

(19)



(11)

EP 3 838 408 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

06.04.2022 Bulletin 2022/14

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

B01L 3/00 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

B01L 3/502707; B01L 2300/0887; B01L 2300/123;
B01L 2300/126; B01L 2300/161; B01L 2400/0638

(21) Numéro de dépôt: **20213724.6**

(22) Date de dépôt: **14.12.2020**

(54) **DISPOSITIF MICRO-FLUIDIQUE À SUBSTRATS À BASE DE PAPIER**

MIKROFLUIDISCHE VORRICHTUNG MIT AUF PAPIER BASIERENDEN SUBSTRATEN

MICROFLUIDIC DEVICE WITH PAPER-BASED SUBSTRATES

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(72) Inventeur: **TROUILLON, Raphaël**

38054 GRENOBLE cedex 09 (FR)

(30) Priorité: **20.12.2019 FR 1915053**

(74) Mandataire: **INNOV-GROUP**

**310, avenue Berthelot
69372 Lyon Cedex 08 (FR)**

(43) Date de publication de la demande:

23.06.2021 Bulletin 2021/25

(56) Documents cités:

**EP-A1- 3 053 652 WO-A1-2013/181656
WO-A1-2018/197814**

(73) Titulaire: **Commissariat à l'Energie Atomique et
aux Energies**

**Alternatives
75015 Paris (FR)**

EP 3 838 408 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à un dispositif micro-fluidique. Ce dispositif micro-fluidique présente la particularité de présenter au moins deux substrats à base de papier.

Etat de la technique

[0002] Dans différents domaines, notamment dans le domaine de l'analyse biologique, il a été proposé d'employer des dispositifs micro-fluidiques dotés d'un substrat à base de papier présentant un traitement de surface hydrophobe. De telles solutions sont notamment décrites dans la demande de brevet WO2013/181656A1 et dans la demande de brevet EP3053652A1.

[0003] Le document WO2018/197814A1 décrit pour sa part la réalisation d'un substrat à base de papier.

[0004] Dans ces solutions antérieures, le circuit micro-fluidique réalisé par embossage peut être fermé par le dessus avec un film adhésif transparent en utilisant principalement des matériaux à base de poly(téréphtalate d'éthylène) (PET) ou d'éthylène-acétate de vinyle (EVA). L'écoulement des échantillons biologiques est alors possible en imposant une pression positive en entrée du circuit à l'aide d'une ou plusieurs pompes.

[0005] Un dispositif micro-fluidique peut être amené à remplir différentes fonctions :

- Chambre ou réservoir de stockage d'un fluide dans un circuit micro-fluidique
- Vanne micro-fluidique ;

[0006] Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif micro-fluidique capable de réaliser certaines fonctions et qui reste facile à fabriquer et à transporter, fiable, simple de fonctionnement et à faible coût.

Exposé de l'invention

[0007] Ce but est atteint par un dispositif micro-fluidique qui comporte :

- Un premier substrat et un deuxième substrat,
- Chaque substrat étant composé d'au moins deux couches superposées, une première couche réalisée en papier et une deuxième couche déposée sur la première couche, réalisée dans un matériau à base de polymère de vinylidène, et présentant une surface externe,
- Le premier substrat comprenant un premier motif formant une concavité sur sa surface externe,
- Lesdits substrats étant assemblés entre eux par leur deuxième couche par scellement thermique, le deuxième substrat recouvrant ladite concavité.

[0008] Selon une réalisation particulière, ledit motif est une première cavité recouverte par ledit deuxième substrat de manière à former une chambre et le dispositif comporte un premier orifice et un deuxième orifice débouchant à l'intérieur de ladite chambre.

[0009] Selon une autre réalisation particulière, le deuxième substrat comporte une deuxième cavité, réalisée en vis-à-vis de la première cavité et formant ladite chambre avec ladite première cavité.

[0010] Selon une autre réalisation particulière, le dispositif comporte une membrane déformable réalisée sous la forme d'une pastille déposée sur une partie uniquement de ladite surface externe, intercalée et maintenue entre les deux substrats, ladite membrane comprenant une zone de déformation recouvrant ladite première cavité, ledit premier orifice traversant le premier substrat et ledit deuxième orifice traversant ledit deuxième substrat suivant un axe traversant la zone de déformation de la membrane.

[0011] Selon une autre réalisation particulière, la deuxième couche du deuxième substrat comporte un évidement, réalisé sur toute son épaisseur et définissant la zone de déformation de la membrane.

[0012] Selon une autre réalisation particulière, le deuxième substrat comporte un renforcement réalisé autour de son évidement pour accueillir la membrane.

[0013] Selon une autre réalisation particulière, le premier substrat comporte un renforcement réalisé en périphérie de sa cavité et configuré pour accueillir la membrane venant recouvrir sa cavité.

[0014] Selon une autre réalisation particulière, le deuxième substrat comporte une deuxième cavité, réalisée en vis-à-vis de la première cavité et formant ladite chambre avec ladite première cavité, ladite membrane séparant ladite chambre en deux espaces hermétiques l'un par rapport à l'autre.

[0015] Selon une particularité, la membrane est réalisée dans un matériau de type polymère silicone ou polysiloxane.

[0016] Selon une autre réalisation particulière, le dispositif comporte un troisième orifice réalisé à travers le premier substrat.

[0017] L'invention concerne également un système micro-fluidique comprenant un équipement pneumatique, ledit système comportant au moins un dispositif micro-fluidique équipé d'une membrane selon l'une des réalisations décrites ci-dessus, ledit équipement pneumatique étant raccordé sur ledit deuxième orifice du dispositif pour permettre un actionnement de la membrane.

[0018] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un dispositif micro-fluidique tel que défini ci-dessus, ce procédé comportant les étapes suivantes :

- Fabrication d'un premier substrat et d'un deuxième substrat composés chacun d'au moins deux couches superposées, une première couche réalisée en papier et une deuxième couche déposée sur la première couche et réalisée dans un matériau à base

de polymère de vinylidène, ledit premier substrat comportant un premier motif formant une concavité,

- Superposition et fixation du premier substrat et du deuxième substrat par leur deuxième couche par scellement thermique de manière à recouvrir ladite concavité.

[0019] Selon une réalisation particulière, le procédé comporte :

- Une étape de dépôt d'une membrane déformable entre les deux substrats, ladite membrane comprenant une zone de déformation vers l'intérieur de ladite concavité.

[0020] Selon une autre réalisation particulière, la membrane est déposée par scellement thermique.

[0021] Selon une autre réalisation particulière, ladite concavité est une première cavité et le procédé comporte une étape de réalisation d'une deuxième cavité dans ledit deuxième substrat, réalisée en vis-à-vis de la première cavité et formant une chambre avec ladite première cavité, ladite membrane séparant ladite chambre en deux espaces hermétiques l'un par rapport à l'autre.

[0022] Selon une autre réalisation particulière, la première cavité est réalisée par embossage du premier substrat et la deuxième cavité est réalisée par embossage du deuxième substrat.

Brève description des figures

[0023] D'autres caractéristiques et avantages vont apparaître dans la description détaillée qui suit faite en regard des dessins annexés dans lesquels :

- La figure 1 illustre le procédé de réalisation d'un substrat employé dans le dispositif micro-fluidique de l'invention ;
- La figure 2 illustre le procédé de réalisation d'un substrat employé dans le dispositif micro-fluidique de l'invention, selon une variante de réalisation ;
- La figure 3 illustre le principe d'embossage d'un substrat employé dans le dispositif micro-fluidique conforme à l'invention ;
- La figure 4 représente différentes variantes possibles du premier substrat employé dans le dispositif micro-fluidique de l'invention ;
- La figure 5 représente différentes variantes possibles du deuxième substrat employé dans le dispositif micro-fluidique de l'invention ;
- La figure 6 représente les étapes de réalisation d'une première réalisation du dispositif micro-fluidique conforme à l'invention ;
- La figure 7 illustre le principe de fonctionnement de la première variante de réalisation du dispositif micro-fluidique de la figure 6 ;
- La figure 8 représente les étapes de réalisation d'une deuxième réalisation du dispositif micro-fluidique

conforme à l'invention ;

- La figure 9 illustre le principe de fonctionnement de la deuxième réalisation du dispositif micro-fluidique de la figure 8 ; La figure 9 est une vue en coupe selon A-A de la figure 8 ;
- La figure 10 représente les étapes de réalisation d'une troisième réalisation du dispositif micro-fluidique conforme à l'invention ;
- La figure 11 illustre le principe de fonctionnement de la troisième réalisation du dispositif micro-fluidique de la figure 10 ;
- La figure 12A représente les étapes de réalisation d'une quatrième réalisation du dispositif micro-fluidique conforme à l'invention ; La figure 12B montre une variante de réalisation du dispositif de la figure 12A ;
- La figure 13A illustre le principe de fonctionnement de la troisième réalisation du dispositif micro-fluidique de la figure 12A ; La figure 13B illustre le principe de fonctionnement du dispositif de la figure 12B ;
- La figure 14 représente les étapes de réalisation d'une cinquième réalisation du dispositif micro-fluidique conforme à l'invention ;
- La figure 15 illustre le principe de fonctionnement de la cinquième réalisation du dispositif micro-fluidique de la figure 14 ;
- La figure 16 représente les étapes de réalisation d'une sixième réalisation du dispositif micro-fluidique conforme à l'invention ;
- La figure 17 illustre le principe de fonctionnement de la sixième réalisation du dispositif micro-fluidique de la figure 16 ;
- La figure 18 représente les étapes de réalisation d'une septième réalisation du dispositif micro-fluidique conforme à l'invention ;
- La figure 19 illustre le principe de fonctionnement de la septième réalisation du dispositif micro-fluidique de la figure 18 ; Les figures 18 et 19 sont des vues en coupe longitudinale ;
- La figure 20 représente un dispositif micro-fluidique à plusieurs vannes juxtaposées ;

Description détaillée d'au moins un mode de réalisation

[0024] Dans la suite de la description, les termes "supérieur", "inférieur", "au-dessus", "au-dessous" sont à comprendre en prenant comme référence un axe tracé verticalement sur la feuille.

[0025] Le dispositif micro-fluidique de l'invention comporte deux substrats 2.1, 2.2 (référence générale 2) dotés d'une structure identique. Chaque substrat est formé d'au moins deux couches 20, 21, avantageusement uniquement deux couches.

[0026] La première couche 20 du substrat 2 est formée d'un papier présentant les propriétés suivantes :

- Bonne résistance mécanique à la traction et bonne

cohésion de surface préalable,

- Faible absorption d'eau,
- Énergie de surface permettant l'étalement de la préparation de couchage.

[0027] De manière non limitative, le papier employé est vendu sous la marque « Powercoat » (marque déposée) présentant un grammage de 219 g/m².

[0028] La deuxième couche 21 du substrat 2 est déposée sur la première couche en « Powercoat ».

[0029] Cette deuxième couche doit avantageusement présenter les caractéristiques suivantes :

- Être thermoscellable (selon l'invention);
- Être imperméable aux fluides (gaz notamment pour actionner la membrane voir ci-après) ;
- Être résistante à l'embossage ;
- Pouvant être étalée ou laminée sur le papier, et y adhérer solidement ;
- Être déformable par embossage à température ambiante ;
- Être résistante à la déchirure ;

[0030] La deuxième couche 21 est selon l'invention un polymère de vinylidène, avantageusement du "polychlorure de vinylidène" (ci-après PVDC) ou du polyfluorure de vinylidène (PVDF), avantageusement du polychlorure de vinylidène PVDC. Dans la suite de la description, de manière non limitative, on choisit d'employer une deuxième couche 21 à base de PVDC.

[0031] Le PVDC désigne différents copolymères à base de chlorure de vinylidène qui peuvent être associés à d'autres polymères aux propriétés complémentaires. La copolymérisation du chlorure de vinylidène avec différents co-monomères conduit à une gamme de polymères semi-cristallins aux propriétés spécifiques remarquables (imperméabilité à l'oxygène, à différents gaz et à la vapeur d'eau, scellabilité, imprimabilité, transparence...). Les principaux co-monomères utilisés sont :

- les acrylates de méthyle, d'éthyle ou de butyle ;
- l'acrylonitrile, le méthacrylate de méthyle, le méthacrylonitrile ;
- le chlorure de vinyle ;
- des acides carboxyliques insaturés ;

[0032] Il faut noter qu'il est cependant possible de remplacer la première couche 20 du substrat (par exemple de type "Powercoat HD") par un papier semi-transparent, similaire à du papier calque (par exemple du P5N (marque déposée), produit par la société Arjowiggins). La couche 21 de PVDC peut ainsi être déposée sur ce nouveau substrat (P5N enduit du PVDC à 12 g m⁻²).

[0033] La figure 1 représente un exemple du procédé de fabrication du substrat 2.

[0034] E10 : La couche 21 de PVDC est déposée sur la première couche 20 de papier par enduction. La cou-

che de PVDC est déposée à une épaisseur comprise entre 5 et 20 µm, ce qui correspond à des grammages compris entre 15 et 25 g/m². Cette technique permet de déposer une préparation à base de PVDC sur le papier puis de racler l'excès pour ne garder qu'une fine couche fonctionnelle. Un séchage est ensuite effectué pour évaporer le surplus d'eau. Le séchage peut être réalisé à température ambiante il est possible de le réaliser à des températures allant jusqu'à 70°C voire 90°C pour accélérer le processus. Le PVDC utilisé peut être une émulsion aqueuse commerciale nommée Diofan A050 (Solway-marque déposée).

