

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-88072

(P2012-88072A)

(43) 公開日 平成24年5月10日(2012.5.10)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
GO 1 N	35/02	(2006.01)	GO 1 N 35/02 A	2 G 0 5 2
GO 1 N	37/00	(2006.01)	GO 1 N 37/00 1 O 1	2 G 0 5 8
GO 1 N	1/00	(2006.01)	GO 1 N 1/00 1 O 1 H	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-232628 (P2010-232628)</p> <p>(22) 出願日 平成22年10月15日 (2010.10.15)</p> <p>特許法第30条第1項適用申請有り 発行所：ケミカル アンド バイオロジカル マイクロシステムズ ソサ エティ 刊行物名：テクニカルダイジェスト オブ ザ フォーティーンズ インターナショナル カンファレ ンス オン ミニチュアライズド システムズ フォア ケミストリ アンド ライフ サイエンス 発行年 月日：2010年10月3日 発行所：社団法人電気学 会 刊行物名：第27回「センサ・マイクロマシンと応 用システム」シンポジウム論文集 発行年月日：201 0年10月14日</p>	<p>(71) 出願人 593006630 学校法人立命館 京都府京都市中京区西ノ京梅尾町1番地の 7</p> <p>(71) 出願人 000192567 神港精機株式会社 兵庫県神戸市西区高塚台3丁目1番35号</p> <p>(74) 代理人 110000280 特許業務法人サンクレスト国際特許事務所</p> <p>(72) 発明者 小西 聡 滋賀県草津市野路東一丁目1番1号 立命 館大学 びわこ・くさつキャンパス 理工 学部内</p>
---	---

最終頁に続く

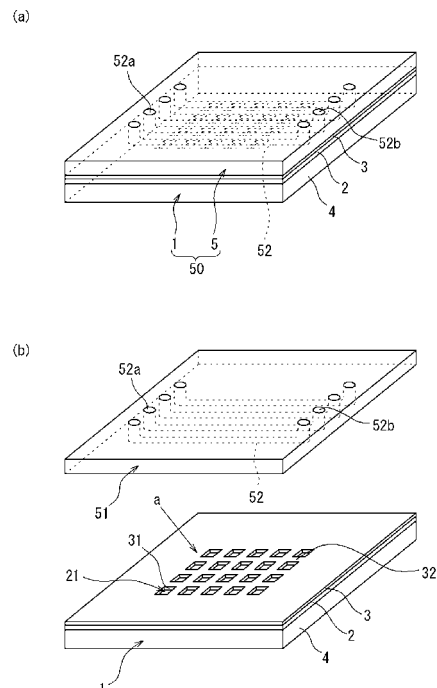
(54) 【発明の名称】 液滴保持ツール及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 微量の液滴を保持する能力を高めることができる液滴保持ツールを提供する。

【解決手段】 液滴保持ツール1は、親水性を高める凹凸微細構造部21が表面20に形成されている親水層2と、この親水層2の表面20側に設けられ前記凹凸微細構造部21を露出させている開口部31が形成されている撥水層3とを備えている。さらに、撥水層3は、非晶質材料からなり、この非晶質材料のガラス転移点以上の温度で加熱する加熱処理が、当該撥水層3に施されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

親水層の表面に、親水性を高める凹凸微細構造部を形成し、
前記凹凸微細構造部を露出させる開口部が形成されている撥水層を前記親水層の表面上に設けることを特徴とする液滴保持ツールの製造方法。

【請求項 2】

親水層の表面に、親水性を高める凹凸微細構造部を形成し、
当該親水層の表面上に、撥水層を設け、
前記撥水層の表面に、窓部を有するマスクを形成し、
前記撥水層の内の前記窓部に対応する位置に前記凹凸微細構造部を露出させる開口部を形成し、
前記マスクを除去した後、前記撥水層を加熱処理することを特徴とする液滴保持ツールの製造方法。

10

【請求項 3】

前記撥水層は、非晶質材料からなり、
前記加熱処理では、前記撥水層を、前記非晶質材料のガラス転移点以上の温度で加熱する請求項 2 に記載の液滴保持ツールの製造方法。

【請求項 4】

前記マスクは、銅製である請求項 2 又は 3 に記載の液滴保持ツールの製造方法。

【請求項 5】

親水性を高める凹凸微細構造部が表面に形成されている親水層と、
前記親水層の前記表面側に設けられ前記凹凸微細構造部を露出させている開口部が形成されている撥水層と、を備えていることを特徴とする液滴保持ツール。

20

【請求項 6】

前記撥水層は、加熱処理が施された表面を有している請求項 5 に記載の液滴保持ツール。

【請求項 7】

前記開口部から露出している前記凹凸微細構造部の凹凸を含めた表面積は、当該開口部の開口面積の少なくとも 2 . 5 % 増しの面積を有している請求項 5 又は 6 に記載の液滴保持ツール。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、微量の液滴を所定の位置で保持することが可能な液滴保持ツール及びその製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

例えば、血液分析、又は、水溶液等を試料としたオンチップ化学分析を実現するために用いられるツールとして、撥水性と親水性との二つの特性を用いたものがある（例えば特許文献 1 参照）。

40

特許文献 1 に記載のツールは、撥水性を有する面上に複数の親水性領域を形成したものであり、親水性領域では、血液や水溶液等の液体による液滴が形成されるが、撥水性領域では液滴が形成されない。このため、ツール上では、親水性領域の形成パターンに従って、微量の液滴を複数配置することが可能となる。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 1 1 - 3 0 4 6 6 6 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

前記ツールによれば、親水性領域に捉えられた液滴は表面張力によって保持され、血液分析又は化学分析のために、この液滴をそのまま保持したり搬送したりする。しかし、液体の表面張力が低かったり粘性が高かったりする場合、親水性領域及び撥水性領域における親水性及び撥水性が弱いと、例えば、親水性領域のみならず、撥水性領域にも液滴が広がって存在する等、液滴を安定して親水性領域に保持できないことがある。

【0005】

そこで、本発明は、液滴を保持する能力を高めることのできる液滴保持ツールの製造方法及び液滴保持ツールを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】**【0006】**

(1)本発明の液滴保持ツールの製造方法は、親水層の表面に、親水性を高める凹凸微細構造部を形成し、前記凹凸微細構造部を露出させる開口部が形成されている撥水層を前記親水層の表面上に設けることを特徴とする。

(2)また、本発明の液滴保持ツールの製造方法は、親水層の表面に、親水性を高める凹凸微細構造部を形成し、当該親水層の表面上に、撥水層を設け、前記撥水層の表面に、窓部を有するマスクを形成し、前記撥水層の内の前記窓部に対応する位置に前記凹凸微細構造部を露出させる開口部を形成し、前記マスクを除去した後、前記撥水層を加熱処理することを特徴とする。

20

【0007】

前記(1)及び(2)の本発明によれば、親水性を高める凹凸微細構造部が形成された親水層と、この親水層上に設けられ前記凹凸微細構造部を露出させる開口部が形成された撥水層とを備えた液滴保持ツールを得ることができる。

