

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-509151

(P2016-509151A)

(43) 公表日 平成28年3月24日(2016.3.24)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
FO4B 43/06	(2006.01)	FO4B 43/06	B	3H077
GO1N 37/00	(2006.01)	GO1N 37/00	101	
F16K 7/17	(2006.01)	F16K 7/17	Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2015-549828 (P2015-549828)
 (86) (22) 出願日 平成25年12月20日 (2013.12.20)
 (85) 翻訳文提出日 平成27年7月14日 (2015.7.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/077252
 (87) 国際公開番号 W02014/100732
 (87) 国際公開日 平成26年6月26日 (2014.6.26)
 (31) 優先権主張番号 61/745,335
 (32) 優先日 平成24年12月21日 (2012.12.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 503466853
 マイクロニクス、 インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ワシントン 98052
 , レッドモンド, ビルディング エフ
 , 154ティーエイチ アベニュー エ
 ヌイー 8463
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (74) 代理人 100113413
 弁理士 森下 夏樹
 (72) 発明者 コルプ, アンドリュウ
 アメリカ合衆国 ワシントン 98144
 , シアトル, マウント セント ヘレ
 ンズ プレイス サウス 2838

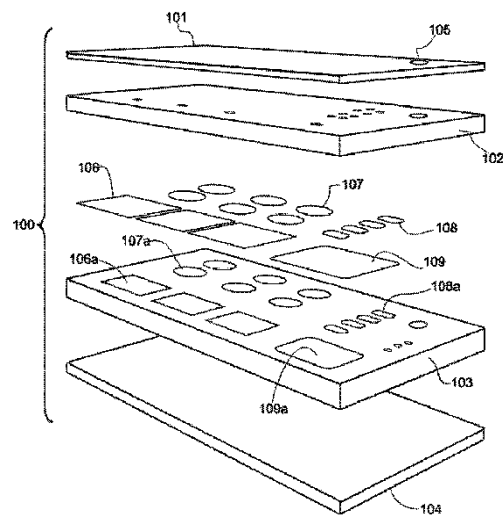
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体回路および関連する製造方法

(57) 【要約】

ダイヤフラム材料が、流体要素サブタイプに従って、降伏点、耐化学性、通気性、および他の性質のために個別に選択される、空気圧動作型ダイヤフラム部材を含有する、複数の回路要素サブタイプを有する、流体カートリッジおよびその製造が提供される。各個別ダイヤフラム部材の材料組成が、製造中に各種材料から選択され得る、カートリッジの内側のダイヤフラム部材、およびポンプ、弁、通気孔、廃棄物容器、試薬貯留部、および光学窓を伴うキュベットを含む、能動および受動回路要素としてダイヤフラム部材を有する流体回路を形成するための原位置縁結合装飾法のプロセスも提供される。

Fig. 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

4つのスタック型本体層、すなわち、本体層1、本体層2、本体層3、および本体層4で形成される本体を備える、流体デバイスであって、前記本体は、流体を移動させるための油圧マイクロ回路を封入し、前記流体デバイスは、前記油圧マイクロ回路内の前記流体の移動が、それに動作可能に連結された空気圧マイクロ回路の少なくとも1つのダイヤフラム部材によって電力供給および制御されるように構成される、流体デバイス。

【請求項 2】

前記スタックの前記油圧マイクロ回路は、前記スタックの前記第2の本体層内に形成され、前記スタックの前記空気圧マイクロ回路は、その前記第3の層内に形成される、請求項1に記載の流体デバイス。

10

【請求項 3】

前記少なくとも1つのダイヤフラム部材は、前記第2の本体層と前記第3の本体層との間で密閉されて挟持される、請求項1または2に記載の流体デバイス。

【請求項 4】

前記第1の本体層および前記第4の本体層は、キャッピング層である、請求項1～3のいずれか1項に記載の流体デバイス。

【請求項 5】

前記第2の層および前記第3の層は、成形部材である、請求項1～4のいずれか1項に記載の流体デバイス。

20

【請求項 6】

前記第2の層および前記第3の層は、積層部材である、請求項1～4のいずれか1項に記載の流体デバイス。

【請求項 7】

前記少なくとも1つのダイヤフラム部材は、縁結合装飾法によって形成される、請求項1～6のいずれか1項に記載の流体デバイス。

【請求項 8】

複数のダイヤフラム部材が、前記第2の本体層と前記第3の本体層との間で密閉されて挟持される、請求項1～7のいずれか1項に記載の流体デバイス。

【請求項 9】

前記複数のダイヤフラム部材は、複数の薄膜材料を備え、前記複数の薄膜材料は、異種である、請求項8に記載の流体デバイス。

30

【請求項 10】

前記複数のダイヤフラム部材は、

- a) エラストマー薄膜、
- b) 不可逆的に伸張可能な薄膜、
- c) 通気性薄膜、
- d) エラストマー通気性薄膜、
- e) 不可逆的に伸張可能な通気性薄膜、
- f) 親水性薄膜、
- g) 疎水性薄膜、
- h) 感破裂性薄膜、および
- i) 耐破裂性薄膜

40

から選択される、少なくとも2つの薄膜の種類を備える、請求項8に記載の流体デバイス。

【請求項 11】

流体を移動させるための油圧マイクロ回路を封入する本体を備える、流体デバイスであって、前記流体デバイスは、前記油圧マイクロ回路内の前記流体の移動が、それに動作可能に連結された空気圧マイクロ回路のダイヤフラム部材によって電力供給および制御され、前記ダイヤフラム部材が縁結合装飾法のプロセスによって形成されるように、構成され

50

る、流体デバイス。

【請求項 1 2】

前記縁結合プロセスは、定位置で前記ダイヤフラムを切削溶接するための少なくとも 1 つのレーザを採用する、請求項 1 1 に記載の流体デバイス。

【請求項 1 3】

前記少なくとも 1 つのレーザは、2 マイクロメートル～12 マイクロメートルの周波数で動作する、請求項 1 2 に記載の流体デバイス。

【請求項 1 4】

前記少なくとも 1 つのレーザは、CO₂ レーザである、請求項 1 2 に記載の流体デバイス。

【請求項 1 5】

前記少なくとも 1 つのレーザは、約 2 μm で出力を有する、トリウム・ホルミウム (Ho) ファイバレーザである、請求項 1 1 に記載の流体デバイス。

【請求項 1 6】

前記レーザは、X - Y - Z テーブル上に搭載され、第 1 の成形本体部品に適用された薄膜ロールストックからダイヤフラムを切削溶接するために構成される、請求項 1 1 に記載の流体デバイス。

【請求項 1 7】

流体を移動させるための油圧マイクロ回路を封入する本体を備える、流体デバイスであって、前記油圧マイクロ回路内の前記流体の移動は、それに動作可能に連結された空気圧マイクロ回路のダイヤフラム部材によって電力供給および制御され、前記ダイヤフラム部材は、縁結合装飾法のプロセスによって形成される、流体デバイス。

【請求項 1 8】

前記縁結合プロセスは、少なくとも、定位置で前記ダイヤフラム部材を結合および切断するための機械デバイスを採用する、請求項 1 7 に記載の流体デバイス。

【請求項 1 9】

前記結合プロセスは、超音波溶接、熱溶接、溶剤溶接、または接着から選択される、請求項 1 7 に記載の流体デバイス。

【請求項 2 0】

縁結合装飾法によって流体カートリッジの本体の内側で機能的ユニットとして組み立てられる各種ダイヤフラムを印刷するための方法であって、

A) その上に配置された流体空洞特徴が流体回路を画定する、流体面とともに第 1 の成形プレートを形成するステップと、

B) その上に配置された空気圧空洞特徴が空気圧回路を画定する、空気圧面とともに第 2 の成形プレートを形成するステップであって、前記空気圧回路の前記特徴は、前記流体回路の前記特徴と界面接触し、それらを操作するように設計される、ステップと、

C) 前記空気圧面を第 1 のフィルム材料のシートと接触させ、そこから第 1 のダイヤフラム部材を鋸留めして切断するステップであって、前記第 1 のダイヤフラム部材は、第 1 の空気圧空洞を覆い、その周囲にエプロンを形成するように切断される、ステップと、

D) 前記空気圧面を第 2 のフィルム材料のシートと接触させ、そこから第 2 のダイヤフラム部材を鋸留めして切断するステップであって、前記第 2 のダイヤフラム部材は、第 2 の空気圧空洞を覆い、その周囲にエプロンを形成するように切断される、ステップと、

E) 前記第 1 の成形プレートの前記流体面を前記第 2 の成形プレートの前記空気圧面に結合および融合し、それによって、前記流体カートリッジの前記本体の内側で前記第 1 および第 2 のダイヤフラム部材を密閉するステップであって、前記ダイヤフラム部材の各エプロンは、対向流体空洞から下層の空気圧空洞を分離するよう、前記流体面と前記空気圧面との間で密閉されて挿入する、ステップと、

を含み、前記第 1 のシートおよび前記第 2 のシートは、異種薄膜材料から成る、方法。

【請求項 2 1】

10

20

30

40

50

第 1 のシートおよび前記第 2 のシートは、

- a) エラストマー薄膜、
- b) 不可逆的に伸張可能な薄膜、
- c) 通気性薄膜、
- d) エラストマー通気性薄膜、
- e) 不可逆的に伸張可能な通気性薄膜、
- f) 親水性薄膜、
- g) 疎水性薄膜、
- h) 感破裂性薄膜、および
- i) 耐破裂性薄膜

から選択される、異種材料である、請求項 20 に記載の方法。

10

【請求項 22】

組立ステップ a - f の後に不可逆的に伸張可能なダイヤフラム部材を過剰伸張させるステップをさらに含み、前記過剰伸張させるステップは、前記ダイヤフラムを原位置で折り畳み式プリスター形状に伸張させるために十分な力を印加するステップを含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

前記機能的ユニットは、空気油圧弁、ポンプ、通気孔、キュベット、試薬貯蔵チャンバ、および廃棄物チャンバを備える、請求項 21 に記載の方法。

20

【請求項 24】

各機能的ユニットは、自動プロセスで各種シートまたはロール原料から切断されるダイヤフラム部材を備える、請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】

キャッピングフィルム層を前記第 2 の成形プレート上の前記空気圧面の反対側の外面に結合または融合するステップをさらに含み、前記外面は、前記空気圧回路と空気圧連通している、少なくとも 1 つのチャンネル、チャンバ、通気孔、ビア、または入口を備える、請求項 20 ~ 24 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 26】

キャッピングフィルム層を前記第 1 の成形プレート上の前記流体面の反対側の外面に結合または融合するステップをさらに含み、前記外面は、前記流体回路と流体連通している、少なくとも 1 つのチャンネル、チャンバ、通気孔、ビア、または入口を備える、請求項 20 ~ 25 のいずれか 1 項に記載の方法。

30

【請求項 27】

流体回路のためのマイクロポンプであって、

A) その中にポンプ空洞を有する、プラスチック本体であって、前記ポンプ空洞は、その間に前記ポンプ空洞を封入する、第 1 の表面および第 2 の表面によって画定され、前記第 2 の表面は、前記空洞を境界する穴縁で前記第 1 の表面に並置する、プラスチック本体と、

B) その周囲で周辺的に画定されたエプロンを伴うダイヤフラム部材であって、前記エプロンは、前記第 2 の表面から前記第 1 の表面を分離するよう、前記穴縁の下で前記本体に密閉されて挿入される、ダイヤフラム部材と、

40

C) 前記第 1 の表面を通して前記空洞に進入する、第 1 の流体チャンネルと、

D) 前記第 2 の表面を通して前記空洞に進入する、第 1 の空気圧チャンネルと、

を備え、

前記ダイヤフラム部材は、それに印加された空気圧によって、前記第 2 の表面に対して可逆的に偏向され、かつそこから後退させられ、それによって、前記第 1 のチャンネルを通して流体を送出するための「吸引ストローク」および「変位ストローク」を有することが可能であり、

a) 前記ダイヤフラム部材は、力が折り畳み式プリスターとしてフィルムを永久的に変形させるように降伏強度を有する、フィルムであり、

50

b) 前記ダイヤフラム部材は、ポリエチレンの層の間に配置された塩化ビニリデンポリマー層を有する、フィルムであり、

c) 前記ダイヤフラム部材は、ポリエチレンの層の間に配置されたポリエチレンテレフタレート/塩化ビニリデンサンドイッチを備える、フィルムであり、

d) 前記ダイヤフラム部材は、エラストマーであり、

e) 前記ダイヤフラム部材は、ポリエチレンテレフタレートを含み、

f) 前記ダイヤフラム部材は、湿潤させられたときでさえも空気圧に応答してガスが双方向性に伝送されるように、通気性ポリマーフィルムを含み、

g) 前記ダイヤフラム部材は、疎水性、微孔性、ガス透過性のポリウレタンを含む、フィルムであり、

h) 前記ダイヤフラム部材は、湿潤が細孔を実質的に閉鎖するように、前記細孔を有する、実質的に親水性の通気性プラスチックフィルムを備え、または

i) 前記ダイヤフラム部材は、実質的に親水性、微孔性、ガス透過性のポリウレタンエラストマーである、マイクロポンプ。

【請求項 28】

前記プラスチック本体は、成形または積層のプロセスによってそれぞれ形成される、少なくとも 2 つの本体層を備え、前記ダイヤフラム部材の前記エプロンは、その第 1 の本体層と第 2 の本体層との間で密閉されて挟持される、請求項 27 に記載のマイクロポンプ。

【請求項 29】

エプロンを伴う前記ダイヤフラムは、フィルムのシートまたはロールから形成され、レーザ切断のプロセスによって前記第 1 の基板層に密閉または鋸留めされる、請求項 27 ~ 28 のいずれか 1 項に記載のマイクロポンプ。

【請求項 30】

空気圧制御チャンネルが、前記第 2 の表面内のポートを通して前記空洞に流体的に接続される、請求項 27 ~ 29 のいずれか 1 項に記載のマイクロポンプ。

【請求項 31】

前記空気圧制御チャンネルは、負および正の空気圧パルスを前記空洞に供給し、それによって、前記ダイヤフラムのポンプストロークを制御することを可能にさせられる、請求項 27 ~ 30 のいずれか 1 項に記載のマイクロポンプ。

