1の流路部に合流する第2の流路部と、前記第1の流路部と前記第2の流路部との合流点に接続する第3の流路部と、前記第3の流路部に合流する第4の流路部と、前記第3の流路部と前記第4の流路部との合流点に接続する第5の流路部と、を含む、請求項1～請求項7のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項10] 液滴を製造するために用いられる、請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項11] 気泡を製造するために用いられる、請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項12] マイクロカプセルを製造するために用いられる、請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項13] 多重エマルジョンを製造するために用いられる、請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項14] 気泡を内包する液滴を製造するために用いられる、請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイス。

[請求項15] 請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイスを用いる液滴の製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させて、液滴を得ることを含む、液滴の製造方法。

[請求項16] 請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイスを用いる気泡の製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で

液体と気体とを合流させて、気泡を得ることを含む、気泡の製造方法。

[請求項17] 請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイスを用いるマイクロカプセルの製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で油を含む液体と水を含む液体とを合流させて、マイクロカプセルを得ることを含む、マイクロカプセルの製造方法。

[請求項18] 請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイスを用いる多重エマルションの製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で少なくとも3種の液体を合流させて、多重エマルションを得ることを含む、多重エマルションの製造方法。

[請求項19] 請求項1～請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流路デバイスを用いる気泡を内包する液滴の製造方法であって、マイクロ流路デバイスの流路内で、気体と、油を含む液体と、水を含む液体とを合流させて、気泡を内包する液滴を得ることを含む、気泡を内包する液滴の製造方法。

[請求項20] 溝を有する面を有し、フッ素原子を含む重合体を含む第1の基部を準備することと、

前記第1の基部の前記面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理を行うことと、

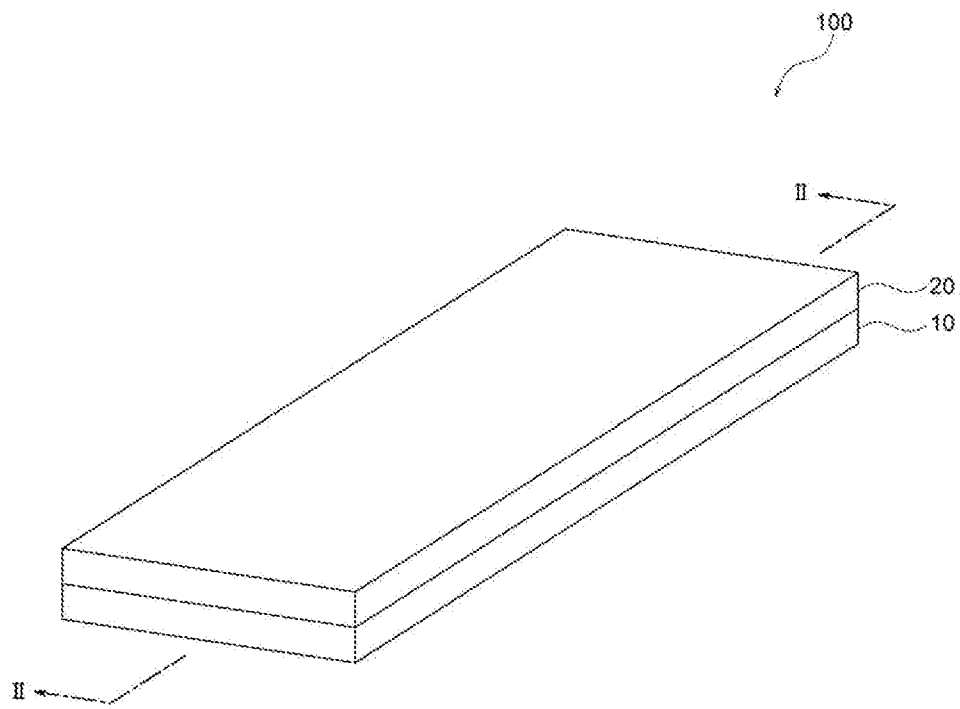
前記第1の基部に接触するための面を有し、耐溶剤性を有する第2の基部を準備することと、