そして、親水層の一部が撥水層の開口部において露出しているので、開口部から露出した親水層の領域に液滴が捕捉されやすく、これに対して撥水層の表面には液滴が捕捉されない。このため、液滴保持ツール上において、開口部の形成パターンに従って液滴を配置することが可能となる。

しかも、撥水層の開口部で露出している親水層の領域は凹凸微細構造部であるため、当該領域では、親水性をさらに高める(接触角を小さくする)ことができ、親水層と撥水層との間で液滴の接触角の差を大きくし、液滴を保持する能力をさらに高めることができる。

30

【0008】

また、前記(2)の発明では、前記マスクを除去した後、前記撥水層を加熱処理する。

これは、撥水層の表面に形成したマスクを除去すると、撥水層の表面はダメージを受け、撥水性が低下するが、マスクの除去後に、撥水層を加熱処理することで前記ダメージを回復させ、撥水性を高い状態に戻すことができる。

なお、本発明では、純水の液滴の接触角90度を境として親水性と撥水性とに区別される。つまり、液滴の接触角が90度を超える場合を撥水性、接触角が90度以下である場合を親水性としている。

40

【0009】

(3)また、撥水層を加熱処理する場合において、撥水層は、非晶質材料からなり、前記加熱処理では、前記撥水層を、前記非晶質材料のガラス転移点以上の温度で加熱するのが好ましい。

撥水層の表面に形成したマスクを除去すると、撥水層の表面はダメージを受ける。つまり、撥水層の表面は、官能基により液体との結合が生じ易い状態になると推測される。しかし、前記加熱処理により、撥水層を、当該撥水層を構成する非晶質材料のガラス転移点以上の温度で加熱することで、前記官能器による液体との結合が生じにくいように撥水層の特性を回復させることができる。

【0010】

50

(4) また、前記マスクは、銅製であるのが好ましい。銅は、撥水層（例えばフッ素系ポリマー）へ分子レベルで入り込みにくいと推測され、マスクを銅製とすることにより、当該マスクを撥水層から除去した際に、撥水層のダメージを低減することができる。

【0011】

(5) また、本発明の液滴保持ツールは、親水性を高める凹凸微細構造部が表面に形成されている親水層と、前記親水層の前記表面側に設けられ前記凹凸微細構造部を露出させている開口部が形成されている撥水層とを備えていることを特徴とする。

本発明によれば、撥水層の開口部において親水層の一部が露出していることから、露出した親水層の領域に液滴が捕捉され、これに対して撥水層の表面には液滴が捕捉されない。このため、液滴保持ツール上において、開口部の形成パターンに従って液滴を配置することが可能となる。

しかも、撥水層の開口部で露出している親水層の領域は凹凸微細構造部であるため、当該領域では、親水性をさらに高める（接触角を小さくする）ことができ、親水層と撥水層との間で液滴の接触角の差を大きくし、液滴を保持する能力を高めることができる。

【0012】

(6) また、前記撥水層は、加熱処理が施された表面を有しているのが好ましい。

製造途中で撥水層の表面がダメージを受けていると、完成した液滴保持ツールの撥水層では撥水性が低下する。しかし、撥水層がダメージを受けていても、加熱処理が施された表面を有していることで、そのダメージは回復されており、撥水性を高い状態に戻すことができる。

【0013】

(7) また、前記開口部から露出している前記凹凸微細構造部の凹凸を含めた表面積は、当該開口部の開口面積の少なくとも2.5%増しの面積を有しているのが好ましい。

開口部から露出している凹凸微細構造部の凹凸を含めた表面積を、開口部の開口面積の少なくとも2.5%増しを有していれば、親水性を効果的に高めることが可能となる。

【発明の効果】

【0014】

本発明の液滴保持ツール、及び、本発明の製造方法によって得られる液滴保持ツールによれば、撥水層の開口部において親水層の凹凸微細構造部が露出していることから、露出している親水層の領域では、親水性がさらに高められ（接触角が小さくなり）、親水層と撥水層との間で液滴の接触角の差を大きくし、液滴を保持する能力を高めることができる。この結果、例えば、表面張力の小さい液体又は粘性の高い液体であっても、液滴として保持することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の液滴保持ツールを備えた液滴分析用構造体の斜視図であり、(a)が組み立て図、(b)が分解図である。

【図2】液滴保持ツールの一部（図1のa部）の拡大図である。

【図3】凹凸微細構造部のイメージ図である。

【図4】凹凸微細構造部の表面粗さを説明する説明図である。

【図5】液滴保持ツールの製造方法の説明図である。

【図6】プラズマCVD法の説明図である。

【図7】マスクの材質と、撥水層の接触角との関係を示す図である。

【図8】液滴保持ツールの機能を説明する説明図である。

【図9】液滴保持ツールを、他の構造を有する液滴分析用構造体に用いた場合の説明図である。

【図10】液滴保持ツールを用いて液滴の定量分注を行う説明図である。

【図11】液滴保持ツールをセルフアセンブリとして用いる場合の説明図である。

【図12】液滴保持ツールをセルフアセンブリとして用いる場合の説明図である。

【図13】複数の液滴保持ツールをセルフアライメントする場合の説明図である。

10

20

30

40

50

【図14】プラズマCVD装置の概略構成を説明する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

本発明の液滴保持ツールは、撥水性を有する撥水領域と親水性を有する親水領域とを有しており、この液滴保持ツール上において、撥水領域での液滴の接触角と、親水領域での液滴の接触角との差を利用し、液滴を所定のパターンに配置するものである。

この液滴保持ツールは、例えば、血液分析又は水溶液等を液体試料としたオンチップ化学分析を実現することができ、さらに、このために重要となる高精度な分注機能を有することができる。また、この液滴保持ツールは、前記の血液分析又は化学分析のみならず、例えばツール上の所定位置に部品を位置させる自己整合配列（セルフアライメント、セルフアセンブリ）に用いることもできる。

10

【0017】

[1. 液滴保持ツールについて]

図1は、本発明の液滴保持ツールを、前記血液分析又は化学分析に用いる場合の図である。この場合、板状である液滴保持ツール1（以下、単にツール1ともいう）上に、流路（マイクロ流路）52が形成されている流路基板51が設けられており、これらツール1と流路基板51とにより液滴分析用構造体50が構成されている。図1(a)は、液滴分析用構造体50の組み立て図であり、図1(b)は、ツール1と流路基板51とを分解した図である。

20

【0018】

図2は、液滴保持ツール1の一部（図1(b)のa部）の拡大図である。液滴保持ツール1は、板状であるベース部材4と、このベース部材4上に積層されている親水層2及び撥水層3とを備えている。親水層2の一部（後述の親水性を高める凹凸微細構造部21）が撥水層3の一部（後述の開口部31）から露出しており、親水層2と撥水層3とのそれぞれにおける液滴の接触角の差を利用して、このツール1上において、複数の液滴を、所定のパターンに従って配置することができる。液滴の配置は、親水層2の一部を露出させる開口部31（凹凸微細構造部21）の配置パターンに依存する。なお、この実施形態では、液滴はドーム形状となる。

