CH 684209 A5

(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 684209 A5

(51) Int. Cl.[5]: F 16 K 15/14
F 04 B 21/02
F 04 B 43/04
A 61 M 5/142

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) FASCICULE DU BREVET A5

(21) Numéro de la demande: 3680/90

(22) Date de dépôt: 20.11.1990

(24) Brevet délivré le: 29.07.1994

(45) Fascicule du brevet publié le: 29.07.1994

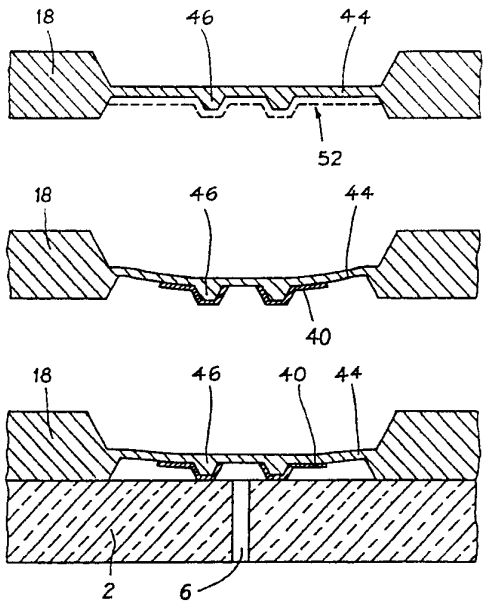
(73) Titulaire(s):
Westonbridge International Limited, Dublin (IE)

(72) Inventeur(s):
Van Lintel, Harald T. G., Enschede (NL)

(74) Mandataire:
Micheli & Cie, ingénieurs-conseils, Thônex (Genève)

(54) Clapet intégré et micropompe comprenant un tel clapet.

(57) Le clapet est formé par usinage d'une plaquette de silicium (18) accolée à une plaquette en verre (2). Cet usinage (gravure chimique) définit une membrane (44) et une nervure (46) formant obturateur. Une partie de la surface de la membrane (44) et éventuellement la nervure (46) sont oxydées pour induire une précontrainte mécanique dans la membrane maintenant le clapet en position fermée. Une surgravure (52) est effectuée auparavant telle que, en l'absence de cette précontrainte, le clapet est en position ouverte au repos.



Description

La présente invention est relative aux micropompes du type dans lequel une partie au moins du mécanisme de la pompe est réalisée par usinage d'une plaquette à l'aide des techniques de microusinage, telle que la photolithographie, et plus particulièrement à un clapet pour une telle micropompe.

Ces pompes peuvent être utilisées notamment pour l'administration in situ de médicaments, la miniaturisation de la pompe permettant à un malade de la porter sur soi, voire éventuellement de recevoir une pompe directement implantée dans le corps. Par ailleurs, de telles pompes permettent un dosage précis de faibles quantités de fluide à injecter.

Dans un article intitulé «A piezoelectric micropump based on micromachining of silicon» paru dans «Sensors and Actuators» No 15 (1988), pages 153 à 167, H. van Lintel et al. donnent une description de deux formes de réalisation d'une micropompe, comportant chacune un empilement de trois plaquettes, c'est-à-dire une plaquette en silicium usinée disposée entre deux plaquettes en verre. Un autre mode de réalisation est décrit dans le brevet Suisse No 680 009.

Dans cet article, la plaquette en silicium définit une chambre de pompage avec l'une des plaquettes en verre dont la partie coïncidant avec cette chambre peut être déformée par un élément moteur qui est, en l'occurrence, un cristal piézo-électrique. Ce dernier comporte des électrodes qui, lorsqu'elles sont raccordées à une source de tension alternative, provoquent la déformation du cristal et par suite de la plaquette en verre celle-ci, à son tour, faisant varier le volume de la chambre de pompage.

La chambre de pompage est raccordée de part et d'autre respectivement à des clapets anti-retour dont une membrane et un obturateur sont usinés dans le silicium et dont le siège est constitué par l'autre plaquette en verre.

La réalisation d'un tel clapet comprend deux étapes. Une première étape de gravure de la plaquette en silicium pour former la membrane, une partie de la plaquette étant protégée de la gravure pour définir l'obturateur, et une seconde étape au cours de laquelle une fine couche d'oxyde est réalisée sur l'obturateur et éventuellement sur une partie de la membrane. Ceci confère à la membrane une certaine précontrainte mécanique, ou prétension, lorsque le siège du clapet est appliqué contre l'obturateur.

L'un des inconvénients de ce type de micropompe est que les débits de micropompes, en apparence identiques, ne sont pas les mêmes. Ceci résulte du fait que s'il est relativement facile de contrôler la profondeur de gravure du silicium, il est plus difficile de contrôler l'épaisseur des membranes, car l'épaisseur d'une plaquette de silicium n'est pas constante sur toute sa surface mais présente au contraire une certaine dispersion. Or, l'épaisseur de la membrane conditionne partiellement l'intensité de la précontrainte, donc finalement les conditions d'ouverture et de fermeture du clapet. Ceci est particulièrement important pour le clapet de sortie, qui requiert une précontrainte plus importante.

L'invention a pour but de supprimer notamment cet inconvénient. Ce but est atteint par un clapet selon la revendication 1. La revendication 8 définit une micropompe munie d'au moins un clapet selon l'invention.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, donnée à titre illustratif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels:

La couche de l'autre matériau peut être réalisée sur la membrane, pour la recouvrir, par exemple par oxydation thermique, ou dans la membrane, par exemple par dopage de la membrane.

- la fig. 1 illustre une coupe schématique d'une micropompe selon l'invention,
- la fig. 2 illustre une vue de dessous de la plaquette intermédiaire de la micropompe représentée à la fig. 1,
- les fig. 3A, 3B et 3C montrent en coupe la réalisation d'un clapet selon l'invention, et
- la fig. 4 montre en coupe un autre clapet selon l'invention.

On va tout d'abord se référer aux fig. 1 et 2 qui représentent une micropompe comprenant un clapet selon l'invention.

Il est à noter que, par souci de clarté, les épaisseurs des diverses plaquettes composant la micropompe ont été fortement exagérées sur les dessins.

La micropompe des fig. 1 et 2 comporte une plaquette de base 2 en verre par exemple, qui est percée de deux canaux 4 et 6 formant respectivement la conduite d'aspiration et la conduite de refoulement de la pompe. Ces canaux 4 et 6 communiquent avec des raccords 8 et 10 respectifs.

Le raccord 8 est branche sur un tuyau 12 lui-même raccordé à un réservoir 14 dans lequel se trouve la substance liquide à pomper. Le réservoir est obturé par un capuchon percé, un piston mobile isolant le volume utile du réservoir 14 de l'extérieur. Ce réservoir peut contenir un médicament, par exemple au cas où la pompe est utilisée pour l'injection de ce médicament dans le corps humain avec un dosage précis. Dans cette application, la micropompe peut être portée sur le corps du patient, voire être implantée.

Le raccord de refoulement 10 peut être branché à une aiguille d'injection (non représentée) qui y est raccordée par un tuyau 16.

L'utilisation de cette manière de la micropompe est particulièrement appropriée pour le traitement à l'aide de peptides de certaines formes de cancers dont la médication est réalisée, de préférence, par un dosage précis et répété à des intervalles réguliers de petites quantités du médicament. Une autre application peut être envisagée pour le traitement des diabétiques devant recevoir périodiquement de faibles doses de médicament au cours de la journée, le dosage pouvant être déterminé, par exemple, par des moyens connus en soi mesurant le taux de sucre dans le sang et commandant automatiquement la pompe pour qu'une dose d'insuline appropriée puisse être injectée.

Une plaquette 18 en silicium ou en un autre matériau usinable par gravure à l'aide des techniques de photolithographie est accolée à la plaquette en verre 2. Cette plaquette en silicium est surmontée elle-même d'une plaquette de fermeture en verre 20. Dans la plaquette 18 est formée une membrane 22 dont l'épaisseur est telle qu'elle peut être déformée par un élément de commande 24 qui, dans l'application de l'invention décrite ici, est une pastille piézo-électrique pourvue d'électrodes 26a et 26b branchées sur un générateur 28 de tension alternative. Cette pastille peut être celle fabriquée par la Société Philips sous la dénomination PXE-52 et elle peut être collée sur la plaquette 18 au moyen d'une colle appropriée.

A titre d'exemple, la plaquette intermédiaire 18 en silicium peut avoir une orientation cristalline <100>, afin de bien se prêter à la gravure et d'avoir la solidité nécessaire. Les plaquettes 2 et 20 sont de préférence soigneusement polies.

Les plaquettes 2 et 18 délimitent ensemble tout d'abord une chambre de pompage 30 de forme sensiblement circulaire située en-dessous de la membrane 22.

Entre la canalisation d'aspiration 4 et la chambre de pompage 30 est interposé un premier clapet 32 du type anti-retour usiné dans la plaquette en silicium 18. Ce clapet comporte une membrane 34 de forme générale circulaire et percée en son centre d'un orifice de passage 36 qui, dans le mode de réalisation représenté, est de forme rectangulaire. Du côté de la canalisation 4, le clapet 32 comporte une nervure 38 de forme annulaire et de section à peu près trapézoïdale formant obturateur. Cette nervure entoure l'orifice 36 et est revêtue d'une fine couche d'oxyde 40 obtenue également par des techniques de photolithographie. Celle-ci confère à la membrane 34 une certaine précontrainte ou prétension lorsque le sommet de la nervure 38 est appliqué contre la plaquette en verre 2, cette dernière servant ainsi de siège au clapet 32.

La canalisation de refoulement 6 de la pompe communique avec la chambre de pompage 30 par l'intermédiaire d'un clapet 42 dont la construction est identique à celle du clapet 32, à ceci près cependant que, par exemple par réalisation d'une couche d'oxyde sur une partie de la membrane et/ou par différence d'épaisseur de la couche 40 par rapport à celle du clapet 32, la précontrainte assurée par cette couche d'oxyde 40 peut être différente de celle utilisée pour le clapet 32. Le clapet 42 comporte donc une membrane 44 et une nervure annulaire 46, formant obturateur, revêtues d'une couche d'oxyde 40. En outre, on voit sur la fig. 1 que ce clapet est dépourvu d'un orifice central tel que l'orifice 36 du clapet 32.

On notera que la chambre de pompage 30 communique avec le clapet 32 et avec le clapet 42 respectivement par l'intermédiaire d'un orifice 48 et d'un passage 50 tous deux usinés dans la plaquette en silicium 18.

Pour fixer les idées, les épaisseurs des plaquettes 2, 18 et 20 peuvent respectivement être d'environ 0,6 mm, 0,3 mm et 0,6 mm pour une dimension en surface de la pompe de l'ordre de 15 par 20 mm.

Par ailleurs, les plaquettes peuvent être fixées les unes aux autres par diverses techniques connues telles que le collage ou la technique connue sous le nom de soudure anodique, par exemple.

Le clapet 42 présente une prétension tendant à appliquer la nervure annulaire contre le siège de clapet, en l'absence de toute sollicitation extérieure. Cette prétension dépend de l'épaisseur de la couche d'oxyde sur la membrane, qui induit une courbure de la membrane (la couche d'oxyde se trouvant du côté convexe de la membrane), de l'épaisseur de cette membrane et de la hauteur de la nervure annulaire.

A titre d'exemple, on va décrire le procédé de réalisation du clapet de sortie en référence aux fig. 3A–3C. Le même procédé peut être utilisé pour réaliser le clapet d'entrée. Toutefois, la précontrainte requise pour le clapet d'entrée étant plus faible que pour le clapet de sortie, on ne dépose en général pas de couche d'oxyde sur la membrane du clapet d'entrée.

Le clapet de sortie est donc réalisé conformément à l'invention de la manière suivante. La plaquette en silicium 18 est gravée sur au moins l'une de ses faces, par exemple par trempage dans une solution de KOH, pour former la membrane 44. Pendant cette phase, une partie de la plaquette est protégée de la gravure pour définir la nervure annulaire 46 (fig. 3A).

Une surgravure 52 est ensuite réalisée de manière que, en l'absence de couche d'oxyde et en dehors de toute sollicitation extérieure, la nervure annulaire ne soit pas en contact avec le siège de clapet. Cette surgravure peut être effectuée dans la plaquette en silicium 18 avant ou après la gravure (elle entraîne une diminution de l'épaisseur de la membrane, voir fig. 3A); elle peut aussi être effectuée dans la partie de la plaquette en verre formant le siège de clapet.