前記第2の基部の前記面に対して、アンモニアガスの存在下でプラズマ処理を行うことと、

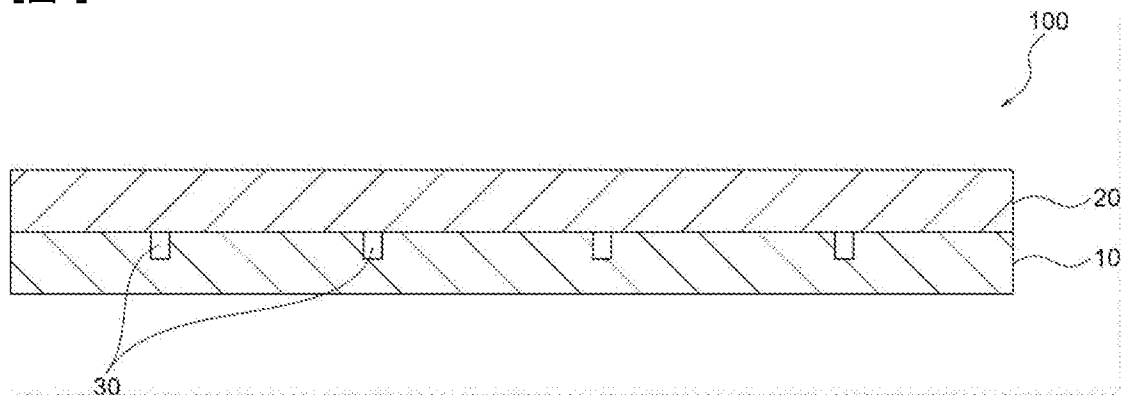
前記プラズマ処理が行われた前記第1の基部の前記面に、前記プラズマ処理が行われた前記第2の基部の前記面を接触させて、前記第1の基部と前記第2の基部とによって画定される流路を形成することと、を含む、

マイクロ流路デバイスの製造方法。

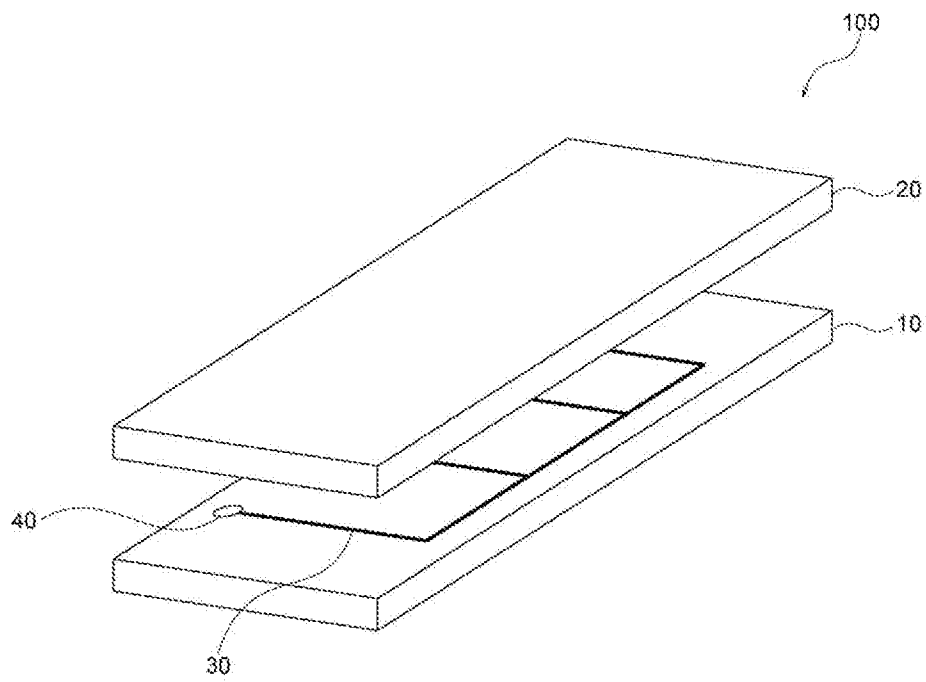
[図1]



