



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
10.04.2013 Bulletin 2013/15

(51) Int Cl.:
G04B 17/06 (2006.01) G04B 17/32 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11192182.1**

(22) Date de dépôt: **06.12.2011**

(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

(30) Priorité: **07.10.2011 CH 16472011**

(71) Demandeur: **CSEM Centre Suisse d'Electronique
et de
Microtechnique SA - Recherche et
Développement
2002 Neuchâtel (CH)**

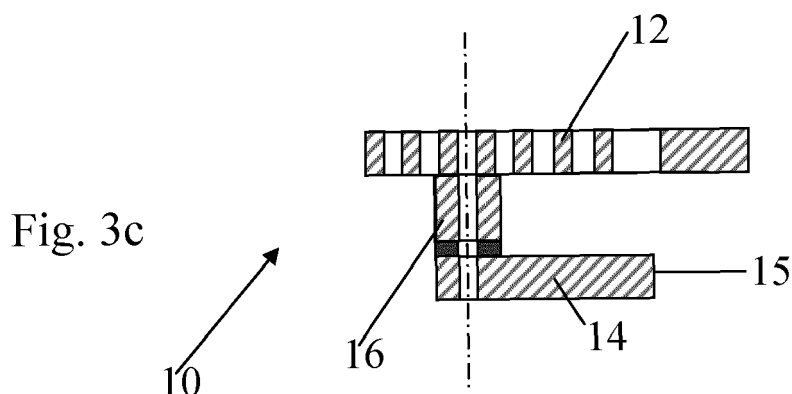
(72) Inventeurs:
• **Jeanneret, Sylvain**
2013 Colombier (CH)
• **Lani, Sébastien**
1791 Courtaman (CH)

(74) Mandataire: **GLN SA**
Avenue Edouard-Dubois 20
2000 Neuchâtel (CH)

(54) **Procédé de réalisation d'une pièce d'horlogerie**

(57) La présente invention concerne un procédé de réalisation d'un ensemble (10) constitué d'un ressort spiral (12) et d'un plateau (14) muni d'un doigt (15) destiné à coopérer avec une fourchette d'un échappement.

L'invention concerne également un ensemble (10) constitué d'un ressort spiral (12) et d'un plateau (14) muni d'un doigt (15) destiné à coopérer avec une fourchette d'un échappement.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'horlogerie. Elle concerne la fabrication et l'indexation, au niveau wafer, de spiraux et de plateaux muni chacun d'un doigt, remplissant la fonction de cheville de plateau, réalisés à base de silicium.

Etat de la technique

[0002] Les récents développements pour la réalisation de composants horlogers en silicium permettent aujourd'hui une fabrication contrôlée de composants tels que, par exemple, spiraux, ancrés, roues notamment d'échappement, balanciers, plateaux, ressorts.... Ces composants sont réalisés en batch sur une plaque en silicium (appelée wafer). Ils sont ensuite assemblés de manière traditionnelle dans un mouvement horloger. Toutefois, la fragilité du silicium rend parfois l'assemblage particulièrement délicat.

[0003] Les technologies de microfabrication permettent aujourd'hui un assemblage de certains composants les uns avec les autres au niveau wafer, notamment en vue d'améliorer la qualité, la précision ou le rendement de fabrication.

[0004] La réalisation de l'ensemble de l'organe réglant, balancier, spiral, plateau est envisageable et décrite dans le document EP2104008. Toutefois, le procédé proposé présente l'inconvénient d'une forte perte de place sur les plaques où l'on réalise un tel ensemble, en raison de la fabrication du balancier, qui est relativement grand par rapport aux autres éléments de l'ensemble. En effet, dans ces technologies de microfabrication, les coûts de production dépendent directement du nombre de composants que l'on peut implanter sur la surface d'une plaque. Ainsi, l'intégration de balanciers réduit fortement le nombre de composants sur une plaque, et augmente les coûts de production de cet ensemble.

[0005] La présente invention a pour but d'éviter les inconvénients des méthodes connues dans l'état de la technique.