30

【0019】

ベース部材4は、シリコン、石英又はポリマー等からなる。親水層2は、親水性を有する材料からなり、本実施形態では、後にも説明するがプラズマCVDにより製膜したシリコン酸化膜（ SiO_x ）であり、ベース部材4上に積層されている。撥水層3は、撥水性を有する材料からなり、本実施形態では、後にも説明するがスピンコートにより製膜したフッ素系ポリマーであり、親水層2上に積層されている。

なお、本発明では、撥水層3は、その表面32における純水の液滴の接触角が90度を超える特性を有しており、親水層2は、その表面20における純水の液滴の接触角が90度以下である特性を有している。

【0020】

さらに、親水層2の表面20側には、親水性を高めるナノスケールの凹凸微細構造部（以下、微細構造部という）21が形成されている。微細構造部21は、図3に示しているように、微細な凹凸による粗面部であり、プラズマCVDにより親水層2を製膜する際に、表面20の全体に広がって形成され、後にも説明するが、プラズマCVD装置において、親水層2を構成するガスを供給し、パルス状の高周波電力を与えることにより得られる。

40

なお、この微細構造部21を有する親水層2は、5度以下の接触角を有することができる。

【0021】

図2において、撥水層3は、親水層2の表面20側に積層状に設けられており、撥水層3には、微細構造部21の一部を露出させている開口部31が形成されている。なお、露

50

出している各微細構造部 2 1 は微少領域である。また、開口部 3 1 は、所定のパターンで複数形成されており、図 1 の実施形態では、複数の開口部 3 1 が縦横に広がって格子状に形成されている。開口部 3 1 の成形方法については、後に説明する。

【 0 0 2 2 】

撥水層 3 の各開口部 3 1 において、親水層 2 の一部が露出していることから、この親水層 2 の一部では液滴が形成される。これに対して撥水層 3 の表面 3 2 には液滴が形成されない。このため、ツール 1 上において、開口部 3 1 の形成パターンに従って液滴が配置される。しかも、開口部 3 1 では、親水層 2 の一部として微細構造部 2 1 が露出しており、表面 2 0 が平滑面の場合に比べて実質的な表面積が大きくなっているため、親水性をさらに高める（接触角を小さくする）ことができる。この結果、親水層 2 と撥水層 3 との間で液滴の接触角の差を大きくし、液滴を保持する能力を高めることができる。

10

【 0 0 2 3 】

前記流路基板 5 0 について説明する。本実施形態（図 1）では、流路基板 5 1 は、例えば、シリコン、ホウケイ酸ガラス、合成石英、ポリカーボネート、PMMA、シクロオレフィンポリマー等のうちの一つからなり、板状部材である。そして、流路基板 5 0 内に複数の流路（マイクロ流路）5 2 が形成されている。各流路 5 2 の途中において、撥水層 3 の列を成す複数の開口部 3 1 が開口している。

各流路 5 2 には入口部 5 2 a と出口部 5 2 b とが形成されており、入口部 5 2 a から出口部 5 2 b へと液体を流すと、図 8 に示すように、開口部 3 1 から微少領域として露出している親水層 2（微細構造部 2 1）において、当該液体の一部が分裂して残留し、残留した液滴が前記微少領域に捕捉される。

20

なお、各開口部 3 1 の大きさは、変更自在であるが、例えば縦横それぞれが 5 0 0 μm の矩形である。そして、図 1 の流路基板 5 1 の流路 5 2 の寸法は、例えば幅が 1 mm であり、高さが 5 0 0 μm である。

【 0 0 2 4 】

親水層 2 の微細構造部 2 1 の表面粗さに関して説明する。親水性は、Wenzel 則によれば、親水層 2（微細構造部 2 1）の表面積が寄与する。

微細構造部 2 1 は、図 3 に示すように、微細な凹凸が面上に広がって形成されており、プラズマ CVD 装置により、ナノスケールの表面モフォロジーが制御され、微細構造部 2 1 の凹凸寸法が 1 8 n m ~ 3 3 5 n m（最大高さ）程度であり、さらに、2 5 1 n m ~ 3 3 5 n m（最大高さ）と、均一性を保つこともできる。また、微細構造部 2 1 の RMS 粒状度は 2 n m ~ 4 0 n m 程度に制御することができ、さらに、3 5 . 3 5 n m ~ 3 8 . 5 3 2 n m と、均一性を保つこともできる。本実施形態では、RMS 粒状度が 6 . 3 n m である。

30

【 0 0 2 5 】

また、図 4 に示しているように、開口部 3 1 の開口面積（微細構造部 2 1 の投影面積）を A とし、開口部 3 1 において露出している微細構造部 2 1 の凹凸を含めた表面積を B とした場合、 $\left[(B - A) / A \times 100 \right]$ の値（エリアパーセントの値という）が、2 . 5 % 以上となる表面粗さを、微細構造部 2 1 は有している。このように、微細構造部 2 1 は、開口部 3 1 の開口面積 3 1 の少なくとも 2 . 5 パーセント増しの面積を有していれば、親水性を効果的に高めることが可能となる。

40

なお、前記エリアパーセントの値の上限は高い程好ましいが、おおよそ 2 0 %、さらには 4 0 % である。

【 0 0 2 6 】

また、撥水層 3 は、加熱処理が施された表面 3 2 を有している。これは、後にも説明するが、ツール 1 の製造途中で撥水層 3 の表面 3 2 がダメージを受けていると、完成したツール 1 の撥水層 3 の表面 3 2 では撥水性が低下してしまう。しかし、撥水層 3 がダメージを受けていても、加熱処理が施された表面 3 2 を最終的に有していることで、そのダメージは回復されており、撥水性を高い状態に戻す（接触角を大きくする）ことができる。

これにより、撥水層 3 の表面 3 2 では、1 0 9 . 3 度 ~ 1 1 4 . 2 度の接触角を有する

50

ことができる。そして、親水層 2 との接触角の差を、少なくとも 104.3 度 ~ 109.2 度と、従来よりも大きくすることができる。

【0027】

[2 . 液滴保持ツールの製造方法について]

図 5 (a) ~ (g) は、ツール 1 の製造方法の説明図である。この製造方法を説明すると、ベース部材 4 の表面 4 a に親水層 2 を設けると共に、当該親水層 2 の表面 2 0 に微細構造部 2 1 を形成し (図 5 (a) : 親水層の形成工程)、この親水層 2 の表面 2 0 上に撥水層 3 を設け (図 5 (b) : 撥水層の形成工程)、所定パターンの窓部 6 を有するマスク 5 を前記撥水層 3 の表面 3 2 に被せるようにして形成し (図 5 (e) : マスクの形成工程)、撥水層 3 の内の前記窓部 6 に対応する位置に前記微細構造部 2 1 を露出させる開口部 3 1 を形成し、前記マスク 5 を除去する (図 5 (f) ~ (g) : 撥水層の開口部の形成工程)。さらに、マスク 5 を除去した後、撥水層 3 の表面 3 2 を加熱処理する (加熱処理の工程)。

10

以下、各工程についてさらに説明する。

【0028】

[2 . 1 親水層の形成工程]

