

(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2016-8968

(P2016-8968A)

(43) 公開日 平成28年1月18日 (2016. 1. 18)

|                        |                    |             |
|------------------------|--------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.           | F I                | テーマコード (参考) |
| GO 1 N 35/08 (2006.01) | GO 1 N 35/08 A     | 2 G O 5 8   |
| GO 1 N 37/00 (2006.01) | GO 1 N 37/00 1 O 1 |             |

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 22 頁)

|              |                              |          |                                                                                                                           |
|--------------|------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2015-116296 (P2015-116296) | (71) 出願人 | 596170170<br>ゼロックス コーポレイション<br>XEROX CORPORATION<br>アメリカ合衆国、コネチカット州 068<br>56、ノーウォーク、ビーオーボックス<br>4505、グローバー・アヴェニュー 4<br>5 |
| (22) 出願日     | 平成27年6月9日 (2015. 6. 9)       | (74) 代理人 | 110001210<br>特許業務法人 Y K I 国際特許事務所                                                                                         |
| (31) 優先権主張番号 | 14/312, 128                  | (72) 発明者 | ジン・ジョウ<br>アメリカ合衆国 ニューヨーク州 145<br>34 ピッツフォード パーク・スクエア<br>・レーン 7                                                            |
| (32) 優先日     | 平成26年6月23日 (2014. 6. 23)     |          |                                                                                                                           |
| (33) 優先権主張国  | 米国 (US)                      |          |                                                                                                                           |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改善した流体構造を有する紙ベースの化学分析デバイス

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 精細な線、特徴および他の構造を形成することが可能な多孔性基板内の疎水性構造を有する化学分析デバイスを提供する。

【解決手段】 化学分析デバイス 100 は、親水性基板 104 と、親水性基板の第 1 の面 132 から親水性基板の第 2 の面 136 へと延伸する 1 つまたは複数の疎水性構造を含む。親水性基板内の疎水性構造は、第 1 の面と第 2 の面との間の垂直軸から 20° を下回る逸脱で、親水性基板の第 1 の面から親水性基板の第 2 の面へと延伸する流体バリア壁 108、112 を形成する。

【選択図】 図 1

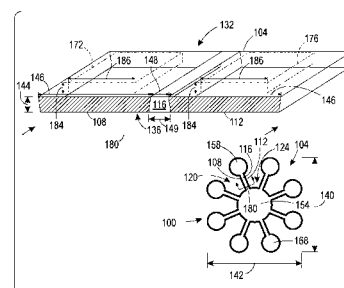


図 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

化学分析デバイスであって、

第 1 の親水性基板であって、前記第 1 の親水性基板は第 1 の面および第 2 の面、所定の長さおよび幅、ならびに 1 ミリメートル以下の厚さを有する、第 1 の親水性基板と、

疎水性材料から前記第 1 の親水性基板内に形成され、実質的に、前記第 1 の面から前記第 2 の面まで、前記第 1 の親水性基板の厚さを通じて浸透する第 1 の疎水性構造であって、前記第 1 の疎水性構造は、前記第 1 の親水性基板の前記第 1 の面および第 2 の面から、垂直からの 20°を下回る逸脱で前記第 1 の親水性基板の厚さを通じて延伸する流体バリア壁の表面によって、前記第 1 の親水性基板内に前記流体バリア壁を形成する、第 1 の疎水性構造と

を備える、化学分析デバイス。

## 【請求項 2】

第 1 の面および第 2 の面を有する第 2 の親水性基板であって、前記第 2 の親水性基板の前記第 1 の面は前記第 1 の親水性基板の前記第 2 の面に係合し、前記第 2 の親水性基板は、別の所定の長さ、幅、および 1 ミリメートル以下の厚さを有する、第 2 の親水性基板と、

前記疎水性材料から前記第 2 の親水性基板内に形成され、実質的に、前記第 1 の面から前記第 2 の面まで、前記第 2 の親水性基板の厚さを通じて浸透する第 2 の疎水性構造であって、前記第 2 の疎水性構造は、前記第 2 の親水性基板の前記第 1 の面および第 2 の面から、垂直からの 20°を下回る逸脱で前記第 2 の親水性基板の厚さを通じて延伸する他の流体バリア壁の表面によって、前記第 2 の親水性基板内に別の流体バリア壁を形成する、第 2 の疎水性構造と

をさらに備える、請求項 1 に記載の化学分析デバイス。

## 【請求項 3】

前記第 1 の疎水性構造は実質的に、前記第 1 の疎水性構造の形成の前に形成される前記親水性基板の前記第 1 の面上の前記疎水性材料の第 1 の配列に形成される疎水性材料を含み、前記疎水性材料の前記第 1 の配列の第 1 の幅から前記疎水性構造の第 2 の幅への幅の増大に対応する拡散係数は 3.0 を超えない、請求項 1 に記載の化学分析デバイス。

## 【請求項 4】

前記第 1 の疎水性構造は実質的に、前記第 1 の疎水性構造の形成の前に形成される前記親水性基板の前記第 1 の面上の前記疎水性材料の第 1 の配列内の疎水性材料を含み、前記疎水性材料の前記第 1 の配列の第 1 の幅から前記疎水性構造の第 2 の幅への幅の増大に対応する拡散係数は 2.0 を超えない、請求項 1 に記載の化学分析デバイス。

## 【請求項 5】

前記第 1 の疎水性構造内の前記疎水性材料は、前記親水性基板の所定の空隙体積分画の 50% 超を占める、請求項 1 に記載の化学分析デバイス。

## 【請求項 6】

第 1 の面および第 2 の面を有する第 2 の親水性基板であって、前記第 2 の親水性基板の前記第 1 の面は前記第 1 の親水性基板の前記第 2 の面に係合し、前記第 2 の親水性基板は、別の所定の長さ、幅、および 1 ミリメートル以下の厚さを有する、第 2 の親水性基板と、

前記第 1 の親水性基板および前記第 2 の親水性基板をともに接合するための、前記第 2 の親水性基板および前記第 1 の親水性基板内に形成される第 2 の疎水性構造であって、前記第 2 の疎水性構造内の前記疎水性材料は、前記第 2 の親水性基板の前記第 1 の面上にのみ形成される前記疎水性材料の第 2 の配列から延伸し、前記第 1 の親水性基板および前記第 2 の親水性基板の両方に浸透する、第 2 の疎水性構造と

をさらに備える、請求項 1 に記載の化学分析デバイス。

## 【請求項 7】

前記第 2 の疎水性構造は、実質的に、前記第 1 の面から前記第 2 の面まで、前記第 2 の

親水性基板の厚さを通じて浸透し、前記第 2 の疎水性構造は、前記第 2 の親水性基板の前記第 1 の面および第 2 の面から、垂直からの 20°を下回る逸脱で前記第 2 の親水性基板の厚さを通じて延伸する他の流体バリア壁の表面によって、前記第 2 の親水性基板内に別の流体バリア壁を形成する、請求項 6 に記載の化学分析デバイス。

【請求項 8】

前記第 2 の親水性基板は実質的に、ろ紙を含む、請求項 6 に記載の化学分析デバイス。

【請求項 9】

化学分析デバイスであって、

第 1 の面および第 2 の面、所定の長さおよび幅、ならびに 1 ミリメートル以下の厚さを有する第 1 の親水性基板と、

疎水性材料から第 1 の親水性基板内に形成される複数の疎水性構造であって、前記複数の疎水性構造の中の各疎水性構造は、実質的に前記第 1 の面から前記第 2 の面まで、前記第 1 の親水性基板の厚さを通じて前記疎水性材料の複数の配列の中の 1 つの配列から延伸する疎水性材料を含み、前記疎水性材料の各配列は、単一の形状およびサイズで、前記疎水性材料が前記第 1 の親水性基板内に浸透する前に、前記第 1 の親水性基板の前記第 1 の面上にのみ形成され、前記複数の疎水性構造のうちの最大の疎水性構造の最大面積と、前記複数の疎水性構造のうちの最小の疎水性構造の最小面積との比は 1.25 を下回る、複数の疎水性構造と

を備える、化学分析デバイス。

【請求項 10】

前記疎水性材料の各配列は、

対応する疎水性構造内にウェルを形成するための、前記第 1 の親水性基板の前記第 1 の面上に形成される所定の内径および外径を有する前記疎水性材料の環状配列をさらに含む、請求項 9 に記載の化学分析デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して化学分析デバイスに関し、より詳細には、親水性基板を通じた流体流を制御する疎水性構造を埋め込まれた親水性基板から形成される化学分析デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

紙ベースの化学分析デバイスは、可搬生物医学的デバイス、化学センサ、診断デバイス、ならびに、紙のような親水性基板、ワックスまたは相変化インクのような疎水性材料、および試験流体において化学分析を検出することができる 1 つまたは複数の化学試薬から作成される他の化学試験デバイスを含む。そのようなデバイスの一般的な例は、血液、尿および唾液のような流体を試験する生物医学的試験デバイスを含む。これらのデバイスは小さく、軽量で低コストであり、少し例を挙げるだけでも健康管理、軍事および国土安全保障における診断デバイスとしての潜在的な用途を有する。紙のような多孔性基板を通じた液体の流れを制御するために、デバイスは、ワックス、相変化インク、または、紙に浸透して、流体チャネルおよび流体を化学分析デバイス内の試薬を含む 1 つもしくは複数の部位に誘導する他の構造を形成する別の適切な疎水性材料から形成されるバリアを含む。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