[0035] E11 : le substrat 2 obtenu comporte ainsi les deux couches 20, 21 superposées.

[0036] La figure 2 illustre une variante de réalisation du procédé de la figure 1. Cette variante de réalisation consiste à employer un masque 28 déposé sur la première couche 20, afin de réaliser un évidement et de délimiter une zone non enduite par du PVDC.

[0037] E20 : Le masque 28 est déposé sur la première couche 20. Le principe d'enduction est ensuite similaire à celui décrit pour l'étape E10 ci-dessus.

[0038] E21 : L'enduction avec la couche de PVDC est terminée.

[0039] E22 : Le masque 28 est retiré, laissant un évidement 29 formant une zone non enduite de deuxième couche 21 sur la première couche 20.

[0040] La figure 3 illustre le principe d'embossage d'un substrat 2 obtenu par exemple selon le procédé de la figure 1.

[0041] E30 : Cette étape consiste à réaliser un embossage du substrat 2 obtenu afin de le fonctionnaliser. L'embossage est réalisé sur la face supérieure de la deuxième couche.

[0042] De manière connue, comme illustré sur la figure 3, l'embossage peut consister à placer le substrat entre deux matrices d'une presse, une matrice M1 inférieure en creux et une matrice M2 supérieure en relief. Lors de la presse, les reliefs sont dupliqués sur ladite face supérieure du substrat de manière à former une empreinte. D'autres techniques peuvent bien entendu être envisagées.

[0043] E31 : Un motif en creux ou concavité est réalisé par embossage dudit substrat 2, formant par exemple une cavité 22 comme représenté sur la figure 3.

[0044] E32 : On obtient ainsi un substrat 2 doté de la cavité 22 obtenue par embossage.

[0045] A titre d'exemple, la cavité 22 peut présenter une forme en creux de section constante sur toute sa hauteur, avec un contour circulaire. Dans ce cas, elle peut par exemple présenter un diamètre de 8mm et une profondeur de 0.5mm.

[0046] Selon un aspect particulier, l'embossage peut ainsi permettre de réaliser un motif formant une concavité sur la face supérieure de la deuxième couche du substrat. Cette concavité peut se présenter sous toute forme possible. On verra qu'elle peut par exemple prendre la forme d'un canal longitudinal par exemple à section carrée.

[0047] Plusieurs motifs pourront être réalisés de manière juxtaposée sur un même substrat afin d'obtenir plusieurs éléments juxtaposés (voir figure 20).

[0048] Partant de deux substrats 2.1, 2.2, par exemple obtenus selon le procédé décrit ci-dessus en liaison avec la figure 1 et/ou la figure 2, on peut, à titre d'exemples, réaliser différents dispositifs micro-fluidiques :

- Des variantes de réalisation du dispositif micro-fluidique, sous la forme d'une chambre ou d'un réservoir micro-fluidique ;
- Des variantes de réalisation du dispositif micro-fluidique, sous la forme d'une vanne micro-fluidique et comportant une membrane déformable ;

[0049] Dans ces différentes réalisations, la fixation de la membrane 3 sur la deuxième couche 21 en PVDC d'un substrat et l'assemblage entre les deux substrats 2.1, 2.2 par leur deuxième couche (c'est-à-dire par la couche en PVDC) peuvent être réalisés par toute solution connue, par exemple par collage, selon l'invention par scellement thermique. Le scellement thermique sera réalisé en maintenant les couches l'une contre l'autre, par exemple substrat+membrane ou substrat+substrat, pendant une durée déterminée (par exemple 20 minutes) et sous une température adaptée, pouvant aller de 130°C et 170°C. Pendant la durée du scellement, la température peut être maintenue constante ou varier dans la gamme allant de 130°C à 170°C.

[0050] La membrane 3 est par exemple composée d'un film réalisé dans un matériau polymère bi-composant hyper-élastique par exemple un polymère silicone ou polysiloxane. Il peut notamment s'agir d'un élastomère de type PDMS (pour Polydimethylsiloxane) ou ECO-FLEX (marque déposée par la société "Smooth-On"-par exemple Ecoflex 00-50). Son épaisseur peut être comprise entre 20 et 500 µm.

[0051] La membrane 3 peut se présenter sous la forme d'une pastille ou disque déposée de manière localisée entre les deux substrats et venant adhérer à une partie uniquement de chaque surface externe des deux substrats.

[0052] Pour commander le déplacement de la membrane, le deuxième substrat 2.2 porte un orifice 24.2 formant un canal de commande autour duquel la membrane 3 est apte à se déformer lorsqu'un fluide de commande (par exemple de l'air) est injecté par ledit orifice ou lorsque l'air est aspiré en dehors d'une chambre. La déformation de la membrane 3 est réalisée sur une zone de déformation ciblée, inférieure à la surface totale de la membrane. Autour de sa zone de déformation, la membrane comporte une zone de fixation ou d'adhésion par laquelle elle est fixée, par le dessus et par le dessous, sur la couche de PVDC supérieure du premier substrat 2.1 et sur la couche de PVDC inférieure du deuxième substrat 2.2.

[0053] Dans sa version vanne fluide, le dispositif de l'invention est destiné à être employé dans un système

intégrant un équipement pneumatique 5. L'équipement pneumatique 5 peut comporter une pompe capable d'aspirer ou d'injecter de l'air pour commander le déplacement de la membrane.

[0054] Le système peut également comporter une unité de commande chargée de commander ladite pompe.

[0055] Le dispositif micro-fluidique de l'invention pourra être réalisé en combinant un premier substrat 2.1 et un deuxième substrat 2.2 réalisé selon les différentes variantes représentées respectivement sur la figure 4 pour le premier substrat 2.1 et sur la figure 5 pour le deuxième substrat :

Figure 4

- V1 : Premier substrat 2.1 doté d'un motif formant une cavité 22.1, par exemple réalisée par embossage ;
- V2 : Premier substrat 2.1 comprenant un motif formant une cavité et un orifice 24.1 débouchant dans la cavité 22.1 ;
- V3 : Premier substrat 2.1 comprenant un motif formant une cavité et deux orifices 24.1, 25.1 débouchant dans la cavité 22.1 ;
- V4 : Premier substrat 2.1 doté d'un lamage 27.1 autour de sa cavité pour loger la membrane 3 venant recouvrir sa cavité 22.1, avec un orifice 24.1 ou deux orifices 24.1, 25.1 ;
- V5 : Premier substrat 2.1 doté d'un motif formant un canal 220.1, par exemple réalisé par embossage ;

Figure 5

- V10 : Deuxième substrat 2.2 plan ;
- V11 : Deuxième substrat 2.2 doté d'une cavité 22.2 réalisée de manière symétrique par rapport à celle du premier substrat 2.1 ;
- V12 : Deuxième substrat 2.2 doté d'un motif sur sa deuxième couche 21.2, formant un canal 220.2 ;
- V13 : Deuxième substrat 2.2 comprenant un évidement 29.2 sur toute l'épaisseur de sa deuxième couche 21.2 et doté d'un orifice 24.2 traversant la première couche 2.2 du substrat au niveau dudit évidement ; L'évidement permet de conférer à la membrane une zone de déformation libre, c'est-à-dire non adhérente à la surface du substrat ;
- V14 : Deuxième substrat 2.2 doté d'un évidement 29.2 réalisé sur toute l'épaisseur de la deuxième sur sa deuxième couche et d'un renforcement annulaire autour de l'évidement pour loger la membrane 3 ; deuxième substrat doté d'un orifice 24.2 traversant la première couche 2.2 du substrat au niveau de l'évidement 29.2 ;
- V15 : Deuxième substrat 2.2 doté d'une cavité 22.2 refermée par la membrane 3 pour former

un espace 230.2 ; deuxième substrat doté d'un orifice 24.2 traversant le substrat et débouchant dans l'espace 230.2 ;

- V16 : Par rapport à V15, deuxième substrat doté en plus d'un lamage 27.2 réalisé autour de sa cavité 22.2 de manière à y loger la membrane 3 ;
- V17 : Deuxième substrat 2.2 avec un orifice 24.2 élargi pour définir une zone de déformation suffisante à la membrane ;

Partant de ces différentes variantes de réalisation, on pourra réaliser :

- Différents dispositifs, sans membrane 3, faisant office de réservoir fluidique ;
- Différents dispositifs dotés chacun d'une membrane 3 déformable réalisée sous la forme d'une pastille venant se loger dans le renforcement ou l'un des lamages réalisés sur l'un des deux substrats ; La membrane est fixée de part et d'autre aux deux substrats situés au-dessus et au-dessous, par adhésion avec une couche de PVDC, tout en conservant une zone de déformation libre de toute fixation, lui permettant de se déformer (en se bombant par pression ou dépression). Le déplacement de la membrane pourra être commandé en pression et/ou en dépression selon l'architecture du dispositif ;

Pour chaque réalisation du dispositif qui est décrite ci-dessous, il faut comprendre que les étapes sont indiquées à titre indicatif et que leur ordre peut bien entendu varier selon le procédé de fabrication envisagé.

[0056] Les descriptions des différentes réalisations du dispositif sont à considérer de manière non limitative et il faut considérer que certaines autres combinaisons pourraient être envisagées.

Première réalisation : Figures 6 et 7

[0057] En référence à la figure 6, la première réalisation du dispositif micro-fluidique est obtenue en assemblant deux substrats, un premier substrat 2.1 (V1) embossé et un deuxième substrat plan et non embossé (V10).

[0058] La figure 6 illustre l'architecture de cette première réalisation.

[0059] E60 : Le premier substrat 2.1 est embossé de manière à présenter une cavité 22.1. L'embossage peut être réalisé selon le principe décrit ci-dessus en liaison avec la figure 3. Le deuxième substrat est plan.

[0060] E61 : Le deuxième substrat 2.2 est retourné par rapport au premier substrat 2.1 de manière à présenter sa deuxième couche de PVDC en vis-à-vis de la deuxième couche de PVDC du premier substrat 2.1. Le deuxième substrat 2.2 est ainsi déposé sur la face supérieure

du premier substrat 2.1 de manière à recouvrir l'ouverture de sa cavité 22.1 et à refermer celle-ci. Le deuxième substrat 2.2 est apposé de manière hermétique sur la surface du premier substrat 2.1. La cavité 22.1 du premier substrat et le deuxième substrat 2.2 définissent ainsi une chambre 23.1 présentant un espace interne de volume non nul et étanche aux fluides.

[0061] Le deuxième substrat 2.2 peut être fixé, pas sa deuxième couche, sur le premier substrat 2.1 par toute solution de fixation adaptée, par exemple par scellement thermique comme déjà indiqué ci-dessus.

[0062] E62 : Le premier substrat 2.1 est percé de deux orifices 24.1, 25.1 débouchant chacun de manière indépendante dans la chambre 23.1. Chaque orifice forme un canal d'entrée/sortie de fluide. Un embout peut être adapté à travers chaque orifice pour y connecter un flexible.

[0063] Dans cette réalisation, il faut noter que les deux orifices 24.1, 25.1 pourraient être réalisés à travers le deuxième substrat.

[0064] La figure 7 illustre le principe de fonctionnement de cette première réalisation du dispositif. On peut voir un fluide qui est injecté dans la chambre 23.1 par l'orifice 24.1 puis aspiré en dehors de la chambre à travers le deuxième orifice 25.1.

[0065] Le dispositif est ainsi employé comme chambre de stockage ou de réaction.

Deuxième réalisation - Figures 8 et 9

[0066] En référence à la figure 8, la deuxième réalisation du dispositif micro-fluidique est obtenue en assemblant deux substrats, un premier substrat 2.1 (V6) embossé pour former un canal et un deuxième substrat 2.2 plan et non embossé (V10).

[0067] La figure 8 illustre l'architecture de cette première réalisation.

[0068] E80 : Le premier substrat 2.1 est embossé de manière à présenter un motif formant un canal 220.1. L'embossage peut être réalisé selon le principe décrit ci-dessus en liaison avec la figure 3. Le deuxième substrat est plan.

[0069] E81 : Le deuxième substrat 2.2 est retourné par rapport au premier substrat 2.1 de manière à présenter sa deuxième couche de PVDC en vis-à-vis de la deuxième couche de PVDC du premier substrat 2.1. Le deuxième substrat 2.2 est ainsi déposé sur la face supérieure du premier substrat 2.1 de manière à recouvrir son canal 220.1 et à former un conduit 230.1.

[0070] Le deuxième substrat 2.2 est fixé, par sa deuxième couche, sur le premier substrat 2.1 par scellement thermique comme indiqué ci-dessus.

[0071] La figure 9 illustre le principe de fonctionnement de cette première réalisation du dispositif. On peut voir un fluide qui est injecté à travers le conduit 230.1.

Troisième réalisation - Figures 10 et 11

[0072] Cette troisième réalisation est une variante de la première réalisation décrite ci-dessus. Elle diffère de la première réalisation en ce que le deuxième substrat 2.2 est également embossé pour présenter une cavité 22.2 (V11).

[0073] La figure 10 illustre l'architecture de cette deuxième réalisation.

[0074] E100 : Le premier substrat 2.1 et le deuxième substrat 2.2 sont chacun embossés de manière à présenter chacun une cavité 22.1, 22.2 distincte. L'embossage peut être réalisé selon le principe décrit ci-dessus en liaison avec la figure 3.