Divulgateur de l'invention

[0006] De façon plus précise, l'invention concerne un procédé de réalisation d'un ensemble constitué d'un ressort spiral et d'un plateau muni d'un doigt destiné à coopérer avec une fourchette d'un échappement. Le terme « constitué » doit ici s'interpréter de manière exclusive, comme préconisé par exemple dans les Directives Relatives à l'Examen pratiqué à l'Office Européen des Brevets. Ainsi, plus précisément, l'ensemble ne comporte pas de balancier intercalé entre le ressort spiral et le plateau.

[0007] De manière avantageuse, on réalise d'une part le ressort spiral et d'autre part le plateau muni du doigt.

On positionne et on indexe le ressort spiral en référence au doigt et on assemble le ressort spiral et le plateau.

[0008] De préférence, le ressort spiral et le plateau muni du doigt sont réalisés à base de silicium, au niveau wafer.

[0009] Le doigt peut être associé à une entretoise intercalée entre le spiral et le plateau.

[0010] D'autres caractéristiques du procédé selon l'invention sont données dans les revendications.

[0011] L'invention porte également sur un ensemble constitué d'un ressort spiral et d'un plateau muni d'un doigt destiné à coopérer avec une fourchette d'un échappement. On pourra également se référer aux revendications pour d'autres caractéristiques de l'invention.

Brève description des dessins

[0012] D'autres détails de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite en référence au dessin annexé dans lequel :

- les figures 1a à 1c représentent les étapes du procédé selon l'invention pour la réalisation des spiraux,
- les figures 2a à 2e représentent les étapes du procédé selon l'invention pour la réalisation des plateaux munis chacun d'un doigt,
- les figures 3a à 3c représentent les étapes d'assemblage du procédé selon l'invention, et
- les figures 4a et 4b proposent deux vus d'un ensemble obtenu par le procédé selon l'invention, respectivement en vue de dessus et de dessous.

Mode(s) de réalisation de l'invention

[0013] L'invention telle que présentée ici, propose la réalisation d'ensembles 10, constitués chacun d'un spiral 12 et d'un plateau 14 muni d'un doigt 15, fabriqués au niveau wafer, c'est-à-dire à partir de plaques à base de silicium l'ensemble étant directement intégré et indexé. Comme mentionné précédemment, le doigt 15 est destiné à exécuter la fonction usuellement remplie par la cheville de plateau. Le doigt 15 prolonge et se trouve dans le plan du plateau 14.

[0014] De manière traditionnelle, l'organe régulateur comporte, une fois assemblé dans un mouvement, de haut en bas : un spiral, un balancier, un plateau. Cet assemblage permet d'atteindre le spiral et un système de raquetterie, permettant le réglage du spiral. On sait aujourd'hui réaliser des spiraux à base de silicium, par des techniques de microfabrication. Ces techniques permettent une précision de réalisation et une reproductibilité qui permettent d'éviter des étapes habituelles de réglage (mise à plat, réglage de la longueur active). Grâce à ces techniques, le piton et la virole qui permettent de fixer les extrémités du spiral, peuvent être intégrés au spiral.

[0015] L'une des idées de base de l'invention est donc de remettre en cause l'empilement habituel des éléments

de l'organe régulateur, utilisé depuis des siècles. L'invention propose un organe régulateur comportant, une fois assemblé dans un mouvement, de haut en bas, un empilement d'un balancier, d'un spiral et d'un plateau.

[0016] Les figures illustrent un mode de réalisation préféré. Ainsi, aux figures 1a à 1c, on réalise, d'une part, le ressort spiral 12. Dans la variante proposée, on part d'un substrat de type SOI (Silicon On Insulator), sous forme d'un wafer 120. Ce substrat présente typiquement une couche de base de silicium 120a, une couche d'oxyde de silicium 120b, et une couche supérieure de silicium 120c (fig. 1a). La couche supérieure 120c est gravée de manière à définir la forme du ressort spiral 12. Pour ce faire, on dépose une couche de laque photosensible 122 sur la couche supérieure 120c, et on recouvre cette laque 122 d'un masque (non visible au dessin) ayant la forme du spiral à transférer. La laque 122 est ensuite exposée à un rayonnement UV, au travers du masque. La laque irradiée est éliminée de manière sélective, et la laque 122 restante est recuite (fig. 1b). Enfin, la couche supérieure 120c apparaissant au travers de la couche de laque est gravée par plasma, jusqu'à atteindre la couche d'oxyde de silicium 120b. Enfin, la couche de laque est éliminée (fig. 1c). On remarquera que le spiral est réalisé avec une virole 124 centrée sur l'axe du spiral, pour permettre le montage du spiral sur un axe de balancier.