現行の技術水準の紙化学分析デバイスは、ワックスが紙上に印刷された後にワックスチャネルのリフローを制御することができないことに起因して、流体特徴分解能および製造適合性に関して制約される。紙およびワックスはリフロー炉内に配置され、リフロー炉内で、ワックスが溶融し、紙の中に浸透する。図 12A および図 12B は従来技術のリフロー炉、および、従来技術のデバイスの製造中の溶融ワックスの拡散を示す。しかしながら

、溶融ワックスは、紙の厚さを通じてだけでなく、紙の表面方向に沿って側方にも、均一な様式で紙を通じて拡散する傾向にあり、これは、流体が横方向に拡散することを防止することができず、したがって、精細な線、特徴および他の構造を形成することが困難である。加えて、紙ベースの化学分析デバイスは、低コストデバイスであるように設計されるが、多層デバイスを形成するのに別個の炉および接着剤を必要とする既存の製造過程は、これらのデバイスの製造効率を低減し、汚染および材料適合性の問題の可能性を増大させる。結果として、多孔性基板内の疎水性構造および多層化学分析デバイスの構築に対する改善が有益となる。

【課題を解決するための手段】

【0004】

10

一実施形態において、化学分析デバイスが開発されている。化学分析デバイスは、第1の親水性基板であって、第1の親水性基板は第1の面および第2の面、所定の長さおよび幅、ならびに1ミリメートル以下の厚さを有する、第1の親水性基板と、疎水性材料から第1の親水性基板内に形成され、実質的に、第1の面から第2の面まで、第1の親水性基板の厚さを通じて浸透する第1の疎水性構造であって、第1の疎水性構造は、第1の親水性基板の第1の面および第2の面から、垂直からの20°を下回る逸脱で第1の親水性基板の厚さを通じて延伸する流体バリア壁の表面によって、第1の親水性基板内に流体バリア壁を形成する、第1の疎水性構造とを含む。

【0005】

20

別の実施形態において、化学分析デバイスが開発されている。化学分析デバイスは、第1の面および第2の面、所定の長さおよび幅、ならびに1ミリメートル以下の厚さを有する第1の親水性基板と、疎水性材料から第1の親水性基板内に形成される複数の疎水性構造であって、複数の疎水性構造の中の各疎水性構造は、実質的に第1の面から第2の面まで、第1の親水性基板の厚さを通じて疎水性材料の複数の配列の中の1つの配列から延伸する疎水性材料を含み、疎水性材料の各配列は、単一の形状およびサイズで、疎水性材料が第1の親水性基板内に浸透する前に、第1の親水性基板の第1の面上にのみ形成され、複数の疎水性構造のうちの最大の疎水性構造の最大面積と、複数の疎水性構造のうちの最小の疎水性構造の最小面積との比は1.25を下回る、複数の疎水性構造とを含む。

【0006】

30

化学分析デバイスの上記の態様および他の特徴は、添付の図面とともに取り上げられる、以下の記載において説明される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、簡略化された単一層化学分析デバイスの図である。

【図2】図2は、親水性チャネルおよび疎水性バリアの図である。

【図3】図3は、図1の化学分析デバイス内の流体チャネルを示す図である。

【図4】図4は、複数の親水性基板から形成される化学分析デバイスの図である。

【図5】図5は、親水性基板内に疎水性構造を形成する装置の概略図である。

【図6】図6は、一方または両方の基板内に疎水性構造を形成する疎水性材料を使用して、疎水性構造とともに接合する構成にある、図5の装置の概略図である。

40

【図7】図7は、親水性基板内に疎水性構造を形成し、任意選択的に親水性基板とともに接合する別の装置の概略図である。

【図8】図8は、強度の側方変動を示す疎水性壁を有する従来技術の化学分析デバイスの断面図である。

【図9】図9は、わずかな側方変動を示す疎水性構造を有する図1の化学分析デバイスの一実施形態の断面図である。

【図10】図10は、大きい度合いの面積の変動を示す従来技術のウェル疎水性構造アレイの図である。

【図11】図11は、小さい度合いの面積の変動を示すウェル疎水性構造アレイの図であ

50

る。

【図 1 2 A】図 8 および図 1 0 に示す従来技術の実施形態を製造するのに使用される従来技術のリフロー炉の図である。

【図 1 2 B】図 1 2 A の従来技術のリフロー炉における、疎水性材料の側方拡散の度合いが高い浸透パターンの図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 0 8】

本明細書に開示するシステムおよび方法に関する環境ならびにシステムおよび方法に関する詳細の全般的な理解のために、図面を参照する。図面において、同様の参照符号は全体を通じて同様の要素を指定するために使用されている。本明細書において使用される場合、「プリンタ」という単語は、デジタル複写機、製本機、ファクシミリ装置、多機能機などのような、媒体上の樹脂または着色剤を用いて画像を生成する任意の装置を包含する。下記の記載において、プリンタは、溶融ワックス、相変化インク、または他の疎水性材料を、紙のような多孔性基板上に堆積するようにさらに構成される。プリンタは任意選択的に、温度勾配および圧力を基板に加えるように構成されており、これによって、疎水性材料が拡散し、疎水性材料が多孔性基板内に浸透して、水を含む液体の基板を通じた毛細管流動を制御するチャンネルおよびバリアを形成することが可能になる。

【0 0 0 9】

本明細書において使用される場合、「親水性材料」および「親水性基板」という用語は、水を吸収し、毛細管作用を介して材料を通じて水が拡散することを可能にする材料を指す。親水性基板の 1 つの一般的な例が紙であり、特定の一実施形態においては、セルローズ紙のような紙、または、クロマトグラフィ用紙が、親水性基板を形成する。親水性基板は、水、ならびに、血液、尿、唾液、および他の生体液のような、水を含む他の生体液が、基板内に拡散することを可能にする多孔性材料から形成される。下記に記載するように、疎水性材料が親水性基板に埋め込まれて、親水性基板を通じた流体の拡散を制御する流体チャンネルおよび他の疎水性構造を形成する。

【0 0 1 0】

本明細書において使用される場合、「疎水性材料」とは、水に対する癒着に抵抗し、毛細管運動を通じた水の流れに対して実質的に不浸透性である任意の材料を指す。紙のような多孔性基板に埋め込まれると、疎水性材料は、基板の、疎水性材料を含む部分を通じた水の拡散を阻害するためのバリアとして作用する。疎水性材料はまた、血液、尿、唾液、および他の生体液のような、水を含む多くの流体に対するバリアとしても作用する。下記に記載するように、疎水性材料が多孔性基板に埋め込まれて、基板を通じた流体の毛細管拡散を制御するチャンネル壁および他の疎水性構造を形成する。一実施形態において、基板はまた、流体試料の様々な特性を試験するのに使用される生化学試薬をも含む。疎水性材料は、化学試薬の堆積物を有する、基板の複数の異なる箇所に流体を導くためのチャンネルを形成する。疎水性材料はまた、疎水性材料と流体との間の化学反応を低減するかまたはなくすために、チャンネル内の流体に対して実質的に、化学的に不活性でもある。単一の流体試料に対する複数の生化学的試験を実施するための単純で低コストなデバイスを提供するために、単一の流体試料が基板内のチャンネルを通じて拡散して、基板の複数の異なる箇所にある複数の異なる試薬と反応する。

【0 0 1 1】

本明細書において使用される場合、「相変化インク」とは、室温においては実質的に固体であるが、上昇した温度においては軟化および液化するタイプのインクを指す。いくつかのインクジェットプリンタは、相変化インクの液化した滴を、回転ドラムまたはエンドレスベルトのような間接受像部材上に吐出して、インク潜像を形成する。インク潜像は、紙シートのような基板に転写される。他のインクジェットプリンタは、インク液滴を、紙シートまたは長いロール紙のような印刷媒体上に直接吐出する。相変化インクは、疎水性材料でもある相変化材料の一例である。流体チャンネルおよび親水性基板内の他の疎水性構造の形成に使用するのに適切である相変化インクの例は、コネティカット州ノーウォーク

所在の X e r o x   C o r p o r a t i o n によって市販されている固体インクを含む。相変化インクは基板上の印刷画像内に形成された後に固相を形成するため、相変化インクは、親水性基板における流体の毛細管拡散を制御するためのチャンネルおよび親水性基板上の他の疎水性構造内に形成することができる疎水性材料の一例である。

