



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 705 861 A2

(51) Int. Cl.: G04B 31/02 (2006.01)
G04B 31/06 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 02729/12

(22) Date de dépôt: 07.12.2012

(43) Demande publiée: 14.06.2013

(30) Priorité: 12.12.2011 CH 1960/11

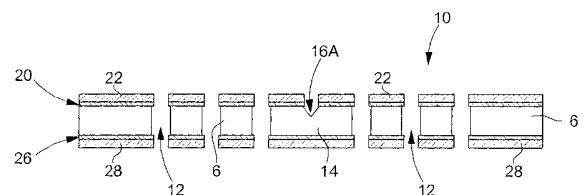
(71) Requêteur:
The Swatch Group Research and Development Ltd,
Rue des Sors 3
2074 Marin (CH)

(72) Inventeur(s):
Thierry Hessler, 2024 St-Aubin (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Palier antichoc pour pièce d'horlogerie.**

(57) L'invention a pour objet un palier antichoc pour pièce d'horlogerie comprenant une structure élastique (10) et une partie centrale (14) portée par cette structure élastique, cette partie centrale présentant un trou borgne (16A) destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant de la pièce d'horlogerie. La structure élastique et la partie centrale sont formées par une seule plaquette monobloc (6) constituée de quartz monocristallin et le trou borgne présente au moins partiellement la forme d'une pyramide tronquée ou non tronquée contre laquelle vient buter l'extrémité du pivot. L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un tel palier antichoc dans lequel il est prévu d'usiner la plaquette monobloc dans un bain chimique de gravure anisotrope du quartz monocristallin. De préférence, deux masques (20, 26) sont agencés respectivement des deux côtés de la plaquette pour effectuer simultanément une attaque du quartz depuis les deux côtés.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne le domaine des paliers antichoc (paliers avec un dispositif amortisseur de chocs) pour pièce d'horlogerie et leurs procédés de fabrication. En particulier, l'invention concerne un palier antichoc destiné à recevoir un pivot de l'axe du balancier d'un mouvement de montre mécanique.

Arrière-plan technologique

[0002] Le document CH 700 496 décrit un palier antichoc constitué par du silicium monocristallin et comprenant une partie centrale et des bras radiaux élastiques reliant cette partie centrale à une partie annulaire périphérique. La partie centrale comprend un trou évasé ayant la forme d'une pyramide à quatre pans. Premièrement, on remarquera qu'un fond de trou à quatre pans n'est pas optimal pour l'appui d'un pivot. Concernant la réalisation d'un tel trou, ce document prévoit une gravure humide anisotrope. Pour ce faire, il est mentionné que le substrat de silicium doit être convenablement orienté pour pouvoir usiner ce trou de forme pyramidale. Ensuite, pour effectuer l'usinage du reste de la pièce monolithique en silicium et en particulier les bras élastiques, ce document propose d'utiliser une autre technique d'usinage, à savoir la gravure ionique réactive profonde (DRIE, de l'anglais «Deep Reactive Ion Etching»). Cette dernière technique nécessite des installations complexes et coûteuses qui sont différentes de celles utilisées pour une gravure humide anisotrope. Ainsi, le coût de fabrication de paliers antichoc selon l'enseignement de ce document est relativement élevé. On remarquera que l'utilisation de deux techniques différentes dans des installations différentes pour usiner les pièces en silicium ne provient pas d'une propension des auteurs du document CH 700 496 à compliquer inutilement le procédé de fabrication des paliers antichoc en silicium. De fait ceci résulte d'une nécessité découlant des propriétés du silicium monocristallin. En effet, l'orientation du substrat en silicium appropriée à l'obtention du trou pyramidal évasé ne permet ni d'obtenir une structure élastique avec des bras ayant des parois latérales sensiblement verticales, ni la partie annulaire périphérique.

[0003] De manière générale, le présent inventeur a constaté que le silicium ne permet pas l'usinage d'une structure avec des parois sensiblement verticales et présentant une courbure par une gravure chimique dans un bain d'acide. De plus, pour obtenir des ouvertures dans une plaquette de silicium monocristallin avec des parois verticales, seules des orientations spécifiques du cristal de silicium dans cette plaquette sont possibles (non compatibles avec l'orientation permettant d'obtenir des trous pyramidaux). Les directions possibles pour de telles parois verticales sont limitées et ces parois verticales sont formées seulement de surfaces planes.

[0004] Le document WO 2009/060 074 décrit des paliers antichocs comprenant une pièce monolithique en silicium et une pierre percée associée à celle-ci. Cette pièce monolithique définit une structure élastique et une pierre contre-pivot. Elle est réalisée dans une plaque en silicium en utilisant les procédés bien connus de photolithographie et de gravure. Ce document mentionne que les pièces monolithiques peuvent être réalisées en silicium ou en un autre matériau de préférence monocristallin facilement usinable par des techniques de photolithographie et de gravure chimique. Aucun exemple autre que le silicium n'est donné. Concernant le silicium, comme mentionné précédemment, s'il est possible d'obtenir des fentes ou ouvertures à parois verticales, les designs sont limités. En particulier, tous les designs représentés sur les figures de ce document ne peuvent être obtenus par une gravure chimique d'une plaquette de cristal de silicium.