シリコン等からなるベース部材 4 を、図 1 4 に示しているプラズマ C V D 装置の成長室 (真空反応室) 6 0 内に設置し、プラズマ C V D 法により、ベース部材 4 上に、シリコン酸化膜による親水層 2 を製膜する。このプラズマ C V D 法では、発生させるプラズマの電力供給パターンを時間変化させることにより、親水層 2 が形成されると同時に、その表面 2 0 に微細構造部 2 1 が形成される。特に本実施形態では、図 6 に示すように、高周波電力をパルス状に供給し、ガスはパルス状に供給するか又は連続供給する。このパルスプラズマによる C V D 法によれば、図 5 (a) に示すように、親水層 2 が形成されると同時に、その表面 2 0 に微細構造部 2 1 が形成される。

20

【0029】

なお、プラズマ C V D 装置について図 1 4 により説明すると、この装置は、高周波電源 6 1、整合器 6 2、真空反応室 6 0 内の電極 6 3 及び基台 6 4、恒温槽 6 5、マスフローコントローラ 6 6、バッファタンク 6 7、流量調整バルブ 6 8、及び、真空ポンプ 6 9 を備えている。恒温槽 6 5 から $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ が、マスフローコントローラ 6 6、バッファタンク 6 7 及び流量調整バルブ 6 8 を介して、真空反応室 6 0 内に供給される。また、 O_2 及び Ar が、マスフローコントローラ 6 6、バッファタンク 6 7 及び流量調整バルブ 6 8 を介して、真空反応室 6 0 内に供給される。そして、電極 6 3 により真空反応室 6 0 内にプラズマを発生させる。

30

【0030】

[2 . 2 撥水層の形成工程]

撥水層 3 は、アモルファスフッ素樹脂であり、本実施形態では、旭硝子株式会社製の「CYTOP」(登録商標)である。この撥水層 3 の形成はスピンコートによる。このアモルファスフッ素樹脂を、55 で 15 分、85 で 30 分、185 で 1 時間の順で加熱し硬化 (キュア) させる。このスピンコート法によれば、図 5 (b) に示すように、撥水層 3 が形成される。

40

【0031】

[2 . 3 マスクの形成工程]

マスク 5 は、金属製の薄膜からなり、マスク 5 を形成するために、まず、本実施形態では、図 5 (c) に示すように、撥水層 3 の表面 3 2 に対して金属蒸着を行い、金属膜 8 を形成する。さらに、この金属膜 8 上にフォトレジスト膜をスピンコートにより形成し、露光、現像、乾燥を行い、図 5 (d) に示すように、金属膜 8 の上に、開口 9 b を有するフォトレジストパターン 9 a を形成する。このようにして得た中間品を、酸溶液に浸漬することで、図 5 (e) に示すように、前記開口 9 b により露出している金属膜 8 の一部が除去される (ウエットエッチング)。金属膜 8 の一部が除去されることで、当該除去された部分が、マスク 5 の窓部 6 となる。この窓部 6 は、マスク 5 を貫通する微少な穴である。

50

前記フォトレジストパターン 9 a の開口 9 b 及び窓部 6 は、後の工程で形成される撥水層 3 の開口部 3 1 に対応した位置に設けられる。

【 0 0 3 2 】

マスク 5 は、アルミニウム、金、クロム又は銅等の金属製とすることができるが、銅製とするのが好ましい。これは、銅は、撥水層 3 (アモルファスフッ素樹脂) へ分子レベルで入り込みにくいと推測されるためであり、マスク 5 を銅製とすることにより、後の工程において、マスク 5 を撥水層 3 から除去した際に、撥水層 3 の表面 3 2 でのダメージを低減することができる。

【 0 0 3 3 】

[2 . 4 撥水層の開口部の形成工程]

図 5 (f) に示すように、撥水層 3 の開口部 3 1 の形成は、前記窓部 6 が形成されているマスク 5 を用いて、酸素プラズマエッチング (ドライエッチング) により行われる。このプラズマエッチングにより、撥水層 3 の所定位置に開口部 3 1 が形成され、この開口部 3 1 から、親水層 2 の微細構造部 2 1 を露出させることができる。そして、エッチングマスクとして用いられたマスク 5 を、酸溶液に浸漬することで、除去する。

10

【 0 0 3 4 】

[2 . 5 加熱処理の工程]

図 5 (g) に示すように、マスク 5 が除去された中間製品をヒータ等で加熱し、撥水層 3 の表面 3 2 を、再度、加熱処理する。撥水層 3 は、アモルファスフッ素樹脂 (非晶質材料) からなるため、この加熱処理では、撥水層 3 の表面 3 2 を、当該アモルファスフッ素樹脂 (非晶質材料) のガラス転移点以上の温度で加熱する。つまり、表面 3 2 の温度がガラス転移点以上の温度となるように加熱する。

20

なお、本実施形態では、撥水層 3 が「CYTOP」(登録商標) であり、そのガラス転移点は 108 であるため、表面 3 2 がこの温度以上となるまで加熱すればよい。しかし、本実施形態では、撥水層 3 の表面 3 2 のみならず中心部まで加熱処理が可能となるように、表面 3 2 の温度を 230 まで加熱している。

【 0 0 3 5 】

ここで、前記のとおり、撥水層 3 の表面 3 2 に形成した金属蒸着膜からなるマスク 5 を除去すると、当該表面 3 2 はダメージを受けており、撥水性が低下する。このようなダメージの発生 (撥水性の低下) は、撥水層 3 の表面 3 2 では、官能基により液体との結合が生じ易い状態になっているからであると推測される。

30

しかし、加熱処理の工程を行い、撥水層 3 の表面 3 2 をガラス転移点以上の温度で加熱することで、前記官能基による液体との結合が生じにくいように撥水層 3 の表面 3 2 の特性を回復させることができる。

また、前記のとおり、マスク 5 の材質として、撥水層 3 (アモルファスフッ素樹脂) へ入り込みにくいもの (銅) を選択することにより、前記ダメージの発生を抑えることが可能となる。

【 0 0 3 6 】

図 7 は、マスク 5 の材質 (横軸) と、撥水層 3 の接触角 (縦軸) との関係を示す図である。撥水層 3 の接触角の大小は、撥水性の高低を意味する。マスク 5 の材質として、アルミニウム (Al)、金 (Au)、クロム (Cr)、銅 (Cu) があり、図 7 の左端の「無し」は、マスク 5 を形成していない撥水層 3、つまり、マスク 5 によるダメージを受けていない場合の撥水層 3 の接触角である。

40

図 7 中の「」は、加熱処理を行っていない場合であり、「」は、110 の加熱処理を行った場合であり、「」は 230 の加熱処理を行った場合である。

【 0 0 3 7 】

図 7 から明らかなように、撥水層 3 の表面 3 2 を、ガラス転移点 (108) の温度以上となるまで加熱すればよいが、それよりも十分に高い 230 まで加熱するのが好ましい。

特にアルミニウムをマスク 5 として採用した場合、撥水層 3 の表面 3 2 はダメージを受

50

けて接触角が(90度よりも)低くなるが、加熱処理を行うことにより、90度を超える接触角に回復することができ、撥水層としての機能を果たすことができる。さらに、230度まで加熱する処理を行うことにより、さらに、接触角が大きくなり、撥水層3を回復させることができる。