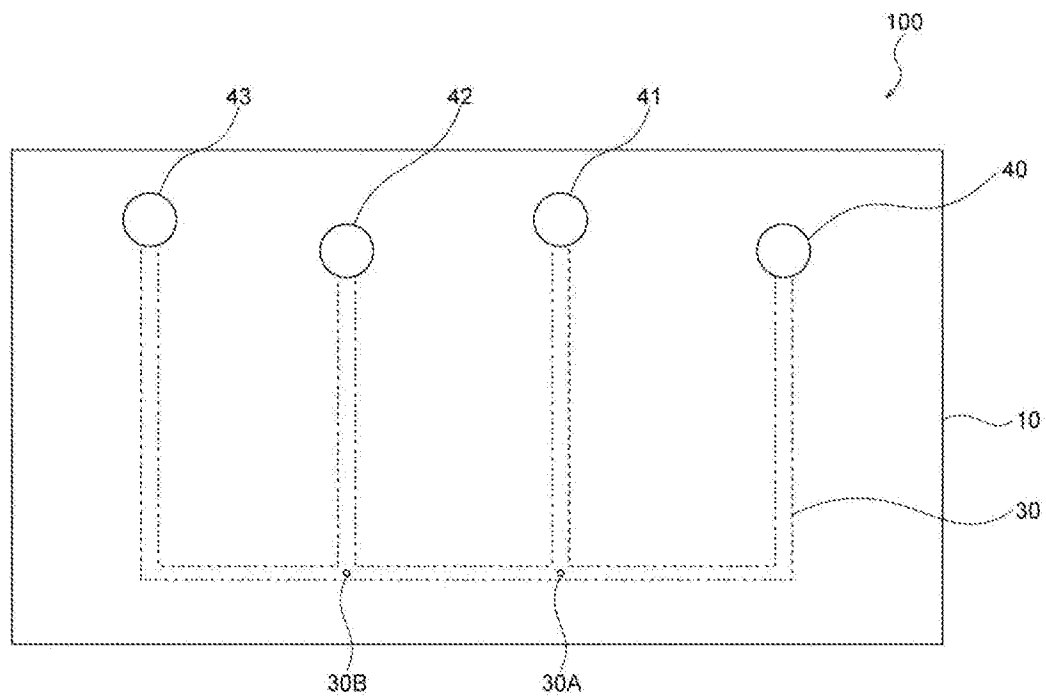
[図2]



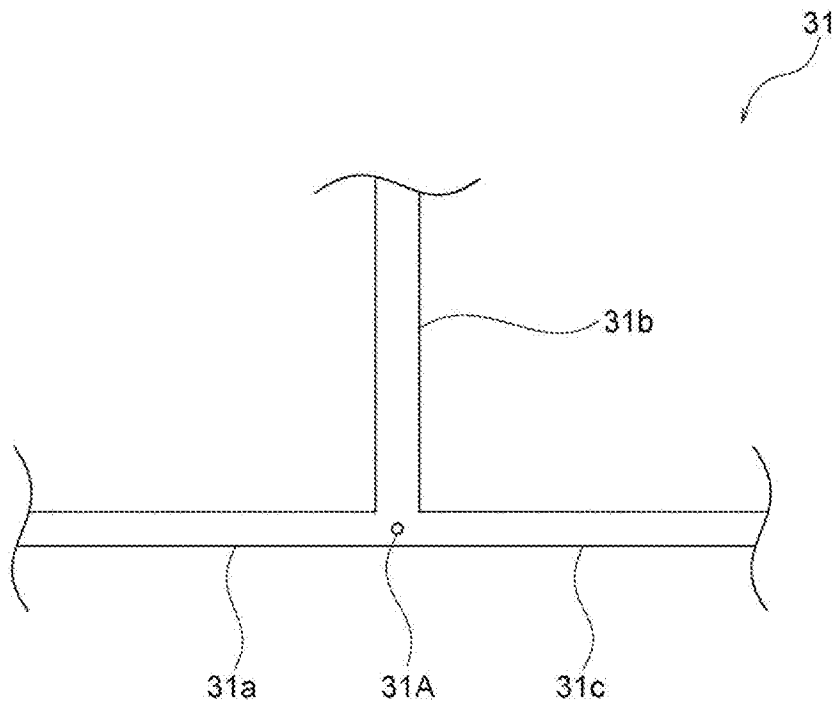
[図3]