[0005] L'enseignement de ce document concernant le procédé de fabrication de paliers antichocs en matériau monocristallin reste vague. Seul le cas du silicium est explicitement mentionné. Les limites et désavantages d'une réalisation en cristal de silicium ont été exposés dans la discussion du document CH 700 496. De plus, le sens donné ici à gravure chimique n'est pas clair. Quoiqu'il en soit, on peut conclure que les structures élastiques telles que représentées aux figures ne sont pas réalisées dans un bain d'acide, mais plutôt par une gravure ionique réactive profonde comme dans le document CH 700 496.

[0006] Le Déposant de la demande de brevet WO 2009/060 074 a également déposé la demande de brevet EP 2 015 147 (mêmes dates de priorité). Ce dernier document divulgue un palier antichoc formé par une pastille en matériau monocristallin, cette pastille définissant une structure élastique et une partie centrale avec un trou borgne destiné à recevoir un pivot de balancier. Dans une variante, la structure élastique définit trois spirales imbriquées. Le trou borgne a une forme cylindrique avec un fond plat, comme représenté sur les figures. On remarquera que la forme cylindrique à fond plat n'est pas optimale car le pivot bouge et vient frotter contre la partie cylindrique de manière erratique, car le trou est plus large que la partie du pivot introduit dans celui-ci. Selon un mode de réalisation principal, ce document propose d'utiliser une pastille ou plaquette de silicium monocristallin, laquelle est usinée en utilisant les techniques bien connues de photolithographie (nommées aussi procédés chimiques).

Résumé de l'invention

[0007] La présente invention a pour but de répondre au problème d'usinage complexe et coûteux de pièces monobloc en cristal monocristallin, et de fournir un palier antichoc, formé par une pièce monobloc définissant une structure élastique et une partie centrale dans laquelle est usiné un trou destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant, qui puisse être usiné de manière industrielle à relativement bas coût tout en étant de grande qualité.

[0008] Un autre but de l'invention est de fournir un palier antichoc du type décrit ci-dessus qui présente un trou borgne dont la forme soit avantageuse pour assurer un bon centrage de l'axe du mobile tournant pivoté dans ce trou borgne et pour minimiser les frottements.

[0009] L'invention a aussi pour but de fournir un palier antichoc qui soit esthétique et qui présente un aspect particulier reconnaissable.

[0010] A cet effet, la présente invention a pour objet un palier antichoc pour pièce d'horlogerie comprenant une structure élastique et une partie centrale portée par cette structure élastique, cette partie centrale présentant un trou borgne destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant de la pièce d'horlogerie. La structure élastique et la partie centrale sont formées par une seule pièce monobloc constituée de quartz monocristallin et le trou borgne présente trois facettes obliques définissant ensemble une pyramide trigonale tronquée ou non tronquée.

[0011] Dans une variante préférée, la pièce monobloc est une plaquette ajourée dont l'axe perpendiculaire à ses deux faces principales est presque parallèle à l'axe optique du quartz monocristallin.

[0012] La présente invention a aussi pour objet deux modes principaux de mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'un palier antichoc dont la structure élastique et une partie centrale, portée par cette structure élastique et présentant un trou borgne, sont en quartz monocristallin.

[0013] Le procédé de fabrication selon l'invention permet d'obtenir un palier antichoc transparent de grande qualité par un procédé relativement peu onéreux qui ne nécessite que des usinages dans des bains chimiques. De plus, ce procédé permet d'usiner un trou borgne pour le palier dont le fond est défini au moins partiellement par une pyramide trigonale contre les faces de laquelle vient buter le pivot d'un mobile tournant. Un tel trou borgne permet d'assurer un meilleur centrage de l'axe du mobile tournant et également de minimiser les frottements. Un palier transparent présente aussi un avantage technique par le fait qu'il permet de mieux vérifier la présence d'huile dans le trou.

[0014] D'autres caractéristiques particulières et avantages de l'invention seront exposés ci-après dans la description détaillée de l'invention.

Brève description des dessins

[0015] L'invention sera décrite ci-après à l'aide de dessins annexés, donnés à titre d'exemples nullement limitatifs, dans lesquels:

- la fig. 1 est une vue en coupe d'un mode de réalisation d'un palier antichoc selon l'invention;
- la fig. 2 est une vue de dessus d'un disque ajouré en quartz monocristallin formant le palier antichoc de la fig. 1;
- la fig. 3 est une vue schématique en perspective d'un cristal de quartz monocristallin dans lequel est tronçonnée une plaque utilisée pour fabriquer le disque ajouré de la fig. 2;
- la fig. 4A est une coupe d'une plaquette en quartz recouverte sur ses deux faces principales d'un masque sélectionné pour résister à un bain d'attaque chimique du quartz;
- la fig. 4B est une coupe schématique de la plaquette de la fig. 4A après usinage dans un bain chimique prévu pour une attaque anisotrope du quartz;
- la fig. 5 est une vue en plan d'une première variante du trou borgne obtenu dans la plaquette en quartz usinée selon le procédé de l'invention;
- la fig. 6 est une vue en plan d'une deuxième variante du trou borgne obtenