



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.11.2023 Bulletin 2023/48

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 15/14 (2006.01) G04B 15/08 (2006.01)
G04D 3/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22174885.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 15/14; G04B 15/08; G04D 3/0069

(22) Date de dépôt: **23.05.2022**

(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: **Sigatec SA**
1950 Sion (CH)

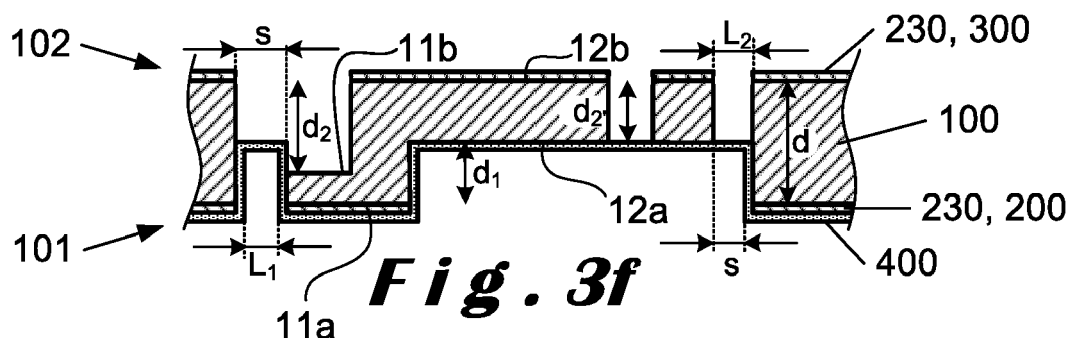
(72) Inventeur: **Glassey, Marc-André**
1967 Bramois (CH)

(74) Mandataire: **BOVARD AG**
Patent- und Markenanwälte
Optingenstrasse 16
3013 Bern (CH)

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

(57) La présente invention se rapporte à un procédé de fabrication d'au moins un composant horloger, dans lequel, sur un premier côté d'une plaquette de silicium (100) monolithique, on réalise un premier masque de gravure primaire (200) puis on grave la plaquette (100) à travers le premier masque (200) pour former les bords d'un premier niveau du composant ; on réalise au moins une couche d'arrêt (400) sur le premier côté (101) gravé

de la plaquette (100) ; sur le deuxième côté de la plaquette (102) opposé au premier côté (101), on réalise un deuxième masque de gravure secondaire (300) puis on grave la plaquette (100) à travers ce deuxième masque (300) pour former les bords d'un deuxième niveau du composant, la gravure secondaire atteignant au moins localement la couche d'arrêt.



Description

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'horlogerie. Plus précisément, elle concerne un procédé de fabrication d'un composant horloger, notamment d'un composant horloger en silicium.

État de la technique

[0002] Dans le domaine de l'horlogerie, certaines applications requièrent l'utilisation de composants complexes nécessitant d'assembler plusieurs éléments fabriqués séparément. C'est le cas par exemple des ancrs, dans lesquelles le dard est assemblé sur et surmonte la fourchette destinée à coopérer avec un organe réglant d'un mécanisme horloger.

[0003] Par le passé, cet assemblage était réalisé par une technique dite de chassage, qui consiste à introduire à force un axe d'un élément à assembler dans un trou de l'autre élément.

[0004] Il y a quelques années, on a commencé à utiliser de nouveaux matériaux pour la fabrication des composants horlogers, dont le silicium.

[0005] Une majorité de composants horlogers produits aujourd'hui sont issus d'un substrat de type SOI comprenant une première couche à base de silicium dans laquelle les composants doivent être formés, une deuxième couche appelée « support » également à base de silicium et servant à rigidifier le substrat et, entre ces deux couches, une couche intermédiaire aussi appelée « couche d'arrêt », en oxyde de silicium.

[0006] Les composants sont découpés dans la première couche par gravure réactive ionique profonde (DRIE) à travers un masque de résine photosensible formé par photolithographie sur ladite première couche. La couche d'arrêt située derrière la première couche étant moins sensible à la gravure, elle n'est pas entamée ou dans une très faible mesure, lors de la gravure DRIE. Le support et la couche d'arrêt sont ensuite retirés localement, ou supprimés totalement, par gravure chimique, de manière que soit libérée une plaquette issue de la première couche du substrat et portant les composants ou parties de composants.

[0007] Le silicium étant un matériau fragile, il est difficilement compatible avec la méthode d'assemblage par chassage mentionnée précédemment. Une telle méthode est en particulier peu adaptée à la production industrielle de composants en silicium, la proportion d'éléments brisés au cours de l'assemblage et mis au rebut restant trop importante.

[0008] Il existe donc toujours un besoin d'améliorer le procédé de fabrication de composants complexes en silicium.

Résumé de l'invention

[0009] Un but de la présente invention est de proposer un procédé de fabrication d'un composant horloger en silicium, qui permette de s'affranchir des inconvénients de l'art antérieur précité et qui puisse notamment être mis en œuvre à l'échelle industrielle.

[0010] Selon un premier aspect, l'invention concerne un procédé de fabrication d'au moins un composant horloger, ledit procédé comprenant au moins les étapes suivantes:

- Fournir une plaquette monolithique en silicium,
- Sur un premier côté de la plaquette, réaliser un premier masque de gravure primaire muni d'au moins une ouverture,
- Graver la plaquette à travers ladite au moins une ouverture du premier masque de gravure primaire pour former des bords d'un premier niveau du composant, la profondeur cible de gravure primaire étant telle que ladite gravure primaire ne traverse pas la plaquette,
- Réaliser au moins une couche d'arrêt sur le premier côté gravé de la plaquette
- Sur le deuxième côté de la plaquette opposé au premier côté, réaliser un deuxième masque de gravure secondaire muni d'au moins une ouverture,
- Graver la plaquette à travers ladite au moins une ouverture du deuxième masque pour former des bords d'un deuxième niveau du composant, la profondeur cible de gravure secondaire étant telle qu'au moins localement ladite gravure secondaire atteint ladite au moins une couche d'arrêt.

[0011] Le procédé selon l'invention permet de réaliser de manière simple un ou plusieurs composants multinationaux, en s'affranchissant de l'étape d'assemblage de l'art antérieur qui, d'une part est laborieuse lorsqu'il s'agit de fabriquer de grandes séries de composants, et d'autre part peut s'avérer complexe du fait du caractère fragile du silicium.

[0012] Le procédé permet de fabriquer rapidement un grand nombre de composants : Bien que le procédé vise la fabrication d'au moins un composant, en pratique une pluralité de composants (identiques ou différents) sera généralement formée simultanément dans une même plaquette de silicium.

[0013] Le composant obtenu étant par ailleurs monolithique, les problèmes de désolidarisation éventuelle des différents niveaux sont écartés.

[0014] Le procédé selon l'invention peut notamment, mais non limitativement, être mis en œuvre pour la fabrication d'ancres ou de roues ou de plateaux ou d'aiguilles ou de spiraux ou un élément à lame(s) flexible(s).

[0015] Par composant complexe ou multiniveau, on entend, dans la présente demande, un composant sur lequel il est possible d'identifier au moins deux parties

superposées dans une direction dite transversale (correspondant à la direction de la gravure ayant permis de former ledit composant ou à la direction de l'épaisseur de la plaquette dans laquelle le composant est formé).

[0016] Dans un composant multiniveau conforme à l'invention, les parties superposées sont des couches ou niveaux d'un bloc monolithique. Les limites entre niveaux ne sont donc pas matérialisées physiquement, mais ces niveaux sont définis comme suit :

- chaque niveau est défini entre deux plans limite orthogonaux à la direction transversale,
- chaque niveau a une épaisseur constante (à une tolérance de profondeur de gravure près) dans la direction transversale.

[0017] Les composants obtenus peuvent avoir uniquement deux niveaux. Comme variante, ils peuvent avoir, en plus, un niveau intermédiaire entre le premier et le deuxième niveau : dans ce cas, le niveau intermédiaire a un plan limite commun avec chacun des deux autres niveaux.

[0018] Dans la présente demande, le premier et le deuxième côté de la plaquette sont opposés dans la direction transversale. La gravure réalisée sur le premier côté de la plaquette est désignée comme gravure primaire et celle réalisée sur le deuxième côté est la gravure secondaire. Plus généralement, les adjectifs primaire et secondaire sont utilisés en référence au premier et au deuxième côté de la plaquette respectivement. Ainsi, une surface primaire est orientée vers le premier côté de la plaquette et une surface secondaire est orientée vers son deuxième côté.

[0019] Dans la présente demande, une surface primaire ou une surface secondaire d'un niveau du composant s'étend dans un plan orthogonal à la direction transversale. Un bord est globalement orthogonal à ces surfaces primaires et/ou secondaires (moyennant l'inclinaison des flancs résultant du procédé de gravure).

[0020] Par ailleurs, on entend par bords du premier et du deuxième niveau, les bords desdits niveaux à l'exclusion éventuellement d'une zone formant attache conservée pour maintenir un lien entre le composant et le reste de la plaquette au cours de la fabrication et pouvant être rompue à l'issue du procédé pour libérer le composant. Ladite zone peut être prévue sur le premier niveau, sur le deuxième niveau, ou peut s'étendre sur toute l'épaisseur du composant et donc sur ses deux niveaux, tant qu'elle permet in fine le détachement du composant (pour cela elle doit normalement être sur le contour tout à fait extérieur du composant).

[0021] Dans la présente demande, on entend par monolithique un élément (notamment une plaquette ou un composant) fait d'un seul matériau. Autrement dit, une plaquette de silicium qui est monolithique est une plaquette faite d'un seul matériau, ledit matériau étant du silicium. Une telle plaquette est donc un bloc, massif, formant en particulier une couche unique de silicium.