【請求項 32】

通気孔が、前記第 2 の表面内のポートを通して前記空洞に流体的に接続される、請求項 27 ~ 31 のいずれか 1 項に記載のマイクロポンプ。

【請求項 33】

流体回路のためのマイクロ弁であって、

A) 油圧副次空洞および空気圧副次空洞の組み合わせによってその中に形成された弁空洞を有する、プラスチック本体であって、前記油圧副次空洞は、前記空洞の第 1 の内面を画定し、前記空気圧副次空洞は、前記空洞の第 2 の内面を画定する、プラスチック本体と

B) その周囲で周辺的に画定されたエプロンを伴うダイヤフラム部材であって、前記エプロンは、前記第 2 の表面から前記第 1 の表面を分離するよう、前記穴縁の下で前記本体に密閉されて挿入される、ダイヤフラム部材と、

C) 前記第 1 の表面内の第 1 のポートを通して前記弁空洞に進入する、第 1 の流体チャンネル、および前記第 1 の表面内の第 2 のポートを通して前記弁空洞に進入する、第 2 の流体チャンネルであって、前記マイクロ弁を通して液体を運搬するための流体チャンネルと、

D) 前記第 1 のポートと前記第 2 のポートとの間の前記第 1 の表面上で画定される、弁台と、

を備え、

前記ダイヤフラム部材は、前記空気圧副次空洞に印加された動作圧力によって、前記弁台と可逆的に接触させられ、それによって、前記油圧空洞内の圧力より大きい前記空気圧副次空洞内の圧力によって画定される「オフ」位置、および前記油圧空洞内の圧力より小

10

20

30

40

50

さい前記空気圧副次空洞の圧力によって画定される「開放」位置を画定することが可能であり、

a) 前記ダイヤフラム部材は、力が折り畳み式プリスターとしてフィルムを永久的に変形させるように降伏強度を有する、フィルムであり、

b) 前記ダイヤフラム部材は、ポリエチレンの層の間に配置された塩化ビニリデンポリマー層を有する、フィルムであり、

c) 前記ダイヤフラム部材は、ポリエチレンの層の間に配置されるポリエチレンテレフタレート / 塩化ビニリデンサンドイッチを備える、フィルムであり、

d) 前記ダイヤフラム部材は、エラストマーであり、

e) 前記ダイヤフラム部材は、ポリエチレンテレフタレートを含み、

f) 前記ダイヤフラム部材は、湿潤させられたときでさえも空気圧に応答してガスが双方向性に伝送されるように、通気性ポリマーフィルムを含み、

g) 前記ダイヤフラム部材は、疎水性、微孔性、ガス透過性のポリウレタンを含む、フィルムであり、

h) 前記ダイヤフラム部材は、湿潤が細孔を実質的に閉鎖するように、前記細孔を有する実質的に親水性の通気性プラスチックフィルムを備え、または

i) 前記ダイヤフラム部材は、実質的に親水性、微孔性、ガス透過性のポリウレタンエラストマーである、マイクロ弁。

【請求項 3 4】

前記プラスチック本体は、成形または積層のプロセスによってそれぞれ形成される、少なくとも 2 つの本体層を備え、前記ダイヤフラム部材の前記エプロンは、その第 1 の本体層と第 2 の本体層との間で密閉されて挟持される、請求項 3 3 に記載のマイクロ弁。

【請求項 3 5】

エプロンを伴う前記ダイヤフラムは、フィルムのシートまたはロールから形成され、レーザ切断のプロセスによって前記第 1 の基板層に密閉または鋸留めされる、請求項 3 3 ~ 3 4 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 3 6】

空気圧制御チャンネルが、前記第 2 の表面内のポートを通して前記空洞に流体的に接続される、請求項 3 3 ~ 3 5 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 3 7】

前記空気圧制御チャンネルは、負および正の空気圧パルスを前記空洞に供給し、それによって、前記ダイヤフラムのポンプストロークを制御することを可能にさせられる、請求項 3 3 ~ 3 6 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 3 8】

通気孔が、前記第 2 の表面内のポートを通して前記空洞に流体的に接続される、請求項 3 3 ~ 3 7 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 3 9】

前記弁は、前記空気圧空洞が大気圧にあるときに流体静力学的に駆動された流体流に対する抵抗を伴わずに開放している、請求項 3 3 ~ 3 8 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 4 0】

前記弁は、前記空気圧空洞が前記油圧チャンバ内の静水圧より大きい動作圧力で加圧されるときに、流体静力学的に駆動された流体流の封鎖を伴って閉鎖される、請求項 3 3 ~ 3 9 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 4 1】

前記マイクロ弁ダイヤフラムは、低密度ポリエチレン / エチレン酢酸ビニル / ポリ塩化ビニリデン / エチレン酢酸ビニルおよび低密度ポリエチレン共同積層フィルムで形成される、請求項 3 3 ~ 4 0 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 4 2】

前記マイクロ弁ダイヤフラムは、ポリ塩化ビニリデンフィルムまたはその複合材料で形

10

20

30

40

50

成される、請求項 33 ~ 40 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 43】

前記マイクロ弁ダイヤフラムは、低密度ポリエチレンフィルムまたはその複合材料で形成される、請求項 33 ~ 40 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 44】

前記マイクロ弁ダイヤフラムは、エチレン酢酸ビニルフィルムまたはその複合材料で形成される、請求項 33 ~ 40 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 45】

前記マイクロ弁ダイヤフラムは、ポリオレフィンフィルムまたはその複合材料で形成される、請求項 33 ~ 40 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 46】

前記マイクロ弁ダイヤフラムは、ポリエチレンテレフタレートフィルムまたはその複合材料で形成される、請求項 33 ~ 40 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 47】

前記薄膜ウェブは、前記空洞内の前記力によって永久的に過剰伸張させられ、それによって、折り畳み式プリスターを形成する、請求項 33 ~ 46 のいずれか 1 項に記載のマイクロ弁。

【請求項 48】

前記プリスターは、前記空気圧副次空洞が減圧されるときに非弾性的に折り畳む、請求項 47 に記載のマイクロ弁。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、マイクロ流体デバイス等の流体デバイス、ならびに同デバイスの製造および使用のための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

流体マイクロ回路が当技術分野で公知であり、ピストン駆動型デバイス等の機械システム、動電学的ポンプおよび弁デバイス等の電気油圧システム、および空気油圧システムを含む。これらのうち、空気圧アクチュエータおよび制御表面を伴う、これらのシステムが、マイクロスケール流体流を制御することにおいて最も実用的であることが分かっている。

【0003】

空気圧インターフェースを有する、ある種類の流体デバイスが、Micronics, Inc. (Redmond, WA) によって製造されている。マイクロ流体チャネル中の流体流の制御は、プログラム可能な弁論理に従ってプラスチックカートリッジ内のミリメートルサイズの弁を操作する、MICROFLOW (R) システム空気圧コントローラを用いて達成される。小型ダイヤフラムが、カートリッジの空気圧側および油圧側を分離し、すなわち、弁ダイヤフラムは、空気圧制御パルスを開始および停止流体流に変換するためのインターフェース要素である。カートリッジは、チャネルおよびチャンバがキャッピング被覆層の間で密閉された状態で、積層を層毎に構築することによって形成される。全てのダイヤフラムは、単一の層で形成される。このようにして、複雑な流体回路が形成される。空気圧および油圧チャネルならびにチャンバは、カートリッジの空気圧運転および油圧運転がエラストマーダイヤフラム層によって分離されるように形成される。ポリウレタンおよびPDMSで形成されたダイヤフラムが、この方法のために最適となっている。未解決の問題は、回路要素のタイプまたはサブタイプに従ってダイヤフラム材料を変化させることができる（例えば、通気性、耐化学性、破裂可能、エラストマー、非弾性等）回路を製造する能力である。

【0004】

第2の未解決の問題は、ミリメートルおよびミリメートル未満の設置面積を有するマイクロ回路の製造可能性に関する。小型化は、単位面積あたりの回路構成要素のより高い密度を有するデバイスの開発に有利である、利益を明らかにしているが、ミリメートルまたはミリメートル未満の規模での弁およびダイヤフラムは、現在の生産方法によって実現することが困難となっている。

(マイクロポンプ)

【0005】

例えば、診断、より一般的には、生命科学等で多数の用途を見出す、流体マイクロ回路技術の最大限の利益を達成するために、小型ダイヤフラムポンプ要素が必要とされる。ダイヤフラム駆動型ポンプは、機械的シールおよび潤滑剤の欠如を含む、それらの衛生特徴のため有利である。

10

【0006】

小型ポンプは、概して、Wildingによって(例えば、米国特許第5304487号および第5498392号で)開示されたが、開示自体は、流体マイクロ回路ポンプおよび弁を完全に有効にするために十分ではなかった。Wildingによって、シリコンから微細加工されたポンプに関する、Van Lintel [1988, "A Piezoelectric Micropump Based on Micromachining of Silicon," Sensors and Actuators, 15:153-167]が引用された。シリコン系微小電気機械(MEMS)構造は、概して、現代のプラスチックデバイスと互換性がない。

20

【0007】

より高い圧縮率およびより大きい変位体積により、エラストマーダイヤフラム材料への関心が高まっており、これは、流体動作において自己下準備の利点を提供する。例えば、ポリジメチルシロキサン(PDMS)およびシリコンは、概して、薄いシートまたは関節動作型ブロックを容易に形成し、ダイヤフラム材料として使用される。ラテックスゴムおよび非晶質ポリウレタンも使用されている。フックの法則に従うエラストマー材料は、ダイヤフラムが弛緩状態でその元の形状に戻るという利点を有するが、これは、いくつかの用途のみに有利であり、耐化学性の欠如と関係付けることができる。

(マイクロ弁)

【0008】

弁に関係付けられる代表的な技術は、軟質で弾性のポリウレタンシートが、硬質アクリル本体に形成された流動チャネルを覆って締め付けられる、米国特許第4304257号('257弁)を含む。シートの一部を機械的に屈曲させるピストンを作動することによって、2つの非連続流体チャネルの間の流体経路が開閉される。シートへのテンティング作用は、弁の開放と関連付けられ、弁の閉鎖は、閉鎖位置への弾性シートの跳ね返りと関連付けられる。シートが閉鎖されたときに弁座に接触し、シートが弁を開放するように弁座を覆って位置する開口に引き込まれるように、シートは、弁座を覆ってシートへの組み込み取付を有する、ソレノイド動作型ロッドによって2つの位置の間で機械的に屈曲させられる。

30

【0009】

米国特許第4848722号の教示によると、'257弁は、いくつかの不利点を有する。機械的ソレノイド動作の繊細さ、および微調整の必要性に加えて、膜は、永久的伸張(すなわち、その降伏点を過ぎた永久的変形または圧迫)危険性を伴う多大な応力を受ける。膜のための凹状接触表面により、密閉領域が最大限化されるが、不利なことには、流体が流動し始める前に、弁空洞のゼロではない有意な容積が充填されなければならない。

40

【0010】

失効した米国特許第4848722号('722弁)では、弁座内でチャネル(3、4)によって形成される開口が閉鎖される流動停止位置、および開口が流体的に合流する開放位置に、2軸延伸ポリエチレンテレフタレート(bPET)等の可撓性シートを押勢するために、圧力または真空源が使用される。弁座のステップランド(図9:62)は、弁

50

が閉鎖されたときにシート(8)によって接触される。シートは、弁の空気圧側に接着される。

【0011】

米国特許第4869282号は、弁空洞を形成する2つの剛性層の間に挟持されたダイヤフラム層を有する、微細機械加工弁を説明する。ダイヤフラム層は、弁を閉鎖するように制御回路内の印加された空気圧によって偏向させられる、ポリイミドで形成される。ダイヤフラム運動は、ポリイミド層に過度の応力を加えることを回避するように制限される。

【0012】

失効した米国特許第5660370号(370弁)は、可撓性ダイヤフラム(2)、および2つの穴が形成される剛性層で形成された平坦な弁座を有する、弁(図1:1)を説明し、各穴は、下位層内の流体チャネル(3、4)への開口部を画定し、穴は、弁台によって分離される。ダイヤフラムは、ポリウレタンまたはシリコンで作製される。弁(5)は、ダイヤフラムを空気圧で運動させることによって開放される。その降伏点を越えて応力を加えられるシートの傾向を回避するために、平坦な弁座が、ダイヤフラム運動の必要範囲を最小限化するように使用される。これはまた、弁のデッドスペース容積も縮小する。

10

【0013】

接着剤を用いることなくとも直接結合された、複数のポリイミド層、好ましくは、KAPTON(R)フィルムを有する、流体マイクロ回路分析器、および流体流を制御するための可撓性の空気作動型ダイヤフラム部材を教示する、YSI Inc.に対する米国特許第5932799号で、類似構造が見られる。

20

【0014】

2002年10月17日に公開された、Micronics, Inc.に対する国際公開第2002/081934号は、エラストマーダイヤフラムを有する積層弁を説明する。「ピーナツ弁」と称された、これらの弁は、陰圧下で弁台を横断して流体を入れ、陽圧で加圧されたときに閉鎖される。有利なことには、弁空洞が、デッドスペース容積を最小限化するように輪郭腰部を伴って形成される。

【0015】

Mathiesに対する米国特許第7445926号は、硬質基板の間に挟持された可撓性ダイヤフラム層を伴う積層を説明する。ダイヤフラムが能動弁部材であるように、空気圧チャネルおよび流体チャネルが、ダイヤフラム層の反対側に形成される(参考文献の図1を参照)。開示されるダイヤフラム材料は、254マイクロメートルのPDMS膜である。弁本体は、典型的には、ガラス等の固体である。

30

【0016】

Montaguに対する米国特許出願第2006/0275852号および第2011/0207621号は、生物学的検定のための流体カートリッジを説明する。カートリッジは、流動通路を画定する、成形本体を含む。ラテックスダイヤフラムおよび缶入りダイヤフラムポンプが示されている(参考文献の図5を参照)。「圧延弾性ダイヤフラムポンプ」部材(3)が、事前形成されたサブアセンブリとしてカートリッジに挿入され、市販されている(Thomas Pumps, Model 1101小型圧縮機、Sheboygan, Wis. 53081)。弁は、ステップモータを使用して機械的に作動させられる。したがって、弁は、適正な動作のために敏感で細心の調整を必要とするという不利点を有する。

