

明 細 書

発明の名称： マイクロチップ及びマイクロチップの製造方法

技術分野

[0001] 本技術は、複数の基板層からなるマイクロチップに関する。より詳しくは、基板層の界面に接合層が設けられたマイクロチップに関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体産業における微細加工技術を応用し、シリコンやガラス製の基板上に化学的及び生物学的分析を行うためのウェルや流路を設けたマイクロチップが開発されてきている。これらのマイクロチップは、例えば、液体クロマトグラフィーの電気化学検出器や医療現場における小型の電気化学センサなどに利用され始めている。

[0003] このようなマイクロチップを用いた分析システムは、 μ -TAS (micro-Total-Analysis System) やラボ・オン・チップ、バイオチップ等と称され、化学的及び生物学的分析の高速化や高効率化、集積化あるいは、分析装置の小型化を可能にする技術として注目されている。 μ -TASは、少量の試料で分析が可能なことや、マイクロチップのディスポーザブルユース（使い捨て）が可能ことから、特に貴重な微量試料や多数の検体を扱う生物学的分析への応用が期待されている。

[0004] 上記のマイクロチップは、一般に、ウェルや流路が成形された基板に、他の基板を貼り合わせて製造される。基板の接合においては、基板に設けた流路等の微細構造を損なうことなく、かつ、試料が導入される微細構造を確実に封止する必要がある。

[0005] 例えば、特許文献1には、「溶液が導入される領域が、内部を大気圧に対して負圧とされて配設されたマイクロチップ」が開示されている。このマイクロチップは、材質の異なる複数の基板層が貼り合わさって、形成されている。このような複合材料基板層のマイクロチップでは、基板層間の接合強度が不十分となる場合がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2011-163984号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] マイクロチップを構成する基板層の材質の組み合わせによっては、基板層間の接合強度が不十分となる場合がある。そこで本技術は、基板層間の接合強度を高めるための技術を提供することを主な目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題解決のため、本技術は、複数の基板層と、前記基板層の界面に設けられた、ケイ素化合物からなる接合層とからなり、前記接合層のうち少なくとも1つは有機ケイ素化合物からなる、マイクロチップを提供する。

前記複数の基板層は、非シリコン樹脂からなる基板層と、ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、を含み、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層の両面は、第1の非シリコン樹脂からなる基板層及び第2の非シリコン樹脂からなる基板層と、前記接合層を介して、接合していてもよい。

また、前記第1の非シリコン樹脂からなる基板層は前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層との接合面に溝を有し、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層との接合面に溝を有していない前記第2の非シリコン樹脂からなる基板層と、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層とは、前記有機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している、マイクロチップであってもよい。

さらに、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、前記第1の非シリコン樹脂からなる基板層とは、無機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合していてもよい。

その他、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層は前記第1の非シリ

コーン樹脂からなる基板層との接合面に溝を有し、前記第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層と前記第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層とが、各々前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、前記有機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している、マイクロチップであってもよい。

前記第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層及び第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層は、アクリル樹脂又はポリカーボネートからなるものであってもよくガス不透過性であってもよい。

さらに、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層は弾性変形による自己封止性を備え、前記溝の内空が大気圧に対して負圧とされていてもよい。

[0009] また、本技術は、溝が設けられた第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層の溝形成面をケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆する蒸着工程と、第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層の溝が設けられていない面を有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆する塗工工程と、を含む、マイクロチップの製造方法を提供する。

マイクロチップの製造方法には、前記ケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆された、前記第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層の前記溝形成面と、前記有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆された、前記第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層の前記溝が設けられていない面と、を各々ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、貼り合わせる接合工程を含んでいてもよい。

発明の効果

[0010] 本技術により、基板層間の接合強度が高められたマイクロチップが提供される。

図面の簡単な説明

[0011] [図1] A 及び B は、本技術の第一実施形態に係るマイクロチップ 1 a の構成を説明するための模式図である。

[図2] マイクロチップ 1 a の製造方法を説明するためのフローチャートである。

[図3] A～Fは、マイクロチップ1 aの製造方法を説明するための模式図である。

[図4] 本技術の第二実施形態に係るマイクロチップ1 bの構成を説明するための模式図である。

[図5] マイクロチップ1 bの製造方法を説明するためのフローチャートである。

[図6] A～Fは、マイクロチップ1 bの製造方法を説明するための模式図である。

[図7] 本技術の第三実施形態に係るマイクロチップ1 cの構成を説明するための模式図である。

[図8] A～Fは、マイクロチップ1 cの製造方法を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本技術を実施するための好適な形態について説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本技術の代表的な実施形態を示したものであり、これにより本技術の範囲が狭く解釈されることはない。説明は以下の順序で行う。