[0022] Pour assurer une bonne qualité de surface sur les deux côtés du composant, la plaquette est de préférence polie sur ses deux côtés.

[0023] La plaquette de silicium monolithique est gravée à travers les ouvertures d'un premier masque de gravure primaire sur le premier côté et d'un deuxième masque de gravure secondaire sur le deuxième côté de la plaquette.

[0024] La gravure primaire et/ou secondaire est typiquement une gravure ionique réactive profonde (DRIE).

[0025] La gravure primaire réalisée à travers ladite au moins une ouverture du premier masque est destinée à former au moins des bords, de préférence les bords, du premier niveau du (ou de chaque) composant. Dans certains cas elle peut, en plus, former certains bords d'un niveau intermédiaire, et/ou une surface primaire du deuxième niveau orientée vers le premier côté de la plaquette.

Autrement dit, la ou les cavités issues de cette gravure primaire sont au moins partiellement délimitées par ce qui devra être les bords du premier niveau et éventuellement certains bords d'un niveau intermédiaire et/ou une surface primaire du deuxième niveau.

[0026] Selon un exemple particulier, la surface primaire du deuxième niveau du composant formée par gravure primaire est, au moins sur une partie limite, délimitée par un bord du deuxième niveau, et l'ouverture du premier masque recouvre ladite surface primaire prévisionnelle élargie, au droit de ladite partie limite, d'une distance de sécurité supérieure à 10 microns, de préférence comprise entre 10 et 100 microns. L'élargissement de l'ouverture du premier masque évite que le bord de la gravure secondaire - formant ledit bord du deuxième niveau - coïncide avec le bord de la gravure primaire. La distance de sécurité assure que le bord de gravure secondaire formant le bord du deuxième niveau intersecte la couche d'arrêt à la profondeur souhaitée et évite la formation d'un résidu de matière indésirable au niveau de ce bord.

[0027] La gravure secondaire réalisée à travers ladite au moins une ouverture du deuxième masque est destinée à former au moins des bords, de préférence les bords, du deuxième niveau du (ou de chaque) composant. Dans certains cas elle peut, en plus, former certains bords d'un niveau intermédiaire, et/ou une surface secondaire du premier niveau orientée vers le deuxième côté de la plaquette.

Autrement dit, la ou les cavités issues de cette gravure secondaire sont au moins partiellement délimitées par ce qui devra être les bords du deuxième niveau et éventuellement certains bords d'un niveau intermédiaire et/ou une surface secondaire du premier niveau.

[0028] Selon un exemple particulier, ladite surface secondaire du premier niveau du composant formée par gravure secondaire est, au moins sur une partie limite, délimitée par un bord du premier niveau, et l'ouverture du deuxième masque recouvre ladite surface secondaire élargie, au droit de ladite partie limite, d'une distance de sécurité supérieure à 10 microns, de préférence compri-

se entre 10 et 100 microns. Là encore, l'élargissement de l'ouverture sur une distance de sécurité évite que des résidus de matière soient conservés en bordure de la surface secondaire du premier niveau et empêchent plus tard le détachement du composant et/ou que la gravure secondaire endommage le premier niveau du composant.

[0029] Selon un exemple, au moins une partie d'une ouverture du premier masque, respectivement du deuxième masque, définissant un contour du premier niveau, respectivement du deuxième niveau, présente une largeur comprise entre 20 et 200 microns, de préférence constante. L'inclinaison des flancs de gravure dépendant de la largeur de la surface gravée, il est préférable, pour assurer que l'inclinaison (par rapport à la direction transversale) des bords ou d'un maximum de bords du composant soit constante, que la largeur d'un liseré de gravure autour d'un niveau dudit composant soit constante aux endroits où cela est possible.

[0030] Chaque masque peut être formé d'une unique couche ou de plusieurs couches en matériaux différents. Dans le cas où un masque est réalisé à partir de ou comprend plusieurs couches, ces couches ne sont pas nécessairement réalisées ou déposées à un même stade du procédé.

[0031] Par ailleurs, le masque de gravure secondaire peut indifféremment être réalisé, en tout ou partie, avant la gravure primaire, ou après celle-ci.

[0032] Le masque de gravure secondaire peut aussi être réalisé indifféremment avant ou après le masque de gravure primaire.

[0033] De plus, le masque de gravure secondaire peut être réalisé avant ou après le dépôt/la réalisation d'au moins une couche d'arrêt, ou être réalisé conjointement avec une telle couche d'arrêt.

[0034] Pour garantir l'alignement du premier et du deuxième niveau, le premier et le deuxième masque sont référencés l'un par rapport à l'autre. Plus spécifiquement, le procédé peut comprendre, lors de la réalisation de l'un parmi le premier et le deuxième masque, l'identification d'une position d'une gravure déjà réalisée sur le côté opposé, et l'indexation du masque à réaliser sur ladite position. On réalise par exemple des marques d'alignement sur un côté de la plaquette et que l'on fait coïncider avec des marques d'un masque de photolithographie utilisé pour la gravure sur l'autre côté, éventuellement au moyen d'un système de référencement par caméra.

[0035] Selon un exemple, la réalisation du masque de gravure primaire et/ou la réalisation du masque de gravure secondaire comprend la structuration par photolithographie d'une couche de résine déposée sur le premier côté, respectivement le deuxième côté, de la plaquette, pour former des ouvertures définissant les bords du premier niveau, respectivement du deuxième niveau, du composant.

[0036] Selon un premier exemple de mise en œuvre, la couche de résine peut être déposée directement sur la plaquette en silicium (i.e. sur la surface primaire, res-

pectivement la surface secondaire de la plaquette).

[0037] Comme alternative, il peut être opportun de réaliser préalablement une couche d'oxyde de silicium sur le premier côté, respectivement le deuxième côté de la plaquette, et de déposer la couche de résine sur le premier côté, respectivement le deuxième côté de la plaquette, sur cette couche d'oxyde de silicium. Dans ce cas, la réalisation du masque de gravure primaire et/ou la réalisation du masque de gravure secondaire peut comprendre :

- le dépôt d'une couche de résine sur une couche d'oxyde préalablement réalisée sur le premier côté, respectivement le deuxième côté de la plaquette,
- la structuration par photolithographie de ladite couche de résine pour former des ouvertures définissant au moins les bords du premier niveau du composant, respectivement au moins du deuxième niveau,
- l'ouverture de la couche d'oxyde au niveau des dites ouvertures,

et éventuellement l'élimination de la couche de résine.

[0038] Une couche d'oxyde de silicium peut être déposée sur la plaquette en silicium (notamment par Physical Vapor Déposition) ou obtenue par croissance d'oxyde de silicium (autrement dit par oxydation thermique de la plaquette). Dans le deuxième cas de figure (croissance d'oxyde de silicium), l'oxydation, réalisée dans un four d'oxydation thermique, s'effectue de manière égale sur tout l'ensemble de la plaquette et a fortiori conjointement sur le premier et le deuxième côté de la plaquette.

[0039] Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend, après gravure de la plaquette à travers le masque de gravure primaire, l'oxydation de la plaquette de sorte que la couche d'oxyde issue de cette oxydation forme une couche d'arrêt sur le premier côté gravé de la plaquette, puis la formation du masque de gravure secondaire à partir de ladite couche d'oxyde sur le deuxième côté de la plaquette.

[0040] Dans ce cas, le procédé peut comprendre spécifiquement, dans cet ordre :

- la réalisation du premier masque de gravure primaire, incluant éventuellement la réalisation préalable d'une couche d'oxyde sur au moins le premier côté de la plaquette, avantageusement par oxydation thermique de la plaquette,
- la gravure primaire,
- le cas échéant, la suppression de l'oxyde de silicium ainsi que l'éventuelle résine issus de l'étape de réalisation du premier masque;
- la réalisation du deuxième masque de gravure secondaire, incluant une oxydation préalable de la plaquette, et
- la réalisation de la gravure secondaire (la couche d'oxyde servant de couche d'arrêt pour ladite gravure secondaire).

[0041] Selon une disposition avantageuse, au moins une couche d'arrêt supplémentaire peut être réalisée en plus sur le premier côté gravé de la plaquette, après l'oxydation de la plaquette: dans ce cas, on a finalement deux couches d'arrêt sur le premier côté au moment de la gravure secondaire: une couche d'oxyde et la couche d'arrêt supplémentaire.

[0042] La au moins une couche d'arrêt déposée ou formée sur le premier côté de la plaquette épouse les surfaces et les parties du composant définies lors de la gravure primaire.

[0043] Une couche d'arrêt est constituée d'un matériau moins sensible à la gravure, notamment la gravure DRIE, de sorte qu'elle est adaptée pour arrêter la gravure secondaire (en étant elle-même peu ou pas détériorée) si celle-ci parvient à son contact.

[0044] La couche d'arrêt évite le passage des gaz de procédé entre les deux côtés de la plaquette, qui entraînerait une dégradation de la gravure.

[0045] Selon un exemple, la au moins une couche d'arrêt peut comprendre une couche d'oxyde de silicium et/ou une couche d'aluminium et/ou une couche de parylène.

[0046] Elle peut par exemple comprendre une couche de parylène d'épaisseur comprise entre 1 et 5 microns et/ou une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur comprise entre 0.5 et 5 microns, et/ou une couche d'aluminium d'épaisseur comprise entre 0.1 et 5 microns.

[0047] On peut prévoir une unique couche d'arrêt. Comme alternative, on peut aussi déposer et/ou former plusieurs couches d'arrêt de sorte que celles-ci soient superposées sur le premier côté de la plaquette.

[0048] Les profondeurs cibles de gravure sur les premier et deuxième côtés sont les profondeurs que l'on vise théoriquement pour la gravure. L'homme de l'art sait déterminer, par exemple par calcul ou de manière empirique, une durée de gravure ou un nombre de cycles de gravure (la gravure DRIE étant réalisée par étapes/couches successives) pour obtenir ces profondeurs.

[0049] La profondeur effective de gravure en un point donné peut être différente de la profondeur cible lorsque pendant le temps de gravure ou la succession de cycles de gravure précités, la cavité ou une partie de la cavité de gravure rencontre la couche d'arrêt. Préférentiellement d'ailleurs, dans un cas où la gravure s'arrête sur la couche d'arrêt, on choisira une profondeur cible supérieure à la profondeur effective pour éviter des bords de gravure arrondis aux extrémités.

[0050] Selon l'invention, la profondeur cible de gravure secondaire est telle qu'au moins localement la gravure secondaire atteint la couche d'arrêt. La somme des profondeurs cibles de gravure primaire et secondaire est au moins égale à une épaisseur de la plaquette (mesurée dans la direction transversale).

[0051] Selon un exemple, la somme des profondeurs cibles de gravure primaire et secondaire est strictement supérieure à une épaisseur de la plaquette (mesurée dans la direction transversale), de façon à garantir le croi-

sement des gravures primaire et secondaire.

[0052] La somme des profondeurs cible de gravure primaire et secondaire est entendue ici comme la somme desdites profondeurs en valeur absolue, sans tenir compte du sens de gravure.

[0053] Selon un exemple, la somme des première et deuxième profondeur cibles de gravure est telle que le composant formé à l'issue de la gravure secondaire comporte, entre le premier et le deuxième niveau, un niveau intermédiaire dont certains bords sont dans le prolongement de bords du premier niveau et d'autres bords sont dans le prolongement de bords du deuxième niveau.

[0054] Selon un exemple, le procédé comprend en outre, à l'issue de la gravure secondaire, le retrait de la ou les couches d'arrêt.

[0055] Selon un exemple, le procédé comprend en outre, à l'issue de la gravure secondaire et éventuellement du retrait de la ou les couches d'arrêt, au moins une séquence d'oxydation et désoxydation de la plaquette portant le au moins un composant, en vue de lisser les surfaces du ou des composant(s) et/ou d'en modifier les dimensions.

[0056] Selon un exemple, le procédé comprend en outre, à l'issue de la gravure secondaire et éventuellement du retrait de la couche d'arrêt et/ou de ladite au moins une séquence d'oxydation- désoxydation, au moins une oxydation (dite finale) de la plaquette portant le au moins un composant, en vue d'en améliorer les caractéristiques mécaniques.

[0057] Selon un exemple, le procédé comprend en outre, à l'issue de la gravure secondaire et éventuellement du retrait de la couche d'arrêt et/ou de ladite au moins une séquence d'oxydation- désoxydation et/ou de ladite oxydation finale de la plaquette, une étape dans laquelle ledit au moins un composant est détaché de la plaquette.

[0058] Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un composant horloger, notamment obtenu par mise en œuvre du procédé tel que défini précédemment, en particulier une ancre ou une roue ou un plateau ou une aiguille ou un spiral ou un élément à lame(s) flexible(s), ledit composant comprenant au moins un premier niveau et un deuxième niveau au moins partiellement superposés dans une direction transversale dudit composant, et ledit composant étant un composant monolithique.

Brève description des dessins

[0059] Les particularités et les avantages de la présente invention apparaîtront plus en détails dans le cadre de la description qui suit avec un exemple de réalisation donné à titre illustratif et non limitatif en référence aux dessins annexés qui représentent :

- La figure 1 est une vue d'ensemble d'un composant horloger fabriqué selon l'invention,
- La figure 2 est une vue en coupe selon le plan de

symétrie P1 du composant,

- Les figures 3a à 3j montrent des vues en section selon P1 illustrant des étapes correspondantes respectivement a à j du procédé selon un exemple particulier de mise en œuvre,
- La figure 4 est une vue en section selon le plan P2 illustré sur la figure 1, à l'issue des opérations de gravure du procédé,
- La figure 5 illustre le premier masque de résine utilisé pour la gravure du premier côté de la plaquette,
- La figure 6 illustre le deuxième masque de résine utilisé pour la gravure du deuxième côté de la plaquette.

[0060] La figure 1 représente une ancre multiniveau 10 pouvant être fabriquée par la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

[0061] Une telle ancre 10 est destinée à équiper un échappement d'un mouvement d'horlogerie (non représenté). L'ancre 10 illustrée comprend une partie de fixation 30, percée d'un trou 37 destiné à accueillir un axe de pivotement de l'ancre (non représenté).

[0062] Dans l'exemple, la partie de fixation 30 présente une forme globale de T avec une tige centrale 30a et, à une extrémité de ladite tige 30a, une tête 30b s'étendant sensiblement orthogonalement à la tige 30a. Le trou 37 est ici situé à la jonction entre la tige 30a et la tête 30b.

[0063] L'ancre 10 comporte également deux palettes 31, 32, reliées à la partie de fixation 30, et destinées à coopérer avec une roue de l'échappement (non représentée). Comme illustré, chaque palette 31, 32 est respectivement fixée à une extrémité de la tête 30b.

[0064] L'ancre 10 comprend encore une fourchette 33 destinée à coopérer avec un organe réglant (non représenté) du mouvement, par exemple un balancier-spiral. La base 33a de la fourchette 33 est reliée à la partie de fixation 30, ici à l'extrémité de la tige 30a opposée à la tête 30b.

[0065] La fourchette 33 comprend deux cornes 34, 35 délimitant entre elles un logement 36. Le logement 36 est surmonté d'un dard 20 solidaire d'un support de dard 21 surmontant la base 33a de la fourchette 33.

[0066] Les éléments précités forment un ensemble à trois niveaux 11, 13, 12 superposés dans cet ordre selon une direction transversale Z, comme illustré sur la figure 2, qui est une vue en coupe selon le plan P1.

[0067] Pour toute la suite de la présente description, on définit un premier côté 10a de l'ancre 10 comme le côté sur lequel est situé le dard 20, dans la direction transversale Z. On définit le deuxième côté 10b comme le côté opposé à ce premier côté.

[0068] Par ailleurs, dans la suite, un plan limite, une surface ou une partie primaire d'un élément ou d'un niveau est situé(e) vers le premier côté de l'ancre, dans la

direction transversale Z. Un plan limite, une surface ou une partie secondaire d'un élément ou d'un niveau est situé(e) vers le deuxième côté de l'ancre, dans la direction transversale Z.

[0069] Enfin, une épaisseur ou une profondeur sera mesurée selon la direction transversale Z, tandis qu'une largeur sera mesurée dans un plan orthogonal à ladite direction transversale Z.

[0070] Un premier niveau 11 de l'ancre est délimité par les plans limite primaires PL1 et secondaire PL2 du dard 20. L'épaisseur de ce premier niveau 11 est l'épaisseur du dard 20, c'est-à-dire z1.

[0071] Un deuxième niveau 12 de l'ancre est délimité par les plans limite primaire PL3 et secondaire PL4 de la partie de fixation 30, des palettes 31, 32 et de la fourchette 33. L'épaisseur de ce deuxième niveau 12 est z2.

[0072] Dans l'exemple, l'épaisseur z3 du support de dard 21 est supérieure à l'épaisseur z1 du dard 20. Par ailleurs, les surfaces primaires du dard 20 et du support de dard 21 sont définies dans le même plan limite PL1, tandis que les surfaces secondaires du dard 20 et du support de dard 21 sont situées respectivement dans le plan PL2 et dans le plan PL3. Le dard 20 se trouve ainsi décalé d'une distance z4 égale à z3- z1 par rapport à la fourchette 33, dans la direction transversale Z de l'ancre.

[0073] Un niveau intermédiaire 13 de l'ancre est ainsi délimité par les plans PL2 et PL3 et formé par la partie 23 du support de dard 21, ci-après appelée partie secondaire du support de dard, d'épaisseur z4.

[0074] Les étapes de fabrication d'une telle ancre 10 selon un exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention va à présent être décrit en référence aux figures 3a à 3j. En pratique cependant, on fabriquera généralement une pluralité d'ancres 10 identiques et/ou d'autres composants simultanément (dans une même plaquette).

[0075] Dans une étape a) du procédé, on fournit une plaquette de silicium monolithique 100.

[0076] La plaquette est avantageusement réalisée en silicium monocristallin et dopé, notamment dopé au phosphore. Avantageusement, le silicium est dopé de manière à posséder une résistivité inférieure ou égale à 0,1 $\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$, par exemple une résistivité égale à 0,05 $\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$. Le silicium dopé, électriquement conducteur, est plus stable dimensionnellement et de meilleure résistance mécanique. De préférence, le silicium utilisé est d'orientation {1,1,1}. Comme variante, on pourra toutefois utiliser tout silicium adapté, notamment polycristallin et/ou non dopé et/ou d'orientation différente de l'orientation {1,1,1}.

[0077] La plaquette 100 présente une surface primaire 100a, plane, sur un premier côté 101 et une surface secondaire 100b, plane et parallèle à la surface primaire 100a, sur son deuxième côté 102.

[0078] On définit pour la suite une direction transversale Z de la plaquette, orthogonale aux surfaces primaire 100a et secondaire 100b.

[0079] Les surfaces primaire et secondaire 100a, 100b

sont de préférence polies.

[0080] Dans une étape b) du procédé, on réalise, sur le premier côté 101 de la plaquette 100, un premier masque de gravure primaire 200 muni, pour chaque ancre à fabriquer, d'au moins une ouverture 210 telle qu'une gravure primaire réalisée à travers cette ouverture 210 forme les bords du premier niveau 11 de l'ancre 10, une partie des bords du niveau intermédiaire 13, ainsi que la surface primaire 12a du deuxième niveau 12.