[0075] E101 : Le deuxième substrat 2.2 est retourné par rapport au premier substrat 2.1 de manière à présenter sa deuxième couche 21.2 de PVDC en vis-à-vis de la deuxième couche 21.1 de PVDC du premier substrat 2.1. Le deuxième substrat 2.2 est ainsi déposé sur la face supérieure du premier substrat 2.1 de manière à recouvrir l'ouverture de sa cavité 22.1 et à refermer celle-ci. Le deuxième substrat 2.2 est apposé de manière hermétique sur la surface du premier substrat 2.1.

[0076] E102 : La cavité 22.1 du premier substrat et celle du deuxième substrat 2.2 définissent ainsi une chambre 23.1 présentant un espace interne de volume non nul et étanche aux fluides. Le deuxième substrat 2.2 est fixé, par sa deuxième couche, sur le premier substrat 2.1 par scellement thermique comme indiqué ci-dessus.

[0077] E103 : Le premier substrat est percé de deux orifices 24.1, 25.1 débouchant chacun de manière indépendante dans la chambre 23.1. Chaque orifice forme un canal d'entrée/sortie de fluide. Un embout peut être adapté à travers chaque orifice pour y connecter un flexible.

[0078] Dans cette réalisation, les deux substrats étant symétriques, il faut noter que les deux orifices 24.1, 25.1 pourraient être réalisés à travers le deuxième substrat 2.2.

[0079] La figure 11 illustre le principe de fonctionnement de cette première variante de réalisation du dispositif. On peut voir un fluide qui est injecté dans la chambre 23.1 par l'orifice 24.1 puis aspiré en dehors de la chambre à travers le deuxième orifice 25.1.

[0080] Le dispositif est ainsi employé comme chambre de stockage ou de réaction.

Quatrième réalisation - Figures 12A, 12B et 13A, 13B

[0081] La quatrième réalisation du dispositif micro-fluidique consiste en une vanne fluidique, employant une membrane 3 déformable intercalée entre les deux substrats 2.1, 2.2. Le premier substrat présente une cavité 22.1 (V1) et le deuxième substrat comporte un évidement 29.2 et un renforcement 26.2 pour loger la membrane 3 (V14).

[0082] E120 : Le dispositif comporte deux substrats 2.1, 2.2. Le deuxième substrat 2.2 évidé est également

embossé de manière à créer un renforcement 26.2. Le renforcement 26.2 peut présenter un contour circulaire et une profondeur au moins équivalente à l'épaisseur de la membrane 3. Le renforcement peut être réalisé par embossage selon le principe décrit ci-dessus en liaison avec la figure 3. Le premier substrat 2.1 présente une cavité 22.1, par exemple réalisée par embossage selon le principe décrit ci-dessus en liaison avec la figure 3.

[0083] Les deux couches en PVDC des deux substrats 2.1, 2.2 se font face.

[0084] La membrane 3, se présentant par exemple sous la forme d'un disque, est logée dans le renforcement 26.2.

[0085] La membrane 3 logée dans le renforcement est fixée par sa face supérieure sur la face inférieure du deuxième substrat 2.2 autour de l'évidement 29.2, laissant une zone de déformation libre au niveau de l'évidement 29.2.

[0086] La membrane 3 est également apposée et fixée via sa zone de fixation, par sa couche inférieure sur la couche supérieure en PVDC du premier substrat 2.1 en périphérie de sa cavité 22.1 pour recouvrir celle-ci et la refermer de manière hermétique, formant une chambre 23.1.

[0087] La zone de déformation de la membrane correspond par exemple à la section de la cavité 22.1.

[0088] E121 : La membrane 3 est ainsi maintenue entre les deux substrats 2.1, 2.2, tout en conservant sa zone de déformation libre vers l'intérieur de la cavité 22.1.

[0089] E122 : Un orifice 24.2, formant un canal de commande, est réalisé à travers le deuxième substrat 2.2, avantageusement dans l'axe de la zone de déformation de la membrane 3 pour déboucher dans l'évidement 29.2.

[0090] Deux orifices 24.1, 25.1 sont par exemple réalisés à travers le premier substrat 2.1, chacun débouchant dans la chambre 23.1.

[0091] En fonctionnement, selon la figure 13A :

E130 : Un fluide F peut être injecté dans la chambre 23.1 à travers le premier orifice 24.1 pour remplir ladite chambre.

E131 : La pompe de l'équipement pneumatique 5 est connectée via une liaison hermétique sur le canal de commande de la membrane 3. L'équipement pneumatique 5 injecte de l'air à travers le canal de commande. Mise sous pression, la membrane 3 se déforme vers l'intérieur de la cavité 22.1 en suivant sa zone de déformation. En se déformant, la membrane 3 pousse le fluide F en dehors de la chambre 23.1 à travers le deuxième orifice 25.1.

E132 : La membrane 3 peut se déformer jusqu'à expulser tout le fluide en dehors de la chambre 23.2.

[0092] Selon les figures 12B et 13B, il est également possible d'inverser le sens de fonctionnement du dispositif. La commande est réalisée du côté du premier substrat 2.1 et le fluide est aspiré à travers le deuxième subs-

trat 2.1. Un seul orifice à travers chaque substrat serait alors suffisant.

Cinquième réalisation : Figures 14 et 15

[0093] Cette réalisation est une variante de celle des figures 12A et 13A.

[0094] E140 : Le dispositif comporte deux substrats 2.1, 2.2. Le premier substrat 2.1 présente une cavité 22.1, par exemple réalisée par embossage selon le principe décrit ci-dessus en liaison avec la figure 3 ainsi qu'un lamage 27.1 annulaire réalisé en périphérie de la cavité 22.1 et sur laquelle va venir prendre appui la membrane 3 (V4). Le lamage peut également être réalisé par embossage selon le même principe. Le lamage peut présenter une profondeur au moins équivalente à l'épaisseur de la membrane 3. Le deuxième substrat 2.2 comporte un évidement 29.2 sur sa deuxième couche 2.2, définissant la zone de déformation de la membrane 3.

[0095] Les deux couches en PVDC des deux substrats 2.1, 2.2 se font face.

[0096] La membrane 3, se présentant par exemple sous la forme d'un disque, vient prendre appui et se fixer par sa périphérie sur le lamage 27.1, venant ainsi recouvrir la cavité 22.1 et la refermer de manière hermétique, formant la chambre 23.1.

[0097] La membrane 3 ainsi logée et fixée sur le deuxième substrat est également fixée sur la face inférieure du deuxième substrat 2.2, autour de l'évidement 29.2, sur une partie de sa surface de contact uniquement, laissant sa zone de déformation libre.

[0098] La zone de déformation de la membrane 3 correspond par exemple à la section de l'évidement 29.2 réalisé.

[0099] E141 : La membrane 3 est ainsi maintenue entre les deux substrats 2.1, 2.2, tout en conservant sa zone de déformation libre vers l'intérieur de la cavité 22.1.

[0100] E142 : L'orifice 24.2, formant le canal de commande, est réalisé à travers le deuxième substrat 2.2, avantageusement dans l'axe de zone de déformation de la membrane 3.

[0101] Les deux orifices 24.1, 25.1 sont par exemple réalisés à travers le deuxième substrat 2.2, chacun débouchant dans la chambre 23.1.

[0102] En fonctionnement, selon la figure 15 :

E150 : Un fluide F peut être injecté dans la chambre à travers le premier orifice 24.1 pour remplir ladite chambre.

E151 : La pompe de l'équipement pneumatique 5 est connectée via une liaison hermétique sur le canal de commande de la membrane 3. L'équipement pneumatique 5 injecte de l'air à travers le canal de commande. Mise sous pression, la membrane 3 se déforme vers l'intérieur de la cavité 22.1 en suivant sa zone de déformation. En se déformant, la membrane 3 pousse le fluide F en dehors de la chambre 23.1 à travers le deuxième orifice 25.1.

E152 : La membrane 3 peut se déformer jusqu'à expulser tout le fluide en dehors de la chambre 23.1.

[0103] Il faut noter que ce principe de lamage 27.1 pour loger la membrane 3 peut s'appliquer à d'autres réalisations décrites.

Sixième réalisation - Figures 16 et 17

[0104] Cette réalisation consiste en une vanne fluide, capable d'aspirer un fluide puis de l'expulser.

[0105] Le premier substrat 2.1 est embossé, par exemple selon le procédé décrit sur la figure 3, de manière à former une cavité 22.1 (V1). Le deuxième substrat 2.2 présente également une cavité 22.2 et un lamage 27.2 autour de sa cavité pour accueillir la membrane (V16). Ce lamage 27.2 présente les mêmes caractéristiques que celui décrit ci-dessus en liaison avec les figures 14 et 15.

[0106] Les deux deuxième couches en PVDC se font face et la membrane 3 déformable est intercalée entre ces deux couches pour fermer les deux cavités et les séparer l'une de l'autre de manière hermétique, en formant deux espaces 230.1, 230.2.

[0107] E160 : Le premier substrat 2.1 et le deuxième substrat 2.2 sont chacun embossés de manière à présenter chacun une cavité 22.1, 22.2 distincte. L'embossage peut être réalisé selon le principe décrit ci-dessus en liaison avec la figure 3. Le deuxième substrat porte également le lamage destiné à loger la membrane 3.

[0108] Le deuxième substrat 2.2 embossé est retourné par rapport au premier substrat 2.1 de manière à présenter sa deuxième couche de PVDC en vis-à-vis de la deuxième couche de PVDC du premier substrat 2.1. La membrane 3 est intercalée entre les deux substrats 2.1, 2.2, en étant fixée, par sa zone de fixation, sur le lamage 27.2 d'un côté et sur la périphérie de la cavité 22.1 de l'autre côté, laissant sa zone de déformation libre pour se déformer vers l'intérieur de la deuxième cavité 22.2 ou vers l'intérieur de la première cavité 22.1.

[0109] E161 : Les trois éléments sont assemblés entre eux. L'assemblage peut être réalisé par toute solution de fixation adaptée, par exemple par scellement thermique ou par collage. En périphérie des cavités et de la membrane, les deux couches de PVDC adhèrent entre elles. Au niveau des deux cavités, la membrane adhère aux deux couches de PVDC situées au-dessus et au-dessous. La membrane délimite ainsi deux espaces 230.1, 230.2 hermétiques l'un par rapport à l'autre.

[0110] E162 : Le premier substrat 2.1 est percé des deux orifices 24.1, 25.1 débouchant chacun de manière indépendante dans le premier espace 230.1. Chaque orifice forme un canal d'entrée/sortie de fluide. Un embout peut être adapté à travers chaque orifice pour y connecter un flexible. L'autre substrat 2.2 est percé d'un seul orifice 24.2 débouchant dans le deuxième espace 230.2. Cet orifice forme un canal d'entrée/sortie d'un fluide de commande permettant d'actionner la membrane 3. Un em-

bout peut être ajouté à travers cet orifice pour permettre la connexion d'un raccord destiné à être relié à un équipement pneumatique. A titre d'exemple, l'orifice peut présenter un diamètre de 3.5mm.

[0111] L'équipement pneumatique 5 peut comporter une pompe capable d'injecter de l'air à l'intérieur de l'espace 230.2 ou d'aspirer l'air présent dans cet espace 230.2.

[0112] La figure 17 illustre le principe de fonctionnement de cette dernière variante de réalisation du dispositif micro-fluidique.

[0113] E170 : Un équipement pneumatique 5, par exemple une pompe, est connectée par une liaison sur l'embout agencé à travers l'orifice 24.2 en vue de pouvoir commander le déplacement de la membrane 3. La liaison entre le deuxième espace 230.2 et l'équipement pneumatique 5 est hermétique.

[0114] Une commande en dépression est appliquée à l'équipement pneumatique. Par dépression, la membrane 3 se déforme vers l'intérieur de la cavité 22.2 pour aspirer l'air présent dans le premier espace 230.1 à travers l'orifice 24.1.

[0115] Le fluide est stocké dans la chambre 230.1. La dépression est conservée pour maintenir la membrane 3 en position.

[0116] E171 : Un fluide de commande, par exemple de l'air, est injecté dans le deuxième espace 230.2 par l'équipement pneumatique 5. Mise sous pression, la membrane 3 se déforme dans l'autre sens vers l'intérieur de la cavité 22.1. En se déformant, la membrane 3 pousse le fluide en dehors du premier espace à travers le deuxième orifice 25.1.

[0117] E172 : Le fluide est totalement évacué du premier espace 230.1. Si la pression est relâchée, la membrane 3 revient vers sa position de repos par effet élastique.

Septième réalisation - Figures 18 et 19

[0118] Cette réalisation consiste en une vanne fluidique permettant de bloquer ou de laisser passer un fluide F dans un canal. Les figures 18 et 19 sont des vues en coupe longitudinale. La membrane 3 est donc prise entre les deux couches 21.1, 21.2 des deux substrats en vue transversale.

[0119] E180 : Le premier substrat 2.1 est embossé pour former un canal 220.1 (V6). Le deuxième substrat 2.2 (V14) est doté d'un évidement 29.2 pour définir la zone de déformation de la membrane 3, et d'un renforcement 26.2 pour loger la membrane entre les deux substrats 2.1, 2.2.

[0120] L'orifice 24.2 réalisé à travers le deuxième substrat permet la commande de la membrane.

[0121] E181 : L'assemblage entre les trois éléments permet de créer un canal dont l'écoulement est contrôlé par la membrane 3.

[0122] En fonctionnement, selon la figure 19 :

E190 : le canal est ouvert, laissant le fluide F s'écouler.

