



(11) **EP 3 822 709 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
19.05.2021 Bulletin 2021/20

(21) Numéro de dépôt: **19208589.2**

(22) Date de dépôt: **12.11.2019**

(51) Int Cl.:
G04B 5/16 (2006.01) **G04B 17/06** (2006.01)
G04D 3/00 (2006.01) **B81C 99/00** (2010.01)
C25D 1/00 (2006.01) **C25D 5/02** (2006.01)
C25D 7/00 (2006.01)

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Patek Philippe SA Genève**
1204 Genève (CH)

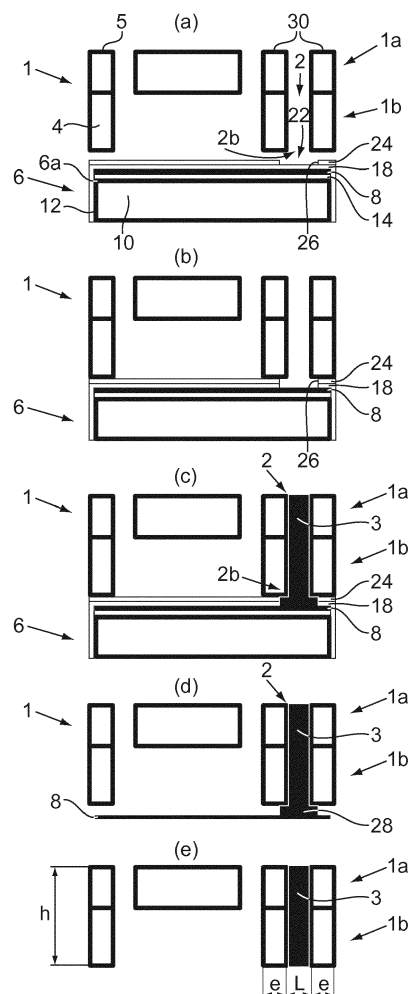
(72) Inventeurs:
• **Jeanneret, Sylvain**
2013 Colombier (CH)
• **Fournier, Rémy**
2000 Neuchâtel (CH)
• **Hide, JAMES**
1228 Plan Les Ouates (CH)

(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
Rue de Genève 122
Case Postale 61
1226 Genève-Thônex (CH)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION D'UN COMPOSANT HORLOGER**

(57) La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un composant horloger comprenant une structure (1) et un élément (3) formé dans ou à la périphérie de la structure dans un matériau différent de celui de la structure. Ledit procédé comprend la réalisation d'une structure (1) comprenant une cavité (2) destinée à recevoir ledit élément (3), la réalisation d'un support (6) comprenant au moins une couche métallique conductrice (8), l'assemblage temporaire de la structure (1) et du support (6), la formation dudit élément (3) dans ladite cavité (2) par croissance galvanique à partir de la couche métallique conductrice (8) du support (6), et la séparation de la structure (1) de son support (6). L'étape de réalisation du support (6) comprend, avant l'étape d'assemblage, la formation, sur la face (6a) du support (6) destinée à être assemblée à la structure (1), d'une zone contrôlée (22) agencée pour, lors de l'assemblage, venir en regard de la cavité (2) de la structure (1) et pour permettre à la couche métallique conductrice (8) de pouvoir apparaître de manière à former, avec ladite cavité (2), un moule destiné à former ledit élément (3). En outre, lorsque la structure (1) comprend plusieurs niveaux (1a, 1b), l'étape d'assemblage de la structure (1) sur son support (6) comprend une étape de positionnement de ladite structure (1) de sorte qu'elle est assemblée temporairement au support (6) par son niveau (1b) qui occupe, en section transversale, la plus petite surface.

Fig.3



Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un composant horloger, et plus particulièrement un procédé de fabrication d'un composant horloger par une technique de micro-fabrication.

[0002] Certains composants horlogers, tels que des spiraux et des roues, sont aujourd'hui fabriqués en silicium. Le silicium est apprécié pour sa légèreté, son élasticité, son caractère amagnétique et pour son aptitude à être usiné par des techniques de micro-fabrication, en particulier par la technique de gravure ionique réactive profonde DRIE.

[0003] Le silicium présente néanmoins des inconvénients : il est fragile, en d'autres termes, il ne présente pas de domaine plastique, ce qui rend difficile par exemple la fixation d'une roue en silicium sur un axe. De plus, sa grande légèreté ne permet pas de réaliser des composants complètement en silicium, et dans de petites dimensions, tels qu'un balancier ou une masse oscillante, qui doivent avoir une inertie ou un balourd suffisants.

[0004] D'autres matériaux que le silicium, eux aussi usinables par des techniques de micro-fabrication, et dont l'utilisation pour fabriquer des composants horlogers peut être envisagée, présentent les mêmes inconvénients. Ces matériaux sont notamment le diamant, le quartz, le verre et le carbure de silicium.

[0005] Des procédés ont été développés pour permettre la micro-fabrication de composants horlogers pour des applications qui jusque-là n'étaient pas envisageables du fait des inconvénients précités des matériaux utilisés. Selon ces procédés, il est notamment prévu d'ajouter des parties métalliques à une pièce en silicium, par brasage, par insertion mécanique ou par création in-situ par voie galvanique.

[0006] Un tel procédé développé par la demanderesse est par exemple décrit dans la demande WO 2008/135817. Ce procédé propose de fabriquer un composant horloger comprenant une structure réalisée par une technique de micro-fabrication et au moins un élément formé dans ou à la périphérie de la structure dans un matériau différent de celui de la structure, ledit procédé comprenant la réalisation d'une structure comprenant une cavité qui traverse entièrement ladite structure, l'assemblage de cette structure sur un support possédant une couche conductrice au moyen d'une couche de résine photosensible déposée à la surface du support et servant de colle temporaire, et l'exposition de l'ensemble afin d'éliminer la résine photosensible apparaissant au fond de la cavité de manière à faire apparaître la couche conductrice à partir de laquelle le remplissage de la cavité par déposition galvanique d'un métal est réalisé. La structure en silicium, avec son élément métallique, est ensuite séparée de son support.

[0007] Ce procédé très avantageux permet de former l'élément métallique dans ou à la périphérie de la structure, en utilisant la structure comme moule pour la croissance galvanique, et non de le rapporter. Tout le com-

posant horloger peut donc être fabriqué par des techniques de micro-fabrication, c'est-à-dire des techniques permettant une précision de l'ordre du micron. L'élément métallique formé ne nuit donc pas à la précision de fabrication du composant.