[0081] Dans l'exemple, le premier masque de gravure 200 comporte, pour chaque ancre 10 à fabriquer, une ouverture 210. La figure 5 illustre une portion du premier masque 200 incluant une telle ouverture 210.

[0082] La gravure primaire est destinée à former les bords du dard 20 et du support de dard 21 qui forment le premier niveau 11.

[0083] Le masque 200 est donc ouvert sur une première zone 211 présentant une bordure, ici intérieure 2111, délimitant le contour du premier niveau 11. Une largeur L1 de cette première zone 211 est avantageusement comprise entre 20 et 200 microns et de préférence constante, pour garantir une inclinaison adéquate des flancs de gravure.

[0084] Dans l'exemple particulier considéré, la gravure primaire est aussi destinée à former la surface primaire 12a du deuxième niveau 12. Dans ce but, le masque 200 est également ouvert sur une deuxième zone 212 recouvrant cette surface primaire prévisionnelle du deuxième niveau 12 (délimitée par des pointillés sur la figure 5). Pour des raisons qui seront explicitées dans la suite, et comme illustré, la deuxième zone 212 est avantageusement plus large que ladite surface prévisionnelle, là où celle-ci est délimitée par un bord du deuxième niveau 12. L'élargissement de l'ouverture, ou distance de sécurité S, est constante ou non et de préférence supérieure à 10 microns, encore préférentiellement comprise entre 10 et 100 microns (mesurée orthogonalement au contour de la surface primaire prévisionnelle).

[0085] En l'espèce, les première et deuxième zones 211, 212 se superposant partiellement, elles forment ensemble l'ouverture 210 du premier masque 200.

[0086] Le premier masque de gravure 200, muni, pour chaque ancre 10, de son ouverture 210, est par exemple réalisé de la façon décrite ci-dessous. Bien que par souci de simplification, la description et les dessins font référence à une seule ancre 10, chaque étape est en pratique réalisée de façon simultanée pour chaque ancre ou composant fabriqué dans la même plaquette.

[0087] Dans une première sous-étape b1), on fait croître, sur l'ensemble de la surface de la plaquette 100, une couche d'oxyde de silicium 230.

[0088] Puis on dépose une couche de résine photosensible 240 sur cette couche d'oxyde de silicium 230, du premier côté 101 de la plaquette (sous-étape b2).

[0089] Dans une sous-étape b3), on expose la couche de résine 240 au rayonnement lumineux R d'une source lumineuse (non illustrée), à travers un masque photolithographique 250 muni d'une fenêtre 251 correspondant

aux contours de gravure primaire souhaités. Le rayonnement R peut notamment être un rayonnement comprenant des UV, c'est-à-dire des ultra-violets, voire être constitué d'UV.

5 **[0090]** Puis, dans le cas d'une résine positive telle que représentée, on élimine localement la résine photosensible irradiée en la solubilisant dans un bain chimique approprié, pour former une ouverture 241 correspondant aux contours de gravure primaire souhaités.

10 **[0091]** Dans une sous-étape b4), la couche d'oxyde de silicium 230 est ensuite gravée sous l'ouverture 241 de la résine, notamment par gravure au plasma, formant une ouverture correspondante 231.

15 **[0092]** Puis dans une étape b5), la couche de résine 240 est retirée, notamment par gravure au plasma. Le masque 200 n'est alors plus formé que par la couche 230 d'oxyde de silicium dont l'ouverture 231 forme l'ouverture 210 du masque.

20 **[0093]** Comme variante, la couche de résine 240 peut être conservée pour la gravure primaire. Dans ce cas, le masque de gravure 200 est formé de la couche de résine 240 et de la couche d'oxyde de silicium 230 dont les ouvertures respectivement 231 et 241 coïncident pour former l'ouverture 210 du masque 200.

25 **[0094]** Comme autre variante, la couche d'oxyde de silicium pourrait aussi être omise. Dans ce cas, le masque 200 est formé par la seule couche de résine 240 dont l'ouverture 241 forme l'ouverture du masque 200.

30 **[0095]** Une fois le premier masque 200 en place, et dans une nouvelle étape c) du procédé, on grave la plaquette 100 à travers l'ouverture 210 du masque 200 pour former le premier niveau 11 de l'ancre 10, la surface primaire 12a du deuxième niveau 12, et des bords du niveau intermédiaire 13.

35 **[0096]** La gravure est une gravure ionique réactive profonde, encore appelée gravure DRIE (acronyme de « deep reaction ion etching », qui est la désignation anglaise de la gravure ionique réactive profonde) ou gravure selon le procédé Bosch.

40 **[0097]** La profondeur cible d1 de gravure primaire est inférieure à une épaisseur d de la plaquette correspondant à l'épaisseur de silicium entre les surfaces 100a, 100b, dans une direction Z transversale auxdites faces, au moment de la gravure. Ainsi, la gravure primaire ne traverse pas la plaquette 100.

45 **[0098]** La profondeur cible d1 correspond ici à la somme z3 des épaisseurs z1 et z4 respectivement du premier niveau 11 et du niveau intermédiaire 13.

50 **[0099]** On détermine au préalable, par calcul ou de manière empirique, une durée de gravure ou un nombre de cycles de gravure pour obtenir la profondeur d1.

[0100] Dans une étape suivante d) du procédé, le premier côté 101 de la plaquette 100, ainsi gravé, est recouvert d'au moins une couche d'arrêt 400.

55 **[0101]** Par couche d'arrêt 400, on entend une couche réalisée dans un matériau peu sensible à la gravure, notamment à la gravure DRIE, de sorte qu'elle est adaptée pour arrêter une telle gravure (en étant peu ou pas dé-

tériorée) si celle-ci parvient à son contact.

[0102] Si une couche de résine photosensible 240 a été conservée pour former le premier masque de gravure 200, cette couche est préalablement retirée, notamment par plasma, avant réalisation de la couche d'arrêt.

[0103] Si une couche d'oxyde de silicium 230 a été formée comme décrit précédemment, elle peut aussi être retirée à ce stade, ou elle peut être conservée, comme dans l'exemple illustré.

[0104] La couche d'arrêt 400 épouse les surfaces et les parties du composant définies lors de la gravure primaire de l'étape c).

[0105] On peut réaliser une unique couche 400, comme représenté sur la figure 3d, ou on peut réaliser successivement plusieurs couches les unes au-dessus des autres.

[0106] Une couche d'arrêt 400 peut être par exemple une couche d'oxyde de silicium, notamment d'épaisseur comprise entre 0.5 et 5 microns, ou une couche d'aluminium, notamment d'épaisseur comprise entre 0.1 et 5 microns, ou une couche de parylène, notamment d'épaisseur comprise entre 1 et 5 microns.

[0107] La couche d'arrêt 400 peut être déposée, par exemple par dépôt sous vide, notamment si elle est en parylène ou en aluminium, comme dans l'exemple illustré. Lors d'un tel dépôt d'une couche d'arrêt, on peut préalablement masquer le côté opposé.

[0108] Selon un mode de réalisation alternatif (non représenté), la couche d'arrêt peut aussi être obtenue par croissance, notamment dans le cas d'une couche en oxyde de silicium. Par exemple, la couche d'oxyde de silicium 230 peut être retirée, et la plaquette, une nouvelle fois oxydée. Une nouvelle couche d'oxyde de silicium est dans ce cas formée sur l'ensemble de la plaquette et en particulier sur son premier côté, formant couche d'arrêt. Cette couche d'oxyde de silicium peut alors servir à la réalisation du masque de gravure secondaire, d'une manière similaire à celle décrite dans la suite.

[0109] Dans une étape e) du procédé, on réalise, sur le deuxième côté 102 de la plaquette 100, un deuxième masque de gravure 300 muni d'au moins une ouverture 310, 320 telle qu'une gravure secondaire réalisée à travers cette ouverture forme les bords du deuxième niveau 12 de l'ancre 10 ainsi que la surface secondaire 11b du premier niveau 11.

[0110] Pour des raisons pratiques, la plaquette est généralement retournée entre les étapes d) et e).

[0111] Dans l'exemple considéré, et comme illustré sur la figure 6, le deuxième masque de gravure 300 comporte, pour chaque ancre 10 à fabriquer, deux ouvertures 310, 320, définies comme suit.

[0112] La gravure secondaire est destinée à former les bords du deuxième niveau 12. Dans l'exemple illustré, ces bords comprennent les bords du trou 37, ainsi que les bords (externes) des palettes 31, 32, de la fourchette 33 et de la partie de fixation 30, hormis sur une zone - référencée 324 dans l'exemple de la figure 6 - formant attache destinée à maintenir un lien entre le composant

et le reste de la plaquette.

[0113] Le masque doit donc au moins être ouvert sur des zones bordant lesdits bords, avec une largeur des dites zones avantageusement comprise entre 20 et 200 microns et de préférence constante, pour garantir une inclinaison adéquate des flancs de gravure.

[0114] Dans ce but, le masque 300 est ouvert sur une première zone 311, délimitant le trou 37. En l'espèce, la zone forme une première ouverture 310 circulaire du masque, le diamètre du trou 37 étant trop petit pour la réalisation d'un liseré de gravure de largeur constante.

[0115] Le masque 300 est également ouvert sur une deuxième zone 321 dont la bordure, ici intérieure 3211, délimite le contour de la partie de fixation 30, des palettes 31, 32 et de la fourchette 30 de l'ancre 10 et de largeur L2 constante, comprise entre 20 et 200 microns.

[0116] La gravure secondaire étant par ailleurs destinée à former une surface secondaire 11b du premier niveau 11, le deuxième masque 200 est également ouvert sur une troisième zone 322 recouvrant cette surface secondaire 11b. Comme illustré, la troisième zone 322 est avantageusement élargie d'une distance de sécurité S, de préférence supérieure à 10 microns, encore préférentiellement comprise entre 10 et 100 microns.