1. 本技術の第一実施形態に係るマイクロチップの構成
2. 本技術の第一実施形態に係るマイクロチップの製造方法
 - (1) 基板層の成形
 - (2) 架橋性組成物の積層
 - (3) 架橋性組成物の硬化
 - (4) 基板層の接合
3. 本技術の第二実施形態に係るマイクロチップの構成
4. 本技術の第二実施形態に係るマイクロチップの製造方法
 - (1) 架橋性組成物の塗工
5. 本技術の第三実施形態に係るマイクロチップの構成

6. 本技術の第三実施形態に係るマイクロチップの製造方法

- (1) 基板層の成形
- (2) 架橋性組成物の塗工

[0013] 1. 本技術の第一実施形態に係るマイクロチップの構成

図1は、本技術の第一実施形態に係るマイクロチップ1aの構成を示す模式図である。図1Aは上面模式図であり、図1Bは、図1AのP-P断面に対応する断面模式図である。

[0014] 図中符号1aで示すマイクロチップには、試料溶液等の液体が導入される領域として、外部から液体が導入される導入部3と、分析対象物の反応場となるウェル51～55と、導入部3と各ウェル51～55とを接続する流路41～45が設けられている。図1及びその説明においては、流路41により液体が供給される5つのウェルを全てウェル51とし、同様に流路42，43，44，45により液体の供給を受ける各々の5つのウェルを、ウェル52，53，54，55として説明する。なお、本技術に係るマイクロチップの構成は、図1に示す導入部3、流路41～45、ウェル51～55の数や配置に限定されることはない。

[0015] 本技術に係るマイクロチップは、複数の基板層と、基板層の界面に設けられたケイ素化合物からなる接合層からなる。また、接合層のうち、少なくとも1つは有機ケイ素化合物からなる。図1Bに示す本実施形態に係るマイクロチップ1aは、例えば、3つの基板層11，12，13から構成されている。マイクロチップ1aを構成する複数の基板層11，12，13には、非シリコン樹脂からなる基板層と、ポリジメチルシロキサンからなる基板層とが含まれていることが好ましい。また、ポリジメチルシロキサンからなる基板層の両面は、第1の非シリコン樹脂からなる基板層及び第2の非シリコン樹脂からなる基板層と、接合層を介して接合している。本実施形態に係るマイクロチップ1aにおいては、説明の便宜上、ポリジメチルシロキサンからなる基板層を基板層11とし、基板層11と接合する2つの基板層の

うち、「第１の非シリコン樹脂からなる基板層」を「基板層１２」、「第２の非シリコン樹脂からなる基板層」を「基板層１３」と称する。これは、後述する第二実施形態及び第三実施形態においても同様である。

[0016] マイクロチップ１ａにおいて、基板層１２は基板層１１との接合面に溝を有し、この溝が、導入部３、流路４１～４５及びウェル５１～５５の試料溶液等の液体が導入される領域に相当する。基板層１２は、ケイ素化合物からなる接合層２２ｂを介して基板層１１と接合している。この接合層２２ｂは、無機ケイ素化合物からなる接合層である。一方、基板層１３は基板層１１との接合面に溝を有しておらず、基板層１３は、有機ケイ素化合物からなる接合層２２ａを介して基板層１１と接合している。

[0017] マイクロチップ１ａにおいて、基板層１２に形成された溝は、基板層１１との接合面に設けられているため、マイクロチップ１ａに設けられた導入部３等の液体が導入される領域は、マイクロチップ１ａの外部と連絡していない。基板層１１が弾性を有する材料からなる場合、針などの穿刺部材の一部をマイクロチップ１ａ外部から、基板層１３に形成された導入口３１を看過して、導入部３に穿通することが可能である。針を接続したシリンジ等に予め液体を充填しておき、基板層１１をその針で穿通すれば、マイクロチップ１ａ内の導入部３等の領域に液体を導入することができる。さらに、基板層１１の針等による穿通によって、封止されていた領域はシリンジ内部とだけ接続されるため、流路４１～４５やウェル５１～５５に気泡が入ることなく、液体を導入することができる。

[0018] 液体を導入した後に、針等を導入部３から抜いた際、基板層１１が弾性を有する材質であれば、基板層１１の自己封止性により穿刺箇所が自然に封止されるようにできる。本技術においては、基板層の弾性変形による針などの穿刺箇所の自然封止を、基板層の「自己封止性」と定義する。

[0019] マイクロチップ１ａに導入する液体とは、分析対象物、又は他の物質と反応して分析対象物を生成する物質を含む試料溶液等を指す。分析対象物としては、ＤＮＡやＲＮＡ等の核酸、ペプチド、抗体等を含めたタンパク質など

、を挙げることができる。また血液等、前記の分析対象物を含んだ生体試料自体、又はその希釈溶液も、マイクロチップ1 aに導入する液体とすることができる。また、マイクロチップ1 aを用いる分析手法としては、例えば、温度サイクルを実施する従来のPCR (Polymerase Chain Reaction) 法や温度サイクルを伴わない各種等温増幅法等の、核酸増幅反応を利用した分析手法が含まれる。