[0017] Aux figures 2a à 2e, on réalise, d'autre part, le plateau 14 et le doigt 15. Dans la variante proposée, on part également d'un substrat de type SOI, sous forme d'un wafer (fig. 2a) 140. De manière similaire à ce qui a été décrit ci-dessus à propos du spiral, on grave la couche supérieure 140c du substrat pour y former le plateau 14 et le doigt 15, au travers d'une couche de laque 142 photosensible exposée à un rayonnement UV au travers d'un masque (fig. 2b). La couche supérieure 140c est gravée jusqu'à la couche d'oxyde de silicium 140b et la laque résiduelle est éliminée (fig. 2c).

[0018] Puis, dans le mode de réalisation proposé, on effectue également les mêmes opérations sur l'autre face du substrat, c'est-à-dire sur la couche de base 140a. On dépose ainsi une couche de laque photosensible 142 disposée sur la couche de base (fig. 2d) et on grave cette couche de base 140a jusqu'à la couche d'oxyde de silicium 140b (fig. 2e). De manière avantageuse, on réalise une entretoise 16, dans cette couche de base 140a qui, dans l'assemblage final, séparera le plateau 14 et le doigt 15 du ressort-spiral 12, permettant à ce dernier de se contracter sans frotter sur le plateau 14 et le doigt 15. On remarquera que le plateau 14 est réalisé avec une ouverture 144 centrée sur l'axe du doigt 15, pour son montage sur un axe de balancier.

[0019] Ainsi, on réalise un plateau 14 muni d'un doigt 15, ainsi qu'une entretoise 16. Il a déjà été précisé que le doigt 15 est destiné à remplir la fonction habituellement remplie par une cheville de plateau, c'est-à-dire qu'il est destiné à coopérer avec une ancre pour réaliser les dégagements de celle-ci et pour recevoir des impulsions d'énergie. L'entretoise remplit la fonction habituellement

remplie par un plateau, c'est-à-dire qu'elle limite les déplacements de la fourchette de l'ancre.

[0020] Le ressort spiral 12 et le plateau 14 muni de son doigt 15 et éventuellement d'une entretoise 16, respectivement obtenus aux étapes précédentes, sont ensuite assemblés l'un à l'autre. Pour ce faire, on aligne la virole 124 du spiral et l'ouverture 144 du plateau de manière à les superposer de manière coaxiale. En outre et de manière particulièrement avantageuse, le ressort spiral 12 et le plateau 14, particulièrement le doigt 15, sont également indexés angulairement, c'est-à-dire que leur position angulaire respective est prédéterminée et qu'ils sont disposés selon cette position prédéterminée avant d'être assemblés.

[0021] Une fois que le ressort spiral 12 et le plateau 14 sont superposés dans la position souhaitée, les deux wafers 120 et 140 sont assemblés en appliquant une pression et/ou une température permettant un soudage par fusion et la création de liaison, notamment entre le ressort spiral et, dans l'exemple proposé, l'entretoise. Typiquement, on peut réaliser cette étape en appliquant une température comprise entre 100 et 1200°C et une pression comprise entre 0.5 et 10 bars (fig. 3a).

[0022] Il est à noter que la liaison entre le ressort spiral 12 et le plateau 14 peut se faire directement entre les deux pièces à base de silicium, ou éventuellement en interposant une couche d'oxyde de silicium entre elles, ladite couche d'oxyde de silicium étant disposée sur l'une et/ou l'autre des deux pièces 12 et 14.

[0023] Puis, la couche de base 120a du wafer 120 est éliminée par gravure, jusqu'à atteindre la couche d'oxyde de silicium 120b. La couche d'oxyde 120b est également éliminée (fig. 3b).

[0024] Enfin, l'ensemble 10 obtenu constitué d'un ressort spiral 12, d'un plateau 14 muni du doigt 15 destiné à coopérer avec une fourchette d'un mécanisme d'échappement et, dans cet exemple, d'une entretoise, est libéré (fig. 3c).