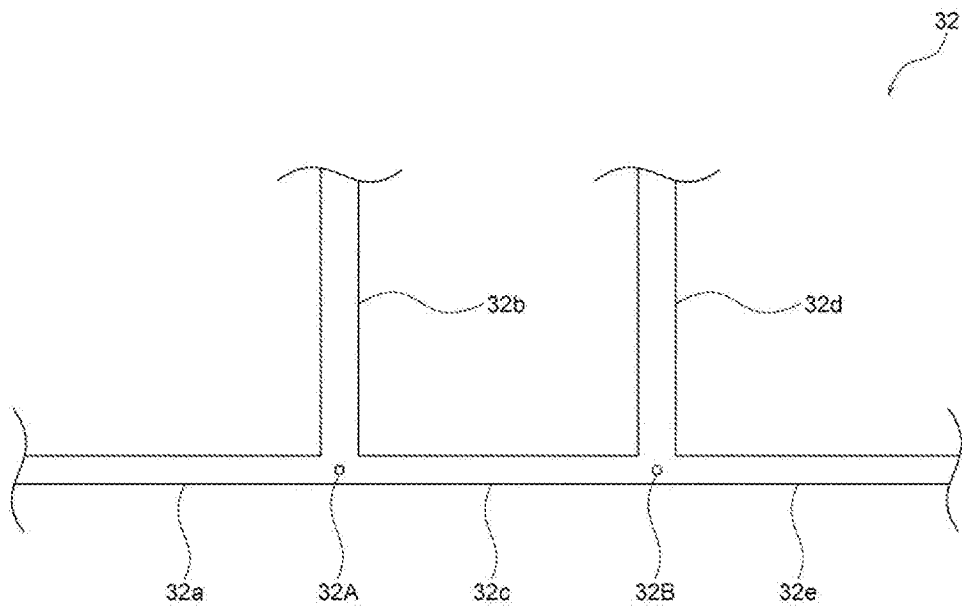
[図4]



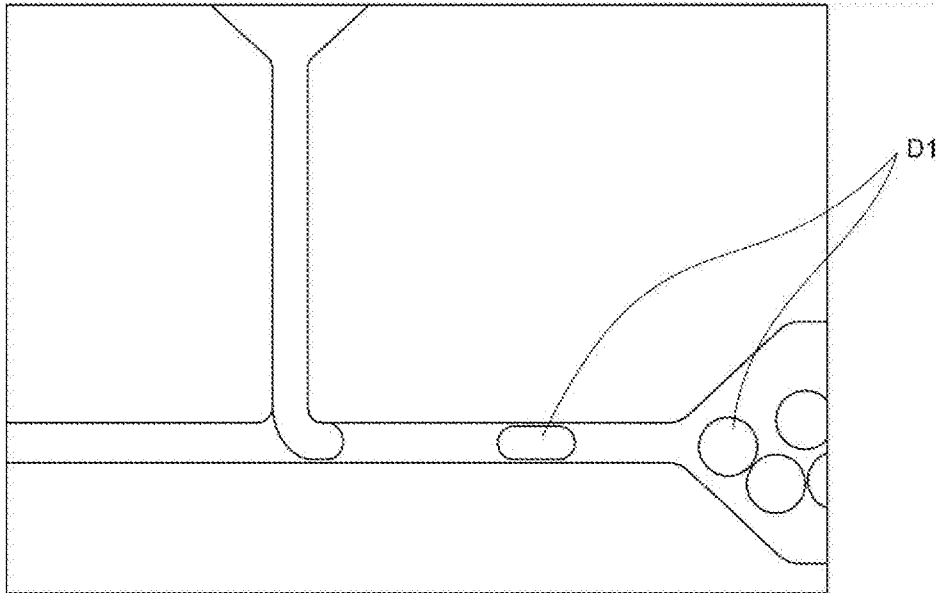
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/023220

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B81B1/00(2006.01)i, B01F3/04(2006.01)i, B01F3/08(2006.01)i, B01F5/00(2006.01)i,
B01J13/04(2006.01)i, B01J19/00(2006.01)i, B81C3/00(2006.01)i, G01N37/00(2006.01)i
FI: B81B1/00, B01F3/04 Z, B01F3/08 A, B01F5/00 D, B01J13/04, B01J19/00 321, B81C3/00, G01N37/00 101

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)

Int. Cl. B81B1/00, B01F3/04, B01F3/08, B01F5/00, B01J13/04, B01J19/00,
B81C3/00, G01N37/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
Y	JP 2018-151184 A (SUMITOMO BAKELITE CO., LTD.) 27 September 2018 (2018-09-27), paragraphs [0013]-[0015], [0039], [0053], [0056], [0070]-[0072], [0075], fig. 1	1-20
Y A	JP 11-302387 A (NITTO DENKO CORP.) 02 November 1999 (1999-11-02), paragraphs [0012], [0018], [0042], paragraphs [0012], [0018], [0042]	1-19 20
Y A	JP 2013-534632 A (TRINEAN NV) 05 September 2013 (2013-09-05), paragraphs [0004], [0026], paragraphs [0004], [0026]	4-19 1, 20



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
04.08.2021

Date of mailing of the international search report
17.08.2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/023220