【0038】

また、図7において、マスク5の材質を銅製とする場合が、撥水層3へのダメージが最も小さく、さらに、前記加熱処理を行うことで、撥水層3の接触角が大きくなり、撥水性を高めることができる。

以上より、マスク5を銅製とし、かつ、このマスク5の除去後は、撥水層3の表面32を、その温度がガラス転移点(108度)の温度よりも100度以上高い温度(230度)となるまで加熱するのが好ましい。この場合、図7の左端の「無し」に相当する「マスク5によるダメージを受けていない場合の撥水層3」と同等の接触角(撥水性)を有することが可能となる。

【0039】

以上の製造方法によれば、親水性をより高める微細構造部21が形成された親水層2と、この親水層2上に設けられ前記微細構造部21を露出させる開口部31が形成された撥水層3とを備えた液滴保持ツール1を製造することができる。

そして、撥水層3の開口部31において親水層2の一部が露出しているので、開口部31から露出した親水層2の微小領域に液滴が捕捉されやすく、これに対して加熱処理がされ撥水性が高くなった撥水層3の表面31には液滴が捕捉されない。このため、ツール1上において、開口部31の形成パターンに従って液滴を配置することが可能となる。

しかも、撥水層3の開口部31で露出している親水層2の領域は、微少な凹凸を有する微細構造部21であるため、当該領域では、親水性をさらに高めることができ、かつ、撥水層3の表面32は加熱処理されることで撥水性をさらに高めることができるので、親水層2と撥水層3との間で液滴の接触角の差をより一層大きくし、液滴を保持する能力を更に高めることができる。

【0040】

この結果、例えば、表面張力の小さい液体や、粘性の高い液体であっても、親水層2と撥水層3との間で液滴の接触角の差を大きくすることができ、液体をツール1上に沿って流すのみで、当該液体から定量でかつ微量の液滴を分裂させて、ツール上1に捕捉することができる。

また、複数の開口部31それぞれの大きさ、微細構造部21の表面粗さ等、親水層2及び撥水層3の各特性を均質化して製造することにより、複数の開口部31(露出している微細構造部21)それぞれにおいて、等量の液滴が捕捉される。

そして、このようなツール1を、図1に示すように、液滴分析用構造体50として用いることで、血液分析又は化学分析を行うために重要となる高精度な分注機能を実現することが可能となる。例えば、微量な血液等の生体標本又は化学物質を含む水溶液等の液体を、図8に示したように、流路(マイクロ流路)52内に流せば、当該流路52内で、容積を精密に規定して液滴として分裂させ、捕捉することができる。

【0041】

また、このようなツール1を備えた液滴分析用構造体50によれば、捕捉した液滴をハンドリングすることが容易となる。すなわち、例えば、この構造体50を回転させると、その遠心力によって、流路52内で捕捉された液滴を離脱させ、他の場所へ移送することができる。又は、流路52内に設置したスライダ(図示せず)を駆動させることにより、流路52内で捕捉された液滴を強制的に離脱させ、他の場所へ移送することができる。

【0042】

また、図9(a)に示すように、前記ツール1を、他の構造を有する液滴分析用構造体55として適用することができる。この構造体55は、対のツール1を対向させて配置したものであり、両者の間を、液体が流れる流路56としている。なお、各ツール1における開口部31の配置パターンは鏡像の関係にある。このため、対のツール1において、開

10

20

30

40

50

口部 3 1 から露出した親水層 2 の微細構造部 2 1 は対向した位置関係となり、図 9 (b) に示しているように、流路 5 6 内で、一方のツール 1 から他方のルール 1 側へと繋がった、柱形状となる液滴が捕捉される。

この場合、ツール 1 の厚さ方向 (図 9 では上下方向) から観察 (顕微鏡観察) する際、対のツール 1 間で繋がっている液滴の位置では、当該ツール 1 間で空気の層が介在しないため、光の屈折の影響が低減される。そして、ツール 1 は全体として可視光透過性を有していることにより、内部の液滴を観察 (顕微鏡観察) するのに好都合となる。

【 0 0 4 3 】

さらに、図 9 に示す液滴分析用構造体 5 5 を用いて、液滴の定量分注が可能となる。図 1 0 は、微量の液滴の定量分注を具体的に説明する説明図である。図 1 0 では、図 9 に示す構造体 5 5 のうち、一方 (下側) のツール 1 のみを示し、他方 (上側) のツール 1 を省略している。この構造体 5 5 では、対のツール 1 間にキャビティ 5 8 が形成されており、このキャビティ 5 8 を挟んで上流側流路 5 7 a と下流側流路 5 7 b とが設けられている。さらに、キャビティ 5 8 には排出流路 5 7 c が繋がっている。また、このキャビティ 5 8 において、双方のツール 1 では、撥水層 3 には前記開口部が形成されており、親水層 2 の微細構造部 2 1 が露出している。

10

【 0 0 4 4 】

そして、液体を、上流側流路 5 7 a からキャビティ 5 8 を通過させ下流側流路 5 7 b へと流すと (図 1 0 (a))、液体の一部が、柱状の液滴となって、対向する微細構造部 2 1 間に捕捉される (図 1 0 (b))。そして、この構造体 5 5 を回転させ遠心力 F が柱状の液滴に作用すると (図 1 0 (c))、この液滴は微細構造部 2 1 間から離脱し、排出流路 5 7 c へと移動し、柱状であった液滴を、構造体 5 5 から排出することができる。なお、排出流路 5 7 c は、キャビティ 5 8 の外周のうち、構造体 5 5 の回転中心から離れる方向の位置で、繋がっている。

20

【 0 0 4 5 】

このように、開口部 3 1 で露出している親水層 2 (微細構造部 2 1) では、所定量 (例えば 1 4 ナノリットル) の 1 滴の液滴が捕捉される。前記のような遠心力を用いることにより、この所定量全てを移送することも可能であるが、遠心力を与えてこの 1 滴の液滴を、さらに、細かく分離して他部へ移送させてもよい。

この場合、図 9 (b) に示すように、ツール 1 間の寸法が一定 (例えば $200 \mu\text{m}$) であるため、液滴の高さは一定となる。そこで、遠心力を与えながら、当該遠心力により柱状の液滴の一部が離脱して液滴の投影面積 (断面積) が段階的に減少することを確認することにより、1 滴 (1 4 ナノリットル) よりも少ない量 (例えば 2 ナノリットル) の定量分注も可能となる。

30

【 0 0 4 6 】

[3 . 液体保持ツール 1 の他の適用例]

本発明ツール 1 は、前記のような血液分析又は化学分析のみならず、例えば基板 (電気基板) 上の所定位置に部品 (半導体素子) を位置させる自己整合配列 (セルフアライメント、セルフアセンブリ) に用いることもできる。