[0025] De préférence, étant donné que les méthodes de microfabrication mentionnées ci-dessus, sont réalisées à partir de wafer, on réalise une série de N ressorts 12 sur un wafer et une série d'au moins N plateaux 14, chacun muni d'un doigt 14 sur un autre wafer. Les ressorts 12 et plateaux 14 sont disposés de manière ce que les ressorts 12 soient tous indexés par rapport aux plateaux 14, pour former N ensembles. Plus précisément, les ressorts spiraux 12 et les plateaux 14 sont disposés sur les wafers de manière à ce que, en superposant les wafers, les ressorts 12 et les plateaux 14 sont alignés sur leur axe. Ils sont également indexés angulairement. On peut ensuite les assembler simultanément, sur le wafer.

[0026] Le cas échéant, les plateaux 14 avec leur doigt 15 occupant moins de place que les spiraux 12, on peut utiliser l'espace libre entre les plateaux pour faire d'autres pièces. On peut envisager de faire une deuxième série de plateaux, qui pourra être ensuite assemblée sur une deuxième série de spiraux réalisés sur un autre wafer,

dont les positions relatives auront été décalées par rapport au premier wafer de spiraux. On pourra éventuellement prévoir de graver le wafer dans lequel le premier batch de spiraux est effectué, de manière à ce que les plateaux prévus pour le deuxième batch ne soient pas soudés au wafer lors de l'assemblage.

[0027] On a donc après fabrication, des ensembles comprenant chacun :

- un plateau 14 muni d'un doigt 15 et, le cas échéant, associé également à une entretoise 16, et
- un spiral 12,

l'ensemble étant directement intégré, avec un indexage (positionnement en rotation) déjà réalisé. Ces spiraux 12 avec plateaux intégrés 14 seront ensuite montés sur un axe de balancier. On évite donc les réglages de mise à plat et de la longueur active.

[0028] Les figures 4a et 4b illustrent un ensemble obtenu selon l'invention, en vue de dessus et en vue de dessous.

[0029] Dans le cas de la présente invention, les étapes critiques de fabrication, notamment en terme d'espace occupé sur le wafer, concernent les spiraux. Ce qui permet de réaliser un nombre de pièces par wafer qui demeure économiquement intéressant.

[0030] De manière avantageuse, l'invention permet une grande précision, offrant un alignement de quelques micromètres au niveau wafer, de l'ensemble des spiraux et des plateaux. Par ailleurs, le plateau 14 peut inclure plusieurs niveaux de gravure, sur une ou deux faces.

[0031] On pourra encore relever que, grâce aux possibilités offertes pour la gravure du plateau 14, on peut éventuellement se passer d'entretoise 16 entre le plateau 14 et le doigt 15, d'une part, et le spiral 12, d'autre part. On peut donc réaliser les plateaux 14 et les doigts 15 à partir d'un substrat formé d'un wafer en silicium simple.

[0032] En outre, le spiral peut également être réalisé à partir d'un wafer simple, c'est-à-dire ne comportant qu'une couche de silicium, par opposition à un substrat de type SOI tel que mentionné ci-dessus. Dans ce cas, on disposera temporairement le wafer sur une plaque support destinée à supporter mécaniquement le spiral au cours du procédé de fabrication.

[0033] La description ci-dessus n'a été donnée qu'à titre d'illustration de l'invention. Notamment, l'homme du métier saura adapter les dimensions et les formes de la virole ou de l'ouverture du plateau, en fonction de la solution choisie pour la fixation à un axe de balancier, de l'ensemble obtenu. En outre, le plateau et le doigt peuvent avoir des géométries diverses, effectuées sur plusieurs niveaux avec des hauteurs variables, sur l'une ou l'autre de ses faces, permettant de mettre en oeuvre toute solution choisie pour la transmission d'énergie entre le doigt et l'ancre de l'échappement ou pour empêcher un retournement du balancier.