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2019-89067 A (THE PRESIDENT & FELLOWS OF HARVARD COLLEGE) 13 June 2019 (2019-06-13), paragraphs [0064], [0077], paragraphs [0064], [0077]	10-19 1-9, 20
Y A	JP 2004-351417 A (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) 16 December 2004 (2004-12-16), paragraphs [0065], [0066], paragraphs [0065], [0066]	10-19 1-9, 20
Y A	JP 2017-209671 A (THE PRESIDENT & FELLOWS OF HARVARD COLLEGE) 30 November 2017 (2017-11-30), paragraph [0060], paragraph [0060]	10-19 1-9, 20
Y A	JP 4-349672 A (CANON INC.) 04 December 1992 (1992-12-04), paragraph [0008], paragraph [0008]	20 1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/023220

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-151184 A	27.09.2018	(Family: none)	
JP 11-302387 A	02.11.1999	(Family: none)	
JP 2013-534632 A	05.09.2013	US 2013/0108801 A1 paragraphs [0004], [0025] EP 2404867 A1	
JP 2019-89067 A	13.06.2019	US 2016/0008778 A1 paragraphs [0078], [0091] EP 2964390 A1	
JP 2004-351417 A	16.12.2004	CN 105050718 A US 2004/0068019 A1 paragraphs [0099], [0100] EP 1362634 A1	
JP 2017-209671 A	30.11.2017	DE 60211857 T2 US 2006/0163385 A1 paragraph [0069] EP 2127736 A1	
JP 4-349672 A	04.12.1992	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B81B 1/00(2006.01)i; B01F 3/04(2006.01)i; B01F 3/08(2006.01)i; B01F 5/00(2006.01)i; B01J 13/04(2006.01)i; B01J 19/00(2006.01)i; B81C 3/00(2006.01)i; G01N 37/00(2006.01)i FI: B81B1/00; B01F3/04 Z; B01F3/08 A; B01F5/00 D; B01J13/04; B01J19/00 321; B81C3/00; G01N37/00 101		
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（IPC）） B81B1/00; B01F3/04; B01F3/08; B01F5/00; B01J13/04; B01J19/00; B81C3/00; 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
Y	JP 2018-151184 A（住友ベークライト株式会社）27.09.2018（2018-09-27） 段落0013-0015、0039、0053、0056、0070-0072、0075、図1	1-20
Y	JP 11-302387 A（日東電工株式会社）02.11.1999（1999-11-02） 段落0012、0018、0042	1-19
A	段落0012、0018、0042	20
Y	JP 2013-534632 A（トリネアン・ナムローゼ・フェンノートシャップ）05.09.2013（2013-09-05） 段落0004、0026	4-19
A	段落0004、0026	1, 20
Y	JP 2019-89067 A（プレジデント アンド フェローズ オブ ハーバード カレッジ） 13.06.2019（2019-06-13） 段落0064、0077	10-19
A	段落0064、0077	1-9, 20
☒ 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抵触するものではなく、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 04.08.2021		国際調査報告の発送日 17.08.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 永井 友子 3P 1775 電話番号 03-3581-1101 内線 3363

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
Y	JP 2004-351417 A (独立行政法人科学技術振興機構) 16.12.2004 (2004 - 12 - 16)	10-19
A	段落 0 0 6 5 - 0 0 6 6 段落 0 0 6 5 - 0 0 6 6	1-9, 20
Y	JP 2017-209671 A (プレジデント アンド フェローズ オブ ハーバード カレッジ) 30.11.2017 (2017 - 11 - 30)	10-19
A	段落 0 0 6 0 段落 0 0 6 0	1-9, 20
Y	JP 4-349672 A (キヤノン株式会社) 04.12.1992 (1992 - 12 - 04)	20
A	段落 0 0 0 8 段落 0 0 0 8	1-19

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/023220

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-151184	A	27.09.2018	(ファミリーなし)	
JP	11-302387	A	02.11.1999	(ファミリーなし)	
JP	2013-534632	A	05.09.2013	US 2013/0108801	A1
				段落 0 0 0 4、0 0 2 5	
				EP 2404867	A1
JP	2019-89067	A	13.06.2019	US 2016/0008778	A1
				段落 0 0 7 8、0 0 9 1	
				EP 2964390	A1
				CN 105050718	A
JP	2004-351417	A	16.12.2004	US 2004/0068019	A1
				段落 0 0 9 9 - 0 1 0 0	
				EP 1362634	A1
				DE 60211857	T2
JP	2017-209671	A	30.11.2017	US 2006/0163385	A1
				段落 0 0 6 9	
				EP 2127736	A1
JP	4-349672	A	04.12.1992	(ファミリーなし)	