図 1 1 (a) は、前記ツール 1 をセルフアセンブリに用いる場合の説明図である。ツール 1 は、前記実施形態とほぼ同一であるが、この場合、撥水層 3 又は親水層 2 に導電性を有する配線 4 0 が形成されている。配線 4 0 は、撥水層 3 に形成された開口部 3 1 と繋がっている。このツール 1 が電気基板であり、このツール 1 上の所定位置に、部品として半導体素子 4 1 を自己整合配列させる。

40

【 0 0 4 7 】

図 1 1 (a) の場合、前記開口部 3 1 では、親水層 2 の微細構造部 2 1 が露出しており、この親水層 2 が露出している領域には液体 (水) が捕捉される。そこで、この液体の表面張力により、前記半導体素子 4 1 は自動的に捕捉され開口部 3 1 に位置決めされる (図 1 1 (b) 参照)。そして、この液体を例えば蒸発等により除去すればよい。

以上のように、半導体素子 4 1 (部品) を、電気基板 (ツール 1) 上の所定位置に位置

50

決めすることができ、位置決めされた半導体素子 4 1 を、電気基板となるツール 1 に固定することで、半導体素子 4 1 に配線 4 0 が繋がった基板構造体を得られる。

【 0 0 4 8 】

また、図 1 2 は、前記ツール 1 を別のセルフアセンブリに用いる場合の説明図である。ツール 1 は、図 1 の実施形態とほぼ同一であり、所定の位置において親水層 2 の微細構造部 2 1 が、撥水層 3 の開口部 3 1 から露出している。このツール 1 を、シャーレ 4 4 内に投入する（図 1 2 (a) (b) ）。このシャーレ 4 4 には、微粒子（ナノ粒子）4 5 を含むコロイド又は分散液が入れられている。微粒子 4 5 としては、金、パラジウム、プラチナ、銅、銀、カーボンナノチューブ等がある。

【 0 0 4 9 】

前記ツール 1 をシャーレ 4 4 から取り出すと、図 1 2 (c) に示すように、当該ツール 1 において、開口部 3 1 から露出している微細構造部 2 1 には、液滴（コロイド又は分散液）が捕捉される。そして、この捕捉された液滴には、前記微粒子 4 5 が含まれている。図 1 2 (d) に示すように、この液滴の水分を例えば蒸発等により除去すれば、開口部 3 1 から露出している微細構造部 2 1 それぞれには、前記微粒子 4 5 が堆積した状態となる。これに対して、それ以外の撥水層 3 の表面 3 2 には、液滴が捕捉されない。このように、ツール 1 上において、局所的に（所望の位置に）微粒子 4 5 を配置することが可能となる。

【 0 0 5 0 】

また、図 1 3 は、複数の前記ツール 1 を、セルフアライメントする場合の説明図である。一对のツール 1 それぞれは、図 1 の実施形態とほぼ同一であり、所定の位置において親水層 2 の微細構造部が、撥水層 3 の開口部 3 1 から露出している。そして、対のツール 1 における開口部 3 1 のパターンは鏡像の関係にある。このため、対のツール 1 それぞれにおいて、開口部 3 1 から露出した親水層 2 の微細構造部 2 1 は、対向した位置関係となり得る。

そこで、各ツール 1 の露出した微細構造部 2 1 に液滴を保持させた状態で、対のツール 1 を接近させると、前記液滴の表面張力によって、対のツール 1 の開口部 3 1 同士が接近し、対向した状態となり、一方のツール 1 を他方のツール 1 に自動的に位置合わせすることができる。

【 0 0 5 1 】

以上のように、本発明のツール 1 を、セルフアセンブリ、セルフアライメントの技術に適用することができる。また、前記のとおり、本発明のツール 1 を、例えば微量分注機能を有する μ T A S (Micro-Total Analysis Systems) デバイスに内蔵することができる。この場合、MEMS 技術を用いて、ツール 1 上に微小な流路や反応室、混合室を設けることもでき、このツール 1 によって、血液や DNA をはじめさまざまな液体を分析する生化学分析デバイスとすることも可能となる。

【 0 0 5 2 】

また、本発明のツール 1 によれば、例えば図 1 に示したように、液体が、流路 5 2 内を流れるのみで、1 条の当該流路 5 2 内に定量の液滴を複数箇所で生成することが可能となる。さらに、親水及び撥水の特性が高く、接触角の差が大きいことから、液滴の捕捉能力は高く、しかも、定量の液滴を捕捉することができる。そして、ナノリットルスケールの微量分注が簡単な操作により実現可能である。

【 0 0 5 3 】

また、本発明の液滴保持ツールは、図示する形態に限らず本発明の範囲内において他の形態のものであっても良く、撥水層 3 の開口部 3 1 の配置パターンは、用途に応じて変更自在であり、また、開口部 3 1 の形状を矩形としたが円形であってもよい。

前記製造方法では、単一の開口部 3 1 を形成する場合を説明したが、複数の開口部 3 1 を形成する場合、当該開口部 3 1 を前記製造方法によって同時に形成することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 4 】

10

20

30

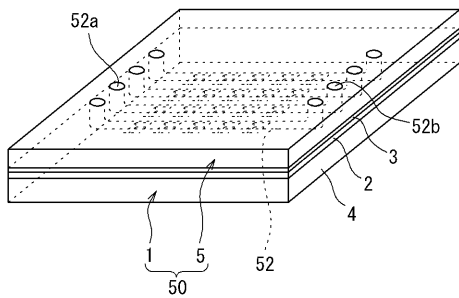
40

50

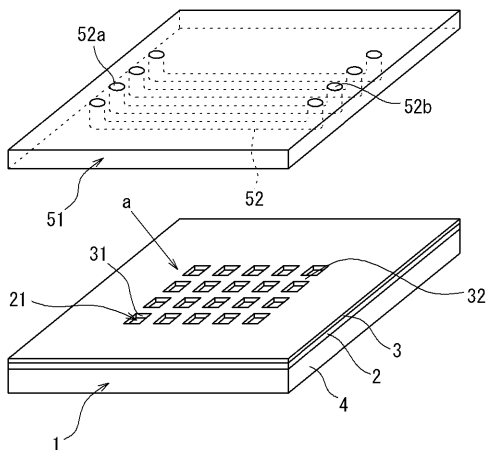
1 : 液滴保持ツール、 2 : 親水層、 3 : 撥水層、 5 : マスク、 6 : 窓
部、 20 : 表面、 21 : 凹凸微細構造部、 31 : 開口部、 32 : 表面

【 図 1 】

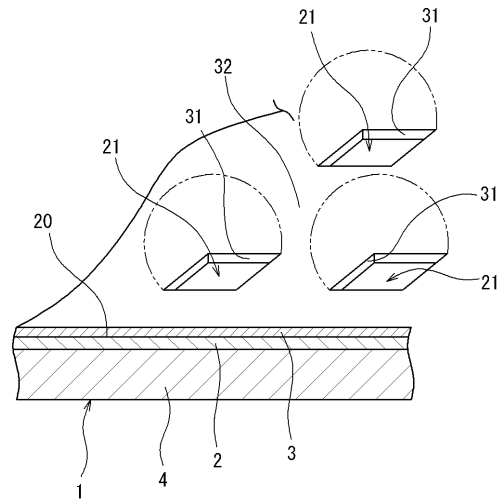
(a)