[0020] 2. 本技術の第一実施形態に係るマイクロチップの製造方法

マイクロチップ1 aの製造方法について、図2に示すフローチャートを参照して説明する。

[0021] (1) 基板層の成形

図2中、符号S1は基板層の成形工程である。本工程では、基板層12に、導入部3、流路41～45、及びウェル51～55に相当する溝と、基板層13に導入口31に相当する孔を成形する。基板層12、13の材料には、ガラス、プラスチック類、金属類及びセラミック類などを採用できるが、特に、プラスチック類が好ましい。また、後述するように、基板層12、13にはガス不透過性を有する材料が好ましい。ガス不透過性を有するプラスチック類としては、PMMA (ポリメチルメタアクリレート：アクリル樹脂)、PC (ポリカーボネート)、PS (ポリスチレン)、PP (ポリプロピレン)、PE (ポリエチレン)、PET (ポリエチレンテレフタレート)、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート、SAN樹脂 (スチレン-アクリロニトリル共重合体)、MS樹脂 (MMA-スチレン共重合体)、TPX (ポリ(4-メチルペンテン-1))、ポリオレフィン、SiMA (シロキサンルメタクリレートモノマー)-MMA共重合体、SiMA-フッ素含有モノマー共重合体、シリコーンマクロマー(A)-HFBU MA (ヘプタフルオロブチルメタクリレート)-MMA 3元共重合体、ジ置換ポリアセチレン系ポリマー等が挙げられる。このうち、非シリコーン樹脂である、アクリル樹脂やPCが好適である。

[0022] なお、マイクロチップ1 aの各ウェル51～55に保持された物質を、光

学的に分析する場合は、基板層 1 1, 1 2, 1 3 の材質には、光透過性を有し自家蛍光が少なく波長分散が小さいことで光学誤差の少ない材料を選択することが好ましい。

[0023] 基板層 1 2, 1 3 への導入部 3 等の成形は、公知の手法によって行うことができる。例えば、ガラス製基板層のウェットエッチング又はドライエッチングによって、あるいはプラスチック製基板層のナノインプリント、射出成型又は切削加工である。また、マイクロチップ 1 a は、図 1 に示す構成に限定されず、導入部 3 等の液体が導入される領域を、基板層 1 1 に成形することも可能であり、あるいは基板層 1 1 に一部を、基板層 1 2 に残りの部分を成形してもよい。

[0024] なお、図 2 に示すマイクロチップ 1 a の製造方法において、基板層の成形工程 S 1 は必須の工程ではなく、予め溝や孔が成形された基板層 1 2, 1 3 を別途用意し、次に述べる、基板層 1 2, 1 3 への架橋性組成物の積層工程 S 2 から行うこともできる。

[0025] (2) 架橋性組成物の積層

図 2 中、符号 S 2 (S 2 a 及び S 2 b) は、基板層 1 2, 1 3 への架橋性組成物の積層工程である。また、図 3 は、本工程から、基板層の接合工程 S 4 までの各工程を模式的に示す図である。図 3 A に示すように、本工程では、基板層 1 2 にケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 b を、基板層 1 3 に、ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a を積層する。具体的には、導入口 3 1 に相当する孔のみが形成された基板層 1 3 の、溝が設けられていない面に、有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a を塗工し（架橋性組成物の塗工工程 S 2 a）、導入部 3 等に相当する溝が形成された基板層 1 2 の溝形成面に、ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 b を蒸着する（架橋性組成物の蒸着工程 S 2 b）。

[0026] [架橋性組成物の塗工工程 S 2 a]

マイクロチップ 1 a の製造工程で用いる、ケイ素化合物を含む架橋性組成物とは、例えば、アルコキシシラン類が加水分解・部分縮合により生成され

たシラノール基を含有する縮合物であり、この縮合物がアルコール溶媒などの液体に分散されている状態であってもよい。塗工工程 S 2 a において用いる架橋性組成物 2 1 a は、有機ケイ素化合物を含むものが好ましい。有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物は、例えば、先のシラノール基を含有する縮合物が分散された溶媒に、有機官能基を含むアルコキシシランの縮合物が加えられたものである。具体的には、例えば、アルキルトリアルコキシシランとテトラアルコキシシランとの縮合物が含まれる溶媒などである。この他、有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物には、上記の縮合物の他、コロイド状のシリカなどが添加されていてもよい。

[0027] 本工程で用いるケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a は、市販のシリコンハードコート剤などとすることもできる。P C からなる基板層 1 3 に対しては、例えば、日本精化株式会社製ハードコート剤「N S C - 1 6 0 0」が使用できる。また、P M M A からなる基板層 1 3 に対しては、例えば、日本精化株式会社製ハードコート剤「N S C - 2 7 0 5」が使用できる。