#### 【0012】

本明細書において使用される場合、「疎水性構造」という用語は、親水性基板を通じた流体の流れを制御するために親水性基板の厚さを通じて部分的にまたは完全に延伸する疎水性材料の配列を指す。疎水性構造の例は、限定ではないが、流体バリア、流体チャンネル壁、ウェル、保護バリア、および、親水性基板に浸透する疎水性材料から形成される任意の他の適切な構造を含む。「ウェル」という用語は、流体試料を受け入れてウェル内に流体試料を収容するための、親水性基板内の円形または他の閉鎖領域を形成するタイプの疎水性構造を指す。下記に記載するように、装置は、温度勾配および圧力を加えて、親水性基板の表面上に形成される疎水性相変化材料の層を溶融させて、制御された様式で親水性基板内に種々の疎水性構造を形成する。いくつかの実施形態において、疎水性構造は複数の親水性基板内に形成され、疎水性材料はそれらの基板をともに接合し、複数の親水性基板を通る流体経路を形成する。化学分析デバイスにおいて、疎水性構造は所定のパターンに形成され、親水性基板の裸の部分の周囲に流体チャンネル、堆積部位、および反応部位を含む疎水性構造を形成して、2つ以上の親水性基板をともに接合して多層デバイスにし、化学分析デバイスの汚染を防止する保護層を形成する。

#### 【0013】

回転円筒ローラまたはプレートのような2つの部材を使用して温度勾配および圧力を加えて、構造的形状およびロバスト性が改善し、構造サイズおよび形状の変動が低減した、親水性基板内の疎水性構造を形成し、中間接着層を必要とすることなく基板をともに接合する装置の例示的な実施形態が下記に説明される。本明細書において使用される場合、2つの部材の間で熱および圧力を加えて親水性基板内に疎水性構造を形成する装置内の部材を参照しているときの「係合」という用語は、部材と親水性基板の一方の表面もしくは基板のスタックとの間の直接的な接触、または、中間層を通じた間接的な接触のいずれかを指す。

#### 【0014】

本明細書において使用される場合、「プレート」という用語は、基板の一方の面に係合するように構成されている表面を有する部材を指し、基板に係合するプレートの表面の少なくともその部分は、実質的に平滑で平坦である。いくつかの実施形態において、プレートの表面は、基板の面全体に係合する。下記に記載するように、構造形成ユニットのいくつかの実施形態において、2つの部材はプレートである。2つのプレートは、温度勾配および圧力を1つの基板の2つの面または基板のスタックのいずれかの端部に加える。1つのプレートが、疎水性相変化材料の1つまたは複数の層を溶融させるのに十分に高い均一な表面温度を有するように加熱されると、疎水性材料は基板の1つまたは複数の層に浸透して、基板内に疎水性構造を形成する。他方のプレートがより低い温度のままである一方で1つのプレートが上昇した温度まで加熱されると、溶融した疎水性材料が、より低温のプレートよりも大きい度合いまで、より高温のプレートに向かって流れる。

#### 【0015】

本明細書において使用される場合、「滞留時間」という用語は、1つまたは複数の基板の所与の部分が、構造形成ユニット内の部材の間で過ごす時間量を指す。構造形成ユニット内の部材がローラである実施形態において、滞留時間の量は、ニップを形成するローラの表面積およびニップを通じた基板の直線速度に関係する。滞留時間は、相変化材料が基板に浸透して基板をともに接合することを可能にするように選択される。選択される滞留時間は、基板の厚さおよび多孔率、ニップ内の温度勾配、ニップ内の圧力、ならびに、基板をともに接合する相変化材料の粘度特性に基づいて変化し得る。ローラが大きくなるほど、一般的により大きい表面積を有するニップが形成される。したがって、ローラ径がより大きい接合装置の実施形態は、ローラ径がより小さい他の実施形態と同じ滞留時間を達

成するのに、より高い直線速度で動作する。

#### 【0016】

従来のインクジェットプリンタにおいて、相変化インクは基板の片面に転写され、オブションとして、両面印刷動作において、複数の異なる相変化インク画像が基板の両面に転写される。プリンタは基板の表面上に相変化インク液滴を拡散させ、相変化インク画像は印刷媒体の表面上で冷却および固化して印刷画像が形成される。一方、下記に記載する実施形態は、基板の表面上の相変化インクまたは別の疎水性材料に熱および圧力を加えて、疎水性材料が基板内の多孔性材料を通じて浸透することを可能にして、基板の厚さを通じて、基板を通じた流体の拡散を制御する三次元バリアを形成する。

#### 【0017】

図1は、親水性基板104（またはより単純に「基板」）と、基板104内にチャンネル116のようなチャンネルおよび他の流体構造を形成する流体バリア壁108および112を含む、単純化された単一層化学分析デバイス100を示す。図1は、化学分析デバイス100の俯瞰図およびその線180に沿った部分切取図を含む。基板104は、第1の面132および第2の面136を有する平坦な形状、所定の長さ140および幅142、ならびに1ミリメートル以下の厚さ144を有する。一実施形態において、親水性基板104は、約0.1mm〜0.2mmの厚さを有するセルロースろ紙から形成される。化学分析デバイスの長さ140および幅142は、疎水性構造およびデバイス上に配置される他の特徴の長さおよび幅寸法に基づいて選択される。たとえば、図1において、デバイス100は約3cm×3cmの長さおよび幅寸法を有するが、異なる化学分析デバイスは異なる寸法および長さとの比を有してもよい。いくつかの実施形態において、紙シートまたはロール紙のようなより大きい基板が、化学分析デバイスのアレイ内に流体バリア壁108および112ならびに他の疎水性構造を形成する疎水性材料の複数の印刷配列を搬送する。より大きな基板はその後、センサ100内の基板104と同様のより小さい個々の基板片に切断される。

#### 【0018】

図1に示すように、化学分析デバイス100は、限定ではないが、流体チャンネル116を形成するために基板104の長さ140および幅142に沿って所定の距離だけ互いから分離される流体バリア壁108および112を含む複数の疎水性構造を含む。疎水性構造の一例として流体バリア壁108を使用するとき、流体バリア壁108は、基板104の第1の面132から、実質的に基板104の厚さ144全体を通じて基板104の第2の面136へと貫通して浸透する。

#### 【0019】

化学分析デバイス104内の疎水性構造は、基板104の一方の面上に堆積され、その後基板104に浸透して、基板104の厚さ144を通じて延伸する疎水性構造を形成する疎水性材料の1つまたは複数の配列から形成される。図1において、インクジェットプリンタまたは他の適切な堆積デバイスが、基板104の第1の面132上に疎水性材料の1つまたは複数の配列を形成する。基板104の表面上の疎水性材料の配列のサイズ、形状、および位置は直接、疎水性材料から基板104内に形成される疎水性材料のサイズ、形状、および位置に対応する。たとえば、図1は、基板104の第1の面132上に形成される疎水性材料の配列172および176を示す。疎水性材料の配列172および176の各々は、それぞれ流体バリア壁108および112の位置および長さに対応する直線形状に形成される。配列172および176の各々は、図1においては約400μmである所定の幅186、および、疎水性材料の厚さが基板の厚さに比例する一定範囲の基板厚さについて50μm〜400μmである所定の厚さ184を有する疎水性材料から形成される。

#### 【0020】

化学分析デバイス100において、流体チャンネルバリア108および112は、それぞれ、基板104に浸透する疎水性材料の配列172および176から形成される。完成した化学分析デバイス100において、元々は疎水性配列172および176内に形成され

ている疎水性材料のほとんどまたはすべてが、強制的に基板 104 内に入れられて、疎水性構造 108 および 112 を形成する。疎水性材料が基板 104 に浸透すると、疎水性材料は基板 104 の長さ 140 および幅 142 に沿ってある程度まで側方に拡散するが、側方拡散の度合いは従来技術のデバイスから大幅に低減される。かわりに、各疎水性構造を形成する疎水性材料のはるかにより大きい部分が、第 1 の面 132 から第 2 の面 136 に向かって基板 104 の厚さを通じて浸透して、従来技術のデバイスにおけるよりも特徴がより鮮鋭に画定された、かつ従来技術のデバイスにおけるよりも効果的に基板 104 に浸透した、流体バリア壁および他の疎水性構造を形成する。

#### 【0021】

一例として図 1 を使用して、基板 104 の第 1 の面 132 上に形成される疎水性材料の配列 172 は、約  $400\ \mu\text{m}$  の幅を有して形成される。疎水性材料は基板 104 に浸透して、約  $670\ \mu\text{m}$  の第 1 の面 132 上の最大幅を有する疎水性流体バリア壁 108 を形成する。疎水性材料の印刷配列 172 の幅から疎水性構造 108 の最大幅への拡散の量は、親水性基板内への疎水性材料の流れおよび親水性基板の厚さに関連して決定される。本明細書において使用される場合、「拡散係数」(S) という用語は、親水性基板の表面上に形成される疎水性材料の配列の最初のより狭い幅から配列内の疎水性材料から形成される疎水性構造の最終的なより広い幅へと拡散する度合いに対応する係数を指す。疎水性材料の印刷配列から疎水性構造への絶対的な幅の増大は、基板の厚さに対応し、基板が厚くなるほど、受ける拡散の度合いは大きくなる。拡散係数 S は式