40

【0017】

他のエラストマー弁およびポンプ構築物が公知である。シリコン弁構築の実施例は、その全てが弁およびポンプを形成するためのソフトリソグラフィプロセス(米国特許第7695683号および第8104497号を参照)を例証する、米国特許第5443890号、第6793753号、第6951632号、および第8104514号を含む。PDMSが、ダイヤフラムおよびポンプ本体を形成するために使用されてもよい。ラテックスゴムおよび非晶質ポリウレタンもダイヤフラム材料として使用されているが、耐化学性が

50

、いくつかの用途のために十分ではない場合がある。

【0018】

限定的ではないが、空気油圧回路に活用されていない性質を有するダイヤフラム材料の実施例は、湿潤後にガス透過性かつ液体不透過性である部材を含む。弾性かつ通気性であるダイヤフラム部材は、流体マイクロ回路技術の分野で知られていない。耐溶剤性を有し、定位置形成ダイヤフラムに成形されることが可能である、ダイヤフラム部材は、知られていない。各種類の流体要素（弁、ポンプ、貯留部等）のためのダイヤフラム材料を独立して選択するための手段が知られていないため、他の潜在的なダイヤフラム材料は考慮されていない。

【0019】

有利なことには、湿潤後にその通気性を保持する、ガス透過性ダイヤフラムは、行き止まり流体回路内でダイヤフラムの使用を可能にするであろう。有利なことには、事前形成されたダイヤフラム部材を形成するように降伏する、耐溶剤性ダイヤフラムは、粒子状物質の懸濁液を送出するため、および腐食剤、カオトロップ、または溶剤に暴露されたときに漏出するポリウレタンダイヤフラムを交換し、したがって、PCR中に温度要件を低減させるためのエタノール、ホルムアミド、およびジメチルスルホキシド等であるが、それらに限定されない、溶剤の使用を可能にするために使用される弁で用途を有する。

【0020】

1つのそのような用途に適した材料は、別の用途に適していない場合がある。第1の実施例として、弁ダイヤフラムが、微孔性のガス透過性フィルムから加工された場合に実行可能ではない場合がある一方で、通気孔は、微孔性を必要とする。同様に、弾性を必要とするダイヤフラムは、低い降伏点を有するダイヤフラムによって容易に置換されない場合がある。特定の種類の流体要素のための材料の最適化は、各種類の流体要素を独立して最適化することができる場合のみ利点を提供する。選択された発明の実施形態は、各種または混合範囲の高度なダイヤフラム材料を、個々のカートリッジのポンプ、弁、フィルタ、通気孔、およびキューベット膜に選択的に組み込む、製造方法を用いることなく実現することができず、各種類の流体要素は、特異的な異種ダイヤフラム材料によって表される。種々のダイヤフラム材料は、概して、薄膜で作製される。

【0021】

弁およびポンプダイヤフラムの両方の工学は、材料のリストから選択可能である薄膜を使用して流体デバイスの組立を可能にする、製造方法から利益を得ることができる。従来の定位置接着方法は、大量生産に適しておらず、回路要素のさらなる小型化および密度の増加に技術的障壁を生じさせた。本明細書で開示される組み合わせの独特の利点を考慮すると、流体回路の各ダイヤフラム部材が、各個別回路要素の機能的要件に従って複数の利用可能な材料から独立して選択される、流体回路を製造するために、プロセスが必要とされる。現在利用可能な方法は、診断検定等のための流体デバイスの使用において期待市場成長を満たすために必要とされる製造規模で、単一のカートリッジ上の複数のダイヤフラム材料から成るデバイスの大量生産を可能にしない。

【0022】

進歩しているが、当技術分野では、マイクロ流体デバイス等の改良型流体デバイスの必要性がある。本発明は、この利点および関連利点を提供する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0023】

【特許文献1】米国特許第5304487号明細書

【特許文献2】米国特許第5498392号明細書

【非特許文献】

【0024】

【非特許文献1】Van Lintel, "A Piezoelectric Micro pump Based on Micromachining of Silicon,"

10

20

30

40

50

"Sensors and Actuators, 1988, 15: 153 - 167

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0025】

ダイヤフラム部材が単一のシートとして形成されないが、代わりに、形成されている回路要素の種類に従ってダイヤフラムの材料を変化させることができるように、それぞれ個別に堆積させられるように、雑多な複数の空気油圧ダイヤフラムを有する流体デバイスが開示される。各カートリッジは、異なるダイヤフラム材料を有するサブセットおよび組み合わせとしてグループ化される回路要素（弁、ポンプ、通気孔、フィルタ等）を含有する。また、高スループット製造のための適応を伴って、「縁結合装飾法」として表すことができるダイヤフラム印刷プロセスによる、これらのシステムの製造のための方法も開示される。

10

【0026】

ダイヤフラムはさらに、その降伏点を過ぎてダイヤフラムフィルムを伸張させることによって、「定位置形成」プロセスを受けてもよい。弛緩後、これらのダイヤフラムは、それらが伸張させられる空洞の形状を保持する。このプロセスは、流体システムの初期組立および筐体の閉鎖後に起こり、有利なことには、連続性または漏出欠陥を有する製品を識別するための品質管理ステップとしての機能も果たす。過剰伸張したダイヤフラムもまた、圧延または圧迫プロセス等によって機械的に形成されてもよい。事前伸張ダイヤフラムは、向上した応答時間、増加したストローク量の一貫性、減少した流動抵抗を有し、このようにして作製された弁は、より小さい内部容積およびより小さい設置面積を有する。

20

【0027】

導入として、いくつかの実施形態が一例として例証される。各実施形態では、複数の雑多なダイヤフラムサブタイプが、デバイスの中で組み立てられ、各ダイヤフラムサブタイプは、流体回路で価値のある独特の性質（弾性、非弾性、通気性、不透過性、耐化学性、感破裂性等）を有する特定の材料で形成されており、いずれか1つのダイヤフラムサブタイプが、全ての所望の流体回路要素に適しているわけではない。これらの副次的組み合わせは、「定位置で印刷される」各種特殊ダイヤフラムを有する、流体回路の一般概念を例証し、限定的であることを目的としておらず、すなわち、例証された副次的組み合わせは、より大きい組み合わせに形成されてもよく、他の副次的組み合わせおよび組み合わせが、これらの教示の背後の原則を実践することによって容易に達成される。

30

【0028】

本発明のプロセスを使用して、特定の流体または空気圧機能に独自に適した性質を有する、ダイヤフラムのサブタイプが、異種性質を有するダイヤフラムの他のサブセットと一緒に容易に組み込まれる。個別化ダイヤフラム材料を有する回路要素の可能性として考えられる副次的組み合わせの完全リストは、広範となり、本発明の原則は、それによって限定されないが、本明細書の開示から明白であることが容易に明白となるであろう。

（流体カートリッジ / 流体回路）

【0029】

別の実施形態では、2、3、4つ以上の層を有する、流体カートリッジが、機能的ユニットに形成されている複数の雑多なダイヤフラム材料を含有する、流体回路の周囲に形成されてもよい。例えば、2つの成形基板層および1つまたは2つのキャッピング層を有するが、それらに限定されない、本発明の流体カートリッジが形成されてもよい。独特の3層および4層流体カートリッジが、このプロセスによって形成され、製造を劇的に単純化する。4つの層を有する流体カートリッジが、以下で説明される理由により、特に好ましい。

40

【0030】

好ましくは、カートリッジは、空気圧加工物を収納する第1の成形部品と、流体加工物を収納する第2の成形部品とを備える。ダイヤフラム部材は、それらが交差する流体工学部から空気圧部を分離するように、および例えば、弁、ポンプ、通気孔、廃棄物容器、試薬

50

貯留部、およびキュベットを形成するように、適正な位置合わせで2つの成形部品の間に挿入される。このようにして、ダイヤフラムへの空気圧パルスの作用が、ダイヤフラムの反対側で流体の運動または停止をもたらすように、構造が形成される。したがって、ダイヤフラムは、流体側および空気圧側を有する。別様にデバイスの露出外面上にあるであろう、付加的な空気圧または流体特徴を密閉するために、キャッピング層が使用される。

(装飾法プロセスの説明)

【0031】

本発明の生産プロセスでは、各ダイヤフラムが、空気圧空洞を有する基板上の島としてフィルム層から切断され、切断プロセスは、少なくともダイヤフラム切り抜きを包囲する過剰な材料が除去されるように、フィルム層と基板との間に溶接を形成する。第2のステップでは、各ダイヤフラム部材の周囲の「エプロン」が第1および第2の基板の間で圧縮されるように、油圧空洞を有する第2の基板が、第1の基板に融合または結合される。エプロンは、ダイヤフラムの内部ウェブが結合されないことを可能にしながら、2つの基板層の間でダイヤフラムの縁の周囲の圧縮または融合シールを可能にするように大きめに切断される、ダイヤフラム部材の縁である。結果として生じるダイヤフラムは、それが被包される空洞のサイズによって定義される可動域を有する。

10

【0032】

第1の基板内の空気圧空洞と第2の基板内の油圧空洞との間にダイヤフラムを配置することによって、動作可能な空気油圧マイクロ回路が構築される。対合空洞は、弁、ポンプ、通気孔、フィルタ、抽出装置、廃棄物容器、試薬貯留部、およびキュベットとして機能してもよい。

20

【0033】

ダイヤフラム材料のシートは、レーザ装飾法または高温ニップローラ装飾法を使用して、ポリマー基板に溶接または鋸留めされてもよいが、レーザ装飾法は、プログラム可能な設計に従って溶接を作製するように、加工物を覆ってレーザを誘導することができるという利点を有する。

【0034】

有利なことには、切断プロセスは、過剰な非結合ダイヤフラム材料を除去するよう、エアナイフまたは静電ローラを用いて協調的に行われる。これは、それぞれ独特の性質を有する離散ダイヤフラムが、高密度で印刷され得ることを確実にする。

30

【0035】

本発明の好ましい実施形態では、ダイヤフラム材料は、フィルムから切断された個々のダイヤフラム部材を定位置に鋸留めするか、または融合するために、切断レーザが使用され得るように、ロールまたはシートからフィルムとして供給され、第1の剛性または半剛性基板と接触させられる。過剰な材料が除去され、ダイヤフラムの第1のサブセットが、基板内の下層特徴(すなわち、空洞)と位置を合わせて、このようにして基板上に印刷される。第2回目のダイヤフラム印刷は、複数のダイヤフラム、すなわち、材料が組成的に異なる、第1の材料で形成されるサブセット、および第2の材料で形成されるサブセットを有する、基板をもたらす。所望であれば、付加的なダイヤフラムが定位置で印刷される。

40

【0036】

いくつかの実施形態では、第2の基板の配置前に流体面上にスポットを印刷することによって、脱水試薬がカートリッジの中に事前に位置付けられてもよい。基板はまた、カートリッジの組立前に表面処理、テクスチャ、または光学コーティングを用いて修正されてもよい。次いで、ダイヤフラムが2つの本体部品の間に挟持され、結合面が融合または結合されるように、第2の基板部材が、その流体面上で第1の部品と接触させられる。

【0037】

第3のステップでは、キャッピング層が、必要であれば、本体部品の外面に適用され、これらの外面に形成された任意のチャネルまたはチャンバを密閉する。任意の通気孔またはサンプル入口穴は、概して、多くの場合、部品の間の溶剤、熱、分子、レーザ、または超音波結合が実用的ではない、中間接着層またはACA層を伴って、例えば、刻印または事

50

前切断アップリケのロールからプロセスに供給される、キャッピング層に事前切断される。

【0038】

本発明の製品およびプロセスのこれらおよび他の特徴は、その全体が総合すると本発明の明細書を形成する、以下に続く発明を実施するための形態、請求項、および同封の添付図面によって、さらに完全に明白にされるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】図1は、本体層の間に挟持された複数のダイヤフラムを有する、カートリッジ本体の分解概略図である。

【図2】図2は、種々の種類の流体要素を形成するための混合ダイヤフラム材料の使用を示す、概略図である。

【図3】図3は、ダイヤフラム材料が、各回路要素またはサブタイプに従って独立して選択される、空気圧動作型ダイヤフラム部材を含有する複数の回路要素サブタイプを有する、流体カートリッジを製造するためのプロセスを説明する、ブロック図である。

【図4】図4は、カートリッジ基板上へのダイヤフラム部材の縁結合レーザ装飾法のための組立プロセスの概略図である。

【図5-1】図5A-5Lは、レーザ装飾法を使用して4つの本体層を有するカートリッジを作製するプロセスにおけるステップの図である。

【図5-2】図5A-5Lは、レーザ装飾法を使用して4つの本体層を有するカートリッジを作製するプロセスにおけるステップの図である。

【図6】図6は、それぞれ特異的な異種ダイヤフラム材料によって特徴付けられる、複数の回路要素サブタイプを有する流体カートリッジを製造するためのプロセスのブロック図である。

【図7-1】図7A-7Lは、機械的装飾法を使用して4つの本体層を有するカートリッジを作製するプロセスにおけるステップの図である。

【図7-2】図7A-7Lは、機械的装飾法を使用して4つの本体層を有するカートリッジを作製するプロセスにおけるステップの図である。

【図8】図8Aは、積層によって構築されたカートリッジ本体を図示する。図8Bは、成形特徴を有する4層カートリッジ本体を図示する。図示される流体要素は、流体装填のための通気性ダイヤフラムを伴う行き止まりチャンネルを図示する。

【図9】図9A、9B、および9Cは、3つの倍率での通気性の微孔性ポリウレタンフィルムの微細構造のグラフィック説明図である。

【図10】図10Aおよび10Bは、薄膜を伸張させるプロセスによって伸張させられているダイヤフラム部材のレンダリングである。本プロセスは、弾性（すなわち、回復可能）または非弾性（すなわち、材料の降伏点を越えることによって永久的変形をもたらす）であり得る。弾性材料とは異なり、降伏ダイヤフラムサブタイプは、弾性的に回復しないが、代わりに、過剰伸張したウェブを有する気泡またはプリスター形状を形成する。

【図11】図11は、積層本体内の空気圧駆動型マイクロポンプの切断図である。

【図12】図12Aおよび12Bは、直径が数ミリメートルあるマイクロポンプのための定位置形成ダイヤフラム部材の平面図および立面図である。ポンプダイヤフラム部材は、エラストマー、微孔性ポリマー、伸張可能ポリマーから、縁結合装飾法のプロセスによって原位置で形成されてもよく、随意に、例えば、用途に従って、非弾性変形のプロセスが後に続いてよい。