On réalise ensuite une couche d'oxyde 40 par oxydation thermique sur une partie de la membrane. Cette couche d'oxyde induit des forces de cisaillement dans la membrane, ce qui provoque une courbure de celle-ci (fig. 3B). L'épaisseur de la couche d'oxyde est choisie suffisante pour que, lorsque la plaquette en verre 2 est accolée à la plaquette en silicium 18, la nervure 46 est appliquée contre cette plaquette en verre en l'absence de toute autre sollicitation extérieure (fig. 3C). Par exemple, pour une profondeur de surgravure de 3 µm, on réalise une couche d'oxyde d'environ 1,5 µm. Cette couche d'oxyde peut être réalisée, comme on l'a représenté sur la fig. 3B, sur la face avant de la membrane, c'est-à-dire du côté de la nervure. Il est possible de choisir d'oxyder la face arrière au lieu de la face avant. Cependant, pour que la membrane soit courbée dans le même sens, il faut alors réaliser l'oxyde à la périphérie de la membrane, sous la forme d'un anneau.

On pourrait bien entendu utiliser un autre matériau que l'oxyde de silicium pour provoquer cette courbure. Cependant, celui-ci constitue la solution la plus simple puisqu'il suffit de soumettre la plaquette à une oxydation thermique. La couche de matériau induisant une contrainte mécanique peut

être prévue dans la membrane, au lieu de l'être sur la membrane. Ceci peut être obtenu, par exemple, par dopage de la membrane par des techniques telles que la diffusion de bore.

La couche d'oxyde ou une autre couche en un autre matériau adéquat peut aussi recouvrir avantageusement la nervure 46 (fig. 3B) et former ainsi une couche de protection pour éviter l'adhésion de la nervure sur la plaquette en verre.

Cette couche de protection augmente la hauteur de la nervure; elle modifie donc la prétension due à la nervure. On comprend en effet que, en l'absence d'oxyde sur la membrane, aucune prétension n'est créée par la nervure lorsque sa hauteur (dite hauteur nominale) est telle que le sommet de la nervure affleure le siège de clapet, en l'absence de sollicitation extérieure. Ce cas correspond à la fig. 3A, avant que la surgravure 52 ne soit réalisée.

Lorsque la hauteur de la nervure est supérieure à sa hauteur nominale, par exemple parce qu'une couche d'oxyde recouvre la nervure, celle-ci s'applique avec une certaine prétension contre le siège de clapet. La valeur de cette prétension dépend notamment de la différence de hauteur de la nervure par rapport à la hauteur nominale et de l'élasticité, donc de l'épaisseur, de la membrane. Cette prétension dépend de l'épaisseur de la membrane au cube. Elle s'ajoute à celle qui est provoquée par la couche d'oxyde qui recouvre la membrane, et qui dépend elle directement de l'épaisseur de la membrane. Dans ce cas classique, une membrane trop épaisse provoque une augmentation de la prétension due à l'oxyde sur la nervure et de la prétension due à l'oxyde sur la membrane. La variation de la prétension totale est égale à la somme des variations de ces prétensions. La prétension créée par la couche sur la nervure peut jouer un rôle important dans cette variation, à cause du facteur cubique. Il serait avantageux de réduire cette contribution cubique ou même de l'utiliser dans un sens bénéfique.

Supposons maintenant que l'oxyde recouvre uniquement la nervure. Lorsque la hauteur de la nervure est inférieure à sa hauteur nominale, par exemple par suite d'une gravure de la nervure, et que la couche d'oxyde sur la nervure est moins épaisse que la profondeur de la surgravure, la nervure n'est pas en contact avec le siège de clapet. On peut considérer, par symétrie avec le cas précédent, que la nervure crée une prétension relative, dont la valeur absolue est égale à la pression qu'il faudrait exercer sur la membrane pour que la nervure affleure le siège de clapet. Lorsque, en outre, une couche d'oxyde est réalisée sur la membrane, la prétension à laquelle est soumis le clapet est égale à la prétension due à la courbure de la membrane diminuée de cette prétension négative. Comme indiqué plus haut, une variation de l'épaisseur de la membrane induit une variation de la prétension. Dans le cas de l'invention, la variation de la prétension due à l'oxyde sur la membrane est approximativement compensée par la variation de la prétension négative due à la surgravure de la nervure. Si les dimensions sont bien choisies, la prétension totale reste sensiblement constante pour une certaine gamme d'épaisseur de la membrane.

Des essais ont montré que des micropompes munies d'un clapet de sortie conforme à l'invention présentaient sensiblement la même prétension, et avaient donc le même comportement, malgré une dispersion de ± 2,5 µm d'épaisseur pour des membranes de clapet ayant une épaisseur moyenne égale à 25 µm (profondeur de surgravure environ 3 µm; couche d'oxyde environ 1,5 µm).

L'oxydation de la plaquette 18 pour former la couche d'oxyde 40 est une étape relativement longue puisque l'épaisseur de la couche d'oxyde croît comme la racine carrée du temps d'oxydation. Il est possible de diviser par quatre la durée de cette opération. Il suffit pour cela, comme on l'a représenté sur la fig. 4, d'oxyder les deux faces de la membrane. En effet, si l'on réalise sur les faces de la membrane respectivement des couches d'oxyde 40a et 40b d'épaisseur 0,5 µm par exemple, de telle sorte que la couche 40b recouvre la surface qui n'est pas recouverte par la couche 40a sur l'autre face, on obtient une précontrainte identique à celle causée par la couche 40 formée sur une seule face de la membrane avec une épaisseur de 1 µm. (Il n'est pas souhaitable que des parties des couches 40a et 40b soient superposées, car les contributions de ces parties à la prétension de la membrane se compensent).

On peut ajouter que, même sans recourir à la surgravure évoquée en relation avec la fig. 3A, l'oxydation des deux faces de la membrane contribue à une meilleure reproductibilité des caractéristiques de la micropompe. Ceci résulte de ce qu'on augmente moins la hauteur de la nervure, par rapport au cas où on oxyde une seule face de la membrane, ce qui réduit l'influence de la nervure sur la prétension du clapet.

On peut encore souligner que l'oxydation des deux faces de la membrane permet d'ajuster plus facilement la prétension à une valeur désirée en choisissant de manière adéquate le rayon de la couche d'oxyde. Cependant, une capacité de courbure maximale sera souvent avantageuse pour permettre l'utilisation de membranes fines afin d'avoir une faible résistance à l'écoulement du fluide.

Revendications

1. Clapet intégré (32, 42) comprenant une première plaquette (18) dans laquelle est formée une membrane déformable (34, 44), et une seconde plaquette (2) accolée à la première plaquette (18), un obturateur (38, 46) étant en outre réalisé sur la face d'une plaquette et ayant une surface libre pouvant être mise en contact avec la face de l'autre plaquette (clapet fermé) ou éloignée de celle-ci (clapet ouvert), selon la position de la membrane déformable, la membrane étant partiellement pourvue d'une couche d'un second matériau (40, 40a, 40b) induisant une contrainte mécanique maintenant le clapet (32, 42) en position fermée en l'absence de sollicitations extérieures, ledit clapet (32, 42) étant caractérisé en ce qu'au moins l'une des plaquettes est usinée de sorte que, si la couche du

second matériau (40, 40a, 40b) était omise, ledit clapet (32, 42) serait en position ouverte en l'absence de sollicitations extérieures.

2. Clapet selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'obturateur (38, 46) est formé par usinage sur la membrane (34, 44) de la première plaquette (18).

3. Clapet selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que chaque face de la membrane (44) est partiellement recouverte d'une couche (40a, 40b) du second matériau.

4. Clapet selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première plaquette (18) est en silicium et le second matériau est de l'oxyde de silicium.

5. Clapet selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la surface libre de l'obturateur (38, 46) est recouverte d'une couche d'un troisième matériau pour éviter l'adhésion dudit obturateur sur la face de la plaquette en regard.

6. Clapet selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit troisième matériau est identique au second matériau.

7. Clapet intégré comprenant une première plaquette (18) en dans laquelle est formée une membrane déformable (34, 44) et une seconde plaquette (2) accolée à la première plaquette (18), un obturateur (38, 46) étant en outre réalisé sur la face d'une plaquette avec une surface libre pouvant être mise en contact avec la face de l'autre plaquette (clapet fermé) ou éloignée de celle-ci (clapet ouvert), selon la position de la membrane déformable, ledit clapet étant caractérisé en ce chaque face de la membrane (44) est recouverte partiellement d'une couche (40a, 40b) d'un second matériau induisant une contrainte mécanique maintenant le clapet en position fermée en l'absence de sollicitations extérieures.