E191 : La membrane est actionnée par application d'une pression à travers l'orifice 24.2, venant gonfler la membrane à l'intérieur du canal et bloquer l'écoulement de fluide F.

[0123] Il peut s'agir d'ouvrir ou de fermer le canal ou de contrôler la section d'écoulement dans le canal, en ajustant le niveau de gonflement de la membrane 3.

[0124] La figure 20 illustre la réalisation sur un même support de plusieurs vannes micro-fluidiques du type de l'invention.

[0125] Le support de l'ensemble des vannes est composé des deux substrats 2.1, 2.2 uniquement, chacun embossé de plusieurs cavités pour former chaque vanne. Pour chaque vanne, une membrane 3 en forme de pastille est intercalée entre les deux substrats. Chaque vanne peut par exemple être adressée individuellement par l'équipement pneumatique 5.

[0126] On comprend de ce qui précède que la solution de l'invention présente beaucoup d'avantages :

- Elle est simple à fabriquer ;
- Elle est facile à transporter, car peu lourde et peu encombrante ;
- Elle est d'un fonctionnement fiable, le scellement thermique permettant de garantir l'étanchéité ;
- Elle est d'un coût particulièrement réduit, notamment du fait de l'utilisation d'un substrat à base de papier ;

Revendications

1. Dispositif micro-fluidique, **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- Un premier substrat (2.1) et un deuxième substrat (2.2),
- Chaque substrat étant composé d'au moins deux couches superposées, une première couche (20) réalisée en papier et une deuxième couche (21) déposée sur la première couche, réalisée dans un matériau à base de polymère de vinylidène, et présentant une surface externe,
- Le premier substrat comprenant un premier motif formant une concavité sur sa surface externe,
- Lesdits substrats étant assemblés entre eux par leur deuxième couche par scellement thermique, le deuxième substrat recouvrant ladite concavité.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit motif est une première cavité (22.1) recouverte par ledit deuxième substrat (2.2) de manière à former une chambre (23.1) et **en ce qu'il** com-

porte un premier orifice et un deuxième orifice débouchant à l'intérieur de ladite chambre.

3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le deuxième substrat comporte une deuxième cavité (22.2), réalisée en vis-à-vis de la première cavité (22.1) et formant ladite chambre (23.1) avec ladite première cavité (23.1).
4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce qu'il** comporte une membrane (3) déformable réalisée sous la forme d'une pastille déposée sur une partie uniquement de ladite surface externe, intercalée et maintenue entre les deux substrats, ladite membrane comprenant une zone de déformation recouvrant ladite première cavité (22.1), ledit premier orifice (24.1) traversant le premier substrat (2.1) et ledit deuxième orifice (24.2) traversant ledit deuxième substrat (2.2) suivant un axe traversant la zone de déformation de la membrane.
5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la deuxième couche (21.2) du deuxième substrat (2.2) comporte un évidement (29.2), réalisé sur toute son épaisseur et définissant la zone de déformation de la membrane.
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le deuxième substrat comporte un renforcement (26.2) réalisé autour de son évidement pour accueillir la membrane (3).
7. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le premier substrat comporte un renforcement (26.1) réalisé en périphérie de sa cavité (22.1) et configuré pour accueillir la membrane (3) venant recouvrir sa cavité.
8. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le deuxième substrat comporte une deuxième cavité (22.2), réalisée en vis-à-vis de la première cavité (22.1) et formant ladite chambre avec ladite première cavité (23.1), ladite membrane séparant ladite chambre en deux espaces (230.1, 230.2) hermétiques l'un par rapport à l'autre.
9. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** la membrane (3) est réalisée dans un matériau de type polymère silicone ou polysiloxane.
10. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce qu'il** comporte un troisième orifice (25.1) réalisé à travers le premier substrat (2.1).
11. Système micro-fluidique comprenant un équipement pneumatique (5), **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins un dispositif micro-fluidique tel que

défini dans l'une des revendications 4 à 9, ledit équipement pneumatique (5) étant raccordé sur ledit deuxième orifice (24.2).

- 5 12. Procédé de fabrication d'un dispositif micro-fluidique tel que défini dans l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes suivantes :
 - 10 - Fabrication d'un premier substrat (2.1) et d'un deuxième substrat (2.2) composés chacun d'au moins deux couches superposées, une première couche (20) réalisée en papier et une deuxième couche (21) déposée sur la première couche et réalisée dans un matériau à base de polymère de vinylidène, ledit premier substrat (2.1) comportant un premier motif formant une concavité,
 - 15 - Superposition et fixation du premier substrat et du deuxième substrat par leur deuxième couche par scellement thermique de manière à recouvrir ladite concavité.
- 20 13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'il** comporte :
 - 25 - Une étape de dépôt d'une membrane déformable entre les deux substrats (2.1, 2.2), ladite membrane comprenant une zone de déformation vers l'intérieur de ladite concavité.
- 30 14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la membrane (3) est déposée par scellement thermique.
- 35 15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** ladite concavité est une première cavité (22.1) et **en ce qu'il** comporte une étape de réalisation d'une deuxième cavité (22.2) dans ledit deuxième substrat, réalisée en vis-à-vis de la première cavité (22.1) et formant une chambre avec ladite première cavité (23.1), ladite membrane séparant ladite chambre en deux espaces (230.1, 230.2) hermétiques l'un par rapport à l'autre.
- 40 16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** la première cavité (22.1) est réalisée par embossage du premier substrat (2.1) et **en ce que** la deuxième cavité (22.2) est réalisée par embossage du deuxième substrat (2.2).
- 45 50

Patentansprüche

- 55 1. Mikrofluidische Vorrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie beinhaltet:
 - Ein erstes Substrat (2.1) und ein zweites Substrat (2.2),

- Wobei jedes Substrat aus mindestens zwei übereinanderliegenden Schichten zusammengesetzt ist, einer ersten Schicht (20), die aus Papier ausgeführt ist, und einer zweiten Schicht (21), die auf die erste Schicht aufgebracht ist und aus einem Material auf der Basis von Vinylidenpolymer ausgeführt ist, und eine Außenfläche aufweist,
 - Wobei das erste Substrat ein erstes Muster umfasst, das eine Konkavität auf seiner Außenfläche bildet,
 - Wobei die Substrate über ihre zweite Schicht durch Heißsiegeln untereinander verbunden sind, wobei das zweite Substrat die Konkavität überdeckt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Muster ein erster Hohlraum (22.1) ist, der von dem zweiten Substrat (2.2) derart überdeckt wird, dass eine Kammer (23.1) gebildet wird, und dass sie eine erste Öffnung und eine zweite Öffnung beinhaltet, die in das Innere der Kammer münden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Substrat einen zweiten Hohlraum (22.2) beinhaltet, der gegenüber dem ersten Hohlraum (22.1) ausgeführt ist und die Kammer (23.1) mit dem ersten Hohlraum (23.1) bildet.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine verformbare Membran (3) beinhaltet, die in Form eines Plättchens ausgeführt ist, das auf nur einen Teil der Außenfläche aufgebracht ist und das zwischen den beiden Substraten angeordnet ist und gehalten wird, wobei die Membran einen Verformungsbereich umfasst, der den ersten Hohlraum (22.1) überdeckt, wobei die erste Öffnung (24.1) das erste Substrat (2.1) durchdringt und die zweite Öffnung (24.2) das zweite Substrat (2.2) entlang einer Achse durchdringt, die den Verformungsbereich der Membran durchdringt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Schicht (21.2) des zweiten Substrats (2.2) eine Ausnehmung (29.2) beinhaltet, die über ihre gesamte Dicke ausgeführt ist und den Verformungsbereich der Membran definiert.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Substrat eine Vertiefung (26.2) beinhaltet, die um seine Ausnehmung herum ausgeführt ist, um die Membran (3) aufzunehmen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Substrat eine Vertiefung (26.1) beinhaltet, die am Umfang seines Hohlraums (22.1) ausgeführt ist und dazu ausgestaltet ist, die Membran (3) aufzunehmen, die seinen Hohlraum überdeckt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Substrat einen zweiten Hohlraum (22.2) beinhaltet, der gegenüber dem ersten Hohlraum (22.1) ausgeführt ist und die Kammer mit dem ersten Hohlraum (23.1) bildet, wobei die Membran die Kammer in zwei Räume (230.1, 230.2) teilt, die in Bezug aufeinander hermetisch sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membran (3) aus einem Material vom Typ Silikonpolymer oder Polysiloxan ausgeführt ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine dritte Öffnung (25.1) aufweist, die durch das erste Substrat (2.1) hindurch ausgeführt ist.
11. Mikrofluidisches System, das eine pneumatische Einrichtung (5) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens eine wie in einem der Ansprüche 4 bis 9 definierte mikrofluidische Vorrichtung beinhaltet, wobei die pneumatische Einrichtung (5) an die zweite Öffnung (24.2) angeschlossen ist.
12. Verfahren zur Herstellung einer wie in einem der Ansprüche 1 bis 11 definierten mikrofluidischen Vorrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden Schritte beinhaltet:
- Herstellen eines ersten Substrats (2.1) und eines zweiten Substrats (2.2), die jeweils aus mindestens zwei übereinanderliegenden Schichten zusammengesetzt sind, einer ersten Schicht (20), die aus Papier ausgeführt ist, und einer zweiten Schicht (21), die auf die erste Schicht aufgebracht ist und aus einem Material auf der Basis von Vinylidenpolymer ausgeführt ist, wobei das erste Substrat (2.1) ein erstes Muster beinhaltet, das eine Konkavität bildet,
 - Übereinanderlegen und Fixieren des ersten Substrats und des zweiten Substrats über ihre zweite Schicht durch Heißsiegeln derart, dass die Konkavität überdeckt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es beinhaltet:
- Einen Schritt des Aufbringens einer verformbaren Membran zwischen den beiden Substraten (2.1, 2.2), wobei die Membran einen Verformungsbereich zum Inneren der Konkavität hin umfasst.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, dass die Membran (3) durch Heißsiegeln aufgebracht wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konkavität ein erster Hohlraum (22.1) ist und dass es einen Schritt des Ausführens eines zweiten Hohlraums (22.2) in dem zweiten Substrat beinhaltet, der gegenüber dem ersten Hohlraum (22.1) ausgeführt ist und eine Kammer mit dem ersten Hohlraum (23.1) bildet, wobei die Membran die Kammer in zwei Räume (230.1, 230.2) teilt, die in Bezug aufeinander hermetisch sind.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Hohlraum (22.1) durch Prägen des ersten Substrats (2.1) ausgeführt wird und dass der zweite Hohlraum (22.2) durch Prägen des zweiten Substrats (2.2) ausgeführt wird.

Claims

1. Microfluidic device, **characterized in that** it has:

- a first substrate (2.1) and a second substrate (2.2),
- each substrate being made up of at least two superposed layers, a first layer (20) made of paper and a second layer (21) deposited on the first layer, made of a material based on vinylidene polymer, and having an external surface,
- the first substrate comprising a first pattern forming a cavity on its external surface,
- said substrates being joined together via their second layer by heat sealing, the second substrate covering said concavity.

2. Device according to Claim 1, **characterized in that** said pattern is a first cavity (22.1) that is covered by said second substrate (2.2) so as to form a chamber (23.1) and **in that** it has a first orifice and a second orifice opening inside said chamber.

3. Device according to Claim 2, **characterized in that** the second substrate has a second cavity (22.2), created facing the first cavity (22.1) and forming said chamber (23.1) with said first cavity (23.1).

4. Device according to Claim 2 or 3, **characterized in that** it has a deformable membrane (3) made in the form of a pellet deposited on only a part of said external surface, interposed and held between the two substrates, said membrane having a deformation zone covering said first cavity (22.1), said first orifice (24.1) passing through the first substrate (2.1) and said second orifice (24.2) passing through said second substrate (2.2) along an axis passing through the deformation zone of the membrane.

5. Device according to Claim 4, **characterized in that** second layer (21.2) of the second substrate (2.2) has a cutout (29.2), created over its entire thickness and defining the deformation zone of the membrane.

6. Device according to Claim 5, **characterized in that** the second substrate has an indentation (26.2) created around its cutout so as to receive the membrane (3).

7. Device according to Claim 4, **characterized in that** the first substrate has an indentation (26.1) created at the periphery of its cavity (22.1) and configured to receive the membrane (3) covering its cavity.

8. Device according to Claim 4, **characterized in that** the second substrate has a second cavity (22.2), created facing the first cavity (22.1) and forming said chamber with said first cavity (23.1), said membrane separating said chamber into two spaces (230.1, 230.2) that are hermetically sealed with respect to one another.

9. Device according to one of Claims 4 to 6, **characterized in that** the membrane (3) is made from a material of the silicone polymer or polysiloxane type.

10. Device according to one of Claims 2 to 7, **characterized in that** it has a third orifice (25.1) created through the first substrate (2.1).

11. Microfluidic system comprising an item of pneumatic equipment (5), **characterized in that** it has at least one microfluidic device as defined in one of Claims 4 to 9, said item of pneumatic equipment (5) being connected to said second orifice (24.2).

12. Method for manufacturing a microfluidic device as defined in one of Claims 1 to 11, **characterized in that** it involves the following steps:

- manufacturing a first substrate (2.1) and a second substrate (2.2) that are each made up of at least two superposed layers, a first layer (20) made of paper and a second layer (21) deposited on the first layer and made of a material based on vinylidene polymer, said first substrate (2.1) having a first pattern forming a concavity,
- superposing and attaching the first substrate and the second substrate via their second layer by heat sealing so as to cover said concavity.