[0008] Toutefois, certains défauts de croissance galvanique liés à un mauvais développement de la résine photosensible peuvent apparaître, par exemple lorsque la configuration de la cavité est telle que la résine photosensible apparaissant au fond de la cavité ne peut pas être exposée correctement et de manière homogène sur toute la zone du support en regard de la cavité. Un autre problème peut survenir lorsque la configuration de la cavité est telle que la zone de résine photosensible exposée est beaucoup plus grande que la zone en regard de la cavité de sorte qu'il se produit sous la structure une croissance parasite sur une surface importante de la structure, délicate à éliminer, en particulier lorsque la structure est en matériau fragile tel que le silicium, et plus encore lorsque la structure présente une architecture complexe avec différents niveaux.

[0009] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients en proposant un nouveau procédé permettant d'éviter tout défaut de croissance galvanique.

[0010] A cet effet, la présente invention concerne un procédé de fabrication d'un composant horloger comprenant une structure et au moins un élément formé dans ou à la périphérie de la structure dans un matériau différent de celui de la structure, ledit procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- réalisation de la structure, ladite structure comprenant au moins une cavité destinée à recevoir ledit élément,
- réalisation d'un support comprenant au moins une couche métallique conductrice,
- assemblage de la structure et du support de manière temporaire,
- formation dudit élément par dépôt dudit matériau dans ladite cavité par croissance galvanique à partir de la couche métallique conductrice du support,
- séparation de la structure de son support, et
- mise à niveau de l'élément par rapport à la structure.

[0011] Selon l'invention, l'étape de réalisation du support comprend, avant l'étape d'assemblage, la formation, sur la face du support destinée à être assemblée à la structure, d'au moins une zone contrôlée agencée pour, lors de l'assemblage, venir en regard d'au moins la cavité de la structure et pour permettre à la couche métallique conductrice de pouvoir apparaître de manière à former, avec ladite cavité, un moule destiné à former ledit élément.

[0012] La formation de zones contrôlées, aux contours délimités précisément sur le support, avant son assemblage avec la structure, permet à la couche métallique conductrice d'apparaître ultérieurement, après assemblage, sur une zone définie avec précision et homogène

afin de mieux contrôler la croissance galvanique et d'éviter toute croissance galvanique parasite.

[0013] Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, dans lequel la structure est étagée sur au moins un premier et un deuxième niveaux différents, la surface occupée par une section transversale de la structure au deuxième niveau étant inférieure à la surface occupée par une section transversale de la structure au premier niveau, et l'élément se trouvant au moins au deuxième niveau, la cavité destinée à recevoir l'élément est agencée, lors de l'étape de réalisation de la structure, pour présenter une extrémité ouverte débouchant du deuxième niveau vers l'extérieur, et l'étape d'assemblage du support et de la structure comprend une étape de positionnement de la structure de sorte que ladite structure est assemblée au support par son deuxième niveau, l'extrémité ouverte de la cavité étant positionnée au regard de la zone contrôlée du support.

[0014] Un tel positionnement de la structure sur le support permet de limiter la surface de contact entre le support et la structure, ce qui permet de réduire les zones de la structure où pourrait se produire une croissance galvanique parasite.

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante de plusieurs modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre schématiquement un procédé de fabrication selon l'invention d'un composant horloger à partir d'une structure présentant un seul niveau;
- la figure 2 montre schématiquement l'étape de réalisation d'un support selon un procédé de fabrication de l'invention ;
- la figure 3 montre schématiquement un procédé de fabrication selon l'invention d'un composant horloger à partir d'une structure présentant deux niveaux,
- la figure 4 est une vue en perspective d'un balancier fabriqué selon un procédé de l'invention tel qu'illustré par la figure 3 ; et
- la figure 5 est une vue en perspective d'une masse oscillante fabriquée selon un procédé de l'invention tel qu'illustré par la figure 3.

[0016] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un composant horloger comprenant une structure principale et au moins un élément formé dans ou à la périphérie de ladite structure dans un matériau différent de celui de la structure.

[0017] En référence à la figure 1, le procédé de l'invention comprend les étapes suivantes :

La première étape, comme représenté par la figure 1a, consiste à réaliser une structure 1 comprenant au moins une cavité traversante 2 destinée à recevoir ledit élément 3 (cf. Figure 1g). La structure 1 est de préférence préa-

lablement configurée de façon à réaliser le composant horloger de la forme finale désirée.

[0018] La structure 1 est réalisée dans un matériau choisi parmi le groupe comprenant le silicium, le silicium oxydé, le diamant, le quartz, le verre ou le carbure de silicium. De préférence, la structure 1 est en silicium ou en silicium oxydé, c'est-à-dire qu'elle est réalisée à partir d'un substrat en silicium 4, tel qu'un wafer de silicium, recouvert d'une couche d'oxyde de silicium 5.

[0019] La structure 1 est réalisée de préférence par des techniques de micro-fabrication ou micro-formage. D'une manière particulièrement avantageuse, l'étape de réalisation de la structure 1 est effectuée par la technique de gravure ionique réactive profonde DRIE (Deep Reactive Ion Etching).

[0020] Dans l'exemple de la figure 1, la structure 1 est représentée comme n'ayant qu'un seul et même niveau, c'est-à-dire qu'elle est de hauteur constante. Dans ce cas, une seule étape de DRIE est nécessaire. La réalisation d'une telle structure est bien connue de l'homme du métier de sorte qu'une description plus détaillée de son procédé de fabrication n'est ici pas nécessaire.

[0021] La structure 1 peut comprendre une ou plusieurs cavités traversantes 2 destinées à recevoir un élément 3. Cette cavité traversante 2 présente des parois latérales 2a qui peuvent être définies en partie au moins par la structure 1 ou entièrement définies par la structure 1, comme représenté sur la figure 1 par exemple.

[0022] La deuxième étape du procédé de l'invention consiste à réaliser un support 6 comprenant au moins une couche métallique conductrice 8, comme représenté sur la figure 1b.

[0023] Cette deuxième étape de réalisation du support 6 est représentée plus précisément sur la figure 2. Le support 6 est réalisé par exemple en silicium, en silicium oxydé ou en pyrex. De préférence, le support 6 est réalisé à partir d'un substrat en silicium 10, tel qu'un wafer de silicium, recouvert d'une couche d'oxyde de silicium 12, tel que représenté sur la figure 2a.

[0024] Le support 6 est ensuite préparé par dépôt, sur la face fonctionnelle 6a du substrat en silicium oxydé 10, 12 destinée à être assemblée à la structure 1, d'une première couche de résine photosensible 14 comme représenté sur la figure 2b. Une telle couche de résine photosensible 14 est utilisée comme couche de passivation.