8. Micropompe comportant une première plaquette (18) en un matériau susceptible d'être usiné par des techniques photolithographiques de manière à définir avec au moins une seconde plaquette de support (2) accolée face à face à la première plaquette, une chambre de pompage (30), au moins un premier clapet (32) à travers lequel ladite chambre de pompage (30) peut sélectivement communiquer avec une entrée (4) de la micropompe et au moins un second clapet (42) à travers lequel ladite chambre de pompage (30) peut sélectivement communiquer avec une sortie (6) de la micropompe, des moyens (24, 26a, 26b, 28) étant prévus pour provoquer une variation périodique de volume de ladite chambre de pompage (30), ladite micropompe étant caractérisée en ce qu'au moins l'un des clapets (32, 42) est conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7.

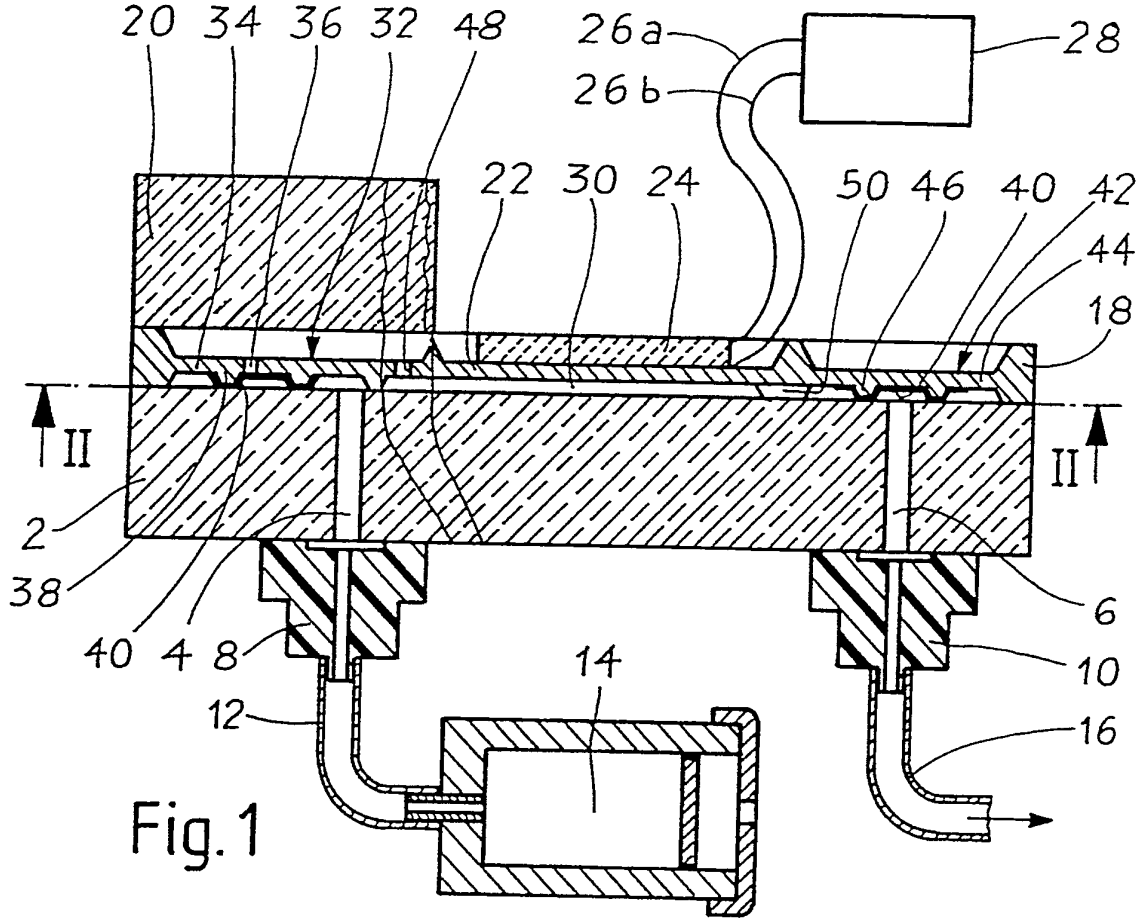

20
34
36
32
48
26a
26b
28
22
30
24
50
46
40
42
44
18
II
II
2
38
40
4
8
14
12
6
10
16