#### 【0022】

【数 1】

$$S = \frac{l_2 - l_1}{t}$$

#### 【0023】

から経験的に求められ、 $l_1$  は親水性基板に浸透する前の疎水性材料の配列の幅 (図 1 における幅 186) であり、 $l_2$  は、疎水性構造の最大幅 (図 1 における基板 104 の第 1 の面 132 の幅 146) であり、 $t$  は基板の厚さ (図 1 における厚さ 144) である。拡散係数 S は種々の紙厚に対して実質的に一定のままであるが、拡散の絶対的な度合いは、親水性基板の厚さによって影響を受ける。図 5～図 7 において下記に記載する装置の実施形態は、リフロー炉における親水性基板を通じた疎水性材料の等方性拡散に起因してより高い拡散係数をもたらす従来技術のリフロー炉よりも低い拡散係数で疎水性構造を形成することを可能にする。

#### 【0024】

図 1 の例示的な実施形態において、値 S は

#### 【0025】

【数 2】

$$S = \frac{670\ \mu\text{m} - 400\ \mu\text{m}}{180\ \mu\text{m}} = 1.5$$

#### 【0026】

であり、これは 2 : 1 よりも小さい。対照的に、従来技術のセンサは、はるかに大きい

度合いの拡散

【0027】

【数3】

$$S' = \frac{1000\mu m - 300\mu m}{180\mu m} \doteq 3.9$$

10

【0028】

を呈する。任意の所与の基板厚について、図1の化学分析センサデバイスは、従来技術の化学分析デバイスよりもはるかに小さい度合いの拡散を含む。特定の値のSを所与とした疎水性構造の拡散後の最終的な幅12は、 $12 = St + 11$ として与えられる。表1は、拡散の差を示すための、一定範囲の紙厚にわたる固定幅印刷パターン11 = 400  $\mu m$ に基づく従来技術  $S' = 3.9$  と比較した、化学分析デバイス100および450における拡散係数  $S = 1.5$  についてマイクロメートル単位で測定される拡散の絶対的な度合いを示す。

【0029】

【表1】

20

| t( $\mu m$ )                   | 100 | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | 900  | 1000 |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 12( $\mu m$ )<br>( $S=1.5$ )   | 550 | 700  | 850  | 1000 | 1150 | 1300 | 1450 | 1600 | 1750 | 1900 |
| 1'2( $\mu m$ )<br>( $S'=3.9$ ) | 790 | 1180 | 1570 | 1960 | 2350 | 2740 | 3130 | 3520 | 3910 | 4300 |

表1

【0030】

下記に記載するように、疎水性構造の幅は第2の面に向かっていくらか先細りになるが、先細りの度合いならびに基板の第1の面および第2の面に対する垂直からの逸脱は小さい。疎水性材料の配列が親水性基板に浸透して上述した特性を有する疎水性構造を形成することを可能にする装置を下記により詳細に説明する。

30

【0031】

図1に示す幅の比は、一般的に約3:1超である従来技術のデバイスの比よりも大幅に小さく、1つの従来技術のデバイスは、約200  $\mu m$ の厚さを有する基板において300  $\mu m$ の初期幅を有する疎水性材料の印刷ラインから約1000  $\mu m$ の幅を有するチャネル壁を形成する。したがって、たとえ基板104の第1の面132上の疎水性材料の配列172および176が同様の従来技術の配列よりも広くても、基板104内の対応する疎水性構造は、従来技術のデバイスよりも狭く、より良好に画定される。

40

【0032】

いぜんとしてより狭くより良好に画定される疎水性構造を形成しながらより広い疎水性材料の配列を形成することが可能であることは、より広い疎水性材料配列は、その後、従来技術よりも密度の高い構成を有する疎水性構造を形成するより大きい体積の疎水性材料を含むため、有利である。親水性基板内の体積の第1の分画は、基板を形成する繊維材料（たとえば、多くの形態の紙においてはセルロース）によって占められる。本明細書において使用される場合、「空隙体積分画」という用語は、開孔、および、空気、水、または液化疎水性材料のような別の流体を充填することができる他の空隙を含む親水性基板の体積の分画を指す。液化疎水性材料はその後、固相に戻って、空隙を占める疎水性構造を形成する。空隙体積分画は、異なる品質の紙のような、異なるタイプの親水性材料に対して

50

は変化し、ある品質の高多孔性ろ紙は、紙の総体積の 20～25% の空隙体積分画を有する。疎水性構造内の疎水性材料は親水性基板内の空隙のみを占めるため、特定の疎水性基板における空隙体積分画は、疎水性構造の密度の上限を形成する。

【0033】

化学分析デバイス 100 および 450 は、親水性基板内の高い割合の利用可能な最大空隙体積分画を占める疎水性構造を含む。たとえば、疎水性構造 108 において、疎水性材料配列 172 の所与の長さに対する初期体積と、疎水性構造 108 の所与の長さに対する対応する体積との間の比は

【0034】

【数 4】

$$\phi = \frac{w_a h_a}{w_s h_s} = \frac{(400\mu m)(50\mu m)}{(670\mu m)(180\mu m)} \cong 0.17$$

【0035】

であり、式中、 $w_a$  および  $h_a$  はそれぞれ、疎水性材料の配列の幅および高さであり、 $w_s$  および  $h_s$  はそれぞれ、配列中の疎水性材料から形成される疎水性構造の幅および高さである。空隙体積分画が 20% である親水性基板において、0.17 (17%) のパラメータ

【0036】

【数 5】



【0037】

は、利用可能な空隙体積の大きい分画が疎水性材料によって占められていることに対応する。この疎水性構造は、疎水性材料を受け入れるのに利用可能である親水性基板の 20% の空隙体積分画のうちの 85% (17% / 20%) を占める。対照的に、従来技術の化学分析デバイスにおける疎水性材料は、親水性基板内の利用可能な空隙を効率的に充填しないはるかに大きい度合いの拡散を受け、その体積比は、たとえば、

【0038】

【数 6】

$$\phi' = \frac{(300\mu m)(50\mu m)}{(1000\mu m)(180\mu m)} \cong 0.083$$

【0039】

であり、疎水性材料は利用可能な空隙体積分画のうちの 41.5% (8.3% / 20%) しか占めない。従来技術の疎水性構造は、基板内の空隙体積分画のはるかにより大きい部分を占められないままにし (たとえば、50% 未満を占める)、これによって、従来技術の疎水性構造における空隙が、流体が流体チャネルから逃げるか、または他の状態で疎水性構造に浸透することを許容してしまう可能性が増大する。一方、化学分析デバイス 100 および 450 内の疎水性構造は、利用可能な空隙体積の 50% を超えるより高い割合の空隙体積分画を充填し、これによって、従来技術の化学分析デバイスと比較して、間隙

10

20

30

40

50

、または、流体が流体バリア壁または他の疎水性構造を通じて拡散することを許容してしまう他の欠陥を含む可能性がより低いよりロバストな疎水性構造が製造される。

#### 【0040】

図1の例示的な実施形態において、疎水性構造172および176は、流体チャネル116を形成するために、基板104の長さおよび幅に沿って互いから分離される。流体チャネル116は、基板104内の親水性材料の、疎水性材料を含まず基板104内の親水性材料を通じて流体が拡散することを可能にする部分から形成される。図1において、流体チャネル116は、第1の面132付近の約100 $\mu\text{m}$ （寸法線148）から第2の面136付近の約130 $\mu\text{m}$ （寸法線149）まで変化する幅を有する。チャネル116の幅は、チャネル116の周囲の流体バリア壁108および112を形成する疎水性材料の拡散パターンに起因して変化する。図1の実施形態において、流体バリア壁108および112の面は各々、チャネル116の幅に沿って約15 $\mu\text{m}$ の側方変動を有し、これによって、両方の流体バリア壁108および112に対して、第1の面132付近のチャネル116の最も狭い部分から、第2の面136におけるチャネル116の最も広い部分までの約30 $\mu\text{m}$ の合計変動がもたらされる。流体チャネルを形成する流体バリア壁の幅の変動は、化学分析デバイス内の種々の流体チャネルの実際の幅に影響を与える。たとえば、従来技術の化学分析デバイスにおいて、チャネル壁を形成する疎水性材料は、図1における流体バリア壁108および112よりもはるかに大きい度合いまで側方に拡散する。一例において、従来技術のデバイスは、355 $\mu\text{m}$ から765 $\mu\text{m}$ まで変動する幅を有する流体チャネルを含み、これは従来技術の流体チャネルの最も広い部分と最も狭い部分との間の2:1の比よりも大きい。対照的に、図1の流体チャネル116は、従来技術の流体チャネルよりも大幅に狭い絶対幅であっても、約1.3~1の最大幅対最小幅比しか有しない。チャネル壁内の疎水性材料の側方拡散に起因して従来技術のデバイスにおいてはチャネル幅の変動がより大きいことによって、流体チャネルバリアを形成する疎水性材料が実際にはともに融合してチャネルを閉塞させる状況において許容不可能な多数の閉塞したチャネルをもたらしことになる製造工程の変動のために、より大きいチャネル幅が必要とされる。一方、図1の化学分析デバイス100において、流体バリア壁構造108および112は、幅の変動が大幅により少なく、変動が低減していることによって、従来技術のデバイスよりも大幅に狭いが、制御された様式で親水性基板104を通じた流体の拡散を可能にすることにおいて効率的でもある流体チャネルを有する化学分析デバイス100を形成することが可能になる。