【図13】図13Aおよび13Bは、降伏点を過ぎた伸張前（前）および後（後）の過剰伸張可能ポリマーフィルムのポンプ駆出ストローク量を図示する。データが2つのダイヤフラム直径について提示される。

【図14】図14Aおよび14Bは、弁ダイヤフラムの「オン」および「オフ」空気圧制御を示す、マイクロ弁構造の断面図である。弁ダイヤフラム部材は、エラストマー、微孔性ポリマー、伸張可能ポリマーから、縁結合装飾法のプロセスによって原位置で形成され

10

20

30

40

50

てもよく、随意に、例えば、流体回路の設計に従って、非弾性変形のプロセスが後に続いてよい。

【図15】図15は、成形本体特徴を伴う4層本体内のマイクロ弁の切断図である。

【図16】図16Aおよび16Bは、弾性的に回復可能または非弾性的に折り畳み式のプリスター形状の弁ダイヤフラムの平面図および立面図である。

【図17】図17は、ダイヤフラムを伴うマイクロ弁の4層本体構造の分解図である。

【図18】図18Aおよび18Bは、4層カートリッジ本体内のマイクロ弁の代替実施形態の作用図である。弁は、減圧されたときに開放し、加圧されたときに閉鎖される。エラストマーダイヤフラムが使用されるとき、弁は、減圧されたときに受動的に開放する。定位置形成ダイヤフラムが使用されるとき、弁は、真空が空気圧空洞に印加されるまで閉鎖される。

10

【図19】図19は、弾性的または非弾性的に形成することができるようなプリスター状ダイヤフラムの斜視図である。一実施形態では、弁は、縁結合装飾法のプロセスによって形成されてもよく、その後、例えば、図5または7で概略的に実証されるような非弾性変形が続く。

【発明を実施するための形態】

【0040】

本発明の前述および他の目的、特徴、および利点は、本発明の好ましい実施形態が一例として図示される、添付図面と併せて解釈される、以下の発明を実施するための形態を考慮すると、より容易に理解されるであろう。しかしながら、図面は、例証および説明のためにすぎず、本発明の限界の定義として意図されないことを明示的に理解されたい。本発明を特徴付ける新規性の種々の特徴は、本開示に付属し、その一部を形成する請求項において、詳細に指摘される。本発明は、必ずしも単独で取り上げられるこれらの特徴のうちのいずれか1つに存在するわけではなく、むしろ特定される機能のためのその構造の全ての特定の組み合わせに存在する。

20

【0041】

ある用語が、以下の説明の全体を通して、特定の特徴、ステップ、および構成要素を指すために使用され、かつ制限ではなく、説明の用語として使用される。当業者であれば理解するように、異なる個人が、異なる名称によって同一の特徴、ステップ、および構成要素を指し得る。名称が異なるが、機能または作用は異ならない、構成要素、ステップ、または特徴は、区別可能ではなく、同等と見なされ、本発明から逸脱することなく、本明細書で置換され得る。ある意味が、本発明者らによって意図されるように本明細書で定義され、すなわち、それらは固有の意味を有する。本明細書で使用される他の言葉および語句は、当業者に明白となるように、使用法と一致するような意味を帯びる。

30

(定義：)

【0042】

「基板」とは、チャンバおよびチャネルを形成する空洞がエンボス加工または成形される略平面を有する、本体層または部材を指す。

【0043】

「マイクロ流体」とは、慣例により、500マイクロメートル未満である、少なくとも1つの臨界寸法を有する流体特徴を指す。臨界寸法の狭さは、流体流を支配する法則の根本的变化をもたらす。流体マイクロ回路流体制は、ポアズイユ流または「層流」によって特徴付けられる。

40

【0044】

デバイスの「油圧加工物」は、検定の過程でサンプルまたは液体試薬によって湿潤させられることを目的としている、相互連通チャネルおよびチャンバの1つまたは複数のネットワークを含む。油圧ネットワークは、検定のステップを行うための流体副回路を伴って構成される。

【0045】

デバイスの「空気圧加工物」は、空気圧作動型弁、ポンプ、およびダイヤフラムの1つま

50

たは複数のネットワークを含み、デバイスの油圧部を電力供給および制御するために有用である回路およびマニホールドを相互接続する。カートリッジデバイスの空気圧加工物は、ホスト機器上の陽圧および陰圧源と、ならびに油圧ネットワーク内の液体を制御および駆動する、弁、ダイヤフラム、ポンプ、および他の空気圧作動型要素と連動する。

【0046】

本デバイスの空気圧加工物は、好ましくは、空気または窒素等のガスとともに操作されると言われ得るが、同等の「空気圧」回路は、より一般的には、流体とともに操作され得、流体は、シリコン油、植物油、フッ化炭素液体、および同等物等の液体を含む、ガスまたは液体から選択されることも着想される。したがって、本発明の1つの変形例では、空気圧加工物は、液体の特性を有する「流体」とともに操作され、デバイスの動作は、当業者によって容易に理解されるように、その他の点では、同等である。

10

【0047】

デバイスの「流体加工物」は、検定の過程で湿潤させられる内部チャネルおよびチャンバの1つまたは複数のネットワークで形成される油圧加工物と、空気圧インターフェースを介してホスト機器に由来する陽圧および陰圧源によって電力供給される制御およびポンプ駆動回路で形成される空気圧加工物とを含む。

【0048】

流体加工物は、流体副次回路に分割されてもよく、各副次回路は、液体サンプルまたは試薬に特定の機能を果たすためのチャネルおよびチャンバを備える。流体副次回路は、(1つまたは複数の核酸標的の抽出、増幅、および検出等のための)直列副次回路、およびサンプルを分割することによる単一のサンプル上の複数の標的に対する同時検定等のための並列副次回路およびネットワークに組織化されてもよい。「マイクロスケール」および「流体」とは、ミリメートルまたはミリメートル未満の特徴を有するデバイスを指す。

20

【0049】

「応力」は、歪みと関連付けられる単位面積あたりの内部または復元力であり、パスカルまたはメガパスカルの単位を有する。

【0050】

「応力」は、外部から印加された応力に応答する、元の長さで除算した長さの変化の比 L/L_0 であり、単位がない。これは、パーセントで求められる。

【0051】

「降伏点」は、曲線が偏向するか、または水平になり、組成変形が始まり、したがって、材料の「弾性限界」に対応する、応力・歪み曲線上の点である。降伏点に先立って、材料は、印加された応力が除去されたときにその元の形状に弾性的に戻る。いったん降伏点を通過すると、ある割合の変形が永久的かつ不可逆的となるであろう。

30

【0052】

「降伏強度」および「降伏点」は、ASTM標準試験方法D882-10(「882試験方法」)で説明されるように、再現性について標準技法によって測定される。一貫性のために、概して、1ミルフィルムが好ましい基板である。降伏強度は、不可逆的な変形を引き起こすことなく材料で発生させることができる最大応力の指標である。降伏点は、不可逆的な変形を引き起こすことなく材料で発生させることができる最大歪みの指標である。実用的な理由により、降伏強度、歪み、弾性限界、および弾性係数の測定は、応力・歪み図から実験的に定義される。

40

【0053】

オフセット降伏強度は、オフセット線(弾性変形範囲を通して応力・歪み曲線の初期傾斜と平行に描かれる)および応力・歪み曲線の交差点で図から読み取られる応力であり、オフセット線は、選択された値によって相殺される。プラスチックに対する相殺は、従来、2%と見なされる。随意に、降伏は、時として、例えば、共同積層フィルムの場合に範囲として示される。

【0054】

「弾性」とは、変形を引き起こす負荷が除去されたときに、その元の形状に戻る材料の能

50

力を指す。弾性は、概して、フックの弾性の法則によって説明されるように、ばね様サンプル応答によりエネルギーを貯蔵および放出する能力である。歪みが印加された応力の増加とともに直線的に増加する場合、材料は、純粋に弾性であるが、粘弾性質を示す材料等のいくつかの材料では、応力・歪み関係は、直線的ではなく、サンプル応答は、負荷印加の時間および速度に大きく依存している。

【0055】

「弾性係数 (Elastic Modulus)」とも称される「弾性係数 (Elastic modulus) (E)」は、歪みが完全に可逆的である、応力・歪み曲線の弾性変形領域中で測定される傾斜である。「弾性係数」は、応力・歪み曲線で測定される初期傾斜であり、材料の剛性の指標である。弾性係数は、完全に可逆的である伸張または変形の範囲内の定数であり、したがって、フックの法則のばね定数と同等である。

10

【0056】

「永久的変形」または「非弾性変形」は、伸長応力を受けた後に、材料がその元の長さに戻ることができない、元の長さ寸法の割合として表される、長さ寸法の増加である。フィルムの降伏強度または弾性限界より大きい応力を受けたとき、薄膜の永久的変形が起こり得る。例えば、空洞またはフレームの側面から別の側面までのウェブ径間長を有する薄膜ダイヤフラムが、圧力によって伸張させられ、次いで、弛緩状態に戻って折り畳まれるとき、ウェブ径間長は、ダイヤフラムがその降伏点を超えて受けた過剰伸張の量に従って永久的に伸張させられ得る。「過剰伸張」は、単純に、材料がその降伏点を過ぎて伸張させられていることを示す。

20

【0057】

材料の「靱性」は、エネルギーを吸収し、破砕または破裂することなく塑性的に変形する材料の能力であり、以下の積分に従って破壊点までの応力・歪み曲線下の総面積に関係付けることができる。

【数1】

$$K = \int_0^{\epsilon_f} \sigma d\epsilon$$

式中、 ϵ は、歪みであり、 ϵ_f は、破砕時の歪みであり、 σ は、応力である。Kの単位は、単位体積あたりのエネルギーのものである。本発明の目的で、靱性は、具体的には、長さで最大50%の歪みを受け、それによって永久的に変形させられる材料の能力を示す。この性質は、本明細書で説明されるような定位置形成プロセスによる空気圧要素の製造のために望ましい。

30

【0058】

異なる材料の降伏強度、最大引張強度、および伸長率の相対規模の比較もまた、それらの相対靱性の良好な指標を与えることができる。

【0059】

「最上部」、「底部」、「上に」、「下に」、「上部」、「下部」、「上方」、「下方」、「上向き」、「下向き」、「より上位」、「床」、「屋根」、「凸状」、「凹状」等は、交差測鉛線に対して直角と見なされる、「地面」等の特定の基準系を参照するとき、絶対位置または観点ではなく相対位置の指標である。

40

【0060】

本明細書で開示されるような「方法」とは、説明された目的を達成するための1つ以上のステップまたは作用を指す。ステップまたは作用の特定の順番が実施形態の適正な動作のために必要とされない限り、特定のステップおよび/または作用の順番および/または使用は、本発明の範囲から逸脱することなく修正されてもよい。

【0061】

「従来の」とは、本発明が関連する技術で公知であり、かつ一般的に理解される、用語または方法指定を指す。

【0062】

図1は、本発明の例証的カートリッジ100の分解図である。カートリッジは、4つの層

50

、すなわち、上から下に、第1のキャッピング層101、空気圧成形プレート層102、流体（油圧）成形プレート層、および第2のキャッピング層103で形成される。2つの成形プレートの間には、複数のダイヤフラムサブタイプ（105、106、107、108、109）があり、ダイヤフラムは、それらの組成および関数に従ってサブタイプに形成される。各種類の流体回路要素（ポンプ、弁、通気孔等）は、特定の機能的性質を有する特定の材料で形成されてもよい。油圧プレート層内の対応する空洞（106a、107a、および108a）は、どのようにしてダイヤフラム構造が機能的回路要素に組み込まれるかという指標として示される。例えば、要素108は、弁ツリーを形成する弁のバンクを表すことができる。要素109は、廃棄物チャンバ等を表してもよい。サンプル入口105は、他の流体特徴を表すが、本体内の流体チャネル、ピア、および接続の詳細は示されていない。

10

【0063】

カートリッジは、マイクロスケールチャネル、空洞、およびチャンバを含む、油圧加工物および空気圧加工物を含有する。サンプルおよび試薬液体は、カートリッジまたはカードの油圧ネットワーク内で運搬され、流体流は、選択された接合部、チャネル、およびチャンバに及ぶダイヤフラムにおいて油圧部と連動する空気圧ネットワークによって、制御および駆動される。典型的には、カートリッジまたはカードの本体は、可撓性プラスチックで作製され、積層、成形、またはそれらの組み合わせによって形成されてもよい。本体プラスチックは、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート、環状ポリオレフィン、アクリレート、メタクリレート、ポリスチレン、ポリイミド、ポリシリコン、ポリプロピレン、高密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、グラフトおよびブロック共重合体、およびそれらの複合材料を含んでもよいが、それらに限定されない。好ましいカートリッジは、ロールストックから作製され、その上に印刷された乾燥試薬を含む。他のそのようなカートリッジは、成形本体要素を含んでもよい。

20

【0064】

カートリッジ100は、種々の種類の回路要素が形成され、各種類の回路要素が特異的な異種ダイヤフラム材料（凡例参照）を用いて形成される、図2で概略的に図示される。弁205、試薬貯留部206、第1のポンプタイプ207、第2のポンプタイプ208、廃棄物貯留部209等を表し得るように、4種類の回路要素が図示されている（205、206、207、208、209）。

30

【0065】

一実施形態では、能動ポンプダイヤフラムは、非弾性伸張が組立または使用中に起こるように降伏点を有する、ポリマーで形成されてもよい一方で、流体動力学に使用することができるエネルギーを貯蔵するように弾性的に伸張させられる、受動ポンプダイヤフラムは、エラストマーで形成されてもよい。例えば、第1のポンプタイプ207は、過剰伸張したダイヤフラムで形成されてもよく、第2のポンプタイプ208は、微孔性エラストマーで形成されてもよく、2ゾーン熱循環を伴うPCR等の診断用途で有用であるように、ポンプ207からポンプ208へ能動的に駆動される流体が、ダイヤフラム208の弾性弛緩によって受動的に返還されるように、第1のポンプタイプは、空気圧作動線によって駆動され、第2のポンプタイプは、受動的に操作される。