[0034] Par ailleurs, le ressort spiral, le plateau ou l'ensemble, peuvent recevoir un traitement physico-chimi-

que pour présenter une couche extérieure renforcée ou améliorée. Les traitements possibles sont notamment des traitements thermiques, des oxydations, des métallisations, des nitrurations ou des dépôts de type CVD (Chemical Vapor Deposition), PVD (Physical Vapor Deposition), ALD (Atomic Layer Deposition), MVD (Molecular Vapor Deposition) ou autres procédés connus de l'homme de métier.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'un ensemble (10) constitué d'un ressort spiral (12) et d'un plateau (14) muni d'un doigt (15) destiné à coopérer avec une fourchette d'un échappement.
2. Procédé de réalisation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit ensemble (10) ne comporte pas de balancier intercalé entre ledit ressort spiral (12) et ledit plateau (14).
3. Procédé de réalisation selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'on** réalise d'une part le ressort spiral (12) et d'autre part le plateau (14) muni du doigt (15) et qu'on positionne et indexe le ressort spiral en référence au doigt et qu'on assemble le ressort spiral et le plateau.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le ressort spiral (12) et le plateau (14) muni du doigt (15) sont réalisés à base de silicium.
5. Procédé selon la revendication 3 et selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'on** réalise N ressorts-spiraux (12) dans un wafer à base de silicium et au moins N plateaux (14) munis chacun d'un doigt (15) dans un autre wafer à base de silicium, lesdits ressorts-spiraux et lesdits plateaux étant disposés de manière ce que les axes des ressorts-spiraux puissent être alignés avec les axes des plateaux, formant N paires ressort-spiral/plateau, pour chaque paire, le ressort-spiral étant indexé en rotation en référence au doigt.
6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, **caractérisé en ce qu'on** assemble le ressort spiral (12) et le plateau (14) par soudage par fusion.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le soudage par fusion est réalisé à une température comprise entre 100 et 1200°C et une pression comprise entre 0.5 et 10 bars.
8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** ledit plateau (14) est associé à une entretoise (16) intercalée entre le spiral (12) et

le plateau (14).

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** ledit plateau (14) muni du doigt (15), et ladite entretoise (16) sont réalisés à partir d'un wafer de SOI (Silicon on Insulator), dont la couche supérieure est destinée à servir d'entretoise (16). 5
10. Ensemble (10) constitué d'un ressort spiral (12) et d'un plateau (14) muni d'un doigt (15) destiné à coopérer avec une fourchette d'un échappement. 10
11. Ensemble selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** ne comporte pas de balancier intercalé entre ledit ressort spiral (12) et ledit plateau (14). 15
12. Ensemble selon l'une des revendications 10 et 11, **caractérisé en ce qu'il** comporte une entretoise (16) intercalée entre ledit plateau (14) muni dudit doigt (15) et ledit spiral (12). 20
13. Ensemble selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce qu'il** est réalisé à base de silicium.
14. Ensemble selon la revendication 13, **caractérisé en ce qu'il** est réalisé à base de silicium traité. 25