[0025] Puis, comme représenté sur la figure 2c, la couche métallique conductrice 8 est déposée au-dessus de la première couche de résine photosensible 14, du côté de la face fonctionnelle 6a. Cette couche métallique conductrice 8 est réalisée dans un métal utilisé pour la croissance galvanique de l'élément 3 dans la cavité 2. Cette couche métallique conductrice 8 est par exemple une couche d'or. La couche métallique conductrice 8 peut être positionnée entre d'autres couches métalliques, formant un ensemble métallique multicouches. Par exemple, il est possible de prévoir, entre la première couche de résine photosensible 14 et la couche métallique conductrice 8, une très fine couche métallique d'accroché

(non représentée), réalisée par exemple en titane. Après le dépôt de la couche métallique conductrice 8, il est possible de prévoir une étape de dépôt d'une couche métallique sacrificielle 16 sur la couche métallique conductrice 8. Cette couche métallique sacrificielle 16 est une très fine couche métallique réalisée par exemple en titane ou en alliage de cuivre et de titane, permettant de protéger la couche métallique conductrice 8 de toute oxydation avant l'étape de la croissance galvanique. Les différentes couches métalliques peuvent être déposées par exemple par PVD. La couche métallique sacrificielle 16 peut être déposée par exemple par un procédé Flash.

[0026] Puis, comme représenté sur la figure 2d, l'étape de réalisation du support 6 comprend avantageusement une étape de dépôt d'une couche de parylène 18 au moins au-dessus de la couche métallique conductrice 8, du côté de la face fonctionnelle 6a du support 6, et plus spécifiquement sur la couche sacrificielle 16 lorsqu'elle est présente. La couche de parylène 18 est déposée, selon un procédé connu de l'homme du métier, à de basses températures, par exemple tout autour du support 6. L'épaisseur de la couche de parylène 18 est de préférence comprise entre 0.5 μm et 8 μm .

[0027] La couche de parylène qui a été déposée sur la face inopérante 6b du support 6, opposée à la face fonctionnelle 6a qui comprend la couche de résine photosensible 14 et la couche métallique conductrice 8 déjà déposées, peut être éliminée par gravure ionique réactive RIE (Reactive Ion Etching).

[0028] La couche de parylène 18 permet de garantir que les cavités traversantes 20 de la structure 1 non destinées à recevoir un élément 3 restent isolées de la couche métallique conductrice 8 afin de ne pas être sujettes à une croissance galvanique parasite, notamment au travers de défauts que pourrait présenter la première couche de résine photosensible 14 au niveau de ces cavités traversantes 20.

[0029] Puis, conformément à l'invention, l'étape de réalisation du support 6 comprend la formation, sur la face fonctionnelle 6a du support 6 destinée à être assemblée à la structure 1, d'au moins une zone contrôlée 22 agencée pour, lors de l'assemblage de la structure 1 sur le support 6, venir en regard d'au moins la cavité 2 de la structure 1 destinée à recevoir l'élément 3 et pour permettre à la couche métallique conductrice 8 de pouvoir apparaître de manière à former, avec les parois latérales 2a de ladite cavité 2, un moule destiné à former ledit élément 3, la couche métallique conductrice 8 exposée constituant un fond conducteur du moule.

[0030] La zone 22 est positionnée sur le support 6 de manière à correspondre au positionnement et est dimensionnée de manière à présenter des dimensions au moins égales aux dimensions, en section transversale, de l'extrémité de la cavité 2 dans la structure 1.

[0031] Cette étape, réalisée avant l'étape d'assemblage de la structure 1 sur le support 6, permet de définir avec une grande précision la zone 22 du support 6 en regard de la cavité 2, zone 22 uniquement à partir de

laquelle le remplissage de la cavité 2 par déposition galvanique d'un métal pour former l'élément 3 sera réalisé.

[0032] A cet effet, et d'une manière particulièrement préférée, l'étape de réalisation du support 6 comprend une étape de dépôt d'une deuxième couche de résine photosensible 24 au moins sur la face fonctionnelle 6a du support 6 destinée à être assemblée à la structure 1, ainsi qu'une étape de formation, au moins dans ladite deuxième couche de résine photosensible 24, d'une ouverture 26 correspondant à la zone contrôlée 22. Cette ouverture 26, contrôlée dans son positionnement et dans ses dimensions, est avantageusement formée par un procédé photolithographique en utilisant un masque disposé sur le support 6, préparé spécifiquement au préalable, et comprenant une fenêtre correspondant à l'emplacement de la cavité 2 sur la structure 1 et présentant des dimensions au moins égales aux dimensions, en section transversale, de l'extrémité ouverte de la cavité 2. L'ouverture 26 n'est toutefois pas trop grande afin de ne pas former une excroissance d'élément métallique trop importante, comme on le verra ci-après. Les parties de la résine photosensible 24 exposées au travers du masque sont éliminées, laissant apparaître, dans l'ouverture 26, le parylène 18, comme le montre la figure 2e.

[0033] Selon le procédé de l'invention, l'exposition de la deuxième couche de résine photosensible 24 avant l'assemblage de la structure 1 sur son support 6 permet un meilleur contrôle de la zone illuminée au travers du masque spécifique déposé sur le support 6 et de former la zone contrôlée 22 délimitée pour la croissance galvanique ultérieure, en évitant toute exposition parasite, non contrôlée, de la deuxième couche de résine photosensible 24 qui entraînerait une croissance galvanique parasite. La configuration de la cavité 2 de la structure 1, utilisée comme masque sur le support dans les procédés connus, est désormais sans influence sur l'exposition de la deuxième couche de résine photosensible 24 qui peut être parfaitement et plus facilement limitée à la zone contrôlée 22.

[0034] Puis, en référence de nouveau à la figure 1, le procédé de l'invention se poursuit par une étape d'assemblage temporaire de la structure 1 et du support 6, préparés tels que décrit ci-dessus, et comme représenté sur la figure 1c.

[0035] La structure 1 est positionnée au-dessus du support 6 de sorte que l'extrémité ouverte de la cavité 2 vienne en regard de la zone contrôlée 22 correspondante prévue sur le support 6.

[0036] L'assemblage de la structure 1 et du support 6 est de préférence réalisé par collage au moyen de la deuxième couche de résine photosensible 24 non exposée, restant à la surface du support 6, et qui sert de colle.

[0037] D'autres moyens de formation de la zone contrôlée 22 et d'assemblage temporaire de la structure 1 avec son support 6 peuvent être utilisés, l'essentiel étant de laisser dégagée une zone contrôlée 22 du support 6 donnant accès à une zone contrôlée de la couche métallique conductrice 8 qui viendra en regard de la cavité

correspondante 2, point de départ contrôlé de la croissance galvanique ultérieure.

[0038] Lorsqu'une couche de parylène 18 a été déposée sur le support 6 comme décrit ci-dessus, l'étape d'assemblage du procédé de l'invention comprend ensuite une étape d'élimination du parylène 18 dans la zone contrôlée 22, et plus spécifiquement au niveau de la zone correspondant à l'ouverture 26 dans la deuxième couche de résine photosensible 24, comme le montre la figure 1d. Le parylène 18 peut être éliminé par exemple par gravure ionique réactive RIE (Reactive Ion Etching). Cela permet de faire apparaître dans l'ouverture 26 la couche métallique conductrice 8 ou la couche métallique sacrificielle 16 lorsqu'elle est présente (non représentée sur la figure 1).

[0039] L'élimination du parylène uniquement au niveau de l'ouverture 26 permet d'améliorer le contrôle de la sélectivité et d'éviter des croissances parasites de la zone 22 pour la croissance galvanique ultérieure.

[0040] Dans le cas où la couche métallique sacrificielle 16 est présente, l'étape d'assemblage du procédé de l'invention comprend ensuite une étape d'élimination du métal sacrificiel 16 dans la zone contrôlée 22, et plus spécifiquement au niveau de la zone correspondant à l'ouverture 26. Le métal sacrificiel peut être éliminé par exemple par trempage dans un bain acide. Cela permet de faire apparaître dans l'ouverture 26 la couche métallique conductrice 8 qui va former le fond conducteur du moule, point de départ de la croissance galvanique pour la formation de l'élément 3.

[0041] Comme le montre la figure 1e, l'étape suivante du procédé de l'invention consiste à former l'élément 3 par dépôt, dans la cavité 2, du matériau constituant ledit élément 3, différent de celui de la structure 1. Le dépôt du matériau dans la cavité 2 est réalisé par croissance galvanique à partir de la zone rendue accessible de la couche conductrice métallique 8 au niveau de l'ouverture 26 définissant la zone contrôlée 22 du support 6, en utilisant le moule formé par ladite zone exposée de la couche conductrice métallique 8 ainsi que par les parois latérales 2a de la cavité 2 de la structure 1.

[0042] De préférence, ledit matériau formant l'élément 3 est un métal. De préférence, l'élément 3 est réalisé dans un matériau de plus grande masse volumique que le matériau de la structure 1, tel que silicium. L'élément métallique 3 est de préférence réalisé en or. Il pourrait néanmoins être fait dans un autre métal, en particulier un autre métal à masse volumique élevée, tel que Ni, NiP, ou tout autre métal électro-formable.

[0043] De préférence, l'élément métallique 3 est dans le même plan que la structure 1 et a la même hauteur, constante, que cette dernière.

[0044] Puis, comme le montre la figure 1f, l'étape suivante du procédé de l'invention consiste à séparer la structure 1 de son support 6, par exemple par dissolution de la deuxième couche de résine photosensible 24. On obtient la structure 1 avec un élément métallique 3 formé dans la cavité 2, et terminé par une excroissance métal-

lique 28 qui s'est formée dans l'espace dégagé de la zone contrôlée 22, au niveau de l'ouverture 26.

[0045] Enfin, comme le montre la figure 1g, la dernière étape du procédé de l'invention consiste à mettre à niveau l'élément 3 par rapport à la structure 1. Cette opération est réalisée par exemple par rodage pour éliminer l'excroissance métallique 28 de manière à donner à l'élément 3 la même hauteur que la structure 1.

[0046] Le procédé de l'invention permet de limiter la formation des excroissances métalliques 28 uniquement aux zones contrôlées 22, de sorte qu'elles peuvent être repérées et éliminées facilement. La structure 1 ne présente pas d'autres zones de croissance galvanique parasite.

[0047] Selon une variante du procédé de l'invention, la structure 1 peut présenter plusieurs niveaux en étant étagée sur au moins un premier et un deuxième niveaux différents l'un de l'autre.

[0048] Dans l'exemple de la figure 3, la structure 1 est représentée comme ayant deux niveaux différents 1a, 1b. Dans ce cas, deux étapes de DRIE sont pratiquées pour réaliser les différents niveaux.

[0049] Dans la présente description, le deuxième niveau 1b est défini de telle sorte que la surface occupée par une section transversale de la structure 1 au deuxième niveau 1b est inférieure à la surface occupée par une section transversale de la structure 1 au premier niveau 1a. L'élément 3 se trouve au moins au deuxième niveau 1b, et de préférence s'étend sur les deux niveaux 1a et 1b.

[0050] La réalisation d'une telle structure est bien connue de l'homme du métier de sorte qu'une description plus détaillée de son procédé de fabrication n'est ici pas nécessaire. Comme décrit ci-dessus, la structure 1 comprend de préférence un substrat de silicium 4 recouvert d'une couche d'oxyde de silicium 5. Il est cependant précisé que lors de l'étape de réalisation de la structure 1, la cavité 2 destinée à recevoir l'élément 3 est agencée pour présenter une extrémité 2b ouverte débouchant du deuxième niveau 1b vers l'extérieur.

[0051] Dans cette variante, le support 6 est réalisé de la même manière que décrit ci-dessus, en référence à la figure 2 notamment. Il comprend notamment le substrat de silicium 10 recouvert d'une couche d'oxyde de silicium 12, et sur sa face fonctionnelle 6a, la première couche de résine photosensible 14, éventuellement une très fine couche métallique d'accroché, la couche métallique conductrice 8, éventuellement une couche métallique sacrificielle, la couche de parylène 18 et la deuxième couche de résine photosensible 24. Comme décrit ci-dessus, le support 6 comprend dans ladite deuxième couche de résine photosensible 24, l'ouverture 26 correspondant à la zone contrôlée 22, en regard de la cavité 2 du support 1, comme représenté sur la figure 3a.

[0052] Dans cette variante, l'étape d'assemblage du support 6 et de la structure 1 comprend une étape de positionnement de la structure 1 de sorte que ladite structure 1 est assemblée au support 6 par son deuxième

niveau 1b, l'extrémité ouverte 2b de la cavité 2 étant positionnée au regard de la zone contrôlée 22 du support 6, comme le montre la figure 3a.

[0053] Ainsi, par rapport à sa position usuelle utilisée dans les procédés connus, la structure 1 est retournée de manière à positionner la face de son deuxième niveau en regard du support 6, ledit deuxième niveau représentant une surface inférieure à celle du premier niveau, afin d'avoir la plus petite surface de contact possible avec ledit support 6.

[0054] De préférence, la cavité 2 et les parois 30 de la structure 1 définissant la cavité 2 sont dimensionnées pour permettre à la structure 1, et plus particulièrement au deuxième niveau 1b de la structure 1, d'avoir une surface de contact avec le support 6 suffisante de manière à garantir une bonne adhésion entre le support 6 et la structure 1 au moment de l'assemblage. Cela permet notamment d'assurer la tenue de l'assemblage lors de la croissance galvanique.

[0055] Ainsi, comme représenté sur la figure 3e, la cavité 2 étant définie par les parois 30 de la structure 1 d'épaisseur e (en section transversale) peut présenter une hauteur h choisie de telle sorte que le rapport e/h peut être par exemple d'une part supérieur à 0.25, de préférence supérieur à 0.3, et de préférence supérieur à 0.35, et d'autre part inférieur à 0.85, de préférence inférieur à 0.75, ou de préférence inférieur à 0.55, voire inférieur à 0.4, selon l'utilisation prévue du composant horloger et la position de la paroi sur le composant.

[0056] De plus, dans le cas notamment où le composant horloger est un balancier, l'épaisseur de la paroi de la structure qui est située le plus à la périphérie doit être minimale afin de ne pas perturber le rapport masse/inertie du balancier. De ce fait, le rapport e/h peut avantageusement être compris entre 0.3 et 0.4 au niveau d'une paroi située à l'intérieur du balancier, et entre 0.25 et 0.35 au niveau d'une paroi située en périphérie.

[0057] Avantageusement, la cavité 2 présente, en section transversale, une largeur L séparant les deux parois opposées 30 de la structure 1, choisie de telle sorte que le rapport h/L est compris de préférence entre 0.1 et 0.9, et de préférence inférieur à 0.8, de préférence inférieur à 0.7, et de préférence inférieur à 0.6, voire 0.5 ou 0.4.

[0058] Après l'assemblage de la structure 1 et du support 6, les étapes du procédé selon la deuxième variante, sont identiques aux étapes décrites ci-dessus en relation avec la variante de la figure 1. Plus particulièrement, le parylène 18 est éliminé au niveau de la zone correspondant à l'ouverture 26 dans la deuxième couche de résine photosensible 24, donnant accès à la couche métallique conductrice 8, comme le montre la figure 3b. Puis, dans le cas où une couche métallique sacrificielle, ledit métal sacrificiel est éliminé au niveau de la zone correspondant à l'ouverture 26.

[0059] Ensuite, comme le montre la figure 3c, l'élément 3 est formé dans la cavité 2 par croissance galvanique à partir de la zone dégagée de la couche conductrice métallique 8, le remplissage de la cavité 2 se faisant par

son extrémité 2b du côté du deuxième niveau 1b.

[0060] Puis, comme le montre la figure 3d, l'étape suivante du procédé de l'invention consiste à séparer la structure 1 de son support 6. On obtient la structure 1 avec un élément métallique 3 formé dans la cavité 2, et terminé par une excroissance métallique 28 qui s'est formée dans l'espace dégagé de la zone contrôlée 22, au niveau de l'ouverture 26.

[0061] Enfin, comme le montre la figure 3e, la dernière étape du procédé de l'invention consiste à mettre à niveau l'élément 3 par rapport à la structure 1. La mise à niveau se fait donc du côté du deuxième niveau 1b qui occupe en section transversale la plus petite surface, sans risquer d'abimer le premier niveau 1a de la structure 1.

[0062] Grâce au procédé de l'invention, la surface du premier niveau 1a de la structure, qui représente en section transversale, la surface la plus importante, n'est pas au contact du support 6 de sorte qu'aucune croissance galvanique parasite, qui serait difficile à éliminer sur une grande surface, ne peut se produire. Seules sont à éliminer les excroissances métalliques 28 formées uniquement au niveau des zones contrôlées 22 du côté du deuxième niveau 1b, occupant en section transversale une plus petite surface, de sorte qu'elles sont réduites et peuvent être repérées et éliminées facilement, sans risquer de casser la structure 1.

[0063] Le procédé de l'invention est utilisé pour fabriquer un composant horloger, tel qu'un balancier 31, représenté sur la figure 4, l'élément 3 étant placé à la périphérie de la structure 1 et servant à augmenter le rapport inertie/masse du balancier. Ledit balancier 31 comprend une planche 32 constituant le premier niveau 1a de la structure 1 et comprenant un orifice central 34, ainsi que deux caissons fermés constitués par les parois 30 de la structure 1 prévues sur le deuxième niveau 1b et définissant les cavités 2, par exemple en forme de haricot, remplies par les éléments métalliques 3.

[0064] Le procédé de l'invention peut être également utilisé pour fabriquer un composant horloger tel qu'une masse oscillante pour remontage automatique, l'élément métallique étant placé à la périphérie de la structure et servant à augmenter le rapport balourd/masse de la masse oscillante.

[0065] La masse oscillante comprend une structure formée d'une partie centrale mince et légère correspondant au premier niveau de la structure et d'une partie périphérique plus haute correspondant au deuxième niveau. La partie périphérique de la structure comporte des cavités traversantes définies entièrement par la structure et remplies d'éléments métalliques formés selon le procédé de l'invention.

[0066] Selon une autre variante du procédé de l'invention, la cavité dans laquelle est formé l'élément métallique peut être définie partiellement par la structure et partiellement par de la résine photosensible.

[0067] La figure 5 montre par exemple une masse oscillante 36 obtenue par une telle variante du procédé de

l'invention.

[0068] La masse oscillante 36 comprend une structure 38 formée d'une partie centrale mince 38a, légère, correspondant au premier niveau de la structure 38 et d'une partie périphérique plus haute 38b correspondant au deuxième niveau de la structure 38. La partie centrale 38a comprend un trou 40 pour le montage de la masse oscillante 36. La partie périphérique 38b définit à l'extérieur une surface périphérique 41 formant partiellement la cavité dans laquelle est formé l'élément métallique 42 sous la forme d'un arc de cercle s'étendant sur toute la longueur et toute la hauteur de la paroi périphérique 38b.

[0069] A cet effet, l'étape de formation de l'élément métallique 42 consiste à déposer le matériau électro-formable de l'élément 42 dans une cavité définie d'une part par la structure 38, et plus spécifiquement par sa surface périphérique 41, et d'autre part par de la résine photosensible formée à l'extérieur de la structure 38, de sorte qu'après la séparation du support 6 et l'enlèvement de ladite résine photosensible, un élément 42 apparaisse, formé sur ladite surface périphérique 41 de la structure 38.

[0070] De manière similaire à l'élément 42, un élément métallique circulaire pourrait être formé selon cette variante du procédé de l'invention sur une surface périphérique d'une structure en silicium, de manière continue ou discontinue, pour fabriquer un balancier, par exemple.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composant horloger comprenant une structure (1 ; 38) et au moins un élément (3 ; 42) formé dans ou à la périphérie de la structure dans un matériau différent de celui de la structure, ledit procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- réalisation de la structure (1 ; 38), ladite structure comprenant au moins une cavité (2) destinée à recevoir ledit élément (3 ; 42)
- réalisation d'un support (6) comprenant au moins une couche métallique conductrice (8),
- assemblage de la structure (1 ; 38) et du support (6) de manière temporaire,
- formation dudit élément (3 ; 42) par dépôt dudit matériau dans ladite cavité (2) par croissance galvanique à partir de la couche métallique conductrice (8) du support (6),
- séparation de la structure (1 ; 38) de son support (6), et
- mise à niveau de l'élément (3 ; 42) par rapport à la structure (1 ; 38), ledit procédé étant **caractérisé en ce que** l'étape de réalisation du support comprend, avant l'étape d'assemblage, la formation, sur la face (6a) du support (6) destinée à être assemblée à la structure (1 ; 38), d'au moins une zone contrôlée (22) agencée pour,

lors de l'assemblage, venir en regard d'au moins la cavité (2) de la structure (1 ; 38) et pour permettre à la couche métallique conductrice (8) de pouvoir apparaître de manière à former, avec ladite cavité (2), un moule destiné à former ledit élément (3 ; 42).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la structure (1 ; 38) est étagée sur au moins un premier (1a) et un deuxième (1b) niveaux différents, la surface occupée par une section transversale de la structure (1 ; 38) au deuxième niveau (1b) étant inférieure à la surface occupée par une section transversale de la structure (1 ; 38) au premier niveau (1a), et l'élément (3 ; 42) se trouvant au moins au deuxième niveau (1b), **caractérisé en ce que**, lors de l'étape de réalisation de la structure (1 ; 38), la cavité (2) destinée à recevoir ledit élément (3 ; 42) est agencée pour présenter une extrémité ouverte (2b) débouchant du deuxième niveau (1b) vers l'extérieur, et **en ce que** l'étape d'assemblage du support (6) et de la structure (1 ; 38) comprend une étape de positionnement de la structure (1 ; 38) de sorte que ladite structure (1 ; 38) est assemblée au support (6) par son deuxième niveau (1b), l'extrémité ouverte (2b) de la cavité (2) étant positionnée au regard de la zone contrôlée (22) du support (6).

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de réalisation du support (6) comprend une étape de dépôt d'une couche de résine photosensible (24) au moins sur la face (6a) du support (6) destinée à être assemblée à la structure (1 ; 38), ainsi qu'une étape de formation, au moins dans ladite couche de résine photosensible (24), d'une ouverture (26) correspondant à la zone contrôlée (22).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de réalisation du support (6) comprend une étape de dépôt d'une couche de parylène (18) au moins au-dessus de la couche métallique conductrice (8), et **en ce que** l'étape d'assemblage comprend une étape d'élimination du parylène dans la zone contrôlée (22).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de réalisation du support (6) comprend une étape de dépôt d'une couche métallique sacrificielle (16) sur la couche métallique conductrice (8), et **en ce que** l'étape d'assemblage comprend une étape d'élimination du métal sacrificiel dans la zone contrôlée (22).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit matériau est un métal.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de réalisation de la structure (1 ; 38) est effectuée en utilisant la technique DRIE. 5
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la structure (1 ; 38) est réalisée dans un matériau choisi parmi le groupe comprenant le silicium, le silicium oxydé, le diamant, le quartz, le verre ou le carbure de silicium, et de préférence le silicium ou le silicium oxydé. 10
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la cavité (2) est définie entièrement par la structure (1). 15
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la cavité est définie partiellement par la structure (38) et partiellement par de la résine photosensible. 20
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'étape de formation dudit élément (42) consiste à déposer ledit matériau dans une cavité définie par la structure (38) et par de la résine photosensible formée à l'extérieur de la structure (38), de sorte qu'après enlèvement de la résine photosensible un élément (42) soit formé sur une surface périphérique (41) de la structure (38). 25
30
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la cavité (2) est définie par des parois (30) de la structure (1) d'épaisseur e et présente une hauteur h choisies de telle sorte que le rapport e/h est supérieur à 0.25. 35
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la cavité (2) est définie par des parois (30) de la structure (1) et présente une hauteur h et, en section transversale, une largeur L séparant deux parois opposées (30) de la structure (1) choisies de telle sorte que le rapport h/L est compris entre 0.1 et 0.9. 40
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le composant horloger est un balancier (31), ledit élément (3) étant placé à la périphérie de la structure (1) et servant à augmenter le rapport inertie/masse du balancier. 45
50
15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** le composant horloger est une masse oscillante (36) pour remontage automatique, ledit élément (42) étant placé à la périphérie de la structure (38) et servant à augmenter le rapport balourd/masse de la masse oscillante. 55