40

【0066】

ダイヤフラムは、概して、薄膜で形成され、随意に、定位置で鑄造されるが、好ましい方法は、図3を参照して説明されるように縁結合装飾法によって定位置でそれらを印刷することである。多種多様の薄膜が、ダイヤフラムに好適であり、本プロセスの強みのうちの1つは、複数のダイヤフラム材料を利用することであり、各個別ダイヤフラムは、特定の回路要素、回路要素の種類、またはサブタイプの要件に最も適したフィルム材料から加工される。例えば、ポンプ要素として加工されるダイヤフラムのサブセット、および弁要素として加工されるダイヤフラムの第2のサブセットがあってもよい。いくつかのポンプは、弾性ダイヤフラムを使用してもよく、他のポンプは、以下で説明されるようにストローク量を増加させるために、非弾性的に過剰伸張したダイヤフラムを使用してもよい。多く

50

の場合において、ポンプおよび弁加工のために選択されるダイヤフラム材料は、異なるであろう。ポンプまたは弁のサブセットは、同一の回路内の他の流体要素では有用ではない場合がある材料性質である、耐熱性、弾性、耐化学性、透過性等のために選択される、特殊な材料を必要とし得る。

【0067】

ダイヤフラム材料は、例えば、一連のポリウレタン（FABTEX（R）という商標下で販売されている微孔性ポリウレタンを含む）、低密度ポリエチレン/エチレン酢酸ビニル/ポリ塩化ビニリデン/エチレン酢酸ビニルおよび低密度ポリエチレン積層（SARANEX（R）という商標下で販売されているような）、MUPOR（R）という商標下で販売されている多孔質ポリテトラフルオロエチレンフィルム、線状低密度ポリエチレン、エチレン酢酸ビニル、2軸延伸ポリエチレンテレフタレート、ポリ塩化ビニリデン、ポリイミド、およびポリオレフィンを含む。1つのサブタイプは、変形の必要範囲にわたって完全に弾性であり、別のサブタイプは、定位置形成ダイヤフラム要素を作製する際に超えられる降伏点を有する。降伏点が低すぎるため、またはヤング係数が高すぎるためのいずれかで、ある部材は、エラストマーダイヤフラムとして有用であるために十分に弾性ではない。さらに別のサブタイプは、微孔性かつ通気性である。いくつかのダイヤフラムは、親水性であり、他のダイヤフラムは、疎水性である。ある用途については、感破裂性または耐破裂性薄膜（ナイロン補強または共同積層を有するもの等）が使用される。マイクロ回路内の各種の流体要素のために最適化されたダイヤフラム材料を選択することによって、回路の向上した驚異的な性質が実現される。

10

20

【0068】

本体プレート部材または層（101、102、103、104）を形成するための材料は、ポリエチレンテレフタレート（最も好ましくはMYLAR（R）として販売されている2軸伸張PET）、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリプロピレン、ポリイミド、ポリアミド、およびシリコンゴムを含むが、それらに限定されない。

【0069】

ダイヤフラム部材は、本体部材の対向表面上に対応する空洞を伴って、（位置合わせマーク210または当技術分野で公知であるような他の基準を使用して）位置を合わせて流体プレートと空気圧プレートとの間に配列される。ダイヤフラムは、空気圧層に対してフィルムのシートを接触させ、「切削溶接」と称されるプロセスである、基板上に材料を溶接しながら各輪郭を切断することによって組み立てられてもよい。ダイヤフラムの形状は、概して、それが覆って位置する空洞の輪郭によって判定される。空洞が密閉されるように、余分な材料のビブまたはエプロンが各形状の周囲で切断される。切り抜きの間の過剰な材料が、次いで、例えば、静電収集ローラまたはエアナイフを使用して、剥がされる。

30

【0070】

図3は、単一のカートリッジ内の各種混合ダイヤフラム種類を形成するためのプロセスのブロック図である。組立における第1の段階は、ダイヤフラム部材を空気圧プレートに銜留めまたは溶接するために縁結合装飾法のプロセスを採用する。第2の製造段階では、選択されたダイヤフラムが定位置で形成されてもよい。第1の段階および第2の段階は、別々に考慮されるであろう。

40

【0071】

第1の組立段階は、概念的にステップに分けることができる。一对の成形プレートが製造され、流体回路の油圧加工物を画定する空洞およびチャネル特徴が、第1のプレートまたは筐体の中へエンボス加工、成形、または積層され、空気圧回路の空気圧加工物を画定する空洞およびチャネル特徴が、第2の製造プレートまたは筐体の中へエンボス加工、成形、または積層される。

【0072】

次のステップでは、空気圧プレート101は、空気圧面を上にして自動プロセスに供給される。図4で概略的に示されるように、（ステーションAにおける）第1のダイヤフラムフィルム材料のシートが、空気圧面上に接触させられ、ロボットレーザが、ダイヤフラム

50

の第1のサブセットを切削溶接するために使用される。形成される第1の回路要素は、例えば、全ての弁ダイヤフラムを含むことができる。レーザ切断は、プラスチック基板へのダイヤフラム部材の鋸留めまたは溶接の効果を有する。ダイヤフラムによって覆われる空気圧空洞または特徴の外側穴縁を過ぎて延在する、各ダイヤフラム部材の周囲の余分な縁またはエプロンを可能にして、各切断が行われる。このステップは、「レーザ縁結合装飾法」、「レーザ縁溶接装飾法」、または単純に「レーザ装飾法」と称される。

【0073】

第4のステップでは、(ステーションBにおける)第2のダイヤフラム材料のシートが、空気圧面上に接触させられ、ロボットレーザが、ダイヤフラムの第2のサブセットを切り取るために使用される。これらは、例えば、弾性ダイヤフラムを有する流体要素の第2のサブタイプを含み得る。

10

【0074】

レーザ装飾法ステップは、流体回路に必要とされるほど多くのダイヤフラム材料のシートまたはロールを用いて繰り返すことができ、各シートまたはロールは、特定の種類のダイヤフラムタイプに使用されるであろう、特異的材料である。

【0075】

最終的に、流体工学プレート(カートリッジに含有される任意の乾燥試薬でスポット形成または印刷されている)は、空気圧プレートに対して対面嵌合され、各プレート内の種々の空洞を包囲する、対応する穴縁表面の間でダイヤフラム部材のエプロンを挟持し、2つのプレートがともに密閉されるように、融合または結合のプロセスが適用される。

20

【0076】

2つの基板の融合は、例えば、超音波溶接によって、溶剤溶接によって、接着によって、またはレーザ支援熱溶融によって完成する。基板のうちの1つに共有結合した表面エポキシド基の紫外線活性化と組み合わせて、プレートを加圧処理することによって、両面接着剤層の使用を回避することができる。

【0077】

このステップは、それらの弁およびポンプ空洞内に被包された動作可能な弁およびポンプダイヤフラムアセンブリをもたらす。2つのプレートをとともに結合または融合するプロセスでは、ダイヤフラム部材のエプロンは、ダイヤフラムが回路の空気圧および流体側を物理的に分離するように、弁およびポンプ空洞の外壁に隣接して定位置で密閉される。

30

【0078】

組立は、付加的なステップを伴ってもよい。回路特徴が融合プレートの外面上に取り出される場合、キャッピング層が、これらの特徴を封入するようにカートリッジ本体の反対側の面上に適用される。

【0079】

本デバイスは、連続性ならびに流体側および空気圧側の漏出について試験されてもよい。流体側に過度の圧力を印加することによって、上を覆う空気圧空洞の形状に適合するように、ダイヤフラムを定位置で伸張させることができる。これらのダイヤフラムは、弛緩したとき、気泡のようなテント状外観を有するであろう。これは、以下でさらに詳細に説明されるように「定位置形成」ダイヤフラムプロセスを定義する。

40

【0080】

図4は、ダイヤフラムの縁結合装飾法のための組立ラインプロセスの一部を図示する。この概略図に示されるように、フィルム層を第1のワークステーション(ステーションA)で基板の露出表面上に密接に接触させることができるように、ローラアセンブリの下で空気圧カートリッジ本体101部材を運搬するために、組立ラインベルトが使用される。成形部品の間でダイヤフラムを縁密閉するために使用されるであろう、縁の周囲の余剰分(ここでは「エプロン」と称される)を可能にしながら、基板上の対応する空洞と密接に位置を合わせてダイヤフラムの形状を切り取るために、ロボットレーザが使用される。我々が見出したように、ダイヤフラムの切り抜きが定位置で鋸留めされ、またはポリウレタンエラストマーおよびポリ塩化ビニリデンの場合のように基板に溶接され得るように、波長

50

および電力出力を含む、レーザ切断プロセスの詳細を選択することができる。例えば、必要であれば、エアナイフによって補助されるように、余分な材料が巻き取りローラ上に除去される。カートリッジ組立は、第2のダイヤフラム材料が適用される、次のワークステーション（ステーションB）へ進む。このようにして、いくつかの物質的に分散したダイヤフラムのサブセットを有する製品を連続的に定位置で印刷することができる。

【0081】

図に示されていない、次の動作では、空気基板プレートが圧基板プレートと対面噛合され、2つは、ともに融合または結合され、したがって、仕上がった製品の内側にダイヤフラムを被包する。ダイヤフラムは、空気圧空洞から、または大気排出孔から油圧空洞を分離する。

10

【0082】

試行錯誤で、レーザによって形状を切断するプロセスでプラスチック基板上に溶接または鋸留めするために、選択された材料が見出されている。切削溶接は、典型的には、CO₂レーザ、Nd:YAGレーザ、ホルミウムレーザ、および最も好ましくは1.7~10ミクロン範囲内の出力を有するレーザ等のレーザを用いて達成され、縁結合レーザ装飾法で用途を見出す。CO₂レーザは、約2μmで出力を有する。出力を微細に集束することができ、溶接される表面上で吸収増進剤を必要とすることなく、CO₂レーザより大きい深度までポリマー材料と強く相互作用する帯域内にあるため、2μm出力を有するファイバレーザ（ツリウム（Tm）をドープし、かつホルミウム（Ho）をドープした二重被覆ファイバを採用するもの等）が、特に好ましい。標的出力は、概して、100ワット未満である。

20

【0083】

ほとんどのプラスチックは、紫外線から近赤外線まで延在する領域中でレーザ放射を吸収しない。染料または補助吸収層の追加等によるポリマー感受性化によって、約2マイクロメートルを下回る波長でレーザ溶接（熱へのレーザ放射の変換）を行うことができる。しかし、約1.7マイクロメートルで、プラスチックの固有の吸収率が振電励起により増加する。我々は、レーザ縁溶接装飾法のための好ましいレーザ出力周波数が、1.7マイクロメートル~10マイクロメートルの範囲内であることを見出した。2マイクロメートル出力を有するファイバレーザの利点は、より高い電力およびビーム品質、より高い効率および最小サイズ、高速ロボットワークステーションのための融通の利くファイバビーム送達、および広範囲のポリマーにわたる有効性を含む。いくつかの用途では、切断速度は、数メートル毎秒に接近する。必要であれば、異なるダイヤフラム材料を切断および縁結合するために、異なるレーザが使用されてもよい。

30

【0084】

高温ニップローラもまた、縁結合装飾法に有用であることが分かっており、ローラの鋭い縁は、切断を行うこと、および基板上にフィルムを溶接することの両方の働きをする。しかしながら、より密接な流体回路要素充詰および小型化の増大を可能にする、切断のより微細な詳細および品質により、レーザ切断が好ましい。

【0085】

より小さいダイヤフラム要素は、多くの場合、並行して複数の検定パネルを実行するために並列で操作される分岐回路に形成される、弁およびポンプアレイのより緊密な間隔を可能にする。例えば、共通廃棄物容器を覆う、または試薬の空気圧分注のためのダイヤフラムを有する試薬パックを覆うカバーとして、より大きいダイヤフラム要素が必要とされる。特殊ダイヤフラム要素もまた、通気孔として、および光学キュベットとして使用される。

40

【0086】

ダイヤフラム層を空気圧基板部材101に取り付けることは、大抵は便宜上であり、試薬が典型的には油圧基板上に印刷されるため好ましい。しかし、これは個人の選択の問題であり、本発明の実践を制限しない。

【0087】

50

図 5 A - 5 L は、4 つの本体層を有するカートリッジを作製するプロセスにおけるステップの図である。4 層カートリッジプロセスは、随意に、種々のダイヤフラムタイプのレーザ装飾法のためのプロセスと、示されるようにある弁およびポンプダイヤフラムを過剰伸張させるためのプロセスとを含んでもよい。

【 0 0 8 8 】

図 5 A では、単一の成形本体部材が示されている。この例示的实施形態では、示される本体部材は、油圧本体部材であり、湿潤可能弁およびポンプを形成するための流体特徴を含有する。図 5 B は、上に薄い層を追加する。図 5 C では、レーザ切削溶接プロセスが行われ、余分な材料が切り取られる。図 5 D では、その降伏点のために選択されるダイヤフラム材料を過剰伸張させるために、機械的指部が使用され、図 5 F に示されるプリスター状外観をもたらす。図 5 G では、第 2 の薄い層が第 1 の本体部材の上面を覆って適用される。閉鎖端チャンバのために選択されるダイヤフラム材料は、微孔性エラストマーである。余分な材料が、再度、図 5 H および 5 J に示されるような切断および溶接のプロセスによって除去される。次いで、空気圧本体層が定位置で結合され、2 つの本体部材の間でダイヤフラムをしっかりと挟持する。図 5 K では、キャッピング層が空気圧層を覆って配置される。このキャッピング層は、別様に空気圧層に含まれ得る、空気圧作動チャネルを含む。最終的に、図 5 L では、第 2 のキャッピング層が油圧本体部材の下に配置される。両側に特徴を伴って成形油圧および空気圧本体部材を形成することによって、キャッピング層は、有利なことには、その製造を単純化する平坦なプレートである。

【 0 0 8 9 】

流体および空気圧プレート本体部材（概して、加圧ガスを受容するために意図された特徴を有する、少なくとも 1 つの空気圧基板と、使用中に湿潤するために意図された流体特徴を有する、少なくとも 1 つの油圧基板とを含む）は、成形のプロセスによって形成されてもよく、ともに連動されたときに流体回路を形成する、流体または空気圧チャンバおよびチャネルとしての機能を果たす空洞を伴う、少なくとも 1 つの表面上に刻印または成形される。流体プレート部材の流体面は、空気圧プレート部材の空気圧面と連動するように設計される。個別ポンプ空洞は、筐体の流体および空気圧側の対合空洞から成ってもよく、クラムシェルプロセスで組み立てられる。空洞がそのダイヤフラムの下で密閉される前に、乾燥試薬およびピーズが、流体空洞の中へスポット形成または印刷される。完全に組み立てられたとき、各ダイヤフラムは、流体チャンバまたはチャネルと空気圧チャンバまたはチャネルとの間で連動し、概して、マイクロプロセッサのソレノイド作動型制御下にある空気圧インターフェースによって供給される空気圧パルスの制御下で、流体回路を通して流体を移動させるために使用される。流体および空気圧本体部材はまた、例えば、図 7 および 11 で図示されるように、積層によって形成されてもよい。