#### 【0041】

図2は、親水性基板の表面上に形成される疎水性材料の配列、基板に浸透する対応する疎水性構造、および、2つの疎水性構造の間に形成される流体チャネルの写真画像を示す。図2における写真は、図1のデバイス100と同様の疎水性流体バリア壁を含む化学分析デバイスの実際の実施形態からのものである。図2において、画像204は、親水性基板202の第1の面上に形成される、相変化インクのような疎水性材料の配列208を示す。疎水性材料の配列208は、約391 $\mu\text{m}$ の所定の幅212を有する。画像216は、配列208内の疎水性材料が基板202に浸透して、流体バリア壁220のような疎水性構造が形成された後の親水性基板の第1の面を示す。流体バリア壁220は、約654 $\mu\text{m}$ の最大幅224を有する。図2において、画像228は、流体チャネルを形成するために基板202上で互いから分離されているほぼ同じ幅を有する流体バリア壁220および別の流体バリア壁232を示す。画像228は、流体バリア壁220および228が最大幅を有する基板202の第1の面のものである。流体チャネルは、基板の第1の面付近で約103 $\mu\text{m}$ の幅236を有する。画像240は、流体バリア壁220および228が最小幅を有する基板の第2の面から、同じ流体バリア壁220および224を、流体チャネルとともに示す。画像240において、流体チャネルは約131 $\mu\text{m}$ の幅244を有する。

#### 【0042】

図3は、流体バリア壁108および112における疎水性材料の拡散に起因するチャネ

ル 1 1 6 の幅の変動を示す。図 3 において、流体バリア壁 1 0 8 および 1 1 2 は、それぞれ、チャンネル 1 1 6 の 2 つの面上の内面 3 2 4 A および 3 2 4 B を有して示されている。表面 3 2 4 A および 3 2 4 B の各々は、第 1 の面 1 3 2 の平面と第 2 の面 1 3 6 の平面との間の垂直軸から逸脱しており、線 3 0 8 A および 3 0 8 B は垂直軸を示す。逸脱の角度  $\theta$  は、基板 1 0 4 における疎水性材料の側方拡散の相対差に対応する。たとえば、図 3 において、流体バリア壁 1 0 8 および 1 1 2 の各々の側方拡散は、寸法線 3 2 8 が示すように約  $15 \mu\text{m}$  である。寸法線 1 4 4 に沿った  $180 \mu\text{m}$  の厚さを有する親水性基板において、垂直からの逸脱の角度  $\theta$  は、

【0043】

【数 7】

10

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{15\mu\text{m}}{180\mu\text{m}}\right) = \text{atan}(0.083) \cong 4.7^\circ$$

【0044】

として求められる。角度  $\theta$  は、異なる親水性基板および疎水性材料組成および厚さに応じて変動し得るが、逸脱の角度は一般的に  $20^\circ$  未満である。本明細書に記載する実施形態における逸脱の角度は、従来技術のデバイスにおいては基板を通じた疎水性材料の拡散の度合いがはるかにより大きいことに起因して約  $45^\circ$  の逸脱の角度を有する従来技術の疎水性層よりも大幅に小さい。

20

【0045】

図 3 は、平滑で直線的な形状を有する内面 3 2 4 A および 3 2 4 B を示すが、図 3 は明瞭にするための簡略図であること、および、流体壁および親水性基板内の他の疎水性構造の表面は一般的に形状に変動を有することを当業者は認識しよう。たとえば、流体バリア壁 1 0 8 および 1 1 2 内の疎水性材料は親水性基板 1 0 4 に浸透して、図 3 に示す直線的な表面の代わりに、湾曲した形状を有するチャンネル壁 3 2 4 A および 3 2 4 B を形成する。加えて、疎水性材料は、繊維および親水性基板 1 0 4 内の他の構造上に逃げるが多く、これによって、チャンネル壁 3 2 4 A および 3 2 4 B の表面にばらつきが形成される。流体バリア壁の表面内の湾曲およびばらつきは、化学分析デバイス 1 0 0 内の疎水性材料の浸透が制御されることに起因して、従来技術のデバイスよりも大幅に小さい。図 8 は、流体チャンネルの周囲の流体バリア壁の表面を示す、従来技術の化学分析デバイスの写真画像を含む。図 9 は、化学分析デバイス 1 0 0 の実際の実施形態の写真画像を含み、これは、デバイス 1 0 0 における流体バリア壁および他の疎水性構造の構造的特性の改善を示す。図 8 は、流体チャンネル 8 1 6 ならびに流体バリア壁 8 2 4 A および 8 2 4 B を有する従来技術の化学分析デバイスを示す。流体バリア壁 8 2 4 A および 8 2 4 B は、約  $45^\circ$  の角度  $\phi$  だけ垂直軸 8 2 8 から逸脱している。図 9 は、親水性基板 9 0 4 の第 1 の面 9 3 2 から第 2 の面 9 3 6 へと延伸する面 9 2 4 A および 9 2 4 B を有する単一の流体バリア壁 9 0 8 を示す。流体バリア壁 9 0 8 の両方の面 9 2 4 A および 9 2 4 B についての図 9 における逸脱の角度  $\theta$  は約  $4.7^\circ$  である。

30

40

【0046】

再び図 1 を参照すると、化学分析デバイス 1 0 0 の動作中、流体試料は、流体チャンネル 1 1 6 ならびに反応部位 1 5 8 および 1 6 8 を含む、流体チャンネルおよび反応部位の放射状アレイの中心に形成される堆積部位 1 5 4 内に配置される。基板 1 0 4 内に形成される疎水性構造は、親水性材料を通じた流体の拡散を制御して、中心堆積部位 1 5 4 からの流体の部分を反応部位へと誘導する。たとえば、チャンネル 1 1 6 の周囲の流体バリア壁 1 0 8 および 1 1 2 を形成する疎水性材料は、流体サンプルがチャンネル 1 1 6 を出て基板 1 0 4 内の領域 1 2 0 および 1 2 4 に拡散することを防止するために、液体試料に対して不透性である。加えて、流体バリア壁 1 0 8 および 1 1 2 内の疎水性材料は、流体試料に対

50

する表面エネルギーが低く、これによって流体試料が流体バリア壁 108 および 112 に癒着することが防止される。したがって、試料中の流体は基板 104 を通じて、制御された様式で堆積部位 154 からチャネル 116 を通って反応部位 158 へと拡散する。種々の反応部位において親水性基板 104 内に埋め込まれている化学試薬が流体と反応して、流体の化学組成に基づいて基板 104 の色を変化させるか、または他の状態で分析結果を生成する。化学分析デバイス 100 において、反応部位 158、168 および他の反応部位は任意選択的に、単一の化学分析デバイス 100 が単一の流体試料に対して複数の分析を実施することを可能にするための複数の異なる化学試薬を含む。

#### 【0047】

図 1 の化学分析デバイス 100 は、2 自由度で基板の長さおよび幅に沿った流体試料の拡散を制御する単一の親水性基板を含む。他の化学分析デバイスの実施形態が 2 つ以上の親水性基板のスタックから形成され、これは、3 自由度で、個々の基板の長さおよび幅に沿って、および、基板の間に形成される流体チャネルを通じた流体試料の拡散を制御する。多基板化学分析デバイスにおける積層基板はともに接合され、各基板内の流体チャネルの対応する領域は、1 つまたは 2 つの隣接する基板内の流体チャネルと整列して、流体が基板スタック全体を通じて拡散することを可能にする。

#### 【0048】

図 4 は、多基板化学分析デバイス 450 を示す。化学分析デバイス 450 は、図 4 においては別個のろ紙シートとして具現化されている 4 つの親水性基板 454、458、462、および 466 を含む。デバイス層 454～466 は、複数の親水性基板、および、親水性基板内に流体チャネルを形成し親水性基板をともに接合する疎水性材料の層から成るスタックを形成する。一実施形態において、化学分析デバイス 450 は、基板 454 内の堆積部位 456 において体液の試料を受け入れ、反応部位 468 および 470 を含む、基板 466 内の反応部位のうちの 1 つまたは複数において結果を生成する生物医学的試験デバイスである。生物医学的試験デバイスの一般的な例は、血糖値および血液の他の特性を決定するために血液試料を試験するデバイスを含む。

#### 【0049】

化学分析デバイス 450 において、基板の各々は、疎水性材料から形成される流体チャネルを含み、基板はともに接合されて、デバイス 450 が形成される。化学分析デバイス 450 の図解例において、層 454 は、疎水性材料から形成される領域 455、および、裸の紙基板から形成され、流体試料の液滴を受け入れる堆積部位 456 を有する入口層である。領域 455 内の疎水性材料は、化学分析デバイス 450 を一方の面からシールし、堆積部位 456 上に配置される生物医学的流体の拡散を制御する。層 458 および 462 は各々、流体を入口層 454 から層 466 内の複数の異なる試験部位に導く中間流体チャネルを形成する疎水性材料のパターンを含む。たとえば、試験部位 468 は、血液試料中のタンパク質レベルについて試験する化学試薬を含み、試験部位 470 は、血液試料中の血糖値について試験する化学試薬を含む。基板層 466 上の疎水性材料のパターンは、試験部位間での流体の拡散を防止するためのバリアを形成し、基板層 466 が基板層 462 に接合されることを可能にする。