13. Method according to Claim 12, **characterized in that** it involves:

- a step of depositing a deformable membrane between the two substrates (2.1, 2.2), said membrane having a zone of deformation to-

wards the interior of said concavity.

14. Method according to Claim 13, **characterized in that** the membrane (3) is deposited by heat sealing.

5

15. Method according to Claim 13 or 14, **characterized in that** said concavity is a first cavity (22.1) and **in that** it involves a step of creating a second cavity (22.2) in said second substrate, created facing the first cavity (22.1) and forming a chamber with said first cavity (23.1), said membrane separating said chamber into two spaces (230.1, 230.2) that are hermetically sealed with respect to one another.

10

16. Method according to Claim 15, **characterized in that** the first cavity (22.1) is created by embossing the first substrate (2.1) and **in that** the second cavity (22.2) is created by embossing the second substrate (2.2).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

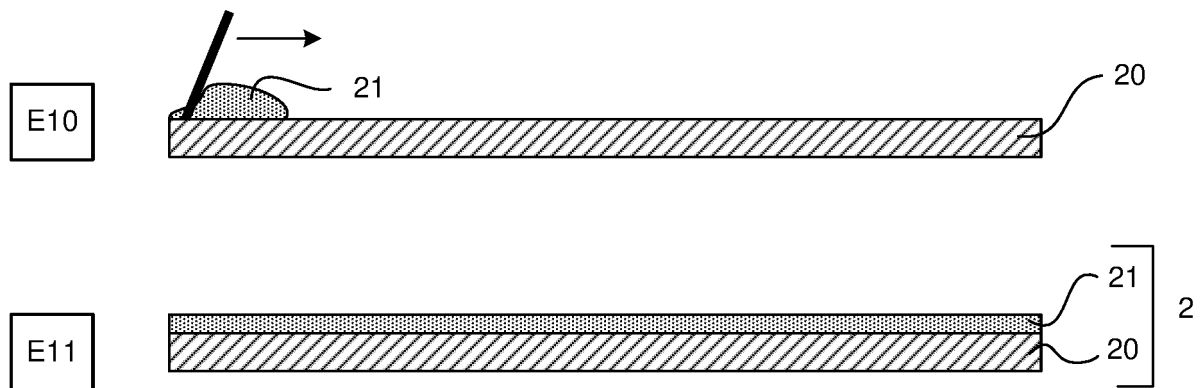


Fig. 2

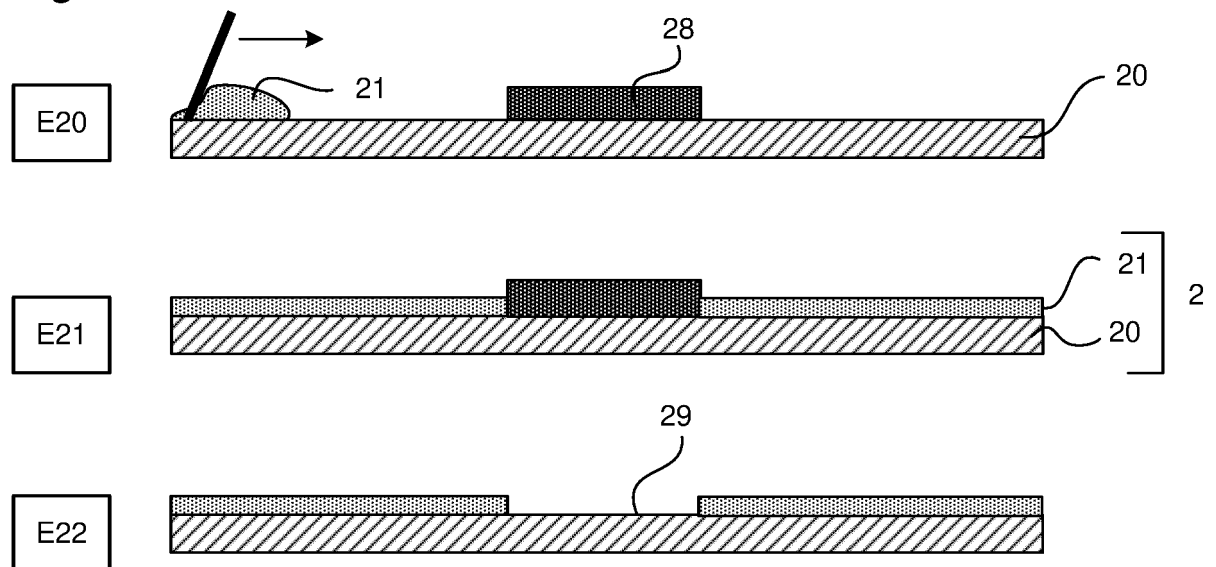


Fig. 3

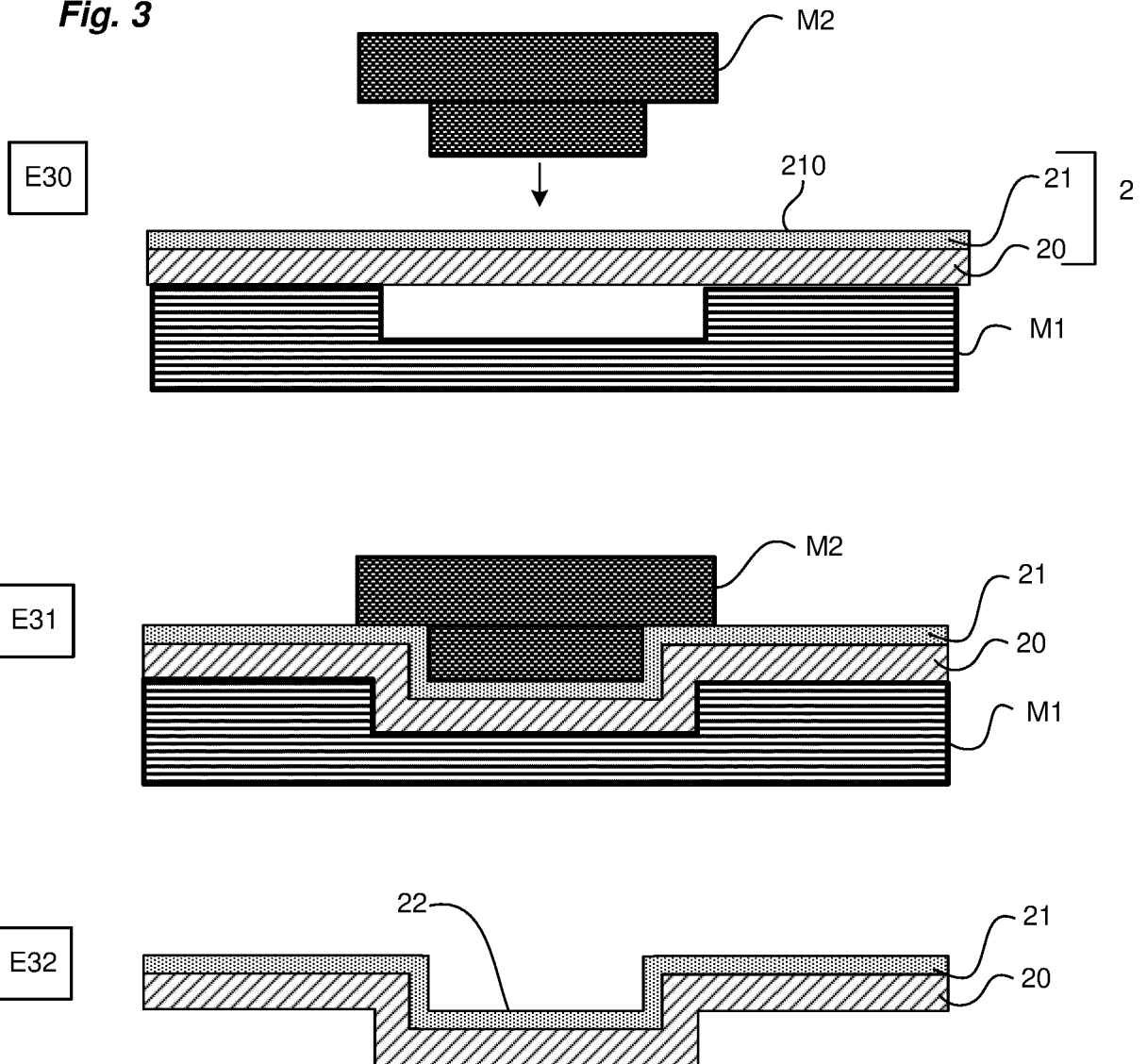


Fig. 4

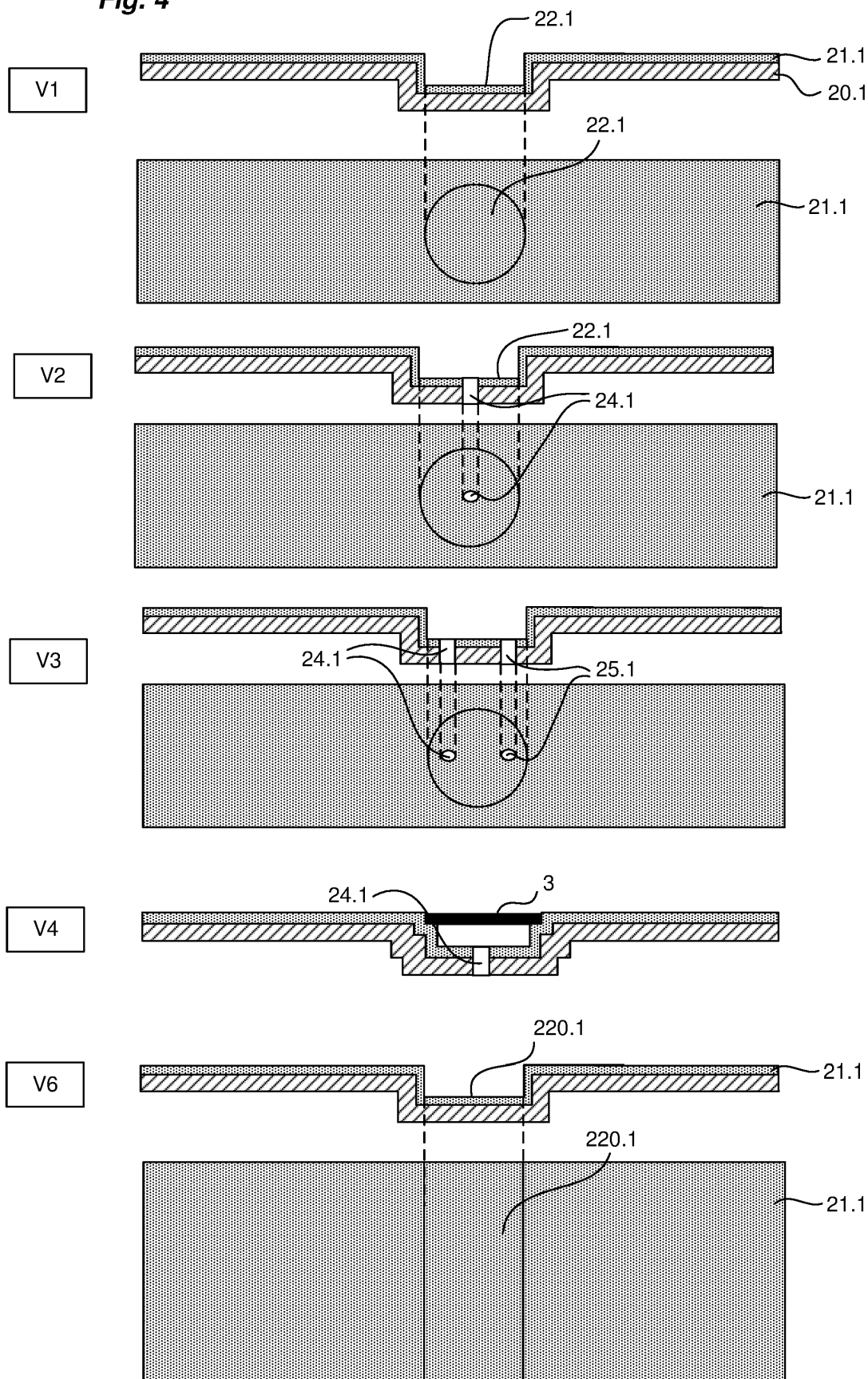


Fig. 5

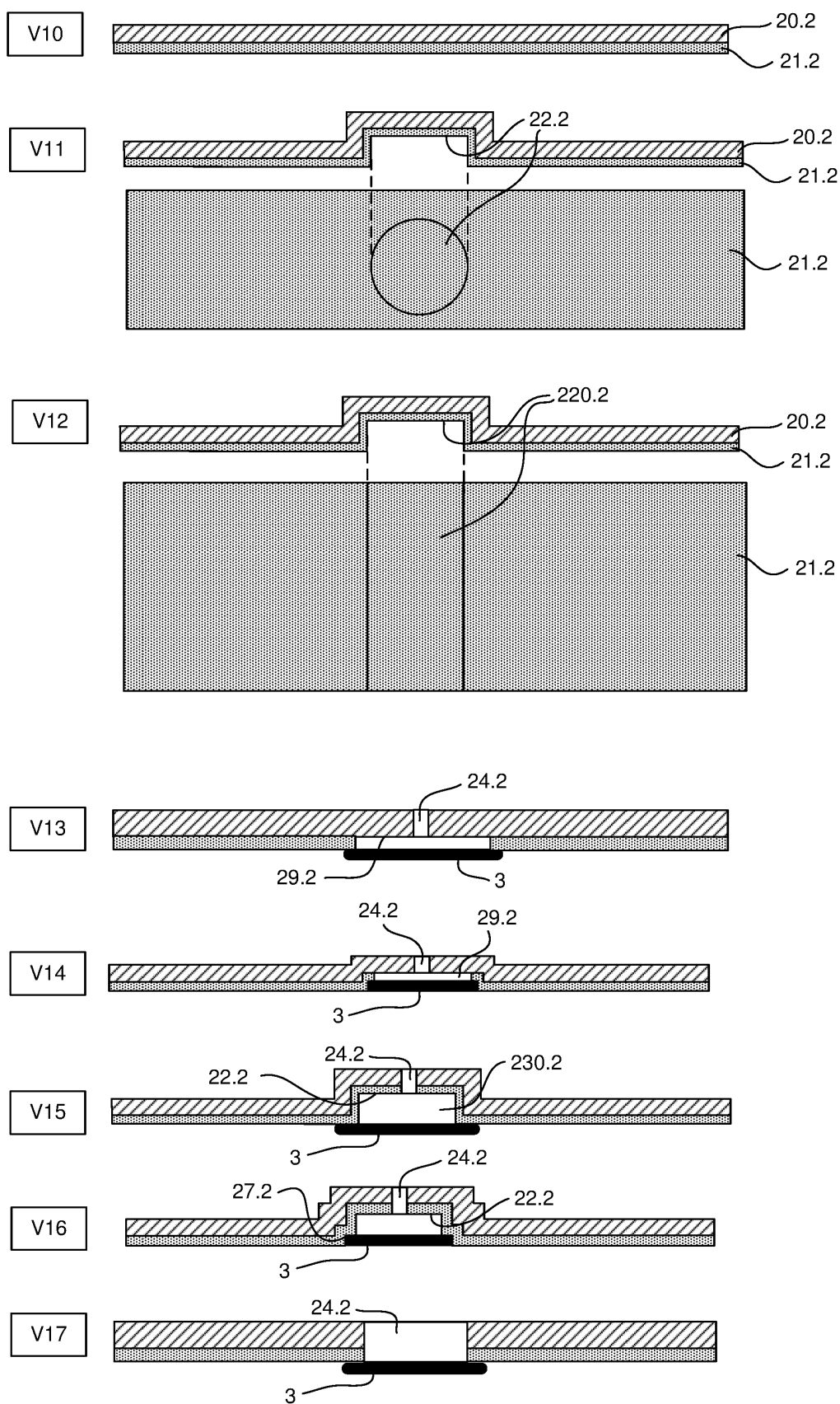


Fig. 6

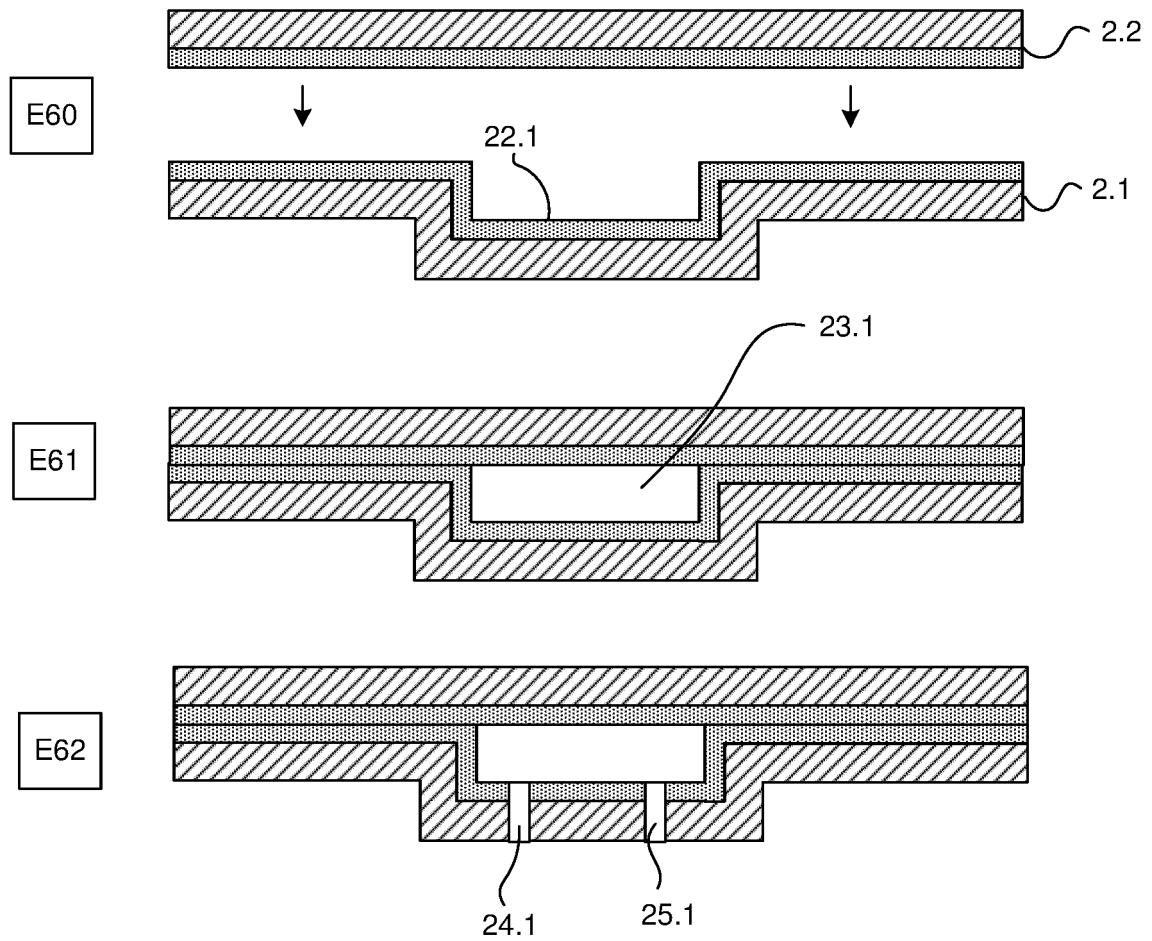


Fig. 7

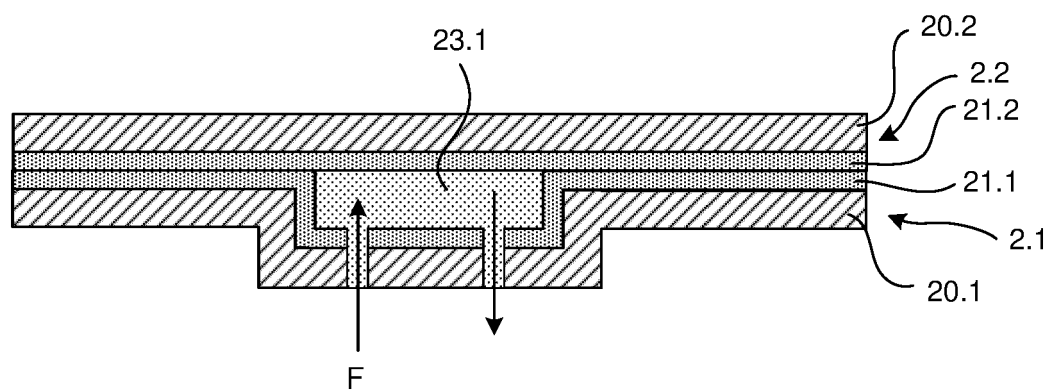


Fig. 8

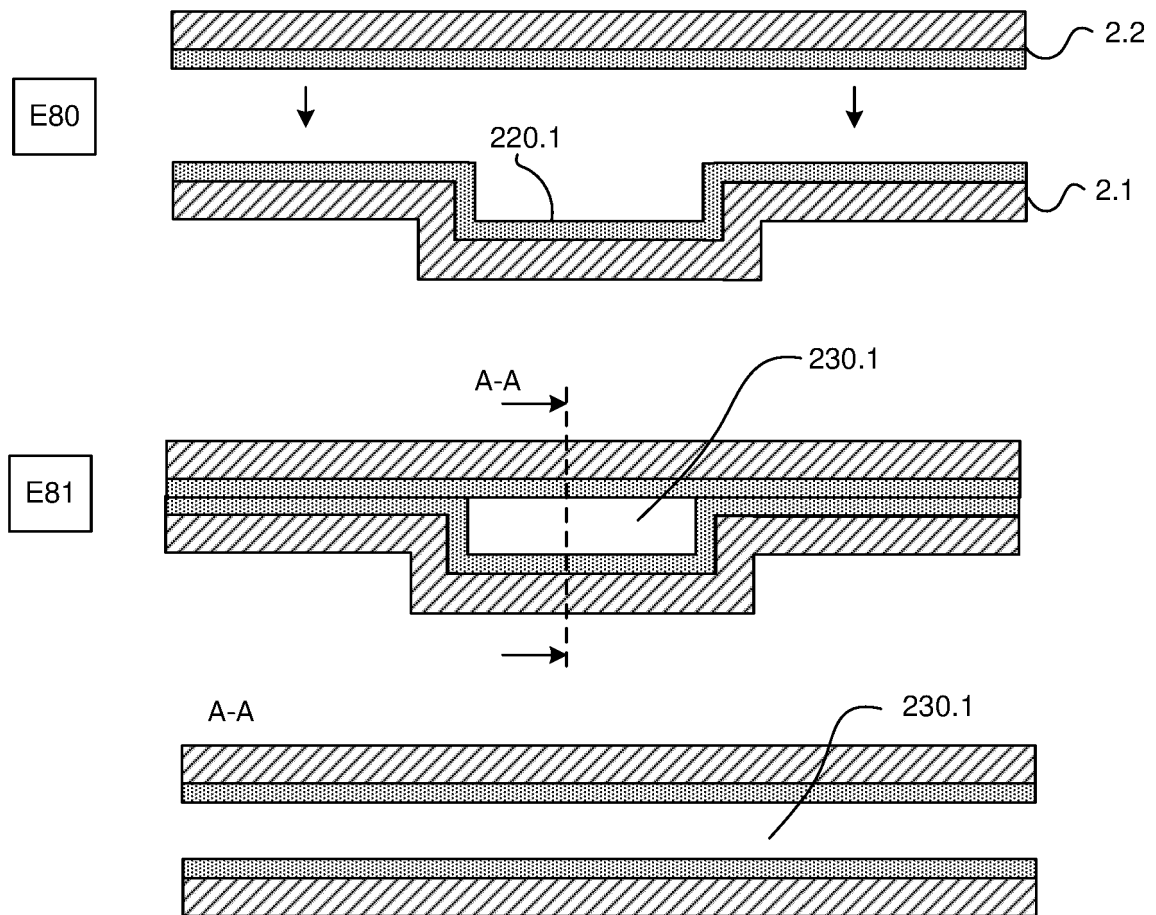


Fig. 9

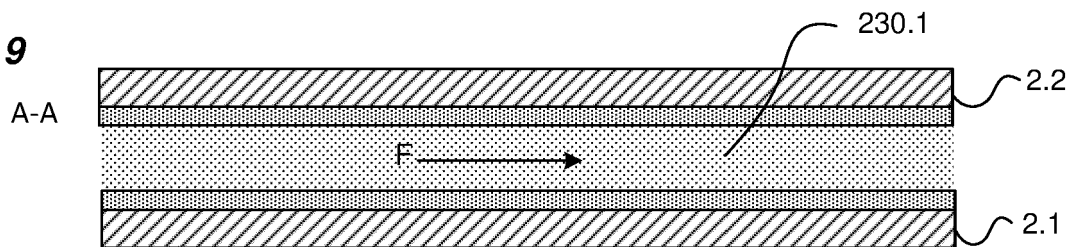


Fig. 10

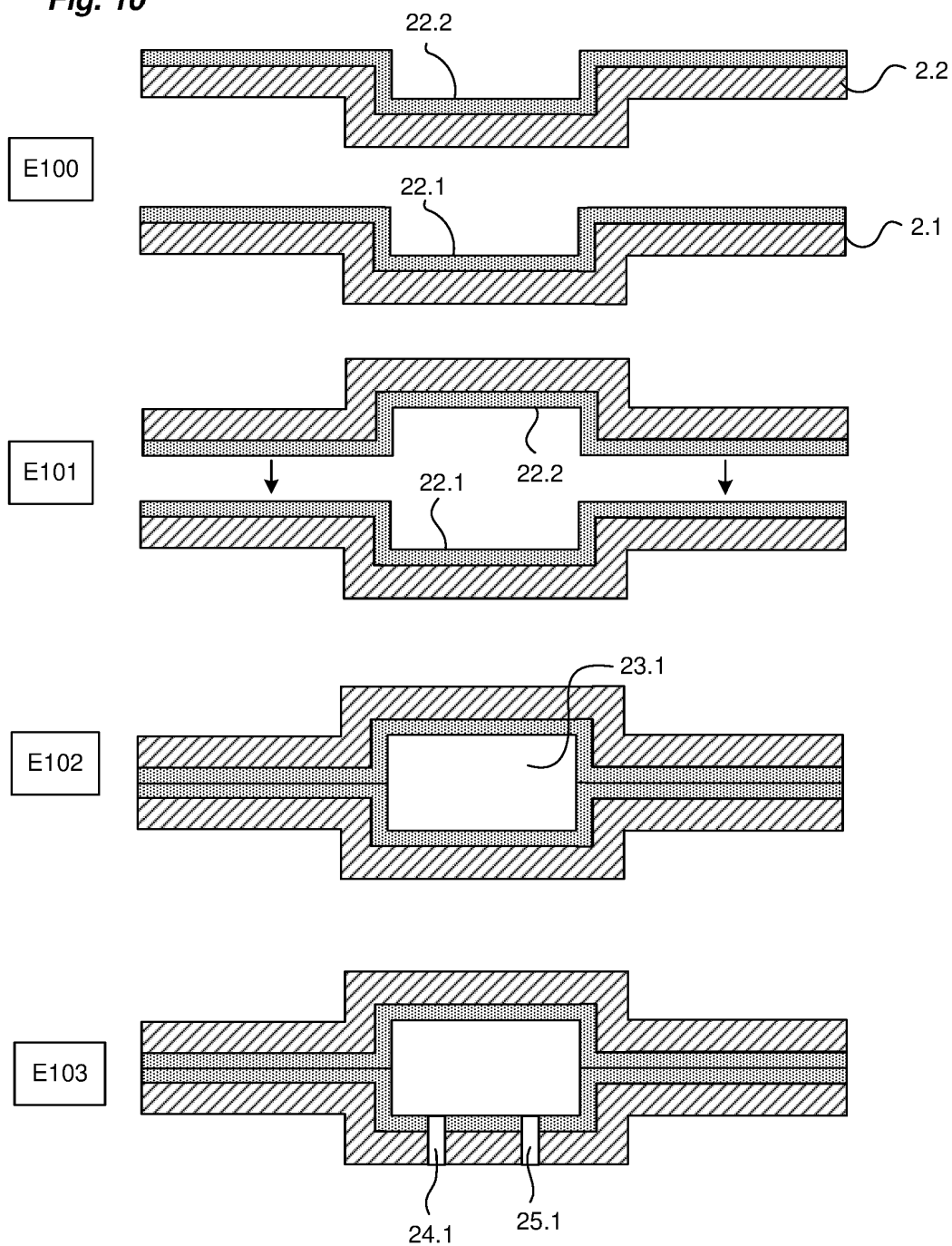


Fig. 11

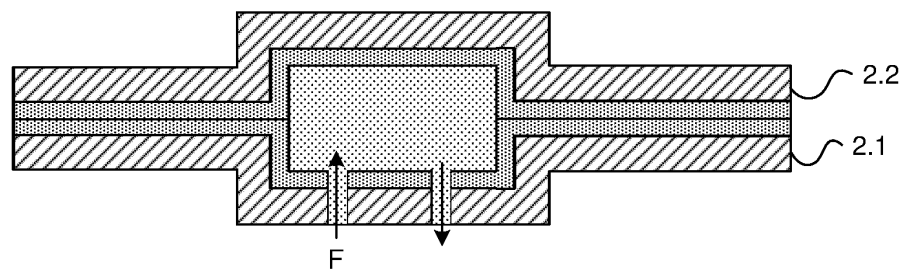


Fig. 12A

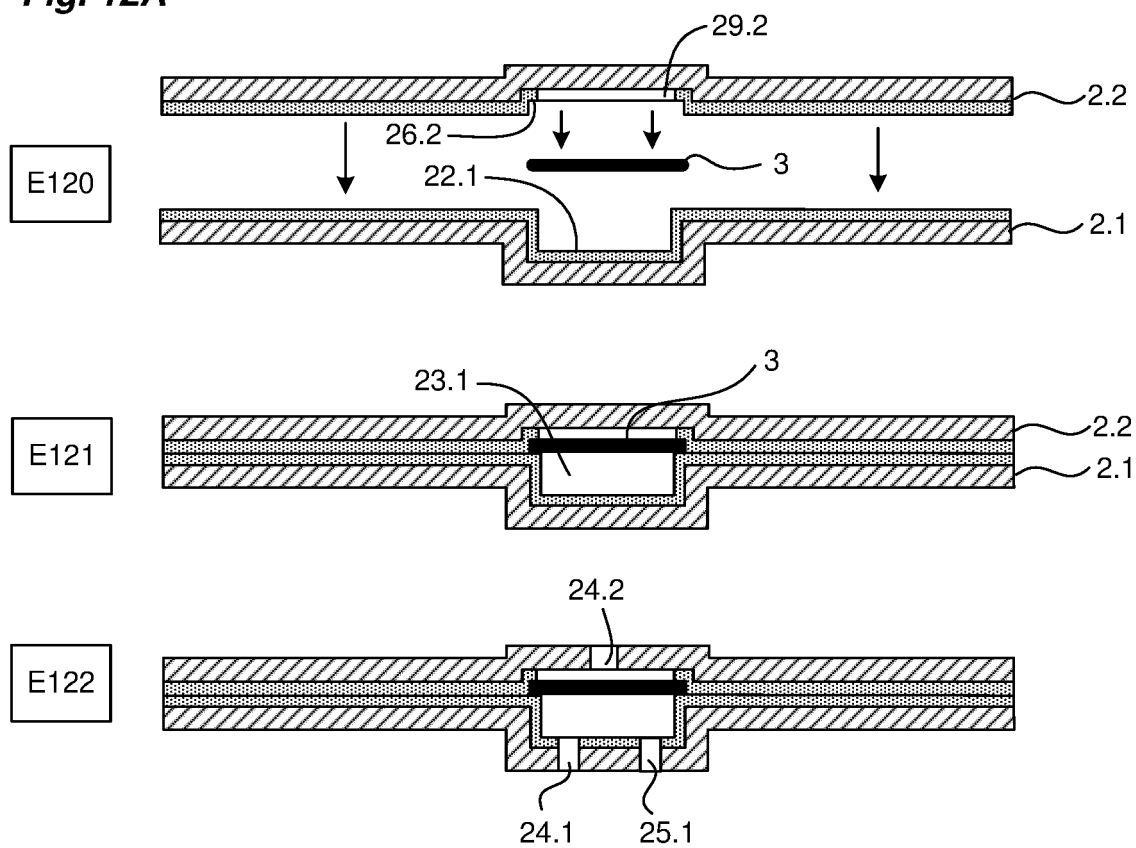


Fig. 12B

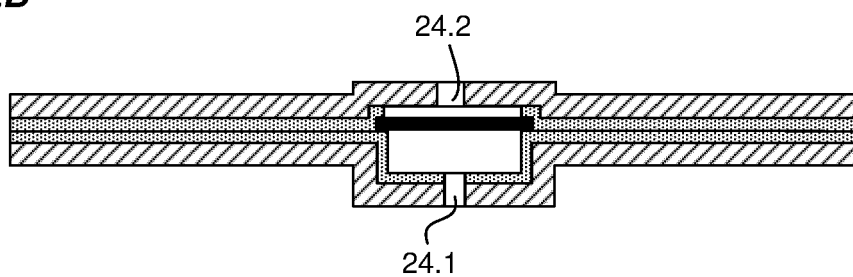


Fig. 13A