[0028] 有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a の基板層 1 3 への塗工は、公知の手法によって行うことができる。例えば、ディッピングコート、スプレーコート、フローコート、スピコートなどである。架橋性組成物 2 1 a に含まれる有機鎖が保持されるような塗工方法であれば、基板層 1 3 の材料の特性や形状等に合わせ適切な手法を選択すれば良く、塗工方法は特に限定されない。

[0029] [架橋性組成物の蒸着工程 S 2 b]

一方、蒸着工程 S 2 b で用いる架橋性組成物 2 1 b も、ケイ素化合物が含まれているが、有機ケイ素化合物を含む縮合物には限定されず、有機鎖を含まないケイ素化合物を含む縮合物であってもよい。本実施形態では、有機鎖を含まないケイ素化合物を、「無機ケイ素化合物」と称する。架橋性組成物 2 1 b としては、例えば、ポリシロキサンオリゴマーなどのアルコキシシラン類の縮合物を含む溶液などが挙げられる。

[0030] 無機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 b の基板層 1 2 への蒸着は、公

知の手法によって行うことができる。例えば、真空蒸着、イオンプレーティング、スパッタリングなどである。これらの手法の中から、基板層 1 3 の材料の特性や形状等に合わせ適切な手法を選択すればよく、蒸着方法は特に限定されない。

[0031] なお、図 3 に示すマイクロチップ 1 a の製造工程においては、基板層 1 2, 1 3 の、各々の基板層 1 1 と接する面にのみ架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b を塗工、あるいは蒸着しているが、架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b を、基板層 1 2, 1 3 の他の部分に塗工、あるいは蒸着してもよい。本技術の第一実施形態に係るマイクロチップ 1 a において、基板層 1 2, 1 3 の、各々の基板層 1 1 との接合面以外への架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b の塗工、あるいは蒸着の有無は、特に限定されない。また、この点は、後述する第二実施形態に係るマイクロチップ 1 b や第三実施形態に係るマイクロチップ 1 c についても同様である。

[0032] 例えば、架橋性組成物 2 1 a を基板層 1 3 に塗工する手法としてディッピングコートを選択することで、基板層 1 3 を構成する全ての面に同時に塗工することが可能となる。マイクロチップ 1 a の外面に架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b が塗工、あるいは蒸着された場合、後述する架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b の硬化処理によって、架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b は硬化し、マイクロチップ 1 a の外面は架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b が硬化して形成される層に被覆される。この層で覆われることにより、マイクロチップ 1 a の外面は、傷つきにくくなり、マイクロチップ 1 a の耐久性が向上する。

[0033] (3) 架橋性組成物の硬化

図 2 中、符号 S 3 は架橋性組成物を重合して硬化する工程である。本工程では、図 3 A 及び図 3 B に示すように、基板層 1 2, 1 3 に積層された架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b を加熱して、硬化させる。すなわち、本工程は、架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b を重合させて接合層 2 2 a, 2 2 b を形成させる工程である。架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b に含まれるシラノール基が加熱により縮合し、シロキサン結合 ($\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$) が形成される。このシロキ

サン結合を含む、架橋性組成物 2 1 a, 2 1 b が硬化して形成された層が、接合層 2 2 a, 2 2 b である。

[0034] 架橋性組成物 2 1 a は基板層 1 3 を、架橋性組成物 2 1 b は基板層 1 2 を、各々被覆した状態で、加熱されるため、加熱温度は、各基板層 1 2, 1 3 の材料に応じて決めればよい。加熱温度は、例えば PC を基板層 1 2, 1 3 に用いた場合は、80～120℃が望ましく、PMMA を用いた場合には、60～80℃が望ましい。

[0035] (4) 基板層の接合

図 2 中、符号 S 4 は基板層の接合工程である。本工程では、ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 b で被覆された基板層 1 2 の溝形成面（領域が形成された面）と、有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a で被覆された、基板層 1 3 の溝が設けられていない面とを、基板層 1 1 と貼り合わせる接合工程である。具体的には、例えば、基板層 1 1 に基板層 1 2 を貼り合わせ、次いで基板層 1 1 と基板層 1 3 とを貼り合わせる。基板層 1 1, 1 2, 1 3 の貼り合わせの順序は、基板層 1 1 と基板層 1 3 との接合から始めてもよい。

[0036] 基板層 1 1 は、基板層 1 2, 1 3 に積層された接合層 2 2 a, 2 2 b にシロキサン結合が含まれるため、接合層 2 2 a, 2 2 b とシロキサン結合を形成可能なシリコーン樹脂からなる材料が好適である。さらに、基板層 1 1 には弾性を有するシリコーン系エラストマーが好適であり、例えば、ポリジメチルシロキサン (PDMS) が望ましい。また、本実施形態に係るマイクロチップ 1 a において、マイクロチップを構成する複数の基板層には、上述した非シリコーン樹脂からなる基板層である基板層 1 2, 1 3 と、PDMS からなる基板層 1 1 と、を含み、PDMS からなる基板層の両面が、各々非シリコーン樹脂からなる基板層（基板層 1 2, 1 3）と接合層 2 2 a, 2 2 b を介して接合していることが好ましい。この好適な構成については、後述する第二実施形態及び第三実施形態についても同様である。

[0037] 図 3 C に示すように、基板層 1 1 と基板層 1 2 との貼り合わせにおいては

、基板層 1 2 の接合層 2 2 b が設けられた面と基板層 1 1 の一の面について、各々活性化処理を行う。活性化処理は、酸素プラズマや紫外線を照射することで可能であり、その他、イオンビーム照射など公知の手法を用いればよい。活性化処理によって、基板層 1 2 上の接合層 2 2 b の表面には、OH 基の結合手が生成される。同様に、基板層 1 1 がシリコン樹脂からなる場合、活性化処理を行った面には、OH 基の結合手が生成される。基板層 1 1 と接合層 2 2 b に生成された OH 基の結合手は反応性が高く、互いの処理面を貼り合わせると、シロキサン結合が生じ、強固に結合される（図 3 D）。この結果、基板層 1 1 と基板層 1 2 とは、無機ケイ素化合物からなる接合層 2 2 b を介し接合される。また、基板層 1 2 に形成された溝の内空は、気密に封止される。

[0038] マイクロチップ 1 a の製造において、基板層 1 1 と基板層 1 2 との貼り合わせを大気圧に対して負圧下で行った場合、導入部 3 等の領域に相当する基板層 1 2 に設けられた溝の内空を、大気圧に対して負圧（1 / 100 気圧）となるように気密に封止することができる。液体が導入されるマイクロチップ内の領域を大気圧に対し負圧とすることにより、液体の導入時にマイクロチップ 1 a 内部の陰圧によって液体が自動的に吸引され、微細な流路構造が形成されたマイクロチップ 1 a 内への液体の導入が、より短時間で行えるようになる。

[0039] また、上記のマイクロチップ 1 a 内の負圧を維持するためには、基板層 1 2, 1 3 の材料は、ガス不透過性を有することが好ましい。マイクロチップ 1 a の外面を構成する基板層 1 2, 1 3 を PC などのガス不透過性を備える材料とすることで、マイクロチップ 1 a が大気下に保管された場合であっても、導入部 3 等の領域が負圧に保持される。さらに、基板層 1 2, 1 3 をガス不透過性を有する材料で構成した場合、分析過程でマイクロチップ 1 a の加熱が行われた時にも、ウェル 5 1 ~ 5 5 内に導入された液体が加熱によって気化し、基板層 1 1 を透過して消失（液抜け）するのを防止できる。

[0040] 基板層 1 3 と基板層 1 1 との貼り合わせについても、同様に、接合層 2 2

aと基板層11の表面を活性化処理し（図3E）、処理面にOH基を生成させた後、互いの処理面を貼り合わせる（図3F）。この結果、基板層11は、基板層13の溝が形成されていない面と、有機ケイ素化合物からなる接合層22aを介して接合される。

[0041] 本技術の第一実施形態に係るマイクロチップ1aにおいては、基板層11、12、13の各々の接合面に、ケイ素化合物を含む接合層22a、22bを設け、シロキサン結合を介して接合することによって、基板層11、12、13を強固に結合することができる。そのため、基板層に形成された微細な流路等の構造を確実に封止した状態とすることが可能である。

[0042] また、本技術に係るマイクロチップ1aにおいては、ガラス製基板層を用いずとも、シロキサン結合を形成して強固な接合状態にできる。ガラス製基板を用いないことにより、ガラス製基板層を用いたマイクロチップに比べ、マイクロチップ1aは、破損の懸念が少なくなる。また、ガラス製基板層を使用しないことによって、マイクロチップ1aの軽量化も可能である。

[0043] マイクロチップ1aにおける接合層22a、22bは、基板層11、12、13の接合を強固にする効果の他、マイクロチップ1a自体の強度を高めるための効果も有している。基板層11、12、13の間に接合層22a、22bが挟まれていることによって、マイクロチップ1aの変形が防止される。特に、マイクロチップ1aの少なくとも一の接合層22aは、有機ケイ素化合物からなるため、有機鎖を含まないケイ素化合物からなる接合層に比べ、柔軟で亀裂などを生じにくく、マイクロチップ1aの耐久性を向上させる。

[0044] 3. 本技術の第二実施形態に係るマイクロチップの構成

図4は、本技術の第二実施形態に係るマイクロチップ1bの構成を示す断面模式図である。マイクロチップ1bは、基板層11と基板層12の界面に設けられる接合層22a以外の構成については、第一実施形態と同一である。第一実施形態と同一の構成については、同一の符号を付し、説明については省略する。また、マイクロチップ1bを構成する基板層11、12、13

の材料は、マイクロチップ 1 a において同一の符号を付した基板層と同じである。マイクロチップ 1 b では、基板層 1 2 の導入部 3 等の領域に相当する溝が形成された面と基板層 1 1 との界面にも、基板層 1 1 と基板層 1 3 の界面と同じように、接合層 2 2 a が設けられている。

[0045] 4. 本技術の第二実施形態に係るマイクロチップの製造方法

マイクロチップ 1 b の製造方法について、図 5 に示すフローチャートを参照して説明する。マイクロチップ 1 b の製造工程では、基板層の成形工程 S 1、架橋性組成物の硬化工程 S 3、及び基板層の接合工程 S 4 については、第一実施形態に係るマイクロチップ 1 a の製造工程と同様である。そこで、マイクロチップ 1 a の製造工程と異なる架橋性組成物の塗工工程 S 2 a について、図 6 を参照して説明する。

[0046] (1) 架橋性組成物の塗工

本工程では、図 6 A に示すように、基板層 1 2 の導入部 3 等の領域に相当する溝が形成されている面と、基板層 1 3 の一の面に、各々、有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a を塗工する。本実施形態では、基板層 1 2、1 3 を被覆する架橋性組成物 2 1 a は、何れも有機ケイ素化合物を含んでいる。有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a の、各基板層 1 2、1 3 への塗工方法は、第一実施形態において挙げた手法と同様である。また、基板層 1 2 への架橋性組成物 2 1 a の塗工工程 S 2 a では、基板層 1 2 において基板層 1 1 と接する部分のみに塗工した。

[0047] 基板層 1 2 に部分的に架橋性化合物 2 1 a を塗工するために、塗工を行う前に基板層 1 2 の塗工しない部分にマスキングを施してもよい（図 6 A において、マスキング層は不図示。）。マスキングには、例えば、水溶性レジストを用いることができる。基板層 1 2 のウェル等が形成された部分を、水溶性レジストで被覆し、架橋性化合物 2 1 a を基板層 1 2 に塗工する。基板層 1 2 からの水溶性レジストの除去は、例えば水を用いて行う。水溶性レジストの除去を促進するために、超音波などの手法を併用してもよい。

[0048] マスキングにはまた、金属薄膜を用いてもよい。例えば、アルミニウムな

どの金属を、蒸着やスパッタリングによって基板層 12 に 100 nm 程度の厚みで被覆する。金属薄膜の基板層 12 からの除去は、例えばアルカリ水溶液を用いて行う。必要に応じて超音波などの手法も併用して、金属薄膜を基板層 12 から剥離させる。なお、塗工工程 S 2 a において、ススキングを施す部分は、導入部 3 等の液体が導入される領域には限定されない。例えば、架橋性組成物 2 1 a の塗工方法にダイピングコートを選択し、架橋性組成物 2 1 a をスパッタリング 1 b の外面に配される基板層 12 の一面に塗工しない場合は、この面をススキングすればよい。

[0049] また、基板層 12 にススキングを施さずに、精密スクリーン印刷等によって、部分的に架橋性組成物 2 1 a を基板層 12 に塗工してもよい。

[0050] なお、第二実施形態に係るスパッタリング 1 b においては、第一実施形態に係るスパッタリング 1 a と同様に、導入部 3 等の液体が導入される領域に接合層 2 2 a が形成されてもよい。スパッタリング 1 b において、試料溶液やスパッタリング 1 b を用いた解析などへの影響が生じない限り、架橋性組成物 2 1 a の基板層 12 の溝部分への塗工の有無については、特に限定されない。この点については、第一実施形態に係るスパッタリング 1 a 及び後述する第三実施形態に係るスパッタリング 1 c も同様である。

[0051] 図 6 A においては、基板層 12 を被覆する、有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物と、何れについても符号 2 1 a が付されているが、各基板層 12, 13 を被覆する架橋性組成物の組成は同一である必要はない。例えば、基板層 12 に PC を用い、基板層 13 に PMMA を用いた場合は、各々の材料に合わせて、適当な有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a を選択すればよい。

[0052] 塗工工程 S 2 a を経た基板層 12, 13 については、第一実施形態と同様に、硬化工程 S 3 によって有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a を重合させ、接合層 2 2 a を形成させる (図 6 B)。その後、基板層の接合工程 S 4 において、基板層 12 に設けられた接合層 2 2 a と、ポリジメチルシロキサンなどのシリコン樹脂からなる基板層 11 の一面とを活性化処理し

(図6C)、基板層11と基板層12とを貼り合わせる(図6D)。基板層13についても、同様に、基板層13に設けられた接合層22aと基板層11のもう一の面について活性化処理を行い(図6E)、基板層11と基板層13とを貼り合わせる(図6F)。