#### 【0050】

上述のように、多基板化学分析デバイス 450 は、個々の親水性基板内に流体チャネルおよび他の疎水性構造を形成する同じ疎水性材料を使用してともに接合される複数の基板を含む。多基板化学分析デバイス 450 は、従来技術の多基板デバイスにおいて基板を接合するのに必要とされる、特別な接着材または親水性基板間の追加の中間接着層を必要としない。図 4 は、2 つの基板層をともに接合する疎水性材料の構造を示すための、デバイス 450 からの基板 454 および 458 の部分断面図を示す。基板 454 において、疎水性材料は、流体堆積部位 456 を取り囲む領域 455 を形成する。領域 455 内の疎水性材料は、化学分析デバイス 100 において上述した疎水性構造と同様に、実質的に基板 454 の厚さ全体に浸透する。基板 458 も、基板 458 を通る流体チャネルを形成する疎水性構造を含む。図 4 は、基板 458 内の疎水性構造 482 および 488 を示す。

## 【0051】

基板482および488内の疎水性材料の第1の部分は、基板458に浸透して、それぞれ、領域486および492に示すような流体バリア壁および他の疎水性構造を形成する。構造482および488内の疎水性材料の第2の部分は、それぞれ領域484および490に示すように、基板454内に浸透する。基板458からの疎水性材料の、基板454に浸透する部分が、2つの部分をともに接合する。図4に示すように、基板458内の疎水性構造を形成する領域486および492内の疎水性材料のより大きい堆積と比較して、領域484および490内の疎水性材料のより小さい部分が、2つの基板をともに接合する。加えて、疎水性材料の一部分は基板454および458の間にあるままになって、2つの基板間の接合が維持される。図4に示すように、領域484および490内の疎水性材料のより小さい部分が基板454および458を接合するが、流体入口領域465を通じた流体の拡散を遮断しない。したがって、流体試料は、矢印495が示すように、堆積部位領域456を通じて流体チャネル459へと拡散する。加えて、基板454の疎水性構造455の、領域484および490と重なる部分にある疎水性材料は、基板458からの疎水性材料と融合して、2つの基板の間の接合の強度を増大させることができる。残りの親水性基板462および466は同様に、互いに、および基板458に接合される。

10

## 【0052】

図10は、従来技術の化学分析デバイスにおけるウェル構造のアレイを示す。図10におけるウェル構造のアレイ1000は、ウェル1000内の疎水性材料を溶融させる、図12Aに示す炉のようなリフロー炉内で形成される。図10のデバイス内の溶融した疎水性材料は基板内に拡散し、これによって、図11に示すアレイ1100と比較して疎水性材料のより大きい度合いの拡散がもたらされる。

20

## 【0053】

図11は、親水性基板1104、および、ウェル1108のようなウェル構造の二次元アレイを含む、図1および図4のデバイスと同様である化学分析デバイス内に形成されるウェル構造のアレイを示す。図11に示すように、各ウェルは、親水性基板の内側円形領域1112を取り囲む、壁1110のような流体バリア壁を形成する疎水性構造の環状配列から形成される。図11の実施形態において、環状ウェル壁は中心領域を完全に包囲し、流体試料は、基板1104の第1の面または第2の面の表面からウェルに入る。他の実施形態において、ウェル壁は、図1における反応部位158および168と同様に、流体が親水性基板を通じて横方向に入ることを可能にするための流体チャネルの開口を含む。

30

## 【0054】

理想的には、それぞれのアレイ1000および1100内のウェル構造の各々は同じサイズおよび形状を有するべきであるが、実際の実施形態は、ウェル構造のサイズおよび表面積の変動を受ける。図10内のウェル構造1000についての表面積間の変動のレベルは、図11のアレイ1100においてよりも大きい。従来技術のウェルアレイ1000において、最小および最大ウェルの間の最小面積に対する最大面積の比は、1.35:1であり、大きいウェルアレイの面積の標準偏差は約0.068である。一方、ウェルアレイ1100において、同じ最大面積と最小面積との比は1.15:1であり、ウェル面積の標準偏差は約0.038である。

40

## 【0055】

図11のアレイ1100においてはウェル間の変動における範囲がより狭くなっていることで、図11のウェルおよび他の同様の構造を含む化学分析デバイスを使用して実施される試験からの結果の一貫性が改善する。多くの化学分析デバイスにおいて、各ウェル内の親水性基板の領域は、後に流体試料と反応する化学試薬を受け入れる。各ウェルは一般的に同じ量の試薬を受け入れるが、ウェル壁内の疎水性材料の拡散の変動に起因して内部ウェル面積が所定の目標サイズよりも大幅に小さいまたは大きい場合、各ウェル内の試薬の実効濃度も変化する。したがって、より一貫したサイズを有して形成される図11のウェル構造は、1つの化学分析デバイス内の、および、生産工程における複数の異なる化学

50

分析デバイスの間の複数のウェルにわたってより均一な試薬の分布を可能にする。試薬の濃度をより一貫させることによって、ウェルアレイ 1 1 0 0 および他の適切な疎水性構造を使用するデバイスのような化学分析デバイスが、使用中により一貫した結果をもたらすことが可能になる。

#### 【0056】

改善された疎水性構造特性を有する、上記で示した単一基板および多基板化学分析デバイスは、図 1 2 A の従来技術のリフロー炉を使用しては形成されない。そうではなく、装置が熱および圧力を制御された様式で加えて、親水性基板内に上記で示した疎水性構造を形成する。下記に提示する実施形態は、図 1、図 4、および図 1 1 の化学分析デバイス内に疎水性構造を形成するのに使用することができる例示的な装置である。

10

#### 【0057】

図 5 は、温度勾配および圧力を加えて上記で示した化学分析デバイス内に疎水性構造を形成する、第 1 の円筒ローラ 5 5 4 および第 2 の円筒ローラ 5 5 8 として具現化される 2 つの部材を有する装置 5 8 0 を示す。第 1 の円筒ローラ 5 5 4 の表面を、7 0 °C ~ 1 4 0 °C のような、一般的にほぼ周囲温度のままである第 2 の円筒ローラ 5 5 8 の表面よりも高い温度に加熱するためのヒータ 5 2 4 が、第 1 の円筒ローラ 5 5 4 に動作可能に接続されている。第 1 のローラ 5 5 4 および第 2 のローラ 5 5 8 はニップ 5 5 6 において互いに係合し、疎水性材料 5 4 4 の層を有する第 1 の面 5 5 6 を有する親水性基板 5 5 2 が、ニップ 5 6 6 においてローラ 5 5 4 と 5 5 8 との間を移動する。疎水性材料 5 4 4 および基板 5 5 2 の第 1 の面 5 5 6 はより低温の第 2 のローラ 5 5 8 に係合し、一方で基板 5 5 2 の第 2 の白紙面 5 6 0 は、より高温の第 1 のローラ 5 5 4 に係合する。アクチュエータ 5 3 2 がローラ 5 5 4 および 5 5 8 の一方または両方に動作可能に接続されており、ローラ 5 5 4 と 5 5 8 との間に圧力を加え、アクチュエータ 5 3 2 の一実施形態は、8 0 0 P S I ~ 3, 0 0 0 P S I の範囲内の圧力を加える。任意選択の洗浄ローラ 5 7 4 が、第 2 のローラ 5 5 8 の表面から残留疎水性材料を除去する。

20

#### 【0058】

動作中、ローラ 5 5 4 および 5 5 8 は示されているように回転して、工程方向 5 3 4 において基板 5 5 2 を移動させる。ニップ 5 6 6 内の熱および圧力が疎水性材料 5 4 4 を溶解させて、疎水性材料が基板 5 5 2 に浸透して、疎水性構造 5 2 8 のような疎水性構造を形成することを可能にする。第 1 のローラ 5 5 4 のより高い温度および第 2 のローラ 5 5 8 のより低い温度が、ニップ 5 6 6 における温度勾配を生成する。ローラ 5 5 4 および 5 5 8 は、所定の温度および圧力を、従来技術のリフロー炉よりもはるかに制御された様式で基板に加える。加えて、ローラ 5 5 4 および 5 5 8 は、制御された速度において回転して、基板 5 5 2 の各部分が、種々の動作構成において一般的に 0. 1 ~ 1 0 秒に及ぶ所定の滞留時間にわたってニップ 5 6 6 内に留まることを可能にする。