30

35

40

45

50

55

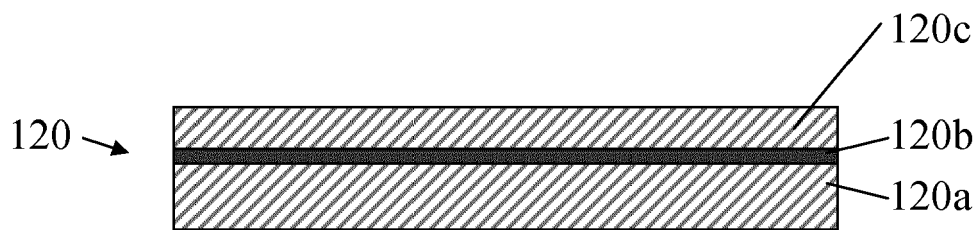


Fig. 1a

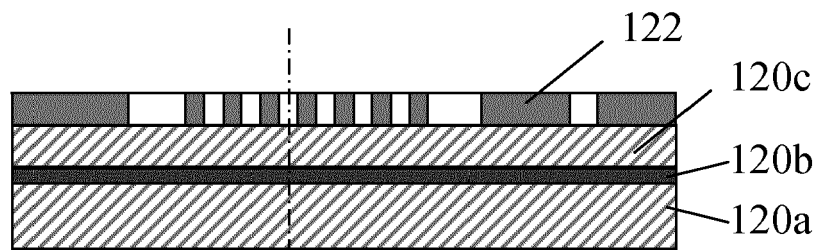


Fig. 1b

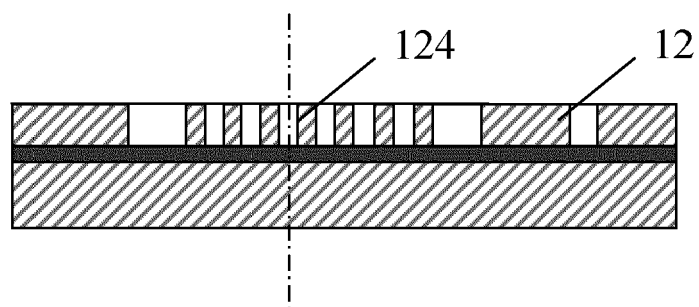


Fig. 1c

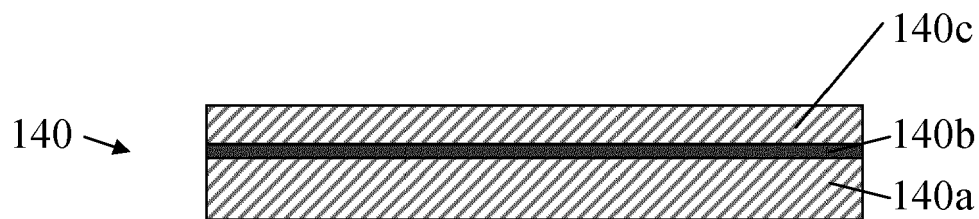


Fig. 2a

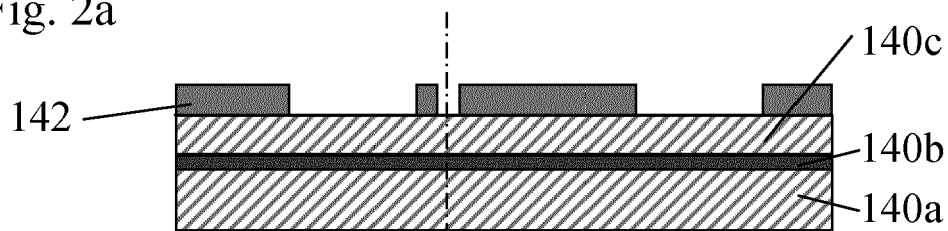


Fig. 2b

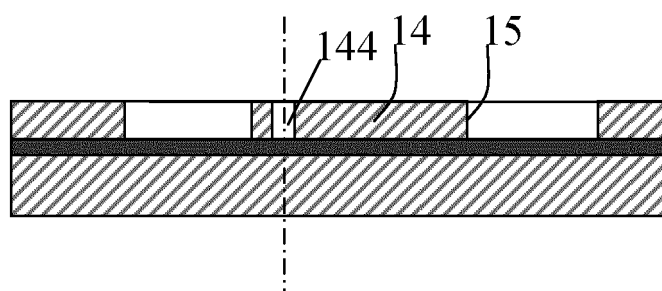


Fig. 2c

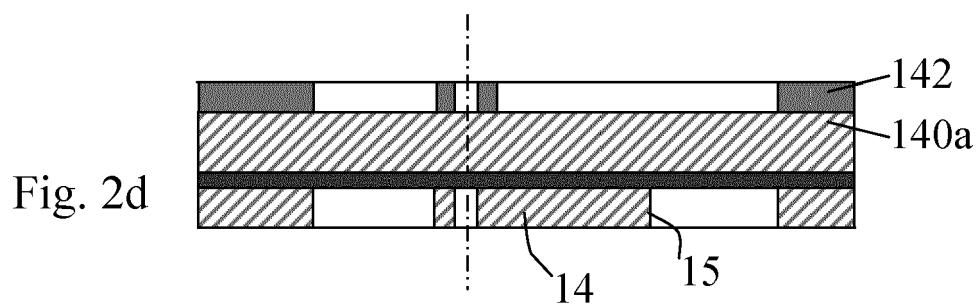


Fig. 2d

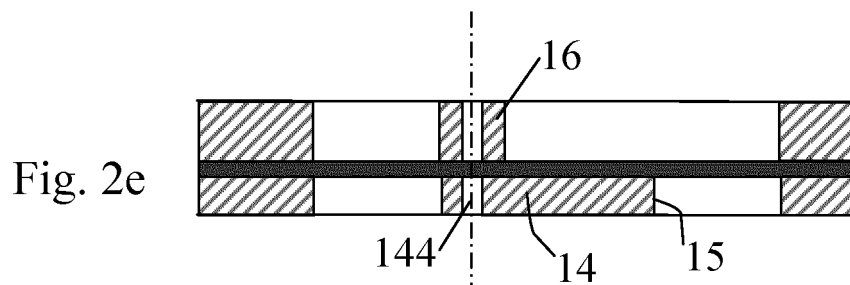
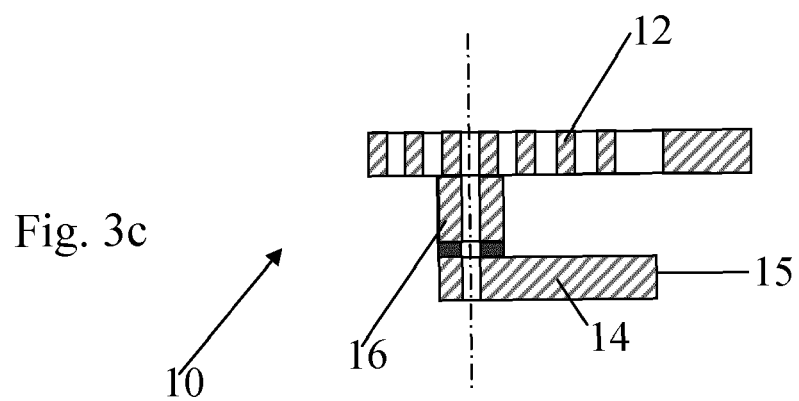