Fig.1

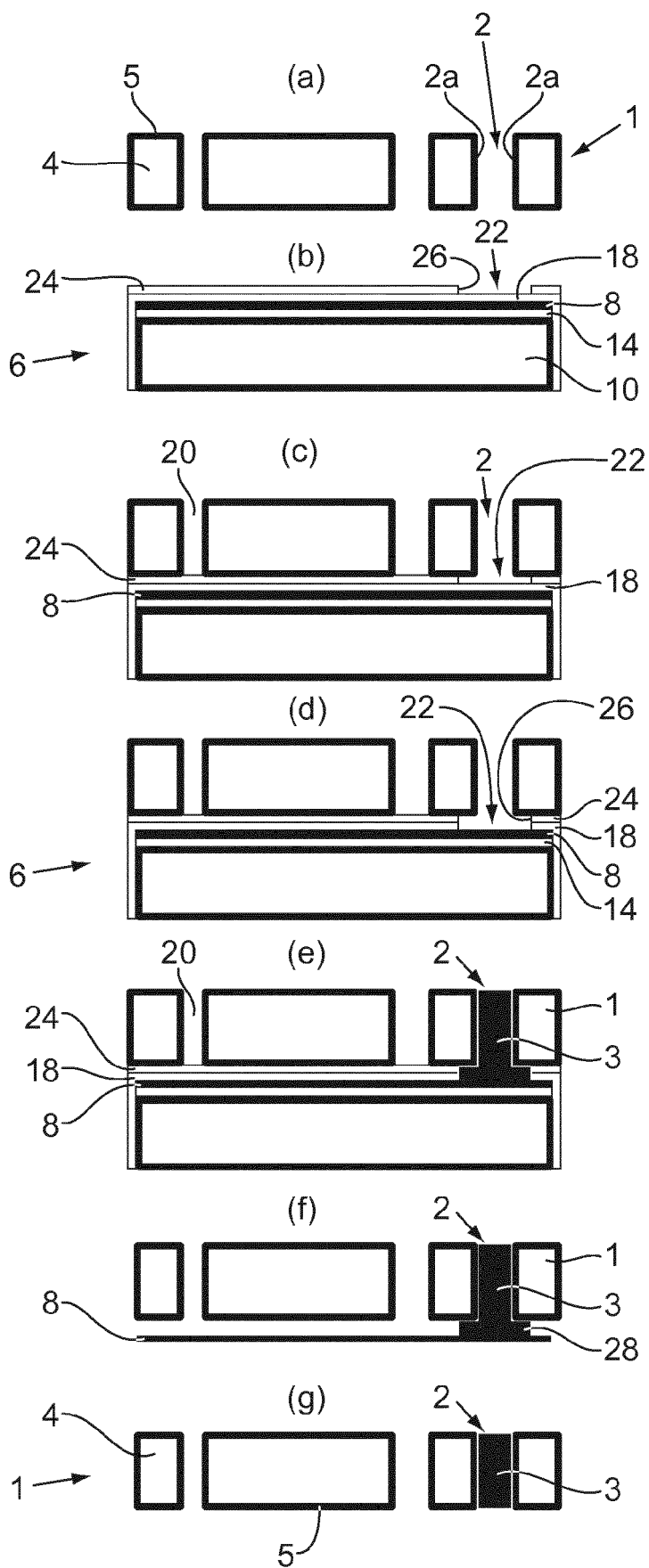


Fig.2

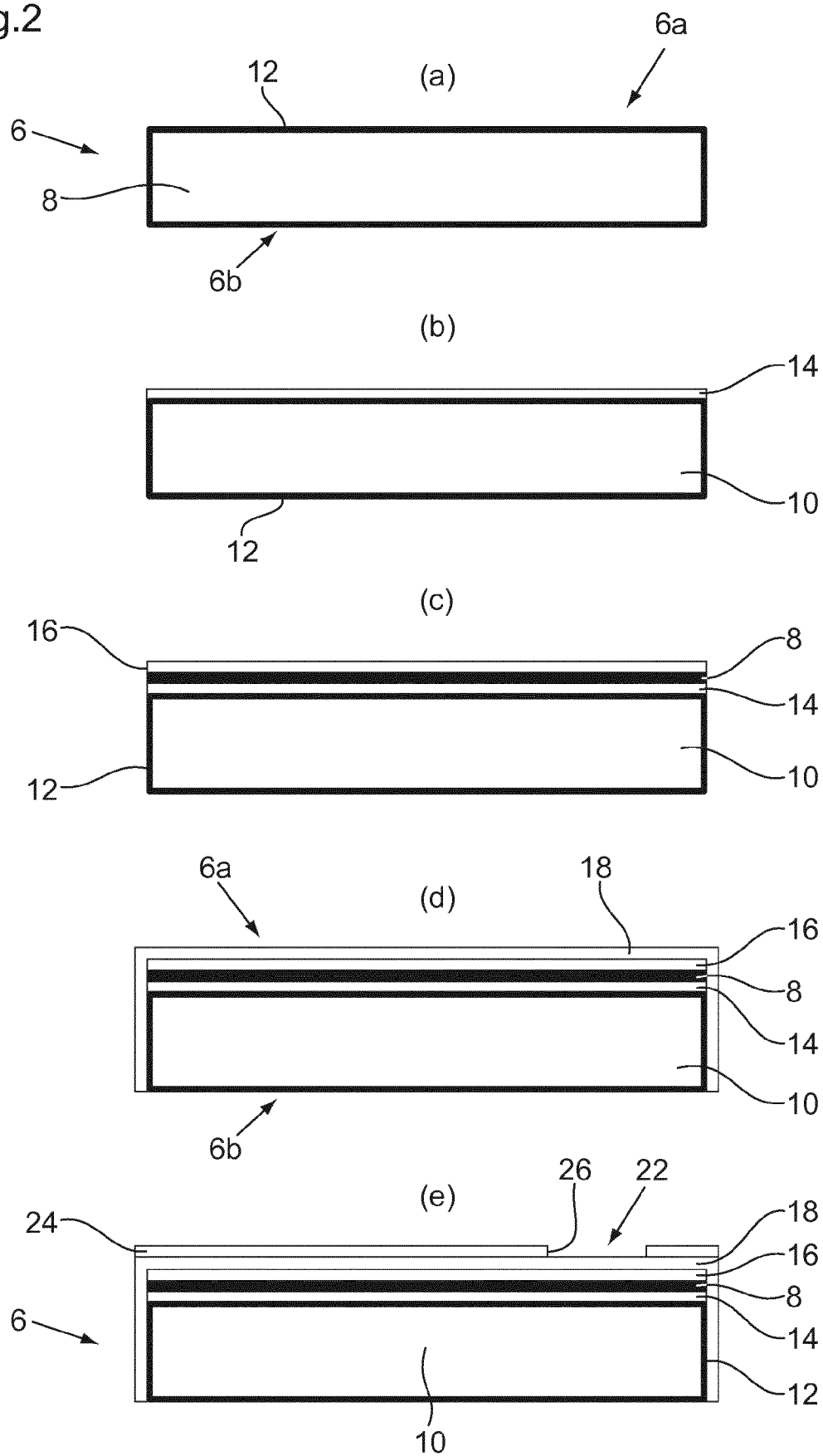


Fig.3

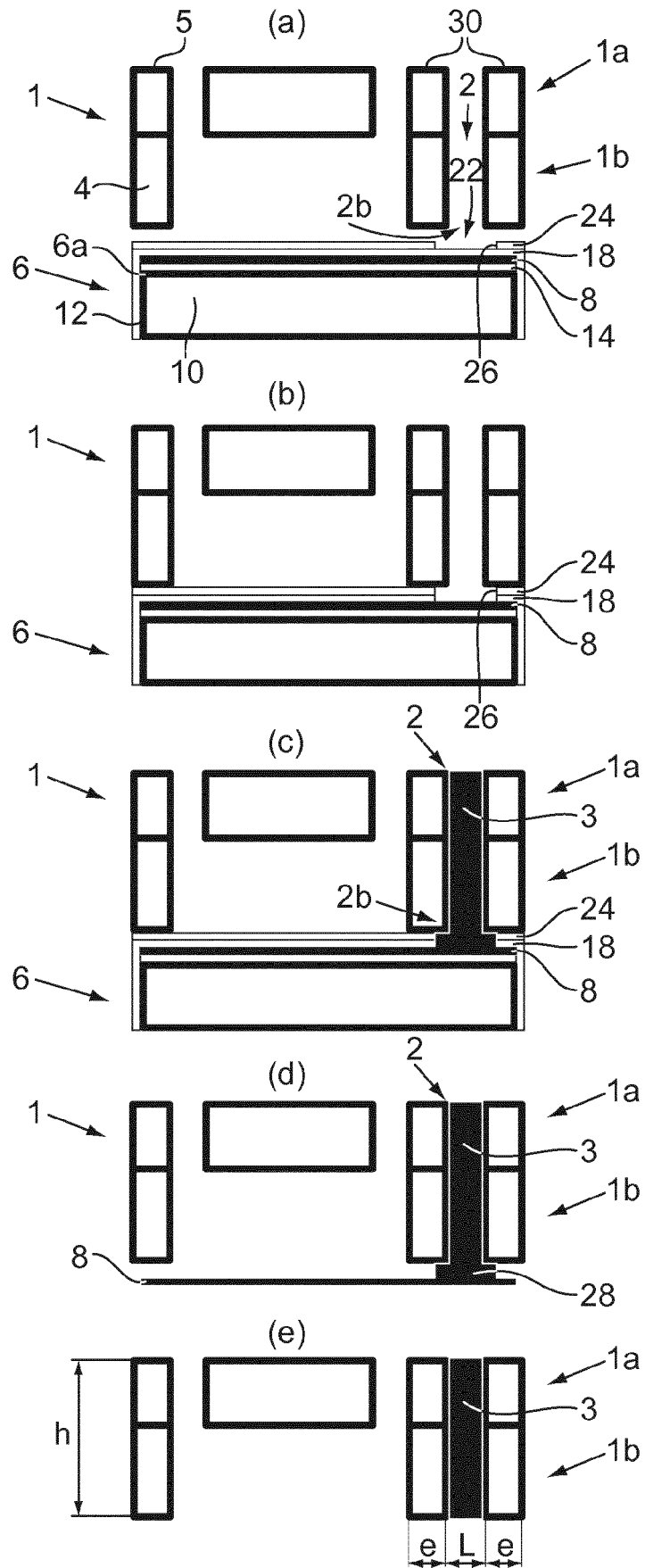


Fig.4

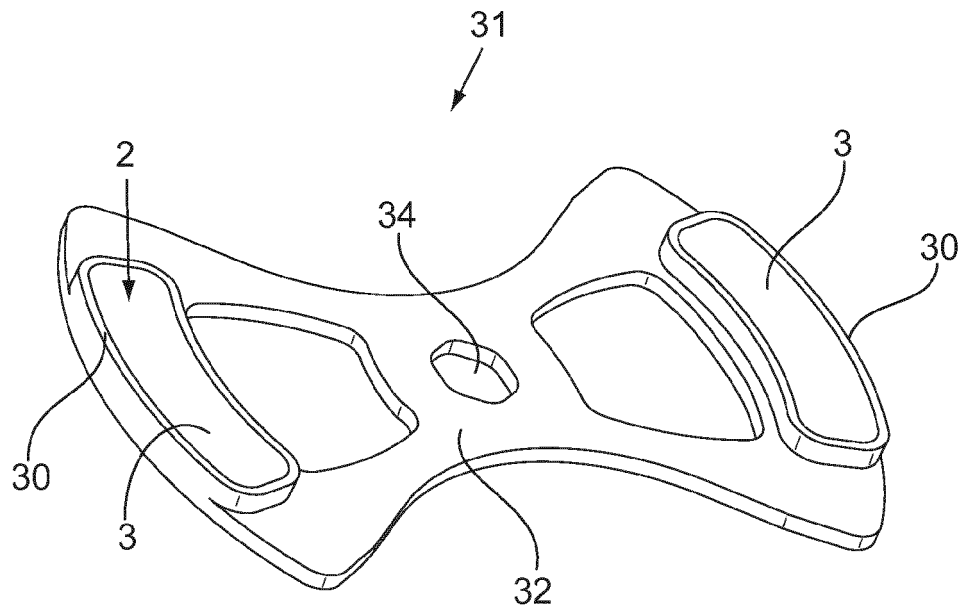
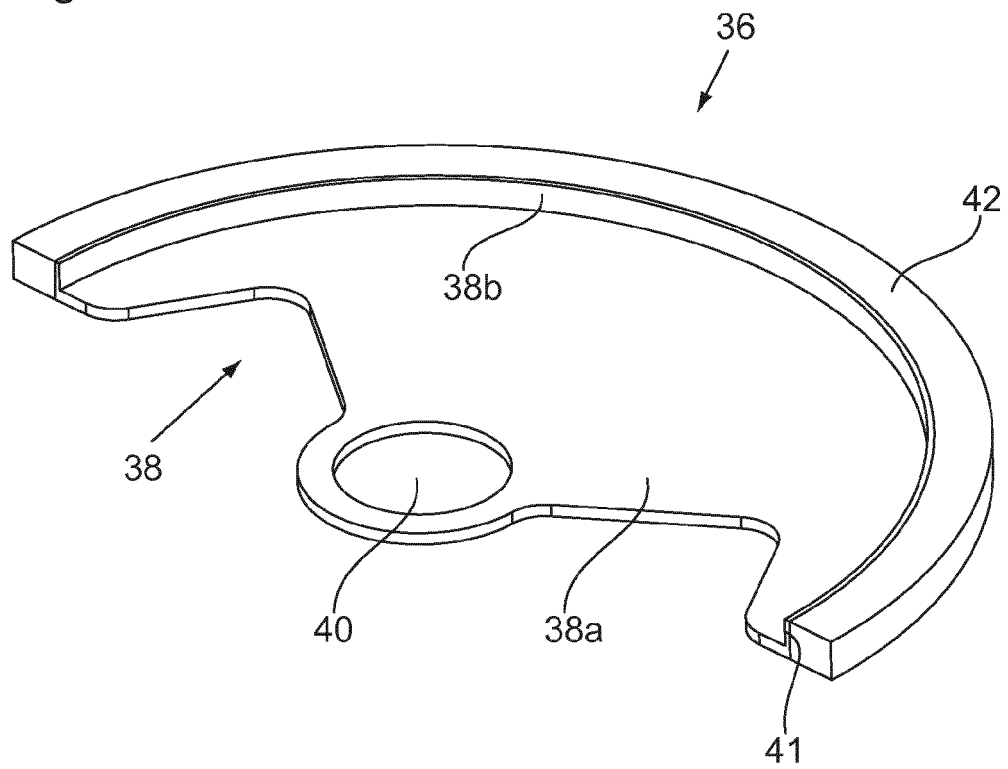


Fig.5





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 20 8589

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 2 502 877 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 26 septembre 2012 (2012-09-26) * figures 1,2,3 * * alinéas [0001], [0008], [0024], [0025], [0026], [0035] * -----	1-10,12,13	INV. G04B5/16 G04B17/06 G04D3/00 B81C99/00 C25D1/00 C25D5/02 C25D7/00
X	CH 714 952 B1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 31 octobre 2019 (2019-10-31) * alinéas [0007], [0008], [0016], [0021], [0025]; figures 1,6,10 * -----	1,4-6,11,14,15	
A	CH 710 544 A2 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 30 juin 2016 (2016-06-30) * alinéa [0024]; figure 1c * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B G04F G04D B81C B82B C25D
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 19 mai 2020	Examineur Lahousse, Alexandre
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 19 20 8589

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

19-05-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2502877 A1	26-09-2012	AUCUN	
CH 714952 B1	31-10-2019	CH 714952 B1	31-10-2019
		CN 101675392 A	17-03-2010
		EP 2145237 A2	20-01-2010
		HK 1138075 A1	19-07-2013
		US 2010054089 A1	04-03-2010
		US 2014096392 A1	10-04-2014
		WO 2008135817 A2	13-11-2008
CH 710544 A2	30-06-2016	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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 2008135817 A [0006]