[0117] En l'espèce, les deuxième et troisième zones 321, 322 se superposant partiellement, elles forment ensemble une deuxième ouverture 320 du masque 300.

[0118] La réalisation du deuxième masque de gravure 300, muni de ses ouvertures 310, 320, comprend par exemple des sous-étapes e1 à e4, similaires respectivement aux étapes b2 à b5 décrites précédemment et détaillées dans la suite :

A ce stade du procédé, dans l'exemple illustré, une couche d'oxyde de silicium 230 est déjà présente sur le deuxième côté 102 de la plaquette 100, comme suite de l'étape b1 réalisée précédemment.

[0119] (Dans le mode de réalisation alternatif mentionné précédemment, une couche d'oxyde de silicium issue de la réoxydation de la plaquette après gravure primaire et formant couche d'arrêt sur le premier côté 101 remplacerait cette couche 230 sur le deuxième côté 102. Le reste du procédé resterait similaire.)

[0120] Dans une sous-étape e1), on dépose une couche de résine photosensible 340 sur ladite couche d'oxyde de silicium 230.

[0121] Dans une sous-étape e2), on expose la couche de résine 340 au rayonnement lumineux R d'une source lumineuse (non illustrée), à travers un masque photolithographique 350 muni de fenêtres 351, 352 correspondant aux contours de gravure secondaire souhaités.

[0122] Pour garantir le bon positionnement relatif des différents niveaux de l'ancre 10, on peut à ce stade réaliser une étape complémentaire de référencement (non représentée) consistant à indexer la position du masque photolithographique 350 sur des marques d'alignement gravées lors de la gravure primaire. On fait par exemple coïncider ces marques d'alignement, avec des marques du masque photolithographique 350, éventuellement au

moyen d'un système de référencement par caméra.

[0123] Une fois l'opération de photolithographie achevée, on élimine localement la résine photosensible irradiée en la solubilisant dans un bain chimique approprié, pour former des ouvertures 341, 342 correspondant aux contours de gravure secondaire souhaités.

[0124] Dans une sous-étape e3), on grave la couche d'oxyde de silicium 230 sous les ouvertures 341, 342 de la résine 340, notamment par gravure au plasma, pour y former des ouvertures 232, 233 correspondantes.

[0125] Puis, dans une étape e4, la couche de résine 340 est retirée, notamment par gravure au plasma. Dans ce cas, le masque 300 n'est plus formé que par la couche d'oxyde de silicium 230 dont les ouvertures 232, 233 forment les ouvertures 310, 320 du deuxième masque 300.

[0126] Comme expliqué précédemment, la couche de résine 340 pourrait être conservée pour la gravure. Et la couche d'oxyde de silicium 230 pourrait aussi être omise.

[0127] Une fois le deuxième masque 300 en place, et dans une nouvelle étape f) du procédé, la plaquette 100 est gravée à travers les ouvertures 310, 320 du masque 300 pour former le deuxième niveau 12 de l'ancre 10, la surface secondaire 11b du premier niveau 11, et des bords du niveau intermédiaire 13.

[0128] La gravure est là encore typiquement une gravure ionique réactive profonde.

[0129] Selon l'invention, la profondeur cible d2 de cette gravure secondaire est telle que la gravure secondaire atteint au moins localement la couche d'arrêt 400. La profondeur d2 est ici égale à la somme des épaisseurs z2 et z4 respectivement du deuxième niveau 12 et du niveau intermédiaire 13. En pratique, la somme des première et deuxième profondeurs cibles d1, d2 est au moins égale à l'épaisseur d de la plaquette. Dans l'exemple particulier de l'ancre 10 de la figure 1, cette somme excède l'épaisseur d d'une valeur z4. Autrement dit :

- la gravure secondaire dépasse les surfaces de fond de gravure primaire, d'une profondeur z4, sur les zones où la gravure n'est pas stoppée prématurément par la couche d'arrêt 400, et
- la gravure secondaire s'arrête à une profondeur d2' égale à d-d1 au droit des surfaces de fond de gravure primaire.

[0130] Au droit du premier niveau 11, la gravure secondaire n'est stoppée qu'à la profondeur cible d2. La surface de fond de gravure forme, dans ce cas, la surface secondaire 11b du premier niveau 11.

[0131] Grâce à la distance de sécurité S conservée lors de la gravure primaire, les bords de gravure secondaire formant les bords du deuxième niveau 12 intersectent de façon nette la couche d'arrêt 400 à la profondeur d2', évitant ainsi la formation d'un surplus de matière.

[0132] La figure 4 illustre les bords de gravure secondaire délimitant les cornes 34, 35 de la fourchette 33. Du fait de la distance de sécurité S prévue lors de la gravure primaire, ces bords intersectent nettement la couche

d'arrêt 400. Dans l'exemple illustré, la distance de sécurité S est égale à la largeur L2 d'un liseré de gravure secondaire. Cet exemple n'est cependant par limitatif et la distance de sécurité S pourrait être plus faible tout en restant non nulle.

[0133] De la même façon, grâce à la distance de sécurité S conservée lors de la gravure secondaire, les surplus de matière sont évités en bordure du premier niveau.

[0134] Dans une étape suivante g) du procédé, la ou les couches d'arrêt 400 sont retirées.

[0135] Dans le cas où la couche d'arrêt 400 est une couche d'oxyde de silicium, la plaquette 100 est plongée dans un bain chimique adapté, typiquement un bain d'acide fluorhydrique. Dans le cas d'une couche d'aluminium, la plaquette 100 est également plongée dans un liquide adapté pour dissoudre l'aluminium. Enfin, on pourra utiliser un plasma oxygène pour retirer une couche de parylène.

[0136] Optionnellement on peut ensuite, dans une étape h), procéder à une ou plusieurs séquence(s) d'oxydation puis désoxydation de la plaquette 100, en vue de lisser les surfaces des ancrs 10 et/ou d'en modifier les dimensions.

[0137] On peut enfin procéder à une étape i) d'oxydation de la plaquette en vue d'en améliorer les caractéristiques mécaniques des ancrs 10.

[0138] Puis on détache ensuite les ancrs 10 de la plaquette (étape j), en rompant les attaches 324 les maintenant au reste de la plaquette.

[0139] Dans le procédé décrit précédemment, les étapes peuvent se succéder dans l'ordre a, b, c, d, e, f et le cas échéant g et/ou h et/ou i et/ou j, décrites précédemment. Certaines étapes peuvent toutefois être interverties ou supprimées. Ainsi, par exemple, l'étape e) peut être réalisée avant l'étape d) et même éventuellement avant l'étape c) ou avant l'étape b).

[0140] De façon générale, le procédé n'est pas limité à une succession de séquences particulière, et peut être réalisé selon toute succession d'étapes adaptées permettant de réaliser la gravure primaire puis la gravure secondaire, en utilisant, pour stopper au moins localement la gravure secondaire, au moins une couche d'arrêt réalisée préalablement sur le premier côté de la plaquette une fois gravé.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'au moins un composant horloger (10), ledit procédé comprenant au moins les étapes suivantes:

- Fournir une plaquette monolithique en silicium (100),
- Sur un premier côté de la plaquette (101), réaliser un premier masque (200) de gravure primaire muni d'au moins une ouverture (210),
- Graver la plaquette (100) à travers ladite au

- moins une ouverture (210) du premier masque (200) de gravure primaire pour former des bords d'un premier niveau (11) du composant, la profondeur cible (d1) de gravure primaire (101) étant telle que ladite gravure primaire ne traverse pas la plaquette,
- Réaliser au moins une couche d'arrêt (400) sur le premier côté (101) gravé de la plaquette (100),
 - Sur le deuxième côté de la plaquette (102) opposé au premier côté (101), réaliser un deuxième masque (300) de gravure secondaire muni d'au moins une ouverture (310, 320),
 - Graver la plaquette (100) à travers ladite au moins une ouverture (310, 320) du deuxième masque (300) pour former des bords d'un deuxième niveau (12) du composant, la profondeur cible de gravure secondaire étant telle qu'au moins localement ladite gravure secondaire atteint ladite au moins une couche d'arrêt.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la somme des profondeurs cibles de gravure primaire et secondaire (d1, d2) est strictement supérieure à une épaisseur (d) de la plaquette.
 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la somme des profondeurs cibles de gravure primaire et secondaire (d1, d2) est telle que le composant formé à l'issue de la gravure secondaire comporte, entre le premier et le deuxième niveau (11, 12), un niveau intermédiaire (13) dont certains bords sont dans le prolongement de bords du premier niveau et d'autres bords sont dans le prolongement de bords du deuxième niveau.
 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la au moins une couche d'arrêt (400) comprend une couche d'oxyde de silicium et/ou une couche d'aluminium et/ou une couche de parylène.
 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la gravure primaire de la plaquette (100) à travers ladite au moins une ouverture (210) du premier masque (200) forme en outre une surface primaire (12a) du deuxième niveau (12) orientée vers le premier côté (101) et éventuellement au moins une partie de bord d'un niveau intermédiaire du composant.
 6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel ladite surface primaire du deuxième niveau (12) du composant (10) est, au moins sur une partie limite, délimitée par un bord du deuxième niveau, et l'ouverture du premier masque (200) recouvre ladite surface primaire prévisionnelle élargie, au droit de ladite partie limite, d'une distance de sécurité (S) supérieure à 10 microns, de préférence comprise entre 10 et 100 microns.
 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la gravure secondaire de la plaquette (100) à travers ladite au moins une ouverture (310, 320) du deuxième masque (300) forme en outre une surface secondaire (11b) du premier niveau (11) orientée vers le deuxième côté (102) et éventuellement au moins une partie de bord d'un niveau intermédiaire dudit composant.
 8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel ladite surface secondaire du premier niveau (11) du composant (10) est, au moins sur une partie limite, délimitée par un bord du premier niveau, et l'ouverture du deuxième masque (200) recouvre ladite surface secondaire élargie, au droit de ladite partie limite, d'une distance de sécurité (S) supérieure à 10 microns, de préférence comprise entre 10 et 100 microns.
 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel au moins une partie d'une ouverture du premier masque (200), respectivement du deuxième masque (300), définissant un contour du premier niveau, respectivement du deuxième niveau, présente une largeur comprise entre 20 et 200 microns.
 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel la réalisation du masque de gravure primaire et/ou la réalisation du masque de gravure secondaire comprend la structuration par photolithographie d'une couche de résine déposée sur le premier côté (101), respectivement le deuxième côté (102), de la plaquette (100), pour former des ouvertures définissant les bords du premier niveau (11), respectivement du deuxième niveau, du composant.
 11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel la réalisation du masque de gravure primaire et/ou la réalisation du masque de gravure secondaire comprend :
 - le dépôt d'une couche de résine sur une couche d'oxyde préalablement réalisée sur le premier côté, respectivement le deuxième côté de la plaquette,
 - la structuration par photolithographie de ladite couche de résine pour former des ouvertures définissant au moins les bords du premier niveau (11), respectivement du deuxième niveau, du composant.
 - l'ouverture de la couche d'oxyde au niveau des dites ouvertures,
 et éventuellement l'élimination de la couche de ré-

sine.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel le procédé comprend, après gravure de la plaquette à travers le masque de gravure primaire, une oxydation de la plaquette de sorte que la couche d'oxyde issue de cette oxydation forme une couche d'arrêt sur le premier côté gravé de la plaquette, puis la formation du masque de gravure secondaire à partir de ladite couche d'oxyde sur le deuxième côté de la plaquette. 5 10
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel le au moins un composant horloger (10) est une ancre ou une roue ou un plateau ou une aiguille ou un spiral ou un élément à lame(s) flexible(s). 15
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel la plaquette (100) est polie sur ses deux côtés (101, 102). 20
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, comprenant en outre le retrait de la au moins une couche d'arrêt (400). 25
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, comprenant en outre, à l'issue de la gravure secondaire, une oxydation de la plaquette portant le au moins un composant (100). 30
17. Composant horloger en silicium, notamment obtenu par mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, ledit composant comprenant au moins un premier niveau et un deuxième niveau au moins partiellement superposés dans une direction transversale dudit composant, et ledit composant étant un composant monolithique. 35

40

45

50

55

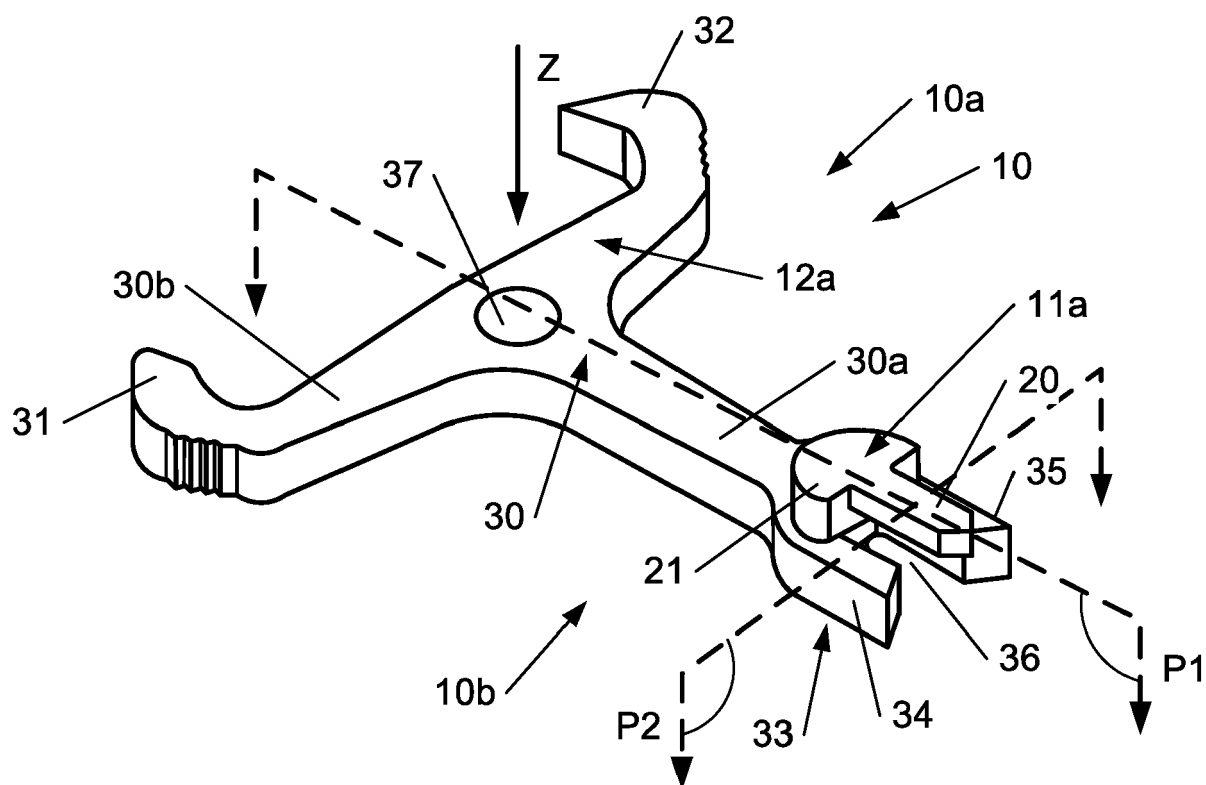


Fig. 1

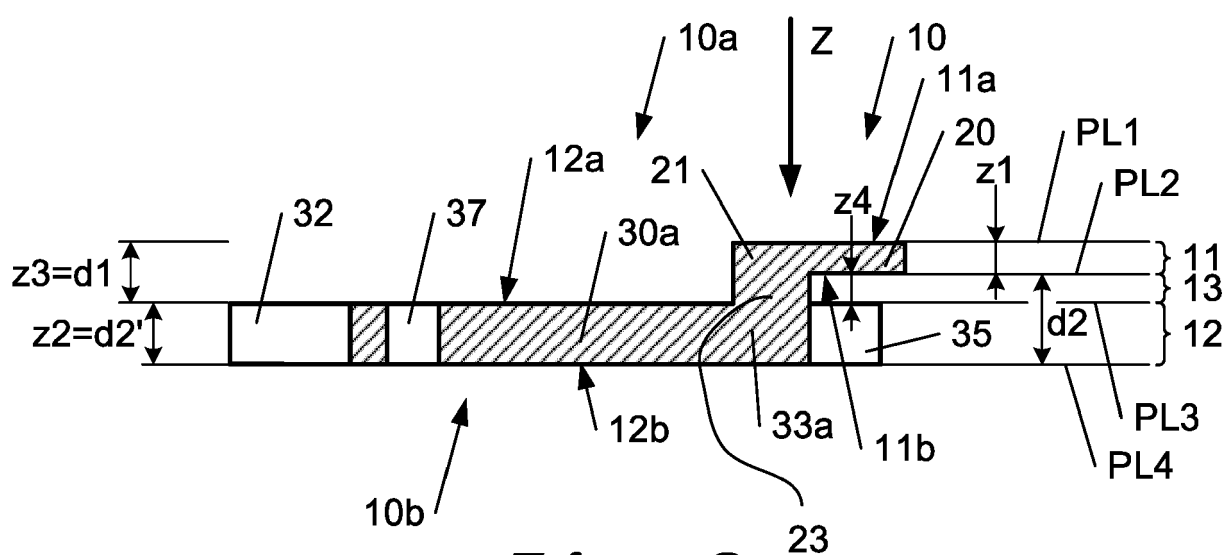


Fig. 2

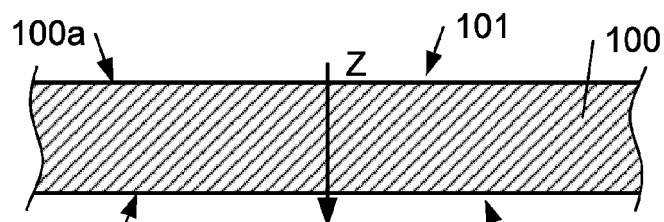


Fig. 3a

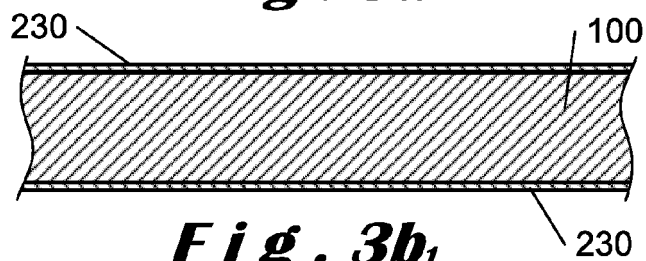


Fig. 3b₁

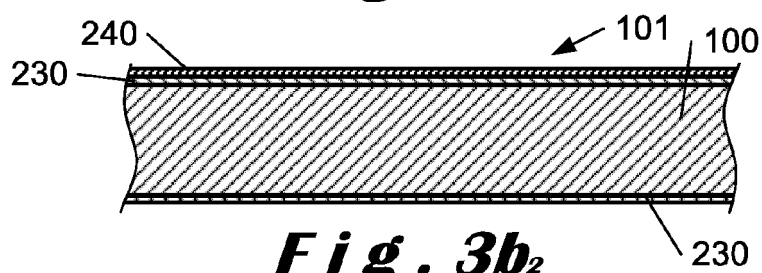


Fig. 3b₂

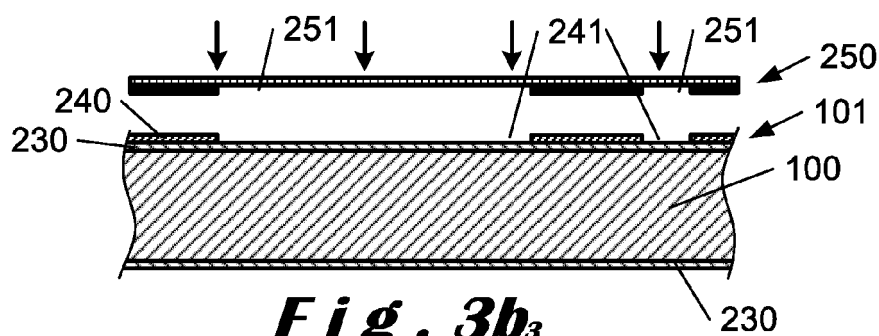


Fig. 3b₃

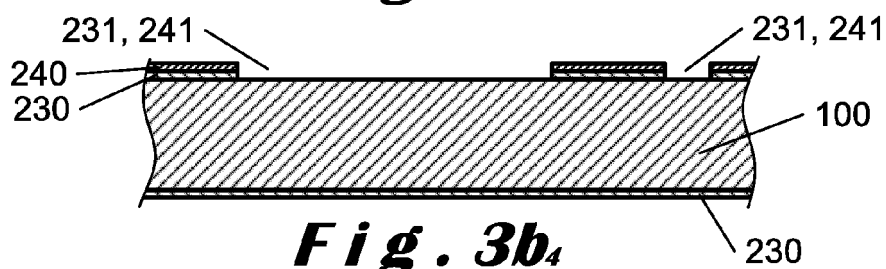


Fig. 3b₄

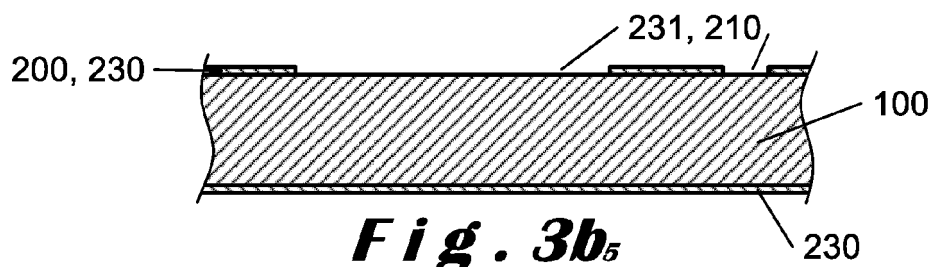
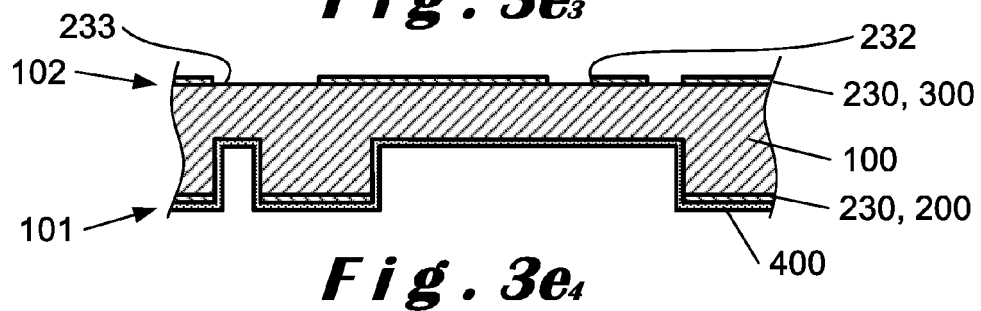
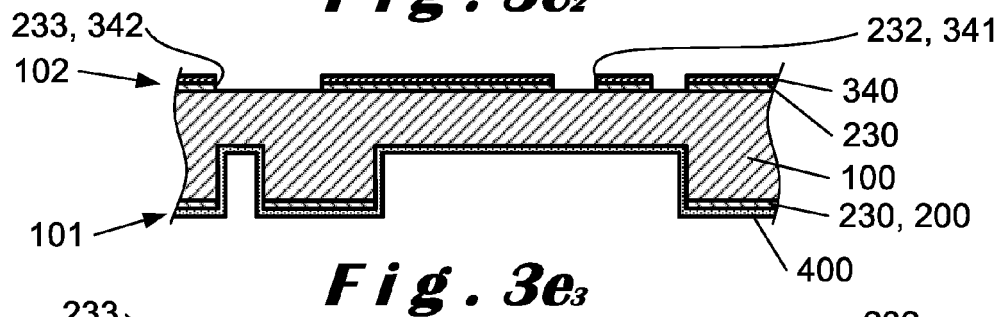
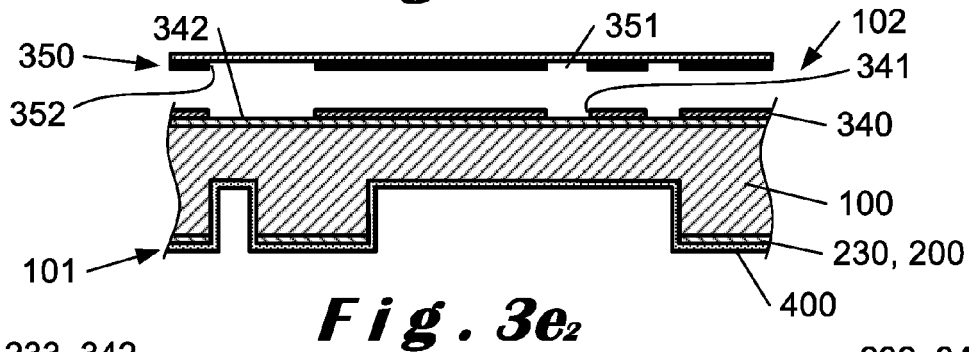
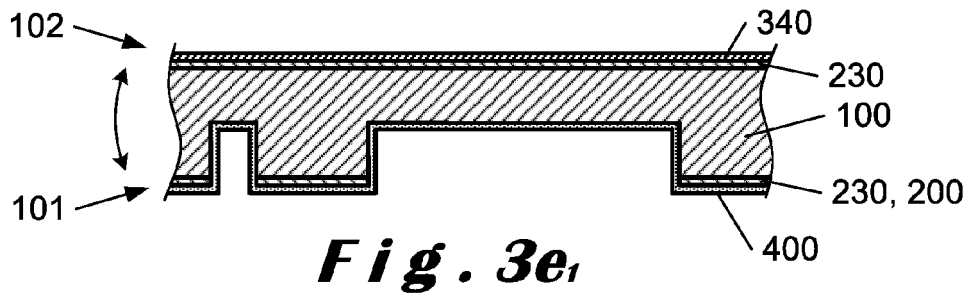
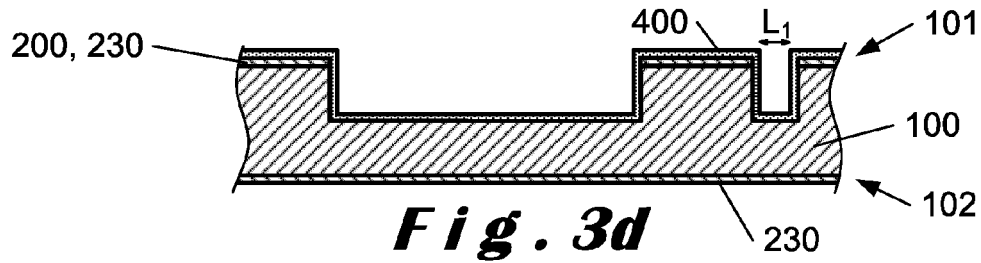
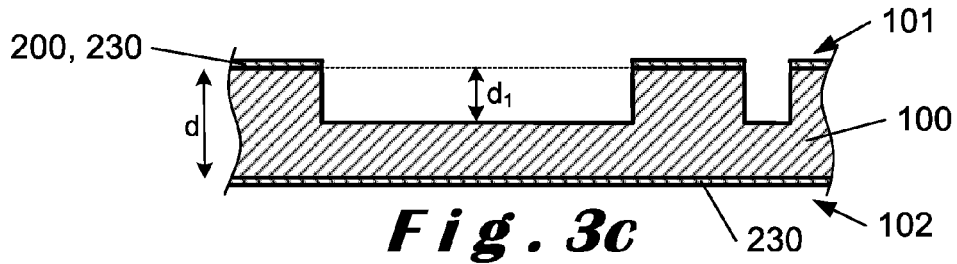
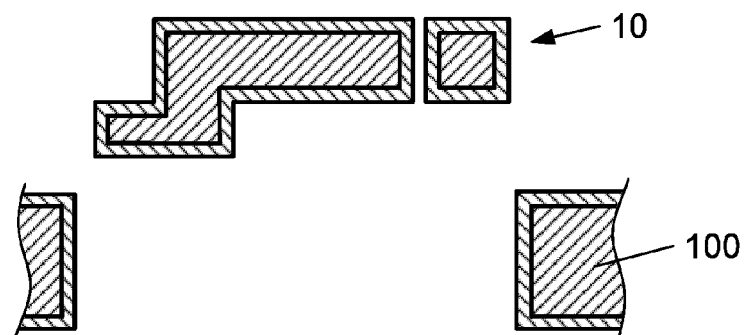
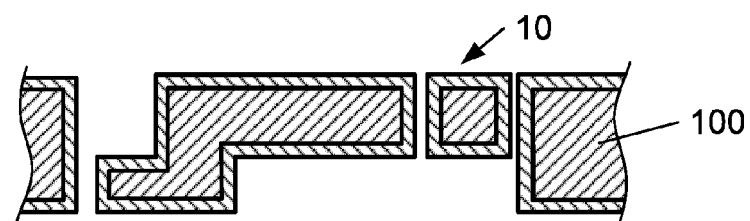
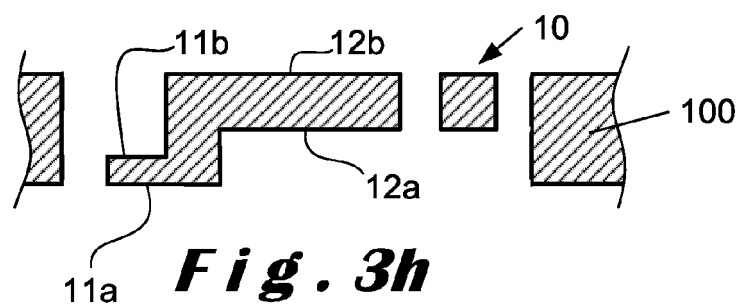
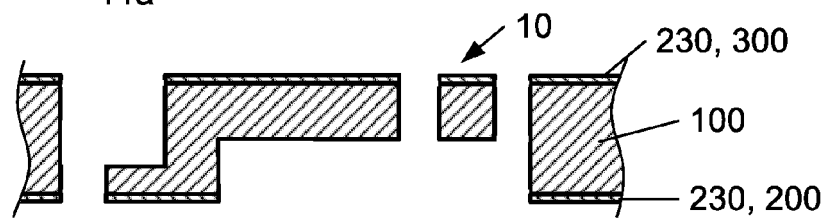
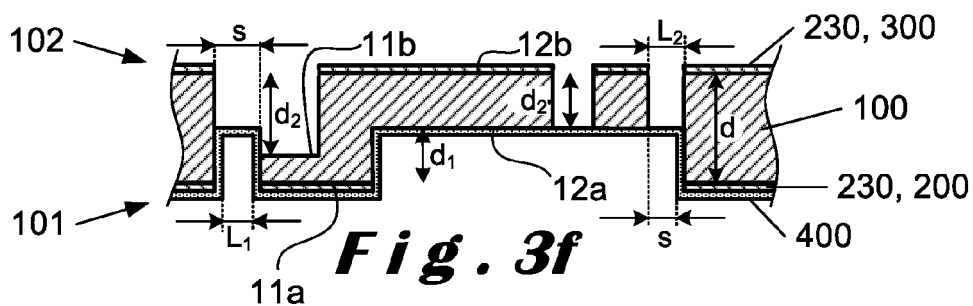