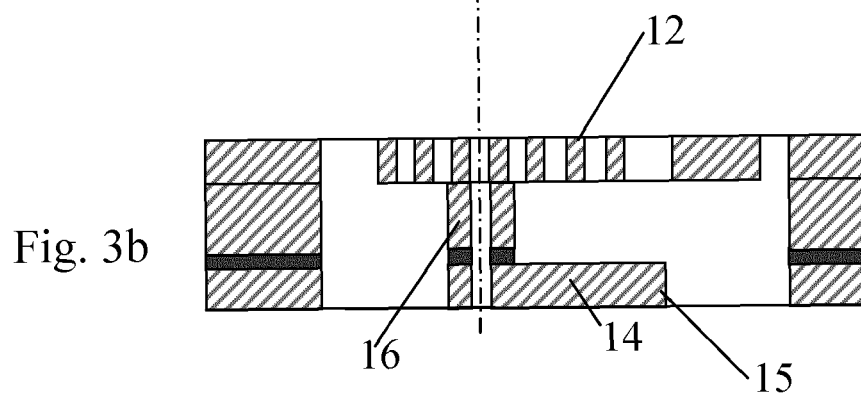
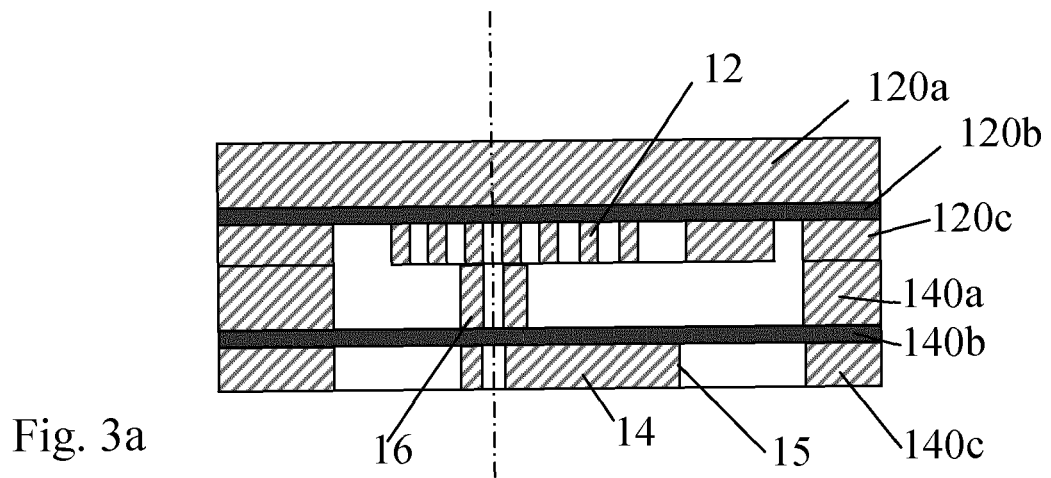
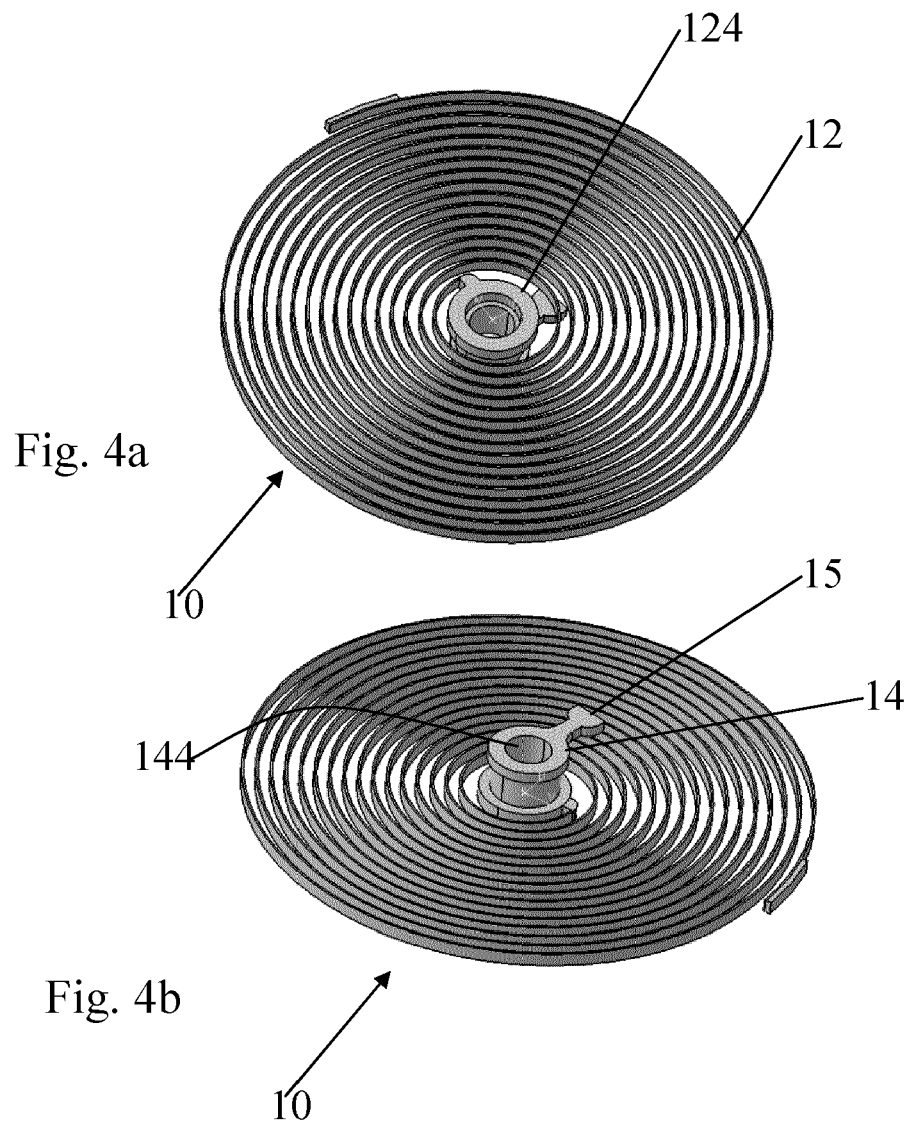


Fig. 2e





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

- EP 2104008 A [0004]