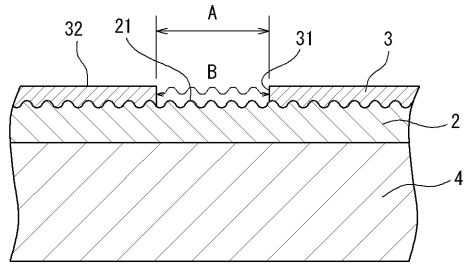
(b)



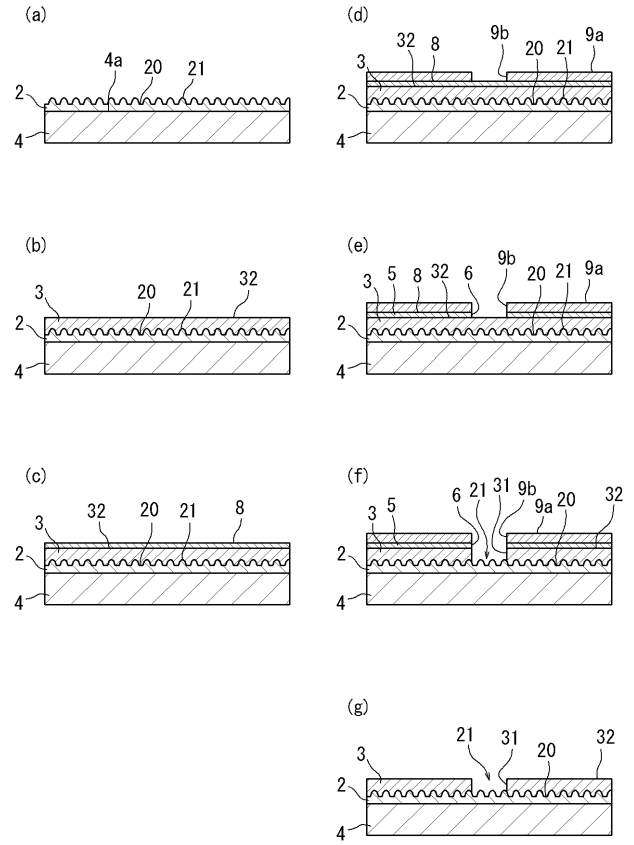
【 図 2 】



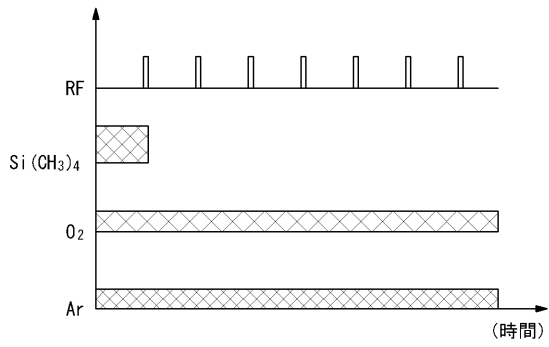
【 図 4 】



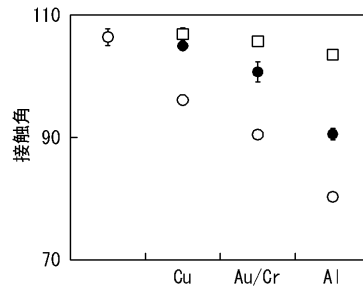
【 図 5 】



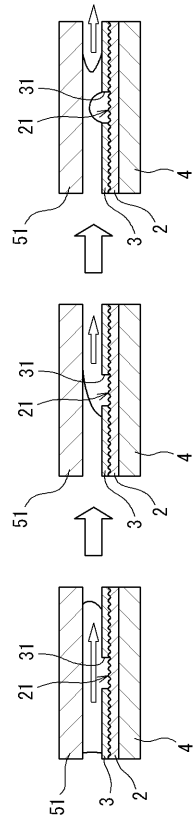
【 図 6 】



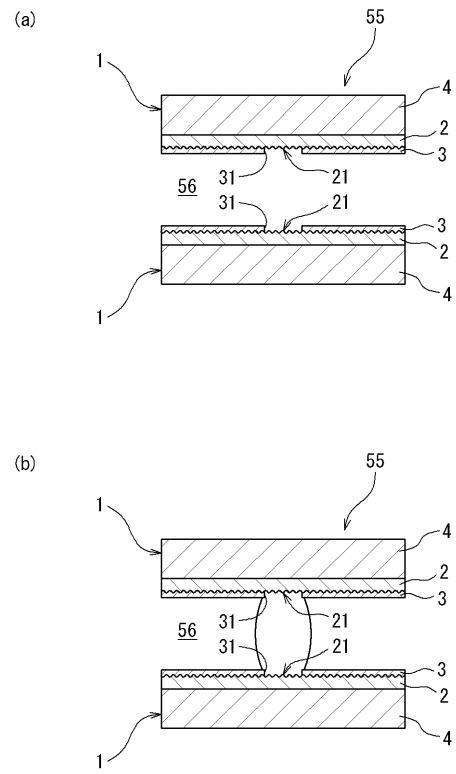
【 図 7 】



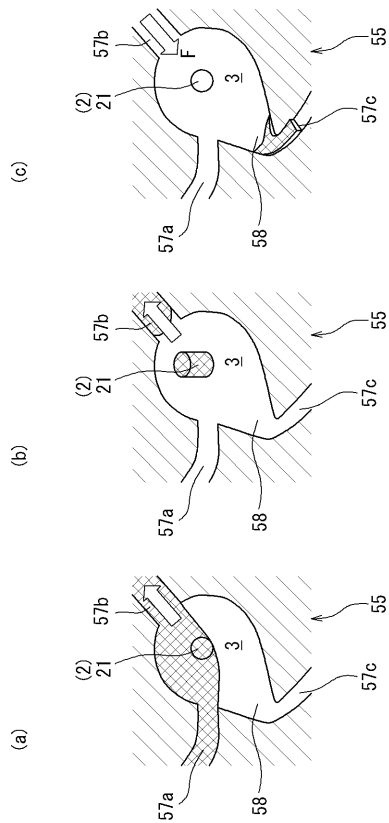
【 図 8 】



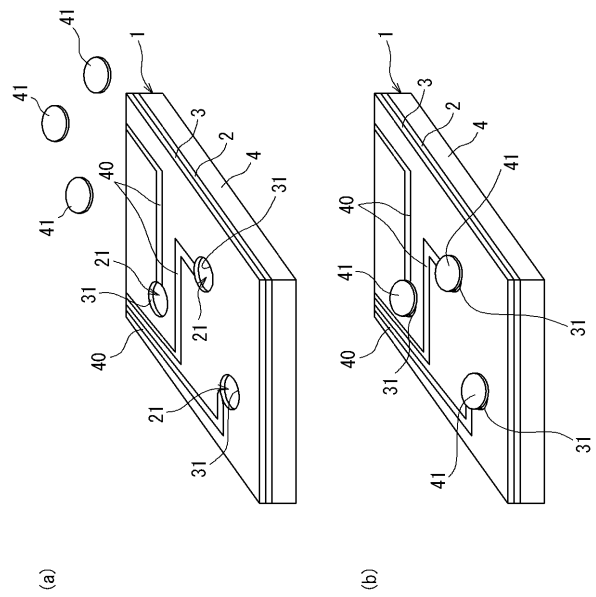
【 図 9 】



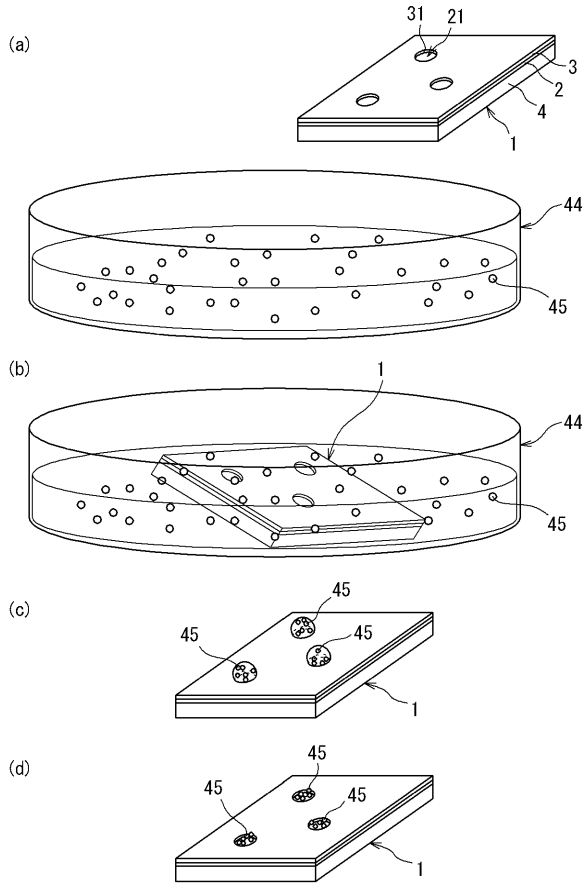