【 0 0 9 0 】

有利なことには、流体および空気圧特徴はまた、付加的な回路特徴が一方または両方のプレートの外面上に位置し、すなわち、ともに融合または結合されるであろう面の反対側にあり得るように、プレート基板を通して延在してもよい。これらのチャネルおよびチャンバはまた、密閉されてもよく、これは、概して、「キャッピング層」を用いて行われる。キャッピング層は、接着によって、または他の結合技法によって適用されてもよく、例えば、ポリエチレンテレフタレートまたは環状ポリオレフィンから成る。本体層を結合および融合することは、部品の間で中間接着剤または A C A（接着剤・コア・接着剤）層を適用することによって達成されるが、好ましい方法は、可能であれば、溶剤、熱、分子、レーザ、または超音波結合を含む。レーザ結合の近年の進歩は、隣接部品間の本質的に継目のない融合をもたらす。

【 0 0 9 1 】

この段階で、製造が完了してもよく、または選択されたダイヤフラムを成形するために、圧力駆動型「定位置形成」プロセスが使用されてもよい。キャッピング層を、ネガリリーフの中に回路特徴を持つ任意の外面に追加することは、プロセスの任意の段階で完了してもよい。

【 0 0 9 2 】

図 6 は、それぞれ特異的な異種ダイヤフラム材料によって特徴付けられる、複数の回路要素サブタイプを有する流体カートリッジを製造するためのプロセスのブロック図である。

【 0 0 9 3 】

図 7 A - 7 L は、4 つの本体層を有するカートリッジを作製するプロセスにおけるステップの図である。4 層カートリッジプロセスは、随意に、種々のダイヤフラムタイプの機械的装飾法のためのプロセスと、示されるようにある弁およびポンプダイヤフラムを過剰伸張させるためのプロセスとを含んでもよい。

【 0 0 9 4 】

図 7 A では、単一の成形本体部材が示されている。この例示的实施形態では、示される本体部材は、油圧本体部材であり、湿潤可能な弁およびポンプを形成するための流体特徴を含有する。図 7 B は、上に薄い層を追加する。図 7 C では、切断プロセスが行われ、余分な材料が切り取られる。切断プロセスはまた、熱結合等によって、2 つのダイヤフラムを本体部材に溶接または鋸留めする。図 7 D では、その降伏点のために選択されるダイヤフラム材料を過剰伸張させるために、機械的指部が使用され、図 7 F に示されるプリスター状外観をもたらす。図 7 G では、第 2 の薄い層が第 1 の本体部材の上面を覆って適用される。閉鎖端チャンバのために選択されるダイヤフラム材料は、微孔性エラストマーである。余分な材料が、再度、図 7 H および 7 J に示されるような切断および溶接のプロセスによって除去される。次いで、空気圧本体層が定位置で結合され、2 つの本体部材の間でダイヤフラムをしっかりと挟持する。図 7 K では、キャッピング層が空気圧層を覆って配置される。このキャッピング層は、別様に空気圧層に含まれ得る、空気圧作動チャンネルを含む。最終的に、図 7 L では、第 2 のキャッピング層が油圧本体部材の下に配置される。両側に特徴を伴って成形油圧および空気圧本体部材を形成することによって、キャッピング層は、有利なことには、その製造を単純化する平坦なプレートである。

【 0 0 9 5 】

流体および空気圧プレート本体部材（概して、加圧ガスを受容するために意図された特徴を有する、少なくとも 1 つの空気圧基板と、使用中に湿潤するために意図された流体特徴を有する、少なくとも 1 つの油圧基板とを含む）は、成形のプロセスによって形成されてもよく、ともに連動されたときに流体回路を形成する、流体または空気圧チャンバおよびチャンネルとしての機能を果たす空洞を伴う、少なくとも 1 つの表面上に刻印または成形される。流体プレート部材の流体面は、空気圧プレート部材の空気圧面と連動するように設計される。個別ポンプ空洞は、筐体の流体および空気圧側の対合空洞から成ってもよく、クラムシェルプロセスで組み立てられる。空洞がそのダイヤフラムの下で密閉される前に、乾燥試薬およびピーズが、流体空洞の中へスポット形成または印刷される。完全に組み立てられたとき、各ダイヤフラムは、流体チャンバまたはチャンネルと空気圧チャンバまたはチャンネルとの間で連動し、概して、マイクロプロセッサのソレノイド作動型制御下にある空気圧インターフェースによって供給される空気圧パルスの制御下で、流体回路を通して流体を移動させるために使用される。流体および空気圧本体部材はまた、積層によって形成されてもよい。

【 0 0 9 6 】

有利なことには、流体および空気圧特徴はまた、付加的な回路特徴が一方または両方のプレートの外面上に位置し、すなわち、ともに融合または結合されるであろう面の反対側にあり得るように、プレート基板を通して延在してもよい。これらのチャンネルおよびチャンバはまた、密閉されてもよく、これは、概して、「キャッピング層」を用いて行われる。キャッピング層は、接着によって、または他の結合技法によって適用されてもよく、例えば、ポリエチレンテレフタレートまたは環状ポリオレフィンから成る。本体層を結合および融合することは、部品の間で中間接着剤または A C A（接着剤・コア・接着剤）層を適用することによって達成されるが、好ましい方法は、可能であれば、溶剤、熱、分子、レーザ、または超音波結合を含む。レーザ結合の近年の進歩は、隣接部品間の本質的に継目のない融合をもたらす。

10

20

30

40

50

【0097】

この段階で、製造が完了してもよく、または選択されたダイヤフラムを成形するために、圧力駆動型「定位置形成」プロセスが使用されてもよい。キャッピング層を、ネガリリーフの中に回路特徴を持つ任意の外面に追加することは、プロセスの任意の段階で完了してもよい。

【0098】

図8Aは、積層によって構築されたカートリッジ本体700を図示する。図8Bは、成形特徴を有する4層カートリッジ本体710を図示する。図示される流体要素は、流体装填のための通気性の微孔性ダイヤフラムを伴う行き止まりチャンネルを図示し、回路は、出口がないチャンバの中で終端する。流体は、入口(701、711)を通して、ここで示されるチャンバに進入し、チャンバを充填するが、従来技術のダイヤフラムを有する、このタイプのチャンバの中でガスを変位させることができない。しかしながら、エラストマーである微孔性ポリウレタンのダイヤフラムを供給することによって、チャンバ内のガスは、示されるようにダイヤフラムを通して排出され、通気孔(707、717)から退出する。いったん湿潤させられると、ダイヤフラムは、上流圧力下で流体進入により膨張し、上流圧力が除去されたときに流体を受動的に放出し、したがって、受動ポンプシステムとして挙動するであろう。

10

【0099】

この種類のチャンバは、乾燥試薬がチャンバの中で貯蔵される、試薬追加に、および例えば、1つのポンプが空気圧で作動させられ、第2のポンプが、圧力下で(ダイヤフラムを通してガスを排出している間に)充填され、次いで、そのばね力により流体を上流に受動的に返還する、行き止まりチャンバであるように、一対のポンプが働かせられる、熱循環に使用することができる。

20

【0100】

図8Bのデバイスは、例えば、最初に油圧サブアセンブリ718を製造し、次いで、クラムシェルの中で油圧サブアセンブリと第2のサブアセンブリ719との間にダイヤフラムを挟持することによって、作製することができる。ダイヤフラムは、例えば、吹き込み成形または真空形成のプロセスによって、所望であれば、別個のプロセスで作製され、次いで、定位置で組み立てられてもよい。

【0101】

図9A、9B、および9Cは、3つの倍率での通気性の微孔性ポリウレタンフィルムの微細構造のグラフィック説明図である。多孔質の破碎細胞構造は、走査電子顕微鏡法によって増加する倍率で容易に可視である。微孔性ポリウレタンは、「PORELLER)膜(PIL Membranes Ltd, Kings Lynn, Norfolk UK)として販売されているフィルムを含む。これらのポリウレタンは、好ましくは、疎水性であり得るが、親水性フィルムも有用であり得る。一実施例は、Porelle 355である。そのようなダイヤフラム部材は、所望であれば、エラストマーであるフィルムから選択されてもよい。

30

【0102】

他の微孔性ポリマーも公知であり、同様に機能する。MUPOR(R)(Porex, Fairburn GA)という商標下で販売されているポリテトラフルオロエチレン(PTFE)の微孔性形態が、油圧を使用して定位置で容易にもたらされる。結果として生じるダイヤフラムは、ガスに対する良好な透過性を有し、通気孔として使用することができる。疎水性は、所望であれば、水の漏出の選択的封鎖をもたらす。技術的問題に対する予期しない解決策では、したがって、閉鎖端チャンネルの中でダイヤフラム部材を形成するために、微孔性ポリウレタンフィルムが使用されてもよく、末端チャンバの中への液体の進入は、透過性ダイヤフラムを通して内在空気を直接排出することによってのみ可能である。いくつかの用途では、これらのダイヤフラムは、最初に空気を放出するが、湿潤させられたとき、空気に対する透過性が実質的に減少させられ、したがって、閉鎖端チャンネルのためのゼロ空気取り込み自己下準備ポンプに対するダイヤフラムであり、有利なことには

40

50

、いったんライン内の全ての空気が排出され、フィルムが湿潤させられると、ポンプが能動空気圧マイクロポンプになる。

【0103】

図10Aおよび10Bは、薄膜を伸張させるプロセスによって伸張させられているダイヤフラム部材900のレンダリングである。本プロセスは、弾性（すなわち、回復可能）または非弾性（すなわち、材料の降伏点を越えることによって永久的変形をもたらす）であり得る。弾性材料とは異なり、降伏ダイヤフラムサブタイプは、弾性的に回復しないが、代わりに、減圧されたときに折り畳まれ得る、気泡またはプリスター形状（図10Bに示される902）を形成する。

【0104】

この場合、簡略化された空気圧基板が、その上に適用された円形ダイヤフラム切り抜きを伴って示されている。切り抜きは、それを覆ってダイヤフラムが適用される空洞の周囲に重複し、外側に延在する、明確に画定されたエプロン901を含む。エプロンの外縁は、ダイヤフラムが入口903を通して加圧され得るように、下層の基板に結合される。

【0105】

圧力が空洞（ここでは切断図で示される）内から印加されるとき、ダイヤフラムフィルムは、そのヤング係数に従って伸張するであろう。弾性材料は、圧力が除去されたときに反発されるであろうが、印加された力によって超えられる降伏点を有する、その種類の材料については、材料は、永久的に伸張および変形させられるであろう。これは、向上した待ち時間を有する、「定位置形成」ポンプおよび弁を作製するように適用され得、ぴったりと閉鎖される可能性が低い、「定位置形成」ダイヤフラムプロセスの基礎である。1つのプロセスでは、ダイヤフラム材料は、それが押し進められる、空洞のメス型形状を帯び、それと適合するように伸張させられる。したがって、薄膜材料の降伏点を越えるプロセスについては、図は、プラスチックフィルムを生じさせる定位置形成プロセスによって、どのようにしてダイヤフラムポンプを形成することができるかを実証する。伸張（下）および未伸張（上）ダイヤフラムの間の封入量の差異は、ポンプの駆出ストローク量である。したがって、製造のプロセスは、ポンプ動作のプロセスを模倣し、一貫したストローク量を確保する。これは、最初に、弾性エラストマーではなかったが、耐化学性のために選択されたフィルムで着目された。この種類の特定のフィルムは、その耐化学性のために高く評価される、ポリエチレンの層の間に配置されるポリエチレンテレフタレートまたは塩化ビニリデンサンドイッチの共同積層であった。この材料は、SARANEX(R)という商標下で販売されている。我々は、未使用フィルムの第1の駆出ストローク量が、通常の使用条件下で、定位置で形成された伸張フィルムの第2または第3の駆出ストローク量より有意に少ないことを発見した。

【0106】

図11は、マイクロポンプ1100の切断図である。エプロン1101を伴うダイヤフラムは、凸状「気泡」またはプリスター外観1110を有することが分かる。プリスターは、非弾性の過剰伸張したダイヤフラムの場合では折り畳み式プリスターであり、弾性ダイヤフラムの場合では弾性プリスターである。また、図では、空気圧収納部材（上層）と流体収納部材（下層）との間でダイヤフラムを密封するために使用されるエプロン1101も示されている。本実施例でのエプロンは、積層構築を代表するように、デバイスの流体面を空気圧面に結合する、接着剤層1102によって接触させられる。しかしながら、成形部品の積層も着想され、したがって、混合ダイヤフラムデバイスを作製する際に使用される構築詳細は、変動させられてもよく、積層または成形に限定されない。

【0107】

図12Aおよび12Bは、直径が数ミリメートルあるマイクロポンプのための定位置形成ダイヤフラム部材の平面図および立面図である。ポンプダイヤフラム部材は、エラストマー、微孔性ポリマー、伸張可能ポリマーから、縁結合装飾法のプロセスによって原位置で形成されてもよく、随意に、例えば、用途に従って、非弾性変形のプロセスが後に続いてよい。

10

20

30

40

50

【0108】

ストローク量成熟が、図13Aおよび13Bに示されている。降伏点を過ぎた伸張前（前）および後（後）の伸張可能プラスチックフィルムの駆出ストローク量は、ストローク量の増大をもたらすことが示される。品質管理および動作の再現性の問題として、製品の放出に先立って、この伸張プロセスを行うこと、またはこれらのダイヤフラムを有する流体カートリッジの使用に先立って、現場で「ウォームアップ」動作を行うことが、有利であることが証明されている。有利なことには、いったん完成すると、伸張したダイヤフラムは、従来技術のポンプおよび弁では問題であったようにフィルムの弾性によってもはや抑制されない、固定ストローク量とともに動作する。

【0109】

図13Aに示されるように、約1.08cmの直径を有するSARANEX(R)ダイヤフラムのための駆出ストローク量は、伸張することによって約90マイクロリットル（前）から150マイクロリットル（後）まで増加することが分かった。ポンプチャンバの公称サイズは、さらなる伸張を制限し、製造された製品において高レベルの一貫性を確保する。