Fig. 1

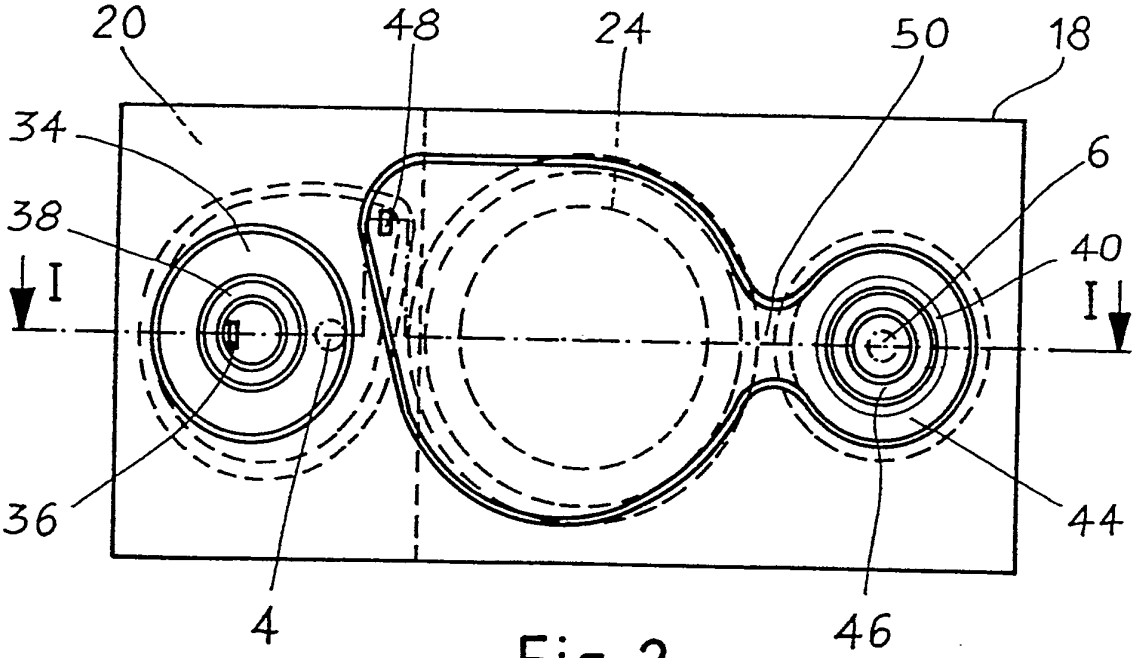

20
48
24
50
18
34
38
I
I
6
40
36
4
46
44

Fig. 2

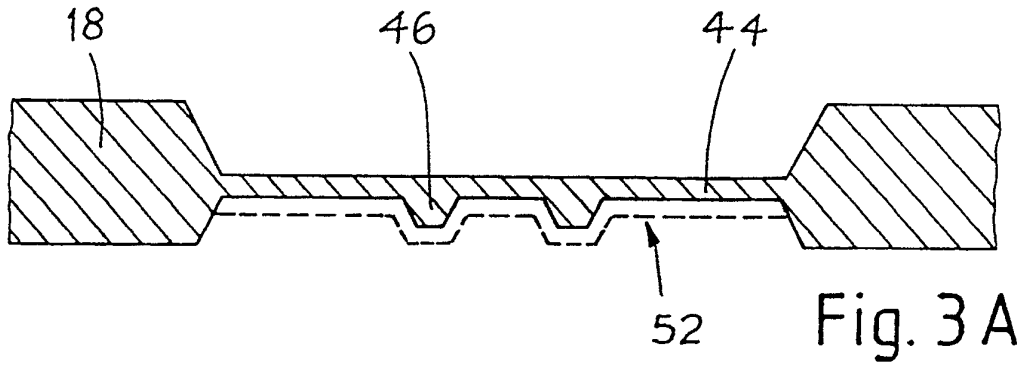


Fig. 3 A