【 図 10 】



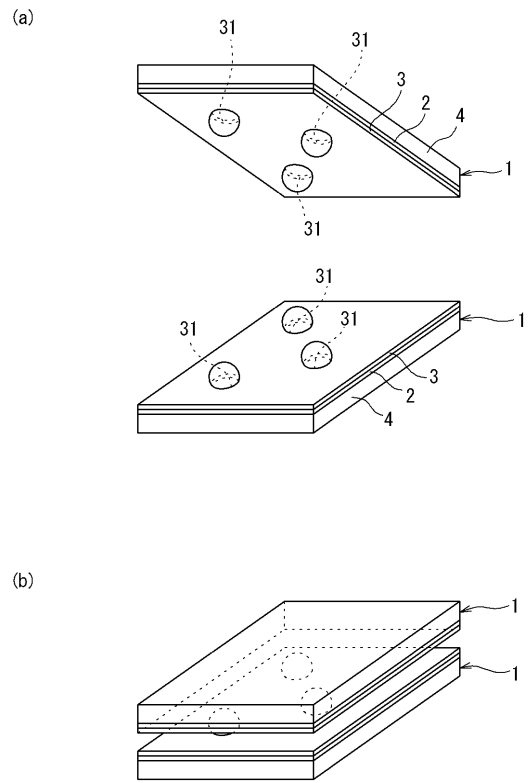
【 図 11 】



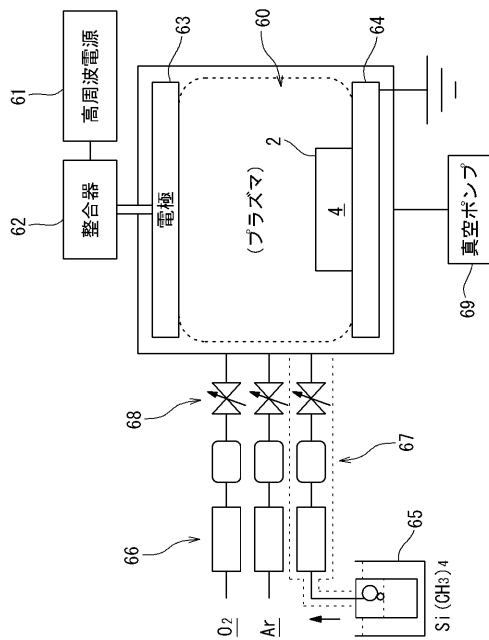
【図 1 2】



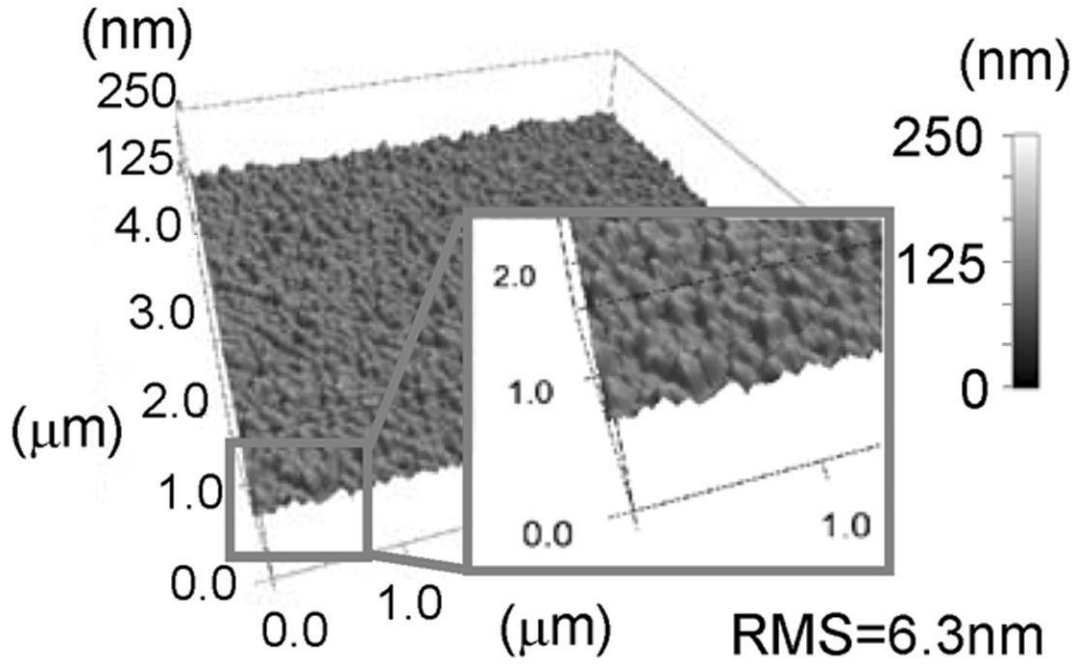
【図 1 3】



【図 1 4】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 大造

滋賀県草津市野路東一丁目1番1号 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部内

(72)発明者 海妻 良浩

兵庫県神戸市西区高塚台3丁目1番35号 神港精機株式会社内

Fターム(参考) 2G052 AA06 AA30 EB11 EC14 ED17 HC02 HC27 HC36 JA08 JA13

JA16

2G058 CC17 DA07 EB11