30

#### 【0059】

図 5 において、装置 5 8 0 は、熱および圧力を加えて、疎水性材料 5 4 4 が基板 5 5 2 内に浸透することを可能にする。ニップ 5 6 6 における温度上昇および圧力によって固化疎水性材料 5 4 4 が溶解し、液化疎水性材料が基板 5 5 2 の多孔性材料内へ水平および垂直の両方向に拡散する。液化疎水性材料の拡散距離 L は、ウォッシュバーンの式

40

#### 【0060】

#### 【数 8】

$$L = \sqrt{\frac{\gamma Dt}{4\eta}}$$

50

## 【0061】

によって与えられ、式中、 $\gamma$ は溶融疎水性材料544の表面張力であり、 $D$ は基板552内の細孔の孔径であり、 $t$ は、その間ニップにおける温度勾配および圧力が、疎水性材料544の粘度を低減するニップにおける基板の滞留時間であり、 $\eta$ は溶融疎水液の粘度である。表面張力 $\gamma$ および粘度 $\eta$ の項は、疎水性材料544の特性から経験的に求められる。孔径 $D$ は、紙または基板552を形成する他の親水性材料のタイプから経験的に求められる。装置580は、ニップ566においてもたらされる温度勾配によって、疎水性材料および基板が移動するときに疎水性材料の粘度 $\eta$ および時間 $t$ を直接または間接的に制御する。ワックスまたは相変化インクのような疎水性材料は、材料の温度および疎水性材料に加えられる圧力に基づいて、様々な粘度レベルを有する液体状態に遷移する。液化疎水性材料の粘度は、材料の温度に逆相関する。ニップにおける温度勾配によって、面560および第1のローラ554付近のより高温の領域にある疎水性材料の粘度が、より低温の面556およびより低温のローラ558よりも高い度合いだけ低減する。したがって、温度勾配は、温度勾配のより高温の領域にあるインクが、増大した温度において粘度が低減していることに起因して、より低温の領域にあるインクと比較してより長い距離を浸透することを可能にする。

10

## 【0062】

当該技術分野において既知であるように、ニップ566において加えられる圧力も、疎水性材料544の実効溶融温度を低減し、それによって、ニップ566内の疎水性材料544を溶融してその粘度レベルを低減するのに必要とされる温度レベルが、標準気圧における溶融温度よりも低くなる。基板552の一部がニップ566を出ると、圧力および温度レベルは急速に降下し、これによって、疎水性材料544が図12Aに示す従来技術のリフロー炉よりも急速にかつ制御された状態で固化状態に戻ることが可能になる。ニップ566における基板552の各部分の滞留時間も、疎水性材料544が液体状態で過ごす時間量に影響を与える。

20

## 【0063】

ニップ566において、温度勾配は、溶融疎水性材料544の異方性加熱を可能にする。面560上の第1のローラ554の温度がより高いことによって、疎水性材料544の粘度 $\eta$ が、より低温の面556上よりも大きい度合いまで低下する。したがって、温度勾配によって、疎水性材料544が基板552の多孔性材料内へ、基板552の長さに沿った疎水性材料544の水平の流れよりも、第2の面560に向けてより長い距離にわたって流れることが可能になる。図5において、より長い矢印520は、基板552内の多孔性材料を通じた高温の面560に向かう疎水性材料544の流れ $L$ のより長い距離を示し、一方で、より短い矢印524は、基板552の長さに沿ったより短い流れの距離を示す。相変化インク疎水性材料について、インクがより高温のローラ554に向かって基板552に浸透するときのインクの粘度 $\eta$ が低減することによって、相変化インクが、基板を通じて印刷面556から第2の面560へと浸透することが可能になり、これによって、基板552の厚さ全体を通じて相変化インクの層が形成される。

30

## 【0064】

装置580は、異方性温度勾配、ならびに、基板552の長さに沿ったより少ない拡散および印刷面556から白紙面560への基板552を通じた浸透の改善を呈する疎水性材料544による流体チャネルバリアおよび他の構造を形成するための疎水性材料544の液流パターンを生成し、従来技術のデバイスよりも密度が高く分散が低い疎水性構造をもたらす。さらに、装置580における異方性温度勾配は、疎水性材料544が、図12Bに示す等方性温度勾配を有する従来技術のリフロー炉よりも大きい度合いまで、基板552内に浸透することを可能にする。バリアの幅が狭くなることで、より精細な特徴詳細を有するより小さいデバイスを製造することが可能になり、基板を通じた流体の毛細管拡散を制御する流体チャネルの有効性も改善する。ウォッシュバーンの式および温度勾配が図3に詳細に説明されているが、同様の原理が、下記に記載する単一層および多層化学分析デバイス形成装置に適用される。

40

50

## 【0065】

図6は、装置580による2つの基板552および610に対する接合過程の間の装置580を示す。図6において、基板662は、図5に示す動作の間に形成される疎水性構造528を含む。図6における接合過程の間、基板552の第1の面656は第2のローラ558に係合し、一方、第2の面560は、第2の基板610の第1の面606および疎水性材料618の第2の層に係合する。第2の基板610の白紙面612は、より高温の第1のローラ554に係合する。

## 【0066】

動作中、第1のローラ554および第2のローラ558は積層基板552および610に係合し、積層基板を工程方向534において移動させる。ローラ554と558との間のニップにおける温度および圧力が疎水性材料の層618を溶融させる。ローラ554と558との間の温度勾配が、層618内の疎水性材料が溶融して基板610に浸透することを可能にする。図6に示すように、矢印624が示すような側方の流れと比較して、溶融疎水性材料のより大きい部分が、矢印620が示すように、より高温の第1のローラ554に向かって流れる。ローラ554と558との間の温度勾配が、層618内の溶融疎水性材料が図5における装置580の動作と同様により高温の第1のローラ554に向かって流れることを可能にする。

## 【0067】

層618内の疎水性材料の、基板610に浸透する部分が、流体バリアまたは流体チャネル壁のような、別の疎水性構造630を形成する。層618内の溶融疎水性材料のより小さい部分が、矢印628が示すように基板552に浸透し、これによって、2つの基板552および610がともに接合する。疎水性材料のいくらかは、接合を維持するため基板552と610との間にあるままである。疎水性材料618の一部分は、領域632内のバリア528内の疎水性材料と融合し、これによって、基板552と610との間の接合の強度が増大する。基板552内の疎水性バリア528は、基板610における流体構造形成および基板552と610との間の接合過程の間は実質的に完全なままである。図6の図解例において、装置580は、接合基板614を形成し、基板搬送装置が、接合基板614を所定の速度において工程方向534において移動させる。

## 【0068】

図7は、化学分析デバイスのための親水性基板内に疎水性構造を形成し、複数の親水性基板をともに接合する装置780の別の構成を示す。装置780は、2つの部材754および758を含み、これらは装置780においてはプレートとして具現化され、装置780は、1つまたは複数の親水性基板に係合して温度勾配および圧力を加えて、基板内に疎水性構造を形成し、それらの基板をともに接合する。装置780は、第2のプレート758をより低い温度のままにしながら、第1のプレートの温度を所定のレベル（たとえば、70℃～140℃）まで上昇させるための、第1のプレート754に動作可能に接続されているヒータ734を含む。図1、図4、および図11の実施形態に示す構造と同様である疎水性構造を形成するために基板上の疎水性材料の配列を溶融させるために、これらのプレートをともに1つまたは複数の親水性基板の周辺に移動させるためのアクチュエータ768が、プレート754および758の一方または両方に動作可能に接続されている。アクチュエータ768は、これらのプレートをともに移動させて、0.1秒～10秒の範囲内の滞留時間にわたって、800PSI～3,000PSIの範囲内の圧力を加える。図7の構成において、装置780は、単一の動作において、単一の親水性基板内に疎水性構造を形成し、この単一の親水性基板を、1つまたは複数の追加の親水性基板から成るスタックに接合する。装置780は任意選択的に連続した親水性基板を、「一度に単一の基板」様式でスタックに接合して多層デバイスを形成する。

## 【0069】

図7において装置780は、2つの基板752および762を保持する。基板752は、第1のプレート754に係合する基板752の第1の面756および第2の面760上に形成される疎水性材料744の配列を含む。第2の基板762は、第2のプレート75

8に係合する第1の面764と、第1の面756および基板752上の疎水性材料の配列744に係合する第2の面766とを含む。一実施形態において、第2の基板762は、配列744内の疎水性材料による第2のプレート758の汚染を防止する犠牲または「キャリア」親水性基板である。キャリア基板762はその後、剥離または別の機械的分離過程によって疎水性構造を含む基板752から除去される。別の実施形態において、第2の基板762は、装置780内で以前に形成されている疎水性構造を含み、装置780は、追加の基板752を1つまたは複数の基板から成るスタックに接合して、多基板化学分析デバイスを形成する。多基板デバイスの形成中、既存の基板スタックが第2のプレート758に係合している間に、既存の基板スタックに接合される次の基板層が、第1のプレート734に係合する。

10

**【0070】**

装置780の動作中、アクチュエータ768はプレート754および758とともに移動させて、積層基板752および756に係合する。図7に示すように、疎水性材料の配列744は、装置780内の熱および圧力に応答して溶融する。プレート754と758との間の温度勾配が、配列744内の疎水性材料が溶融して基板752に浸透することを可能にする。図7に示すように、矢印724が示すような側方の流れと比較して、溶融疎水性材料のより大きい部分が、矢印722が示すように、より高温の第1のプレート754に向かって流れる。プレート754と758との間の温度勾配が、配列744内の溶融疎水性材料が図5および図6の装置580の動作と同様により高温の第1のプレート754に向かって流れることを可能にする。

20

**【0071】**

層744内の疎水性材料の、基板752に浸透する部分が、流体バリアまたは流体チャネル壁のような、別の疎水性構造748を形成する。層744内の溶融疎水性材料のより小さい部分が、基板762に浸透し、これによって、2つの基板752および762がともに接合する。図7において、疎水性材料728は、溶融して、矢印730が示すように第2の基板762に浸透する疎水性材料744のより小さい部分に対応する。疎水性材料のいくらかは、接合を維持するため基板752と762との間にあるままである。

【図 1】

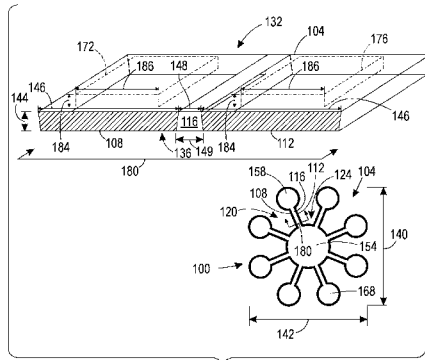


図 1

【図 2】

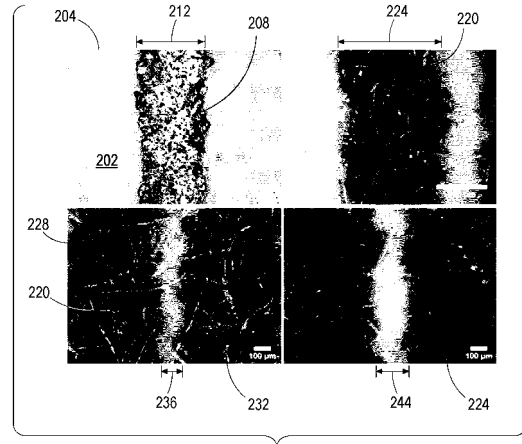


図 2

【図 3】

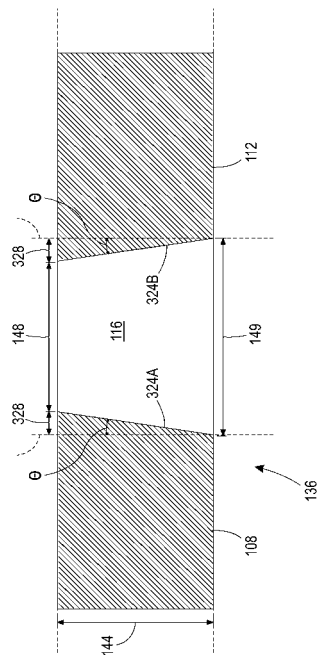


図 3

【図 4】

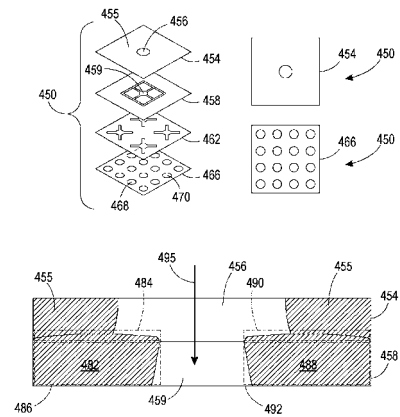


図 4

【図 5】

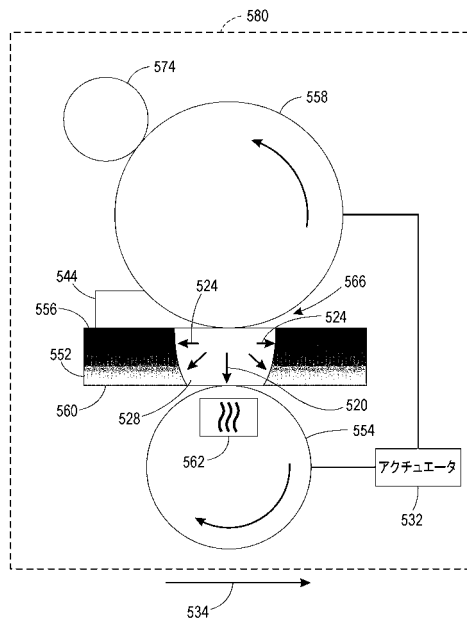


図 5

【図 6】

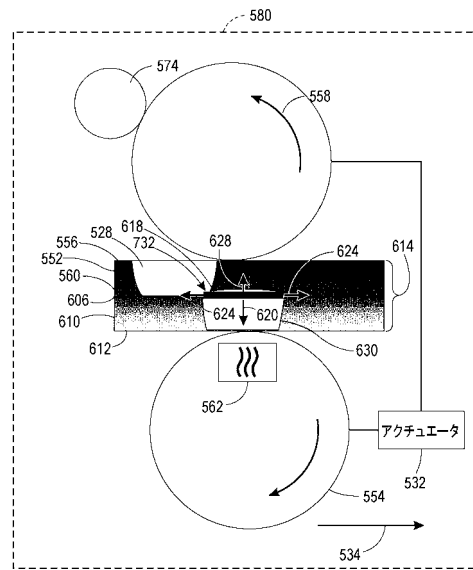


図 6

【図 7】

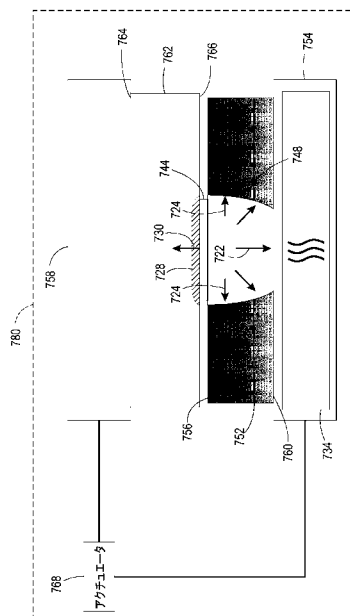


図 7

【図 8】

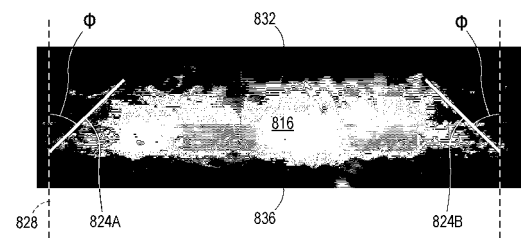


図 8

従来技術

【図 9】

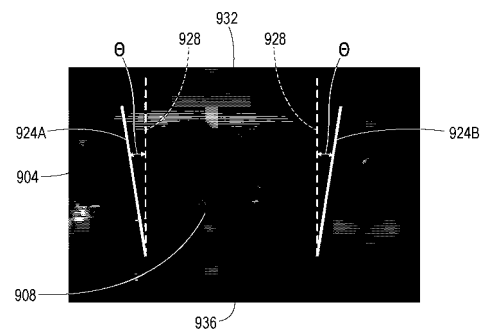


図 9

【図 1 0】

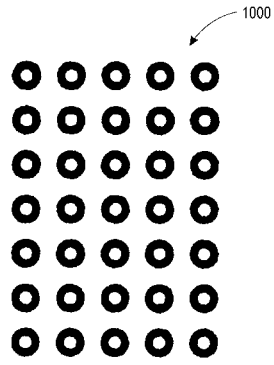


図 1 0

従来技術

【図 1 1】

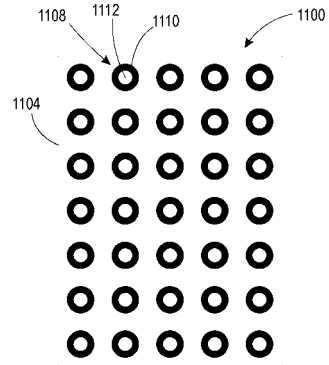


図 1 1

【図 1 2 A】

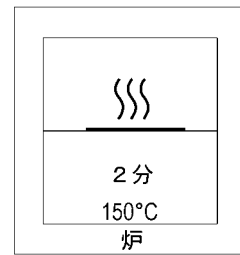


図 1 2 A

従来技術

【図 1 2 B】

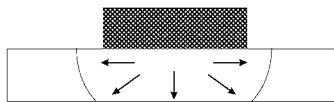


図 1 2 B

従来技術

---

フロントページの続き

(72)発明者 マンダキニ・カナンゴ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 5 2 6 ペンフィールド ペニコット・サークル 9

(72)発明者 ナンシー・ワイ・ジア

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 5 8 0 ウェブスター フィールドクレスト・ドライブ  
1 4 6 2

(72)発明者 ウェイ・ホン

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 0 0 3 アマースト ノース・プレザント・ストリー  
ト 6 6 6

Fターム(参考) 2G058 CC08 EB19