Fig. 3b₅





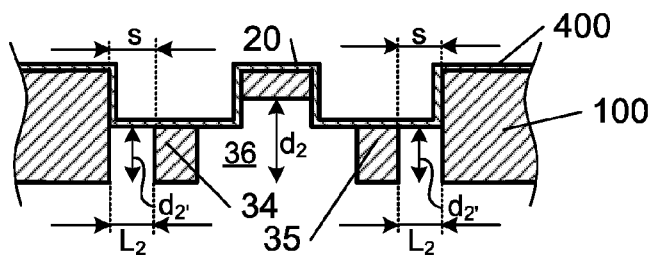


Fig. 4

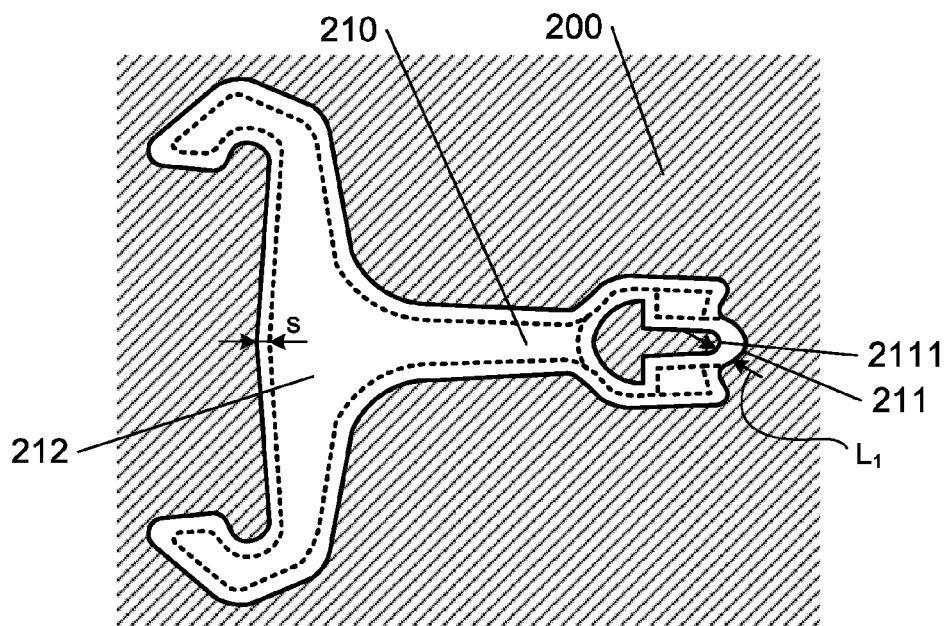


Fig. 5

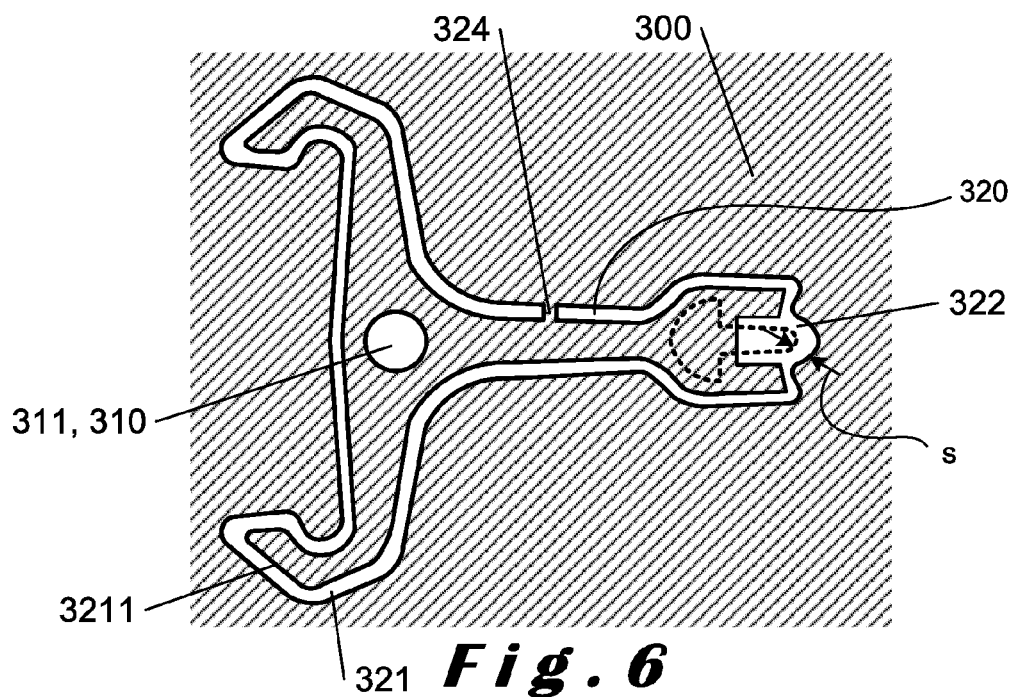


Fig. 6



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 17 4885

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	US 2020/057412 A1 (FUNAKAWA TAKEO [JP] ET AL) 20 février 2020 (2020-02-20)	1-3, 5-10, 13-17	INV. G04B15/14 G04B15/08 G04D3/00
Y	* alinéas [0101], [0102]; figures 14E, 14F, 14G *	4, 11	
A	* alinéas [0093] - [0109]; figures 12-15 * -----	12	
Y	TIAN J ET AL: "Simultaneous through-silicon via and large cavity formation using deep reactive ion etching and aluminum etch-stop layer", 58TH ELECTRONIC COMPONENTS AND TECHNOLOGY CONFERENCE - 27-30 MAY 2008 - LAKE BUENA VISTA, FL, USA, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 27 mai 2008 (2008-05-27), pages 1787-1792, XP031276443, ISBN: 978-1-4244-2230-2 * Conclusions; page 1792 * * B. Process flow; figure 7 * ----- -/--	4, 11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B G04D
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13 octobre 2022	Examineur Cavallin, Alberto
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)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 17 4885

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	WEI JIA ET AL: "A novel semi-SOI fabrication process for integrated 3D micromachining", NANO/MICRO ENGINEERED AND MOLECULAR SYSTEMS, 2008. NEMS 2008. 3RD IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 1 janvier 2008 (2008-01-01), pages 717-720, XP055970099, Piscataway, NJ, USA DOI: 10.1109/NEMS.2008.4484429 ISBN: 978-1-4244-1907-4 Extrait de l'Internet: URL:https://ieeexplore.ieee.org/stampPDF/getPDF.jsp?tp=&arnumber=4484429&ref=aHR0cHM6Ly9pZWVleHBsb3JlLmllZWUub3JnL2RvY3VtZW50LzQ0ODQ0Mjk=> * A. Support layer; pages 718,719; figures 4,5 * -----	4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		13 octobre 2022	Cavallin, Alberto
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			

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 22 17 4885

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.

13-10-2022

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
	US 2020057412 A1	20-02-2020	CN 110824879 A	21-02-2020
			JP 7143675 B2	29-09-2022
15			JP 2020027064 A	20-02-2020
			US 2020057412 A1	20-02-2020

20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0460

EPO FORM P0460

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