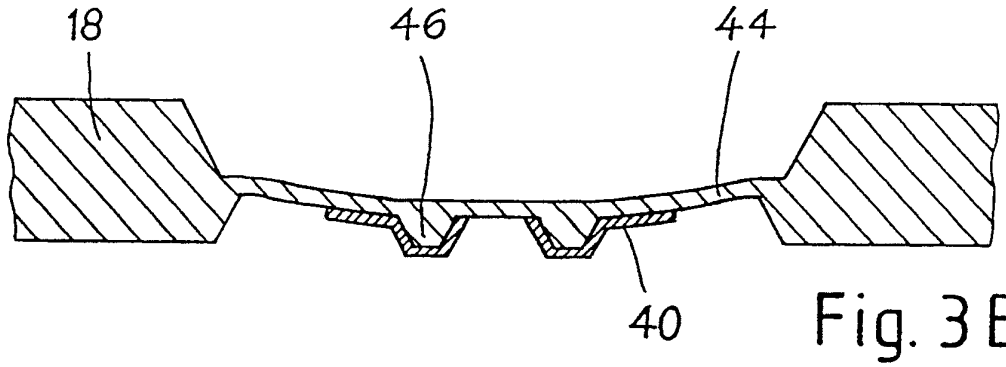


Fig. 3 B

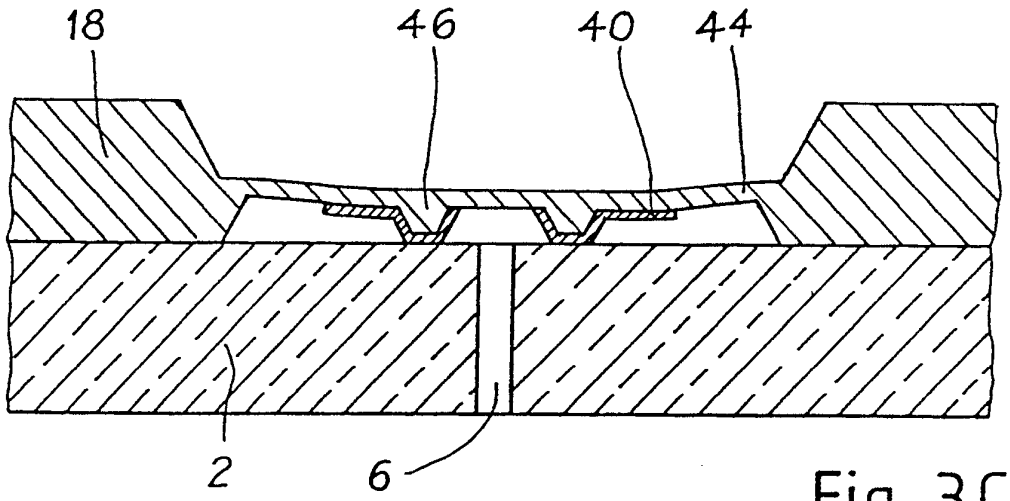


Fig. 3 C

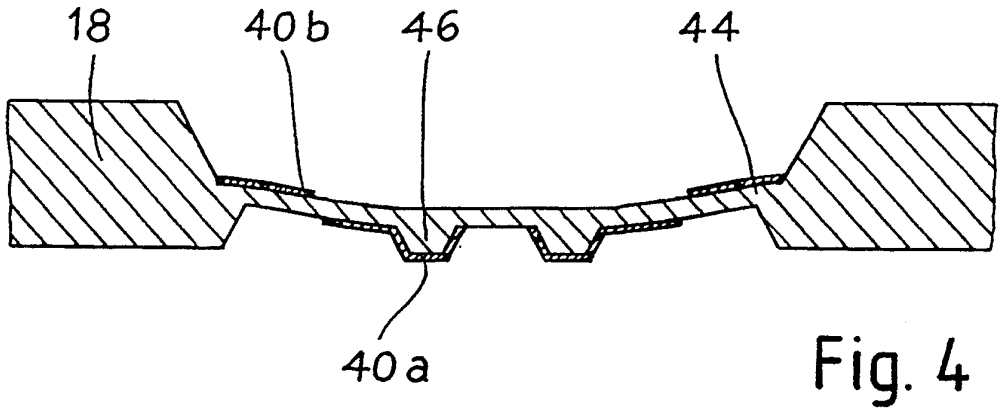


Fig. 4