[0053] 本技術の第二実施形態に係るマイクロチップ1bにおいては、第一実施形態と同様に、基板層11、12、13の各々の接合面で、ケイ素化合物を含む接合層22aを設けることで、基板層11、12、13を強固に結合することができる。さらに、マイクロチップ1bにおいて基板層12及び基板層13に積層された接合層22a、22aは、何れも有機ケイ素化合物を含むため、柔軟で亀裂などを生じにくく、有機鎖を含まない接合層に比べ、より基板層11、12、13から剥離しにくく、マイクロチップ1bの耐久性を向上させる。

[0054] 5. 本技術の第三実施形態に係るマイクロチップの構成

図7は、本技術の第三実施形態に係るマイクロチップ1cの構成を示す断面模式図である。マイクロチップ1cにおいては、基板層11は、基板層12との接合面に溝を有している。また、基板層12、13は、各々基板層11と有機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している。すなわち、マイクロチップ1cは、第一実施形態に係るマイクロチップ1a及び第二実施形態に係るマイクロチップ1bと異なり、基板層11に導入部3等の液体が導入される領域が形成されている。その他の構成については、マイクロチップ1bと同一である。マイクロチップ1bと同一の構成については、同一の符号を付し、説明については省略する。また、マイクロチップ1cを構成する基板層11、12、13の材料は、第一実施形態に係るマイクロチップ1aにおいて同一の符号を付した基板層と同じである。

[0055] 6. 本技術の第三実施形態に係るマイクロチップの製造方法

マイクロチップ1cの製造方法については、第二実施形態に係るマイクロチップ1bの製造工程と同一の製造工程であるため、フローチャートは省略する。マイクロチップ1bの製造工程と一部異なる、基板層の成形工程S1

と架橋性組成物の塗工工程 S 2 a については、図 8 を参照して説明する。

[0056] (1) 基板層の成形

基板層の成形工程 S 1 では、ポリジメチルシロキサンなどのシリコーン樹脂からなる基板層 1 1 に、導入部 3 などの領域に相当する溝を成形する。そのため、図 8 A に示すように、基板層 1 2 及び基板層 1 3 には、導入口 3 1 は成形されるものの、ウエル 5 1 ~ 5 5 等の凹凸が成形されない。

[0057] (2) 架橋性組成物の塗工

架橋性組成物の塗工工程 S 2 a では、基板層 1 2, 1 3 の各々の面に、有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a を塗工する (図 8 A)。マイクロチップ 1 c の製造工程においても、第二実施形態に係るマイクロチップ 1 b と同様に、基板層 1 2, 1 3 を被覆する架橋性組成物 2 1 a は何れも、有機ケイ素化合物を含んでいる。有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a の各基板層 1 2, 1 3 への塗工方法は、マイクロチップ 1 a の製造方法において挙げた手法と同様である。なお、各基板層 1 2, 1 3 を被覆する有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a, 2 1 a の組成は、同一である必要はない。

[0058] 有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a で被覆された基板層 1 2, 1 3 は、マイクロチップ 1 a の製造工程と同様に、硬化工程 S 3 において有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a, 2 1 a を重合させ、接合層 2 2 a, 2 2 a を形成させる (図 8 B)。その後、基板層の接合工程 S 4 において、基板層 1 2 に設けられた接合層 2 2 a と、基板層 1 1 の溝が形成された面とを活性化処理し (図 8 C)、基板層 1 1 と基板層 1 2 とを貼り合わせる (図 8 D)。基板層 1 3 についても、同様に、基板層 1 3 に設けられた接合層 2 2 a と基板層 1 1 の面について活性化処理を行い (図 8 E)、基板層 1 1 と基板層 1 3 とを貼り合わせる (図 8 F)。

[0059] 本技術の第三実施形態に係るマイクロチップ 1 c においては、第一実施形態及び第二実施形態と同様に、基板層 1 1, 1 2, 1 3 の各々の接合面に、ケイ素化合物を含む接合層を設けることによって、基板層 1 1, 1 2, 1 3

を強固に結合することができる。また、第二実施形態と同様に、マイクロチップ 1 c の接合層 2 2 a, 2 2 a は、何れも有機ケイ素化合物を含むため、柔軟で亀裂などを生じにくい。さらに、マイクロチップ 1 c の製造工程においては、シリコン樹脂からなる基板層 1 1 に溝が形成されていることにより、接合層 2 2 a, 2 2 a が積層される基板層 1 2, 1 3 の面が平坦である。このため、有機鎖を含んでいることにより蒸着等の手法を選択できない有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物 2 1 a の、基板層 1 2, 1 3 への塗工が容易となる。

[0060] なお本技術は、以下のような構成もとることができる。

(1) 複数の基板層と、前記基板層の界面に設けられた、ケイ素化合物からなる接合層とからなり、前記接合層のうち少なくとも 1 つは有機ケイ素化合物からなる、マイクロチップ。