【0110】

同様に、図13Bに示されるように、約0.88cmの直径を有するダイヤフラムは、伸張前に50マイクロリットル（前）および伸張後に約90マイクロリットル（後）の駆出ストローク量を有することが分かった。再度、フィルムは、ポンプチャンバのサイズによって、さらなる伸張を抑制された。伸張させられていたフィルムは、弛緩したときにポンプチャンバの形状を成し、さらなる変形を伴わずに、このようにして貯蔵することができた。

【0111】

図14Aおよび14Bは、弁ダイヤフラムの「オン」および「オフ」空気圧制御を示す、マイクロ弁1300構造の断面図である。弁ダイヤフラム部材は、例えば、エラストマー、微孔性ポリマー、伸張可能ポリマーから、縁結合装飾法のプロセスによって形成されてもよい。

【0112】

弁本体は、2つの外側キャッピング層と、空気圧プレート部材および流体プレート部材の融合によって形成される成形コアとを含む、4つの層で形成される。キャッピング層は、サブアセンブリの一部として示されており、油圧本体部材および底部キャッピング層は、第1のサブアセンブリ1310を形成し、空気圧本体部材および最上部キャッピング層は、第2のサブアセンブリ1311を形成する。ダイヤフラムは、2つのプレートの間に挟持され、弁座上に静置する。弁座内の二重ポートを通して弁空洞に進入する、2つの流体チャンネルが示され、ポートは、弁台によって分離される。閉鎖位置では、弁ダイヤフラムは、弁台上に着座し、1つのチャンネルから別のチャンネルへの流体流に抵抗するように加圧される（空気圧作動ポート1305）。開放位置（図14A）では、ダイヤフラムは、弁空洞の中へ後退させられ、流体は、弁台を横断して自由に流動することができる。

【0113】

マイクロ弁は、ここでは4つの層を伴って示されるプラスチック本体の中に形成される。マイクロ弁は、弁空洞であって、弁空洞は、その間に弁空洞を封入する、第1の表面および第2の表面によって画定され、第1の表面は、弁座を画定し、第2の表面は、空洞を境界する穴縁で第1の表面に並置する、弁空洞と、その周囲で周辺的に画定されたエプロンを伴うダイヤフラム部材であって、エプロンは、第2の表面から第1の表面を分離するよう、穴縁の下で本体に密閉されて挿入される、ダイヤフラム部材と、第1のポートで弁座を通して弁空洞に進入する、第1の流体チャンネルと、第2のポートで弁座を通して弁空洞に進入する、第2の流体チャンネルと、第1のポートと第2のポートとの間の第1の表面上で画定される、弁台とを含み、さらに、ダイヤフラム部材は、弁台に対して可逆的に偏向させられ、かつ弁台から後退させられ、それによって、第1のチャンネルと第2のチャンネルとの間の流体流を可能にするか、または可能にしないための「オン」位置および「オフ」

10

20

30

40

50

位置を有することが可能である。

【0114】

マイクロ弁はさらに、その中に被包されたダイヤフラム部材の種類によって特徴付けられてもよい。ダイヤフラム材料は、例えば、弁の第1の作動が、フィルムを永久的に変形させて、空洞表面のメス型輪郭に定位置で一致するように降伏強度を有する、共同積層プラスチックフィルム、ポリエチレンの層の間に配置され、SARANEX(R)という商標下で販売されている塩化ビニリデンポリマー層を有するフィルム、低密度ポリエチレン/エチレン酢酸ビニル/ポリ塩化ビニリデン/エチレン酢酸ビニルおよび低密度ポリエチレンを含むフィルム、湿潤させられたときでさえも空気圧に応答してガスが双方向性に伝送されるような通気性プラスチックフィルム、疎水性、微孔性、ガス透過性のポリウレタンから成るフィルム、またはFABTEX(R)から成るフィルムであってもよいが、それらに限定されない。疎水性液体不透過性/ガス透過性障壁フィルム、通気孔、および通気性ダイヤフラムを作製する際に、例えば、SARANEX(R)、すなわち、ポリ塩化ビニリデンエチレン酢酸ビニルが、それらの定位置形成性質のために、FABTEX(R)が、それらの弾性のために、FABTEX(R)のグレードが、それらの通気性のために選択される。ダイヤフラム材料としての適用のために、線状低密度ポリエチレン、エチレン酢酸ビニル、2軸延伸ポリプロピレン、ポリ塩化ビニリデン、微孔性ポリウレタン、ポリプロピレン、およびポリオレフィンが関心となる。

10

【0115】

図15は、成形本体特徴を伴う4層本体内のマイクロ弁の切断図である。入口1401、出口1402、および空気圧作動ポート1403が示されているが、入口および出口の標識は恣意的である。降伏ダイヤフラムを有する、一実施形態では、弁ダイヤフラムは、減圧後にその伸張形状を保持し、したがって、「開放」位置で使用するために供給される。空気圧制御線を通した圧力の印加は、弁座に対してダイヤフラムを折り畳み、急速に弁を「オフ」にする。

20

【0116】

平面および立面図は、エプロン1405、および略「ピーナッツ」形状を有する弾性的に回復可能または非弾的に折り畳み式プリスター形状1410でのダイヤフラムウェブを伴う、弁ダイヤフラムを示す。ピーナッツ形状は、図16Aでより明確に見ることができる。図16Bは、流体マイクロ弁のための定位置形成ダイヤフラム部材の立面/斜視図である。

30

【0117】

図17は、マイクロ弁1600の斜視での切断図である。この場合、弁の設置面積は、弁台を境界する明白な腰部を伴う、略ピーナッツ形状を有する。弁本体は、4つの本体層、すなわち、最上キャッピング層1601、空気圧層1602、弁座を伴う油圧層1603、ならびに、ここでは入口1605および出口1606チャンネルを伴って示される底部キャッピング層1604で形成される。また、空気圧空洞1607および作動ポート1608も描写されている。ダイヤフラム1610は、膨張させられたときに特徴的なプリスター外観を有する。ダイヤフラムは、吸引が吸引ポート1608を通して印加されるときにプリスターが現れ、弛緩したときに弁座上で平坦に静置するように、エラストマーであってもよい。代替として、ダイヤフラムは、その弾性限界を過ぎてそれを伸張させるプロセスによって降伏させられている、ポリマーであってもよい。本方法は、構築中の流体回路の性質に従って、ダイヤフラム材料の選択を可能にする。

40

【0118】

図18に示されるように、本発明の実施形態は、流体的に「開放」しているか、または出荷されるときに流体的に「オフ」である、ゼロのデッドスペースを有するマイクロ弁を挿入するために使用されてもよい。流体側への圧力パルスの印加(随意に、空気圧側のゼロまたは吸引圧力)は、弁が開放することを容易に可能にする(図18A)。「オフ」弁構成は、図18Bに示される通りである。

【0119】

50

弁は、積層によって、またはここで示されるように成形本体部品の融合によって構築されてもよい。ここでは、最上キャッピング層 1702、ダイヤフラム 1701、空気圧本体層 1703、油圧層 (1704a、1704b)、および底部キャッピング層 1705 が示されている。また、弁座 1707、空気圧空洞 1708、油圧空洞 1709、第 1 の流体チャネル 1710、第 2 の流体チャネル 1711、および空気圧作動回路 1712 も示されている。黒い矢印は、弁が「開放」位置にあるときの流体流を示す (図 18A)。両方向矢印は、流体流が弁座 1707 上の膨張したダイヤフラムによって遮断される、「開放」位置から「オフ」位置への遷移を示す。手短に言えば、弁は、受動的に開放するように操作されてもよく、当技術分野での進歩である。

【0120】

図 19 は、デバイス 1700 の本体内で定位置に形成されるように、定位置で降伏した 2 裂片伸張ダイヤフラムまたは「プリスター」の図であり、マイクロ弁の油圧空洞および空気圧空洞を密閉して分離するために縁の周囲で本体層の間に挟まれるように、エプロン 1721 によって包囲される。

【0121】

図 18 を参照すると、マイクロ弁を形成する 4 層本体が示されている。ダイヤフラム層は、両方とも成形部品である、空気圧本体部材と油圧本体部材との間に挟持される。最上部および底部上のキャッピング層が、本体コアの外面 (中心の 2 つの層) 上で補助回路を密閉するために必要とされる。したがって、随意に、中間 A C A 接着剤層を伴わずに組み立てられ得る、4 層デバイスが実現される。ダイヤフラムは、エラストマーであってもよく、またはその降伏強度を超えて降伏させられている過剰伸張ポリマーであってもよい。

(参照による組み込み)

【0122】

本明細書、および米国特許出願第 61/745,335 号を含むが、それに限定されない関連出願データシートで参照される、米国特許、米国特許出願公開、米国特許出願、外国特許、外国特許出願、および非特許出版物の全ては、それらの全体で参照することにより本明細書に組み込まれる。

【0123】

文脈が別様に要求しない限り、本明細書および以下に続く請求項の全体を通して、「備える (comprise)」という言葉、ならびに「備える (comprises)」および「を備える (comprising)」等のその変形例は、限定されていない包括的な意味で、つまり、「~を含むが、それらに限定されない」として解釈されるものである。請求項で使用されるような「1 つの (a、an)」という用語は、複数を除外しない。

【0124】

添付の請求項は、そのような制限が「するための手段」という語句を使用して所与の請求項で明示的に記載されない限り、手段および機能の制限を含むものとして解釈されるものではない。

【0125】

本明細書では、本発明の好ましい実施形態の十分かつ完全な開示が提供されているが、本発明を、図示および説明される正確な構築、寸法関係、および動作特徴に限定することは所望されない。種々の修正、代替構築、変更、および均等物が、当業者に容易に想起され、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく、好適であるように採用されてもよい。そのような変更は、代替構成要素、構造配列、サイズ、形状、形態、機能、動作特徴、または同等物を伴い得る。

【0126】

一般に、以下の請求項では、書面による説明で使用される用語は、請求項を例証のために本明細書で説明される具体的実施形態に限定すると解釈されるべきではないが、そのような請求項が享受する均等物の全範囲とともに、具体的および一般的の両方である、全ての可能な実施形態を含むと解釈されるべきである。したがって、請求項は、本開示によって制限されない。

10

20

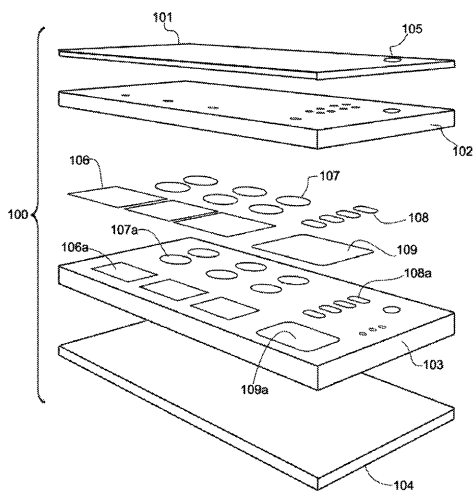
30

40

50

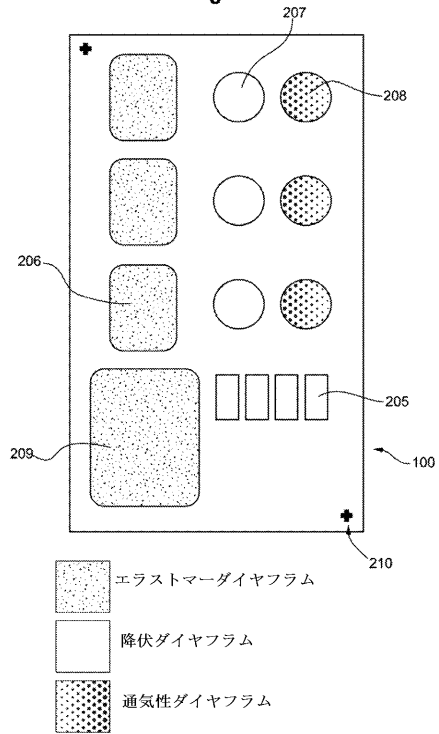
【 図 1 】

Fig. 1



【 図 2 】

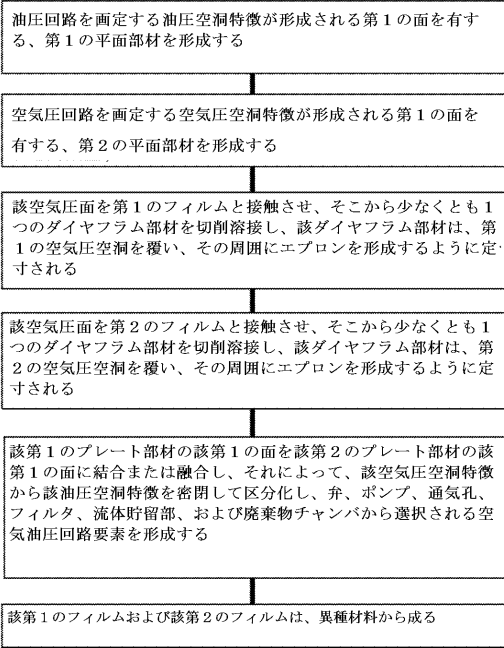
Fig. 2



【 図 3 】

Fig. 3

縁結合レーザー裝飾法によって混合ダイヤフラム部材を組み立てるための製造プロセス



【 図 4 】

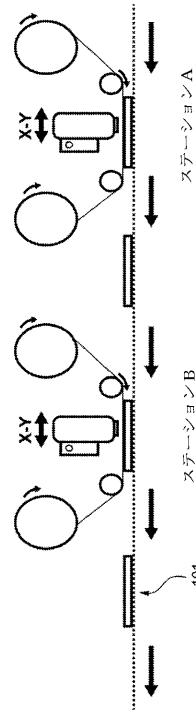
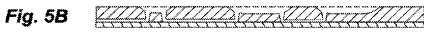


Fig. 4

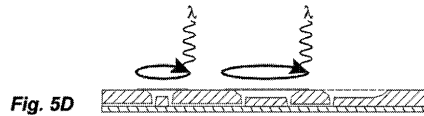
【 図 5 B 】



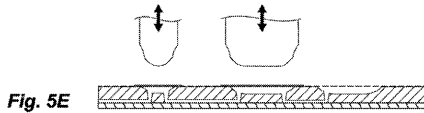
【 図 5 C 】



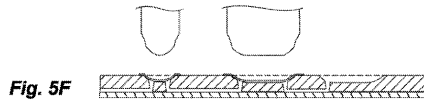
【 図 5 D 】



【 図 5 E 】



【 図 5 F 】



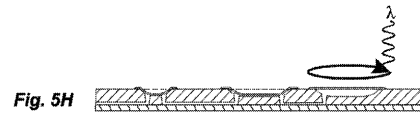
【 図 5 G 】



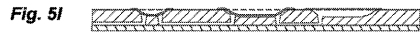
【 図 5 A 】



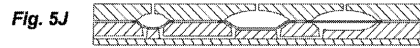
【 図 5 H 】



【 図 5 I 】



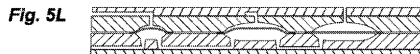
【 図 5 J 】



【 図 5 K 】



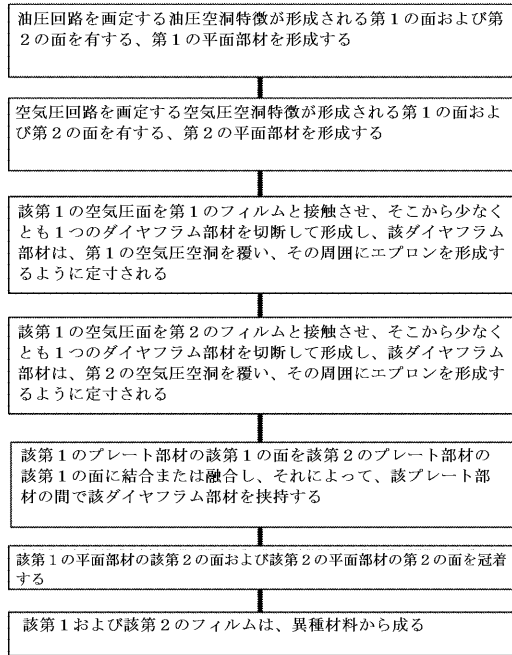
【 図 5 L 】



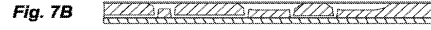
【 図 6 】

Fig. 6

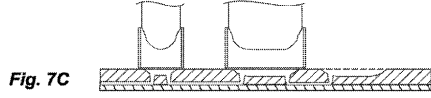
縁結合装飾法によってダイヤフラム部材を組み立てるための製造プロセス



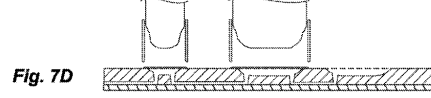
【 図 7 B 】



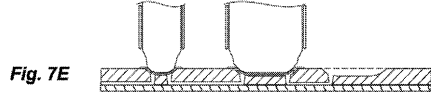
【 図 7 C 】



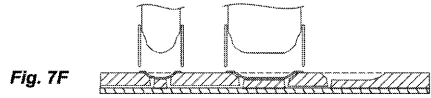
【 図 7 D 】



【 図 7 E 】



【 図 7 F 】



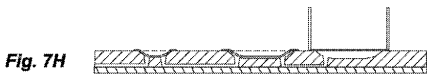
【 図 7 G 】



【 図 7 A 】



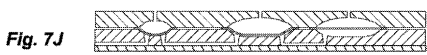
【 図 7 H 】



【 図 7 I 】



【 図 7 J 】



【 図 7 K 】

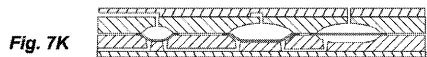


Fig. 7K

【 図 7 L 】

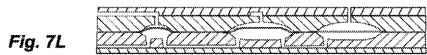
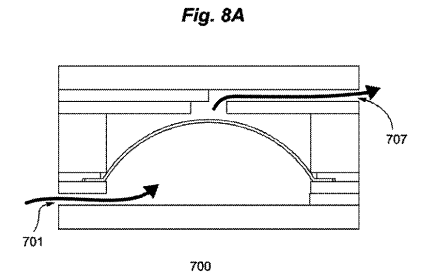
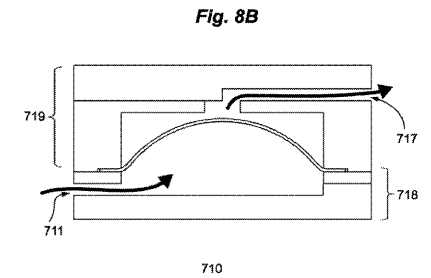


Fig. 7L

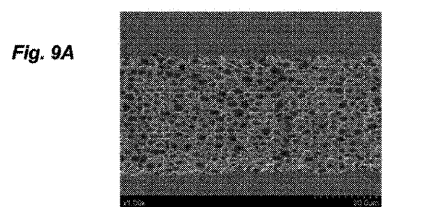
【 図 8 A 】



【 図 8 B 】

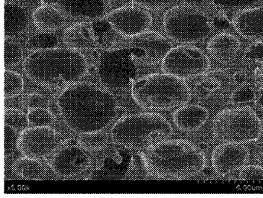


【 図 9 A 】



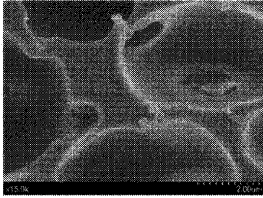
【 図 9 B 】

Fig. 9B



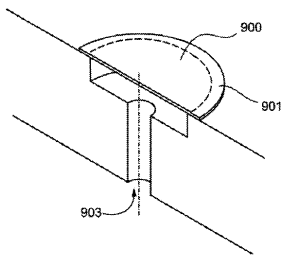
【 図 9 C 】

Fig. 9C



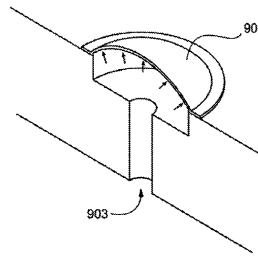
【 図 10 A 】

Fig. 10A



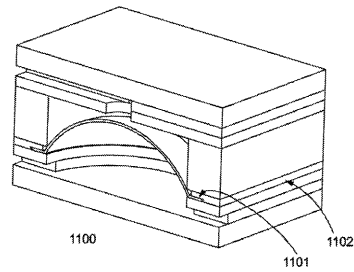
【 図 10 B 】

Fig. 10B



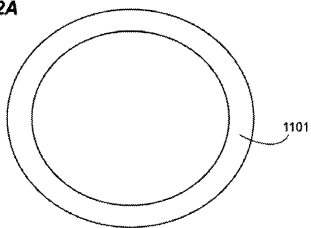
【 図 11 】

Fig. 11



【 図 12 A 】

Fig. 12A



【 図 12 B 】

Fig. 12B



【 図 13 】

Fig. 13A

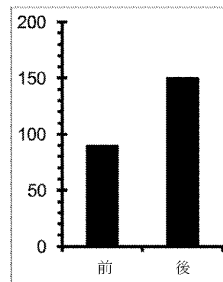
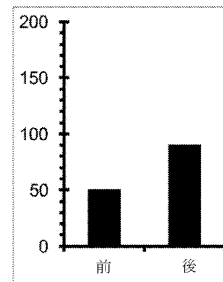


Fig. 13B



【 図 1 4 A - 1 4 B 】

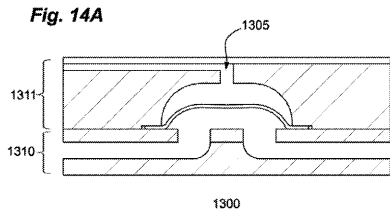
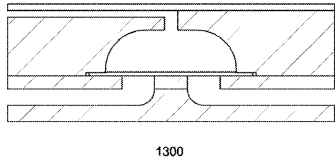
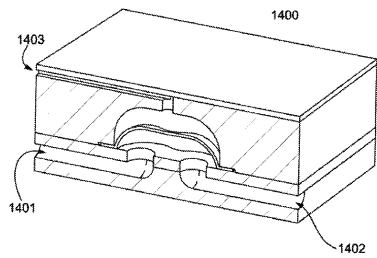


Fig. 14B



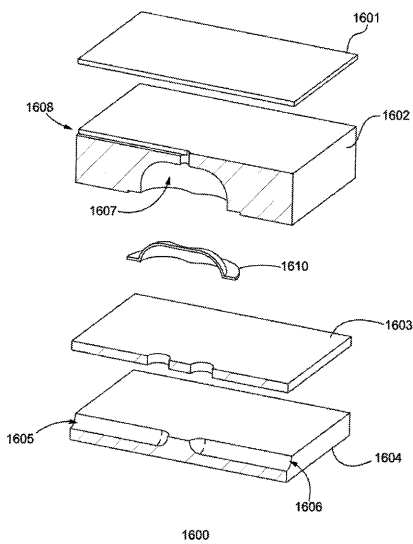
【 図 1 5 】

Fig. 15



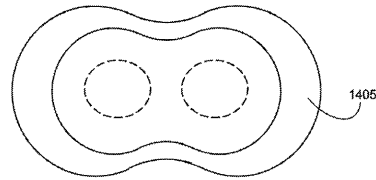
【 図 1 7 】

Fig. 17



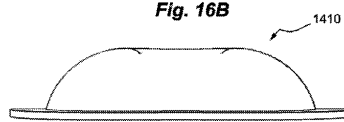
【 図 1 6 A 】

Fig. 16A



【 図 1 6 B 】

Fig. 16B



【 図 1 8 】

Fig. 18A

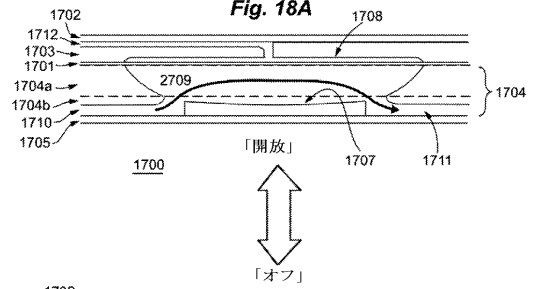
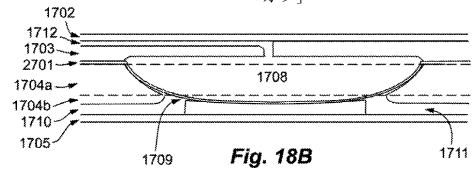


Fig. 18B



【 図 1 9 】

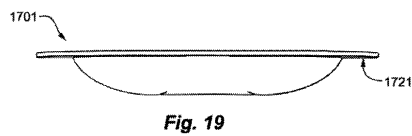


Fig. 19

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2013/077252

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - F15C 3/04 (2014.01) USPC - 137/863 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) IPC(8) - B81B 3/00; B81C 1/00, 3/00; F15C 1/06, 3/00, 3/04, 5/00; F16K 7/17, 31/126, 99/00 (2014.01) USPC - 137/15.18, 15.19, 861, 862, 863; 251/366, 367 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched CPC - B81C 1/00119; F15C 3/04; F16K 99/0001, 99/0015, 99/0034, 99/0055, 2099/0001, 2099/0073, 2099/0074, 2099/008, 2099/0082 (2014.02) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase, Total Patent, Google Patents, Google, ProQuest Dialog, Engineering Village																						
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2004/0209354 A1 (MATHIES et al) 21 October 2004 (21.10.2004) entire document</td> <td>27, 28, 33, 34</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 4,869,282 A (SITTLER et al) 26 September 1989 (26.09.1989) entire document</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2011/0151479 A1 (STEVENS et al) 23 June 2011 (23.06.2011) entire document</td> <td>1-3, 11-25, 27-29, 33-35</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6,210,514 B1 (CHEUNG et al) 03 April 2001 (03.04.2001) entire document</td> <td>1-3, 11-25, 27-29, 33-35</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,932,799 A (MOLES) 03 August 1999 (03.08.1999) entire document</td> <td>1-3, 11-25, 27-29, 33-35</td> </tr> </tbody> </table>	Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2004/0209354 A1 (MATHIES et al) 21 October 2004 (21.10.2004) entire document	27, 28, 33, 34	Y		1-3	Y	US 4,869,282 A (SITTLER et al) 26 September 1989 (26.09.1989) entire document	1-3	A	US 2011/0151479 A1 (STEVENS et al) 23 June 2011 (23.06.2011) entire document	1-3, 11-25, 27-29, 33-35	A	US 6,210,514 B1 (CHEUNG et al) 03 April 2001 (03.04.2001) entire document	1-3, 11-25, 27-29, 33-35	A	US 5,932,799 A (MOLES) 03 August 1999 (03.08.1999) entire document	1-3, 11-25, 27-29, 33-35	
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																				
X	US 2004/0209354 A1 (MATHIES et al) 21 October 2004 (21.10.2004) entire document	27, 28, 33, 34																				
Y		1-3																				
Y	US 4,869,282 A (SITTLER et al) 26 September 1989 (26.09.1989) entire document	1-3																				
A	US 2011/0151479 A1 (STEVENS et al) 23 June 2011 (23.06.2011) entire document	1-3, 11-25, 27-29, 33-35																				
A	US 6,210,514 B1 (CHEUNG et al) 03 April 2001 (03.04.2001) entire document	1-3, 11-25, 27-29, 33-35																				
A	US 5,932,799 A (MOLES) 03 August 1999 (03.08.1999) entire document	1-3, 11-25, 27-29, 33-35																				
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>																						
* 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 14 April 2014	Date of mailing of the international search report 14 MAY 2014																					
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774																					

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2013/077252

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.: 4-10, 26, 30-32, 36-48
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 スプラーク, アイザック
アメリカ合衆国 ワシントン 98034, カーランド, 116ティーエイチ アベニュー
ノースイースト 7014, ユニット ディー

(72)発明者 ケイ, ジャスティン エル.
アメリカ合衆国 ワシントン 98059, レントン, 165ティーエイチ プレイス サウ
スイースト 14333

(72)発明者 ブラッド, マシュー スコット
アメリカ合衆国 ワシントン 98040, マーサー アイランド, イースト ショアウッド
ドライブ 9043

(72)発明者 ストーン, マーサ
アメリカ合衆国 ワシントン 98052, レッドモンド, 154ティーエイチ アベニュー
ノースイースト 8463

Fターム(参考) 3H077 AA11 BB10 CC02 CC09 DD09 EE34 EE35 EE37 FF02 FF07
FF08 FF09 FF10 FF45