



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **713 329 B1**

(51) Int. Cl.: **G04B** 15/14 (2006.01)
G04D 3/00 (2006.01)

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**

(21) Numéro de la demande: 01667/16

(22) Date de dépôt: 16.12.2016

(43) Demande publiée: 29.06.2018

(24) Brevet délivré: 29.04.2022

(45) Fascicule du brevet publié: 29.04.2022

(73) Titulaire(s):
Manufacture et fabrique de montres et chronomètres
Ulysse Nardin Le Locle S.A., Rue du Jardin 3
2400 Le Locle (CH)
Sigatec SA, Route des Iles 20
1950 Sion (CH)

(72) Inventeur(s):
Marc-André Glassey, 1967 Bramois (CH)
Johannes Clivaz, 1950 Sion (CH)
Stéphane von Gunten, 2035 Corcelles (CH)

(74) Mandataire:
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Procédé d'assemblage de deux pièces d'un composant horloger, notamment d'une ancre d'échappement.**

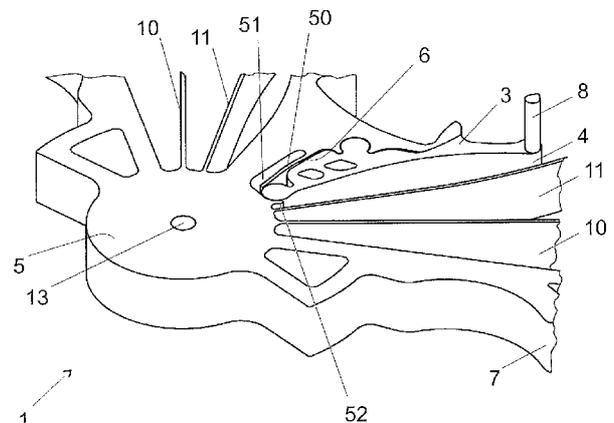
(57) L'invention concerne un procédé d'assemblage de deux pièces d'un composant de mouvement (1) horloger. Chaque pièce comporte une face inférieure, une face supérieure et au moins une tranche latérale. Le procédé comporte les étapes suivantes :

mise en contact des deux pièces (3, 5), une portion de la tranche de la première (3) de ces deux pièces étant appuyée contre une portion de la tranche de la deuxième pièce (5) ;

positionnement des deux pièces (3, 5) l'une contre l'autre avant leur fixation, les deux pièces (3, 5) étant soit appuyées l'une contre l'autre par au moins une portion (50, 53) élastiquement déformable de la deuxième pièce (5), soit emboîtées l'une contre l'autre à la manière de pièces d'un puzzle, et

fixation des deux pièces (3, 5) par oxydation thermique.

L'invention concerne également un composant de mouvement horloger, notamment une ancre d'échappement horloger.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un procédé d'assemblage de deux pièces d'un composant de mouvement horloger, par exemple de composant horloger en silicium.

Etat de la technique

[0002] Le silicium est de plus en plus fréquemment employé pour la fabrication de composants mécaniques de haute précision, notamment pour la fabrication de composants de mouvements horlogers. Il est ainsi notamment employé pour la fabrication du spiral, de la roue d'échappement, de l'ancre d'échappement, et de nombreux autres composants. Par rapport aux métaux, il présente notamment l'avantage d'un poids et donc d'une inertie réduite et d'un faible coefficient de frottement avec lui-même. Les composants peuvent en outre être fabriqués avec des procédés de gravure bien maîtrisés qui permettent une précision et une reproductibilité élevées.

[0003] Ces procédés sont particulièrement adaptés à la fabrication de pièces plates obtenues à partir d'un wafer. Les mouvements horlogers emploient cependant une grande diversité de pièces de forme et de dimensions variées, dont certaines se laissent mal fabriquer par gravure à partir d'un wafer. A titre d'exemple, des pièces comportant plusieurs niveaux, en particulier des grandes pièces comportant des portions en saillie, sont difficiles ou coûteuses à fabriquer.

[0004] Ainsi, l'ancre décrite dans la demande de brevet EP3037894A1, dont le contenu est incorporé par référence, comporte un pion de blocage anti-renversement qui s'étend au-dessus de la surface principale de l'ancre. Dans un mode de réalisation, ce pion est de matière avec l'ancre, ce qui implique une fabrication additive lente et coûteuse pour déposer l'épaisseur de matière du pion, ou une fabrication soustractive à partir d'un wafer très épais et le retrait de matière sur toute la surface de la pièce sauf au niveau du pion.

[0005] Les éléments d'un composant au deuxième niveau, par exemple le pion de blocage anti-renversement, peuvent aussi être assemblés sur le premier niveau par exemple par collage ou assemblage au moyen d'éléments de fixation tels que des goupilles par exemple. Ces procédés nécessitent des opérations supplémentaires qui renchérissent le produit et introduisent en outre des jeux ou des erreurs de positionnement relatifs.

[0006] L'invention concerne un procédé d'assemblage d'éléments d'un composant. Parmi les méthodes qui peuvent être mises en oeuvre, EP2091861 divulgue un procédé de fabrication de pièce de micromécanique en silicium à plusieurs niveaux comportant une étape d'oxydation du silicium de deux pièces pour les relier entre elles. Le positionnement des pièces est effectué à l'aide de perçages ou de chevilles. Le procédé est limité à un assemblage de pièce superposées l'une sur l'autre avant leur extraction du wafer : il ne convient pas à un soudage dans un plan vertical.

[0007] On connaît aussi dans l'état de la technique des procédés d'assemblage de pièces en silicium par bonding thermique. A titre d'exemple, US5236118 décrit un procédé dans lequel deux wafers à assembler sont superposés dans un four. Après assemblage, les deux wafers sont découpés. Ce procédé nécessite un alignement précis des deux wafers, au moyen d'éléments d'alignement additionnels. Il convient uniquement à l'assemblage de pièces superposées l'une sur l'autre, mais pas à l'assemblage de pièces juxtaposées l'une à côté de l'autre. Par ailleurs, il provoque souvent une sous-utilisation d'un des wafers, notamment lorsque la surface occupée par un des niveaux est nettement plus petite que la surface occupée par le niveau principal. Enfin, les températures élevées mises en oeuvre pour le bonding provoquent souvent des dilatations et des déformations de composants. Pour ces différentes raisons, ce procédé semble peu adapté à la fabrication de composants d'un mouvement horloger.

Bref résumé de l'invention

[0008] Un but de la présente invention est de proposer un procédé d'assemblage de composant horloger en plusieurs pièces, et un composant assemblé avec ce procédé.

[0009] En particulier, un but est de faciliter le positionnement des pièces à assembler avant leur fixation, pour des pièces juxtaposées l'une à côté de l'autre.

[0010] Ces buts sont atteints notamment au moyen d'un procédé d'assemblage de deux pièces d'un composant horloger, chaque pièce comportant une face inférieure, une face supérieure et au moins une tranche latérale, le procédé comportant les étapes suivantes :

- mise en contact des deux pièces, une portion de la tranche de la première pièce de ces deux pièces étant appuyée contre une portion de la tranche de la deuxième pièce;
- positionnement des deux pièces l'une contre l'autre avant leur fixation, et
- fixation des deux pièces par oxydation thermique. Selon l'invention, les deux pièces sont soit appuyées l'une contre l'autre par au moins une portion élastiquement déformable de la deuxième pièce, soit emboîtées l'une contre l'autre à la manière de pièces d'un puzzle.

[0011] La fixation par oxydation thermique peut si nécessaire être effectuée à relativement basse température, par exemple à une température entre 1050 et 1200 degrés Celsius, et/ou dans une atmosphère enrichie en oxygène, afin de réduire le risque de déformation par la chaleur.

[0012] Au moins une des pièces peut être à base de silicium, par exemple en silicium.

[0013] La fixation peut consister en un soudage des deux pièces dont les couches d'oxyde se mélangent et fusionnent.

[0014] La fixation peut aussi consister en un serrage des deux pièces entre lesquelles un jeu a été rempli par des couches d'oxyde.

[0015] L'oxydation thermique peut être obtenue en plaçant les deux pièces dans une enceinte chauffée et/ou enrichie en oxygène. Les deux pièces sont maintenues dans cette enceinte pendant une durée déterminée.

[0016] Cette durée peut être déterminée de manière à ce que la couche d'oxyde produite compense la variation du module de Young du silicium en fonction de la température.

[0017] La deuxième pièce peut comporter une portion d'appui rigide. La première pièce peut être appuyée contre cette portion d'appui rigide par au moins une portion élastiquement déformable de la première ou deuxième pièce.

[0018] La deuxième pièce peut comporter deux portions élastiquement déformables agencées pour tirer et/ou repousser la première pièce en position.

[0019] L'étape de mise en contact des deux pièces peut se faire par clipsage par ladite au moins une portion élastiquement déformable.

[0020] Le procédé peut comporter une étape de fabrication d'au moins une des pièces par superposition d'au moins deux sous-pièces ou par gravage d'une pièce, de manière à créer une pièce à plusieurs niveaux.

[0021] Une des pièces peut être fabriquée par superposition de deux sous-pièces, par exemple afin de produire une pièce plus épaisse que l'autre.

[0022] Cette solution est par exemple adaptée à la fabrication d'au moins une partie d'une ancre d'échappement horloger à partir de deux pièces, dont l'une, plus épaisse, porte un pion de blocage anti-renversement.

[0023] Cette solution est aussi adaptée à la fixation d'une virole sur un spiral en silicium.

[0024] L'invention a aussi pour objet un composant de mouvement horloger comportant :

une première pièce;

une deuxième pièce;

chaque dite pièce comportant une face inférieure, une face supérieure et au moins une tranche latérale ;

une portion de la tranche de la première pièce étant agencé contre une portion de la tranche de la deuxième pièce. Les première et deuxième pièces sont soit appuyées l'une contre l'autre par au moins une portion élastiquement déformable de la deuxième pièce (5), soit emboîtées l'une contre l'autre à la manière de pièces d'un puzzle. Les première et deuxième pièces sont fixées ensemble par oxydation thermique.

[0025] Au moins une des pièces peut être à base de silicium.

[0026] La deuxième pièce peut comporter deux portions élastiquement déformables qui sont agencées pour tirer et/ou repousser la première pièce en position.

[0027] La première pièce peut être clipsée entre les deux portions élastiquement déformables de la deuxième pièce.

[0028] Une des première et deuxième pièces peut être plus épaisse que l'autre.

[0029] Une des première et deuxième pièces peut comporter deux niveaux.

[0030] Le composant peut être recouvert par une couche d'oxyde de silicium d'au moins 0,5 micromètres et déterminée de manière à compenser la variation du module de Young de la pièce à base de silicium en fonction de la température.

[0031] Une ancre d'échappement peut comporter le composant selon l'invention

Brève description des figures

[0032] Des exemples de mise en oeuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :

- La figure 1 illustre une vue d'une ancre d'échappement horloger réalisée par assemblage de deux pièces.
- La figure 2 est un agrandissement d'une portion de l'ancre de la figure 1.

- La figure 3 illustre un autre mode de réalisation d'un composant produit par assemblage de deux pièces.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0033] Un mode de réalisation de l'invention va être décrit de façon plus détaillée à l'aide des figures 1 et 2. Il concerne une ancre d'échappement horloger 1, d'un type similaire à celui de l'ancre décrite dans la demande de brevet déjà mentionnée EP3037894A1. Le fonctionnement de cette ancre 1 n'est pas indispensable à la compréhension de la présente invention et ne sera donc pas détaillé. Il suffit de décrire que cette ancre 1 ne comporte pas de pivot, mais des bras flexibles 10, 11 formant un mécanisme flexible pour permettre à l'ancre d'osciller sans frottement autour de l'axe de rotation 13. Des palettes 7 intégrées collaborent avec une ou des roues d'échappement afin d'entretenir les oscillations d'un ensemble balancier-spiral. L'ancre est avantageusement réalisée à base de silicium. De manière conventionnelle, ses parois peuvent être oxydées de manière à la rendre plus résistante.

[0034] Le composant 1 comporte deux niveaux. Le premier niveau constitue l'ancre proprement dite ainsi que les bras 10 qui lui permettent de pivoter. Les bras 11 permettent de contrôler la raideur angulaire de l'ancre. Le deuxième niveau comporte uniquement un pion de blocage anti-renversement 8 destiné à collaborer avec un autre composant du mouvement pour éviter le renversement de l'ancre en cas de choc.

[0035] L'ancre 1 est constituée dans cet exemple de deux pièces 3, 5 juxtaposées et fixées l'une à l'autre. La pièce 5 est la plus grande et comporte les palettes, la fourchette et les lames flexibles. La pièce 3 est plus petite et sa fonction principale est de porter le pion de blocage anti-renversement 8, sur le deuxième niveau. La pièce 3 peut être fabriquée en une seule pièce; dans un mode de réalisation, elle est fabriquée par assemblage de deux pièces superposées et soudées ou collées l'une à l'autre, ou par gravure à partir d'une pièce plus épaisse comportant plusieurs niveaux. La pièce 3 peut par exemple être fabriquée par bonding de deux wafers découpés séparément. Comme sa surface est réduite, la fabrication d'une pièce à deux niveaux est moins coûteuse et utilise relativement plus efficacement la surface des wafers constituant chaque niveau.

[0036] La pièce 3 est maintenue appuyée contre une portion 52 de la pièce grâce à la lame élastique 50 intégrée à la pièce 5 et qui la repousse. Dans cet exemple, une extrémité de la lame élastique 50 est flottante tandis que l'autre extrémité est liée au reste de la pièce 5, délimitant un espace 51 entre la lame 50 et le reste de la pièce. La forme de la lame élastique est allongée.

[0037] Il est aussi possible de prévoir plusieurs lames élastiques 50, 53 qui tirent et/ou repoussent la pièce 3 en position. Une lame élastique pourrait être intégrée à la plus petite des pièces.

[0038] Dans un mode de réalisation non illustré, il est aussi envisageable de fixer deux pièces emboîtées l'une contre l'autre à la manière de pièces d'un puzzle, sans lame élastique.

[0039] L'assemblage des deux pièces 3, 5 l'une contre l'autre est rendu permanent en les fixant par oxydation thermique, typiquement par soudage, de manière à créer une couche d'oxyde de silicium amorphe sur la surface des deux pièces. Ces deux couches peuvent fusionner entre elles. L'oxydation thermique peut être obtenue en plaçant les deux pièces dans un four et/ou dans une atmosphère enrichie en oxygène. L'épaisseur de la couche d'oxyde sur chacune des pièces est supérieure à l'épaisseur de l'oxyde natif; elle peut être déterminée de manière à satisfaire également d'autres exigences, par exemple afin de compenser la variation du module d'Young en fonction de la température, et/ou de rendre les pièces 3, 5 plus solides. Dans un mode de réalisation, cette épaisseur est comprise entre 0,5 et 2 microns.

[0040] La figure 3 illustre un autre procédé d'assemblage de deux pièces 3, 5. Dans cet exemple, la pièce 3 est maintenue en position entre deux lames élastiques 51, 53 qui serrent la portion 6 de la pièce 3 de chaque côté. La pièce 3 est ainsi clipsée entre les lames 50, 53, en déformant ces deux lames qui s'écartent en direction des ouvertures 51, 54. On pourrait aussi avoir un clipsage avec une seule lame flexible. Les lames 50, 53 sont ici liées à leurs deux extrémités au reste de la pièce 5; il serait aussi possible d'utiliser des lames dont une extrémité est flottante. La liaison est rendue permanente par oxydation thermique des deux pièces, après l'assemblage.

Revendications

1. Procédé d'assemblage de deux pièces d'un composant de mouvement (1) horloger, chaque pièce comportant une face inférieure, une face supérieure et au moins une tranche latérale, le procédé comportant les étapes suivantes :
mise en contact des deux pièces (3, 5), une portion de la tranche de la première pièce (3) de ces deux pièces étant appuyée contre une portion de la tranche de la deuxième pièce (5);
positionnement des deux pièces (3, 5) l'une contre l'autre avant leur fixation, dans lequel les deux pièces (3, 5) sont appuyées l'une contre l'autre par au moins une portion (50, 53) élastiquement déformable de la deuxième pièce (5), ou
les deux pièces (3, 5) sont emboîtées l'une contre l'autre à la manière de pièces d'un puzzle, et
fixation des deux pièces (3, 5) par oxydation thermique.
2. Procédé selon la revendication 1, au moins une des pièces étant à base de silicium.

CH 713 329 B1

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la fixation consiste en un serrage des deux pièces (3, 5) entre lesquelles un jeu a été rempli par des couches d'oxyde.
4. Procédé selon la revendication précédente, l'oxydation thermique étant obtenue en plaçant les deux pièces dans une enceinte chauffée et/ou enrichie en oxygène, les deux pièces (3, 5) étant maintenues dans cette enceinte pendant une durée déterminée.
5. Procédé selon la revendication précédente, ladite durée étant déterminée de manière à ce que la couche d'oxyde produite compense la variation du module de Young du silicium en fonction de la température.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, la deuxième pièce (5) comportant une portion d'appui rigide (52), la première pièce étant appuyée contre ladite portion d'appui rigide (52) par ladite au moins une portion élastiquement déformable (50, 53) de la deuxième pièce (5).
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, ladite au moins une portion élastiquement déformable de la deuxième pièce (5) est sous la forme de deux portions élastiquement déformables (50, 53) agencées pour tirer et/ou repousser la première pièce (3) en position.
8. Procédé selon l'une des revendications précédente, l'étape de mise en contact des deux pièces (3, 5) se faisant par clipsage à l'aide de ladite au moins portion élastiquement déformable (50, 53).
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant une étape de fabrication d'au moins une des pièces par superposition d'au moins deux sous-pièces ou par gravage d'une pièce, de manière à créer une pièce à plusieurs niveaux.
10. Composant de mouvement horloger (1) comportant:
 - une première pièce (3);
 - une deuxième pièce (5) ;
 - chaque dite pièce comportant une face inférieure, une face supérieure et au moins une tranche latérale;
 - une portion de la tranche de la première pièce (3) étant agencée contre une portion de la tranche de la deuxième pièce (5) dans lequel
 - les première et deuxième pièces (3, 5) sont appuyées l'une contre l'autre par au moins une portion élastiquement déformable (50, 53) de la deuxième pièce (5), ou
 - les première et deuxième pièces (3, 5) sont emboîtées l'une contre l'autre à la manière de pièces d'un puzzle
 - les première et deuxième pièces étant fixées ensemble par oxydation thermique.
11. Composant selon la revendication 10 au moins une des pièces étant à base de silicium.
12. Composant selon l'une des revendications 10 ou 11, ladite au moins une portion élastiquement déformable de la deuxième pièce (5) étant sous la forme deux portions élastiquement déformables (50, 53) qui sont agencées pour tirer et/ou repousser la première pièce (3) en position.
13. Composant selon la revendication précédente, la première pièce (3) étant clipsée entre lesdites deux portions élastiquement déformables (50, 53) de la deuxième pièce.
14. Composant selon l'une des revendications 10 à 13, une des dites première et deuxième pièces (3, 5) étant plus épaisse que l'autre.
15. Composant selon l'une des revendications 10 à 14, une des dites première et deuxième pièces (3, 5) comportant deux niveaux.
16. Composant selon l'une des revendications 10 à 15, recouvert par une couche d'oxyde de silicium d'au moins 0,5 micromètres et déterminée de manière à compenser la variation du module de Young de la pièce à base de silicium en fonction de la température.
17. Ancre d'échappement horloger (1) comportant le composant selon l'une des revendications 10 à 16.

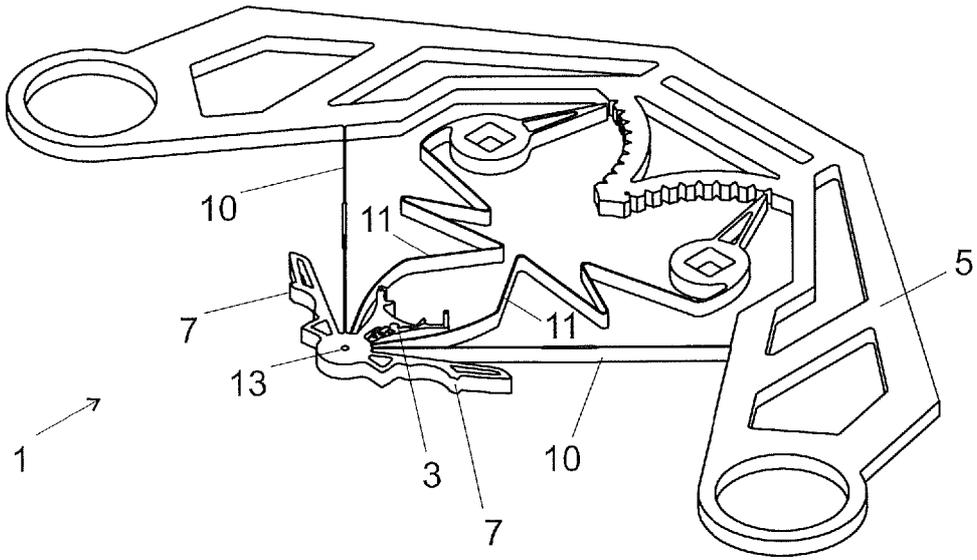


Fig.1

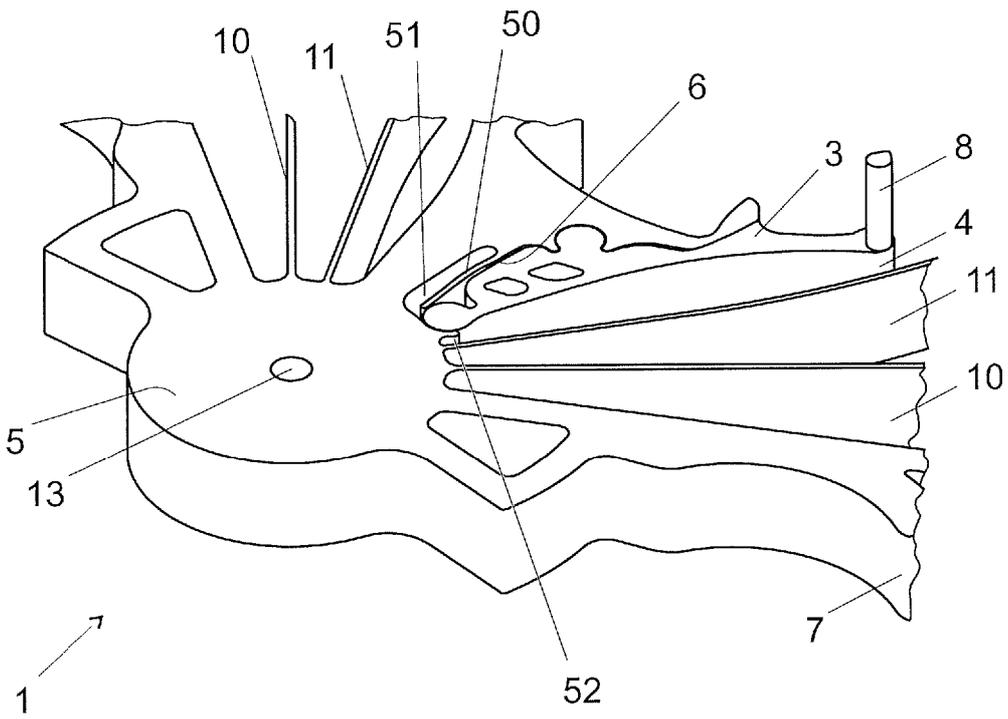


Fig.2

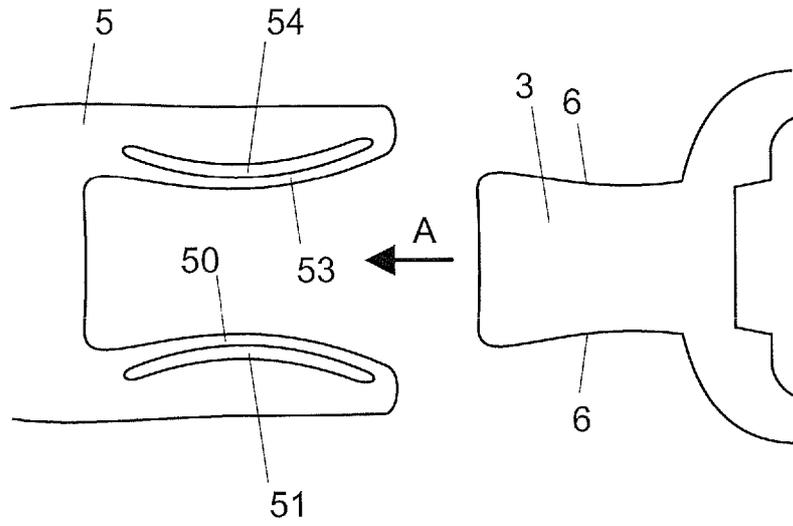


Fig.3