(2) 前記複数の基板層は、非シリコン樹脂からなる基板層と、ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、を含み、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層の両面は、第 1 の非シリコン樹脂からなる基板層及び第 2 の非シリコン樹脂からなる基板層と、前記接合層を介して、接合している、上記 (1) 記載のマイクロチップ。

(3) 前記第 1 の非シリコン樹脂からなる基板層は前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層との接合面に溝を有し、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層との接合面に溝を有していない前記第 2 の非シリコン樹脂からなる基板層と、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層とは、前記有機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している、上記 (2) 記載のマイクロチップ。

(4) 前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、前記第 1 の非シリコン樹脂からなる基板層とは、無機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している、上記 (3) 記載のマイクロチップ。

(5) 前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層は前記第 1 の非シリコン樹脂からなる基板層との接合面に溝を有し、前記第 1 の非シリコン樹脂

脂からなる基板層と前記第2の非シリコーン樹脂からなる基板層とが、各々前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、前記有機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している、上記（2）記載のマイクロチップ。

（6）前記第1の非シリコーン樹脂からなる基板層及び第2の非シリコーン樹脂からなる基板層は、アクリル樹脂又はポリカーボネートからなる、上記（2）～（5）の何れかに記載のマイクロチップ。

（7）前記第1の非シリコーン樹脂からなる基板層及び第2の非シリコーン樹脂からなる基板層は、ガス不透過性である、上記（2）～（6）の何れかに記載のマイクロチップ。

（8）前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層は弾性変形による自己封止性を備え、前記溝の内空が大気圧に対して負圧とされている、上記（2）～（7）の何れかに記載のマイクロチップ。

産業上の利用可能性

[0061] 本技術に係るマイクロチップによれば、マイクロチップ内の微細構造が気密に封止されることにより、貴重な微量試料を確実に分析することができる。また、ガラス製基板層を使用しないことによって、マイクロチップの軽量化も可能である。このため、持ち運びが容易となり、臨床における遺伝子型判定や病原体判定などのため、本技術に係るマイクロチップは用いられ得る。

符号の説明

[0062] 1 a, 1 b, 1 c : マイクロチップ、1 1, 1 2, 1 3 : 基板層、2 1 a, 2 1 b : 架橋性組成物、2 2 a, 2 2 b : 接合層、3 : 導入部、3 1 : 導入口、4 1, 4 2, 4 3, 4 4, 4 5 : 流路、5 1, 5 2, 5 3, 5 4, 5 5 : ウェル

請求の範囲

- [請求項1] 複数の基板層と、
前記基板層の界面に設けられた、ケイ素化合物からなる接合層とからなり、
前記接合層のうち少なくとも1つは有機ケイ素化合物からなる、
マイクロチップ。
- [請求項2] 前記複数の基板層は、非シリコン樹脂からなる基板層と、ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、を含み、
前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層の両面は、第1の非シリコン樹脂からなる基板層及び第2の非シリコン樹脂からなる基板層と、前記接合層を介して、接合している、
請求項1記載のマイクロチップ。
- [請求項3] 前記第1の非シリコン樹脂からなる基板層は前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層との接合面に溝を有し、
前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層との接合面に溝を有していない前記第2の非シリコン樹脂からなる基板層と、前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層とは、前記有機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している、
請求項2記載のマイクロチップ。
- [請求項4] 前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、
前記第1の非シリコン樹脂からなる基板層とは、
無機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合している、
請求項3記載のマイクロチップ。
- [請求項5] 前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層は前記第1の非シリコン樹脂からなる基板層との接合面に溝を有し、
前記第1の非シリコン樹脂からなる基板層と前記第2の非シリコン樹脂からなる基板層とが、各々前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、前記有機ケイ素化合物からなる接合層を介して接合して

いる、

請求項 2 記載のマイクロチップ。

[請求項6] 前記第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層及び第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層は、アクリル樹脂又はポリカーボネートからなる、

請求項 4 記載のマイクロチップ。

[請求項7] 前記第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層及び第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層は、ガス不透過性である、

請求項 6 記載のマイクロチップ。

[請求項8] 前記ポリジメチルシロキサンからなる基板層は弾性変形による自己封止性を備え、

前記溝の内空が大気圧に対して負圧とされている、

請求項 7 記載のマイクロチップ。

[請求項9] 溝が設けられた第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層の溝形成面をケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆する蒸着工程と、第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層の溝が設けられていない面を有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆する塗工工程と、を含む、

マイクロチップの製造方法。

[請求項10] 前記ケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆された、前記第 1 の非シリコーン樹脂からなる基板層の前記溝形成面と、前記有機ケイ素化合物を含む架橋性組成物で被覆された、前記第 2 の非シリコーン樹脂からなる基板層の前記溝が設けられていない面と、を

各々ポリジメチルシロキサンからなる基板層と、貼り合わせる接合工程を含む、

請求項 9 記載のマイクロチップの製造方法。