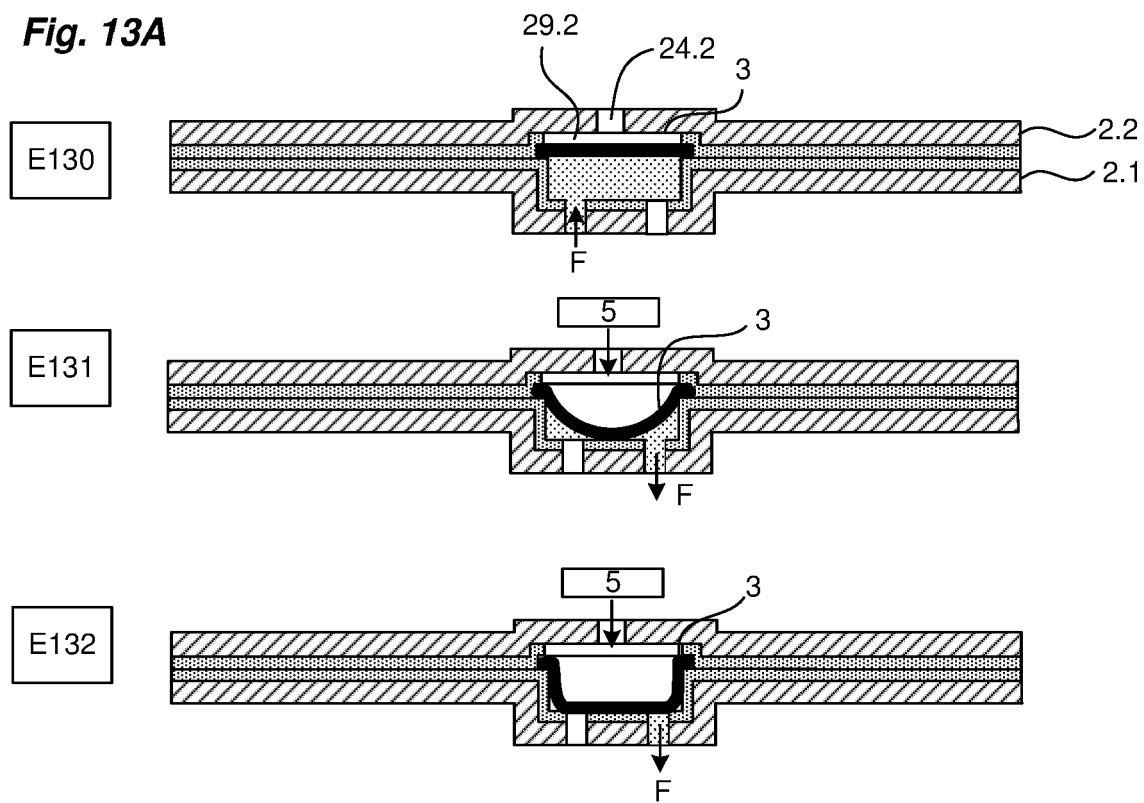


Fig. 13B

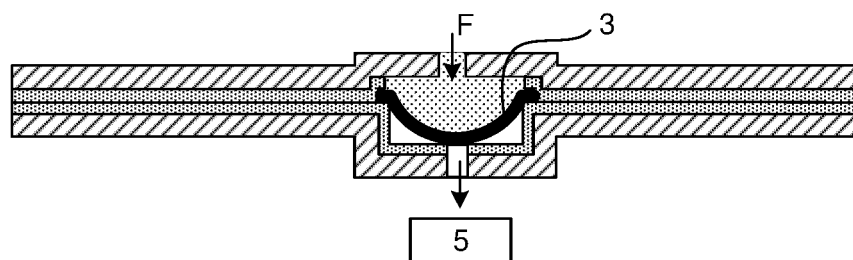


Fig. 14

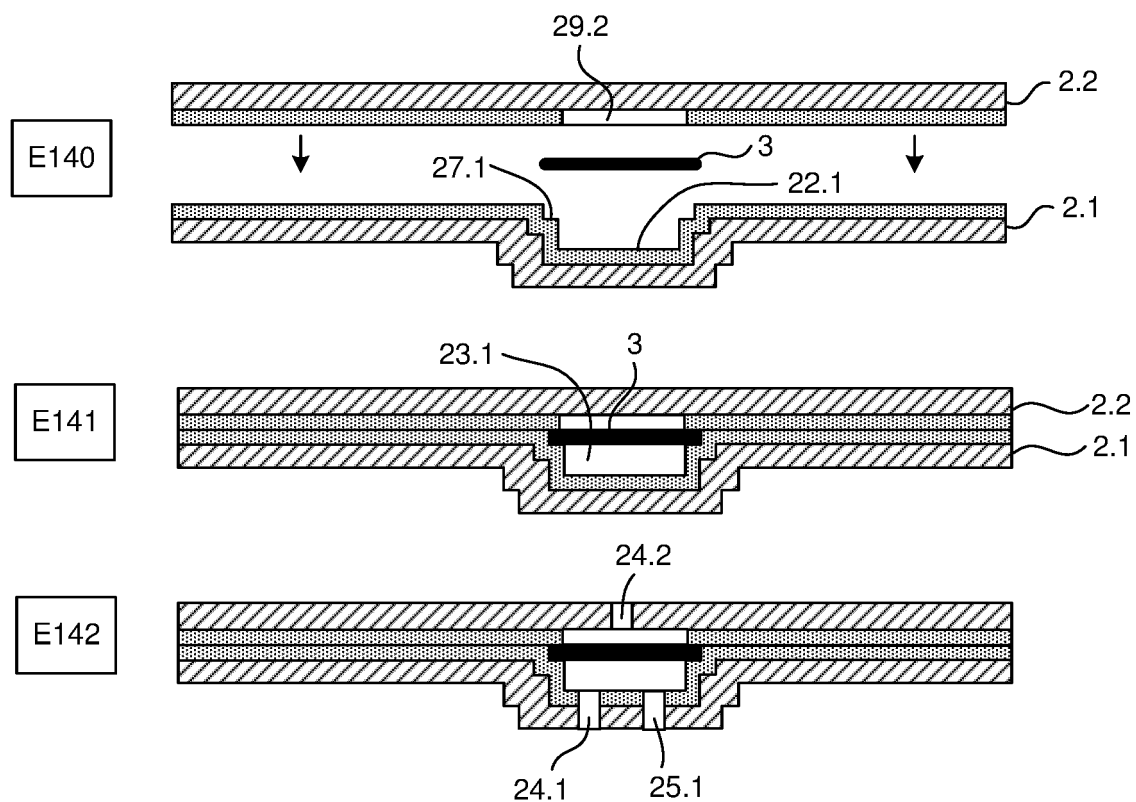


Fig. 15

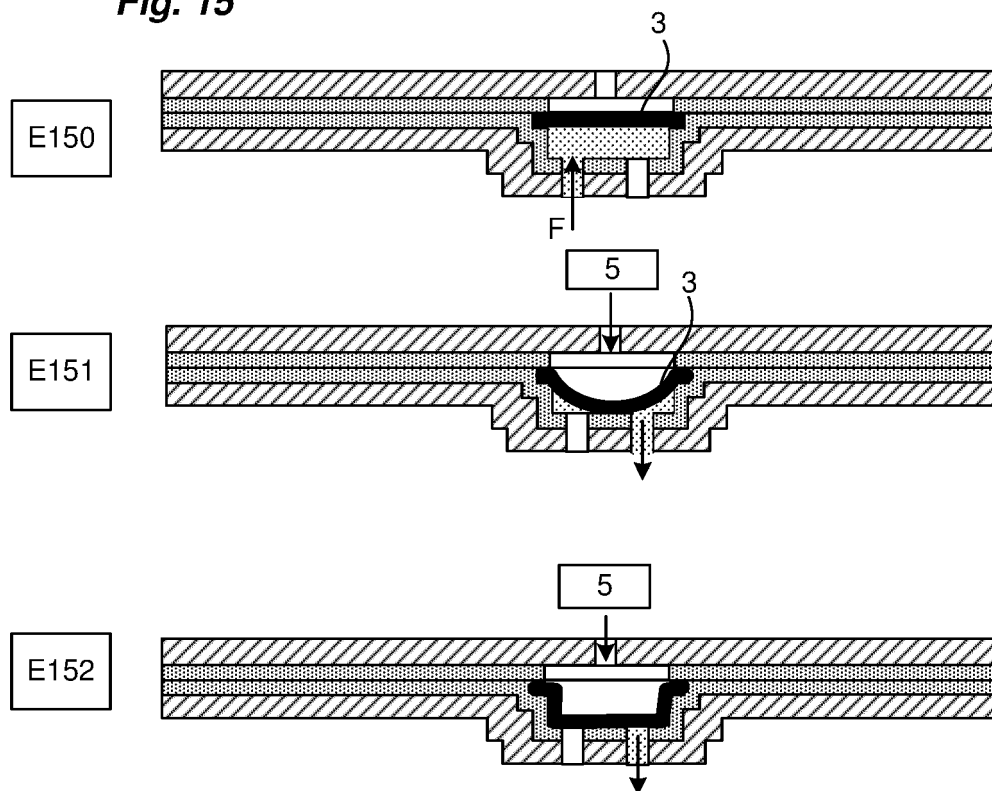


Fig. 16

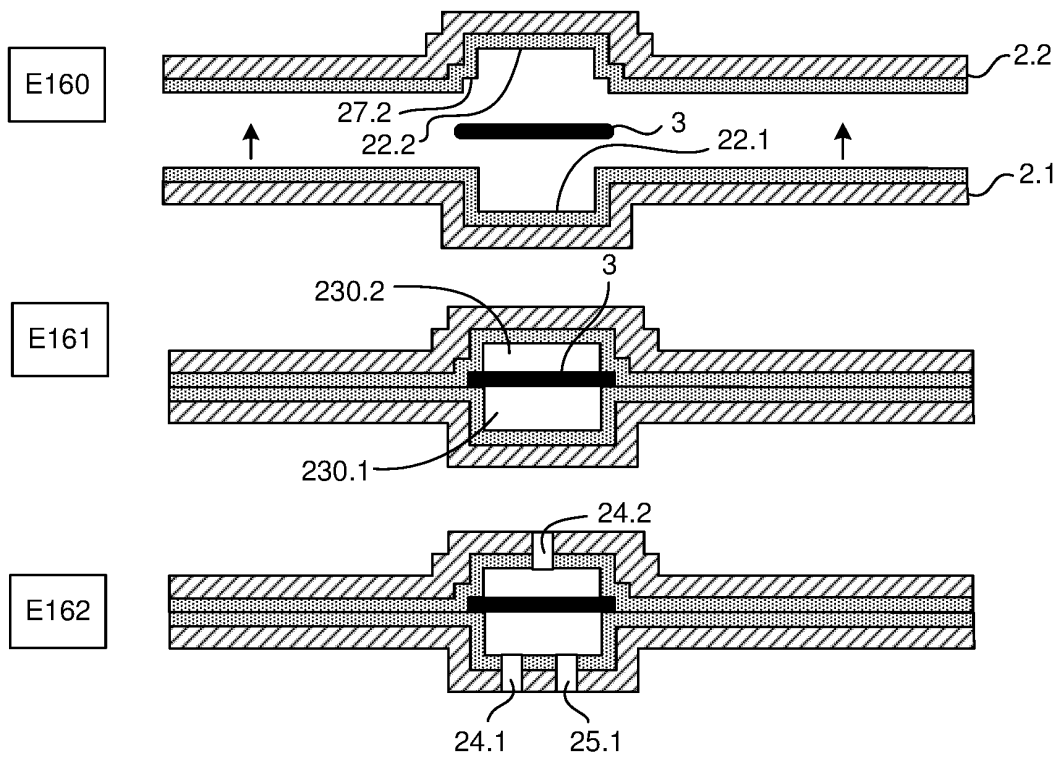


Fig. 17

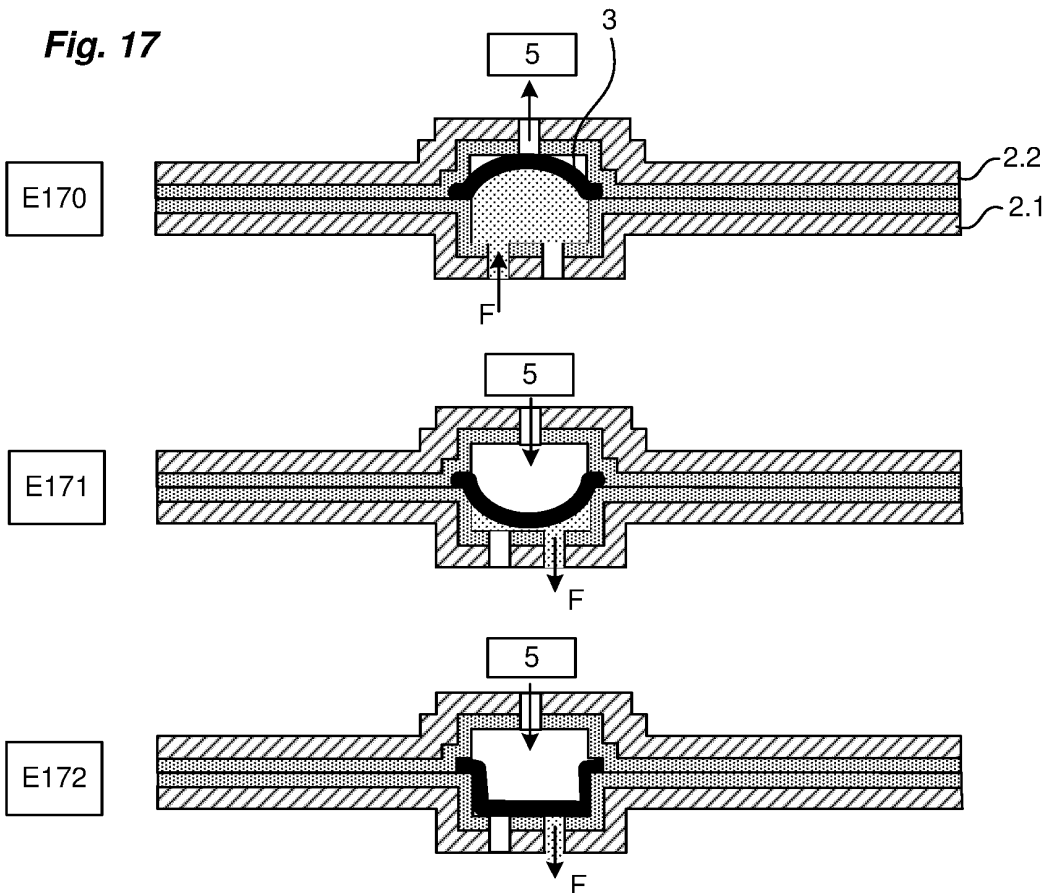


Fig. 18

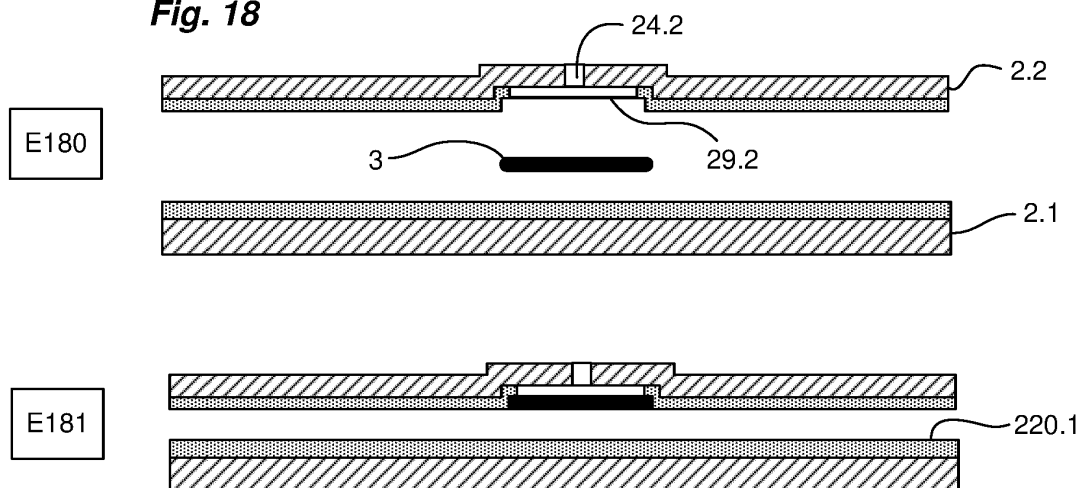


Fig. 19

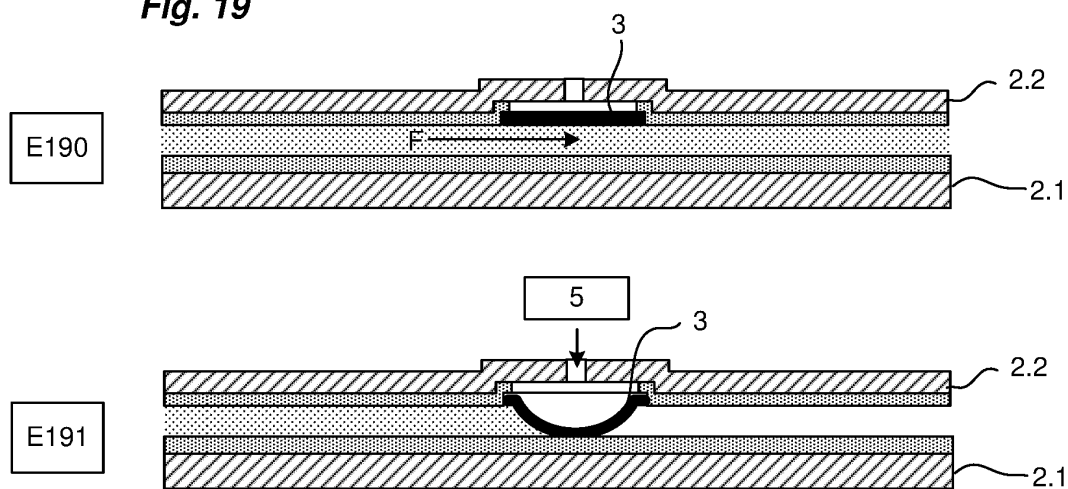
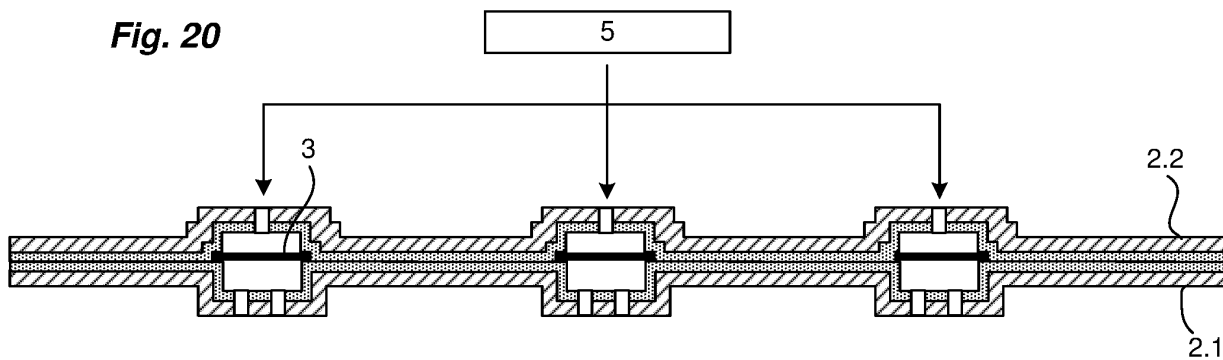


Fig. 20



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2013181656 A1 [0002]
- EP 3053652 A1 [0002]
- WO 2018197814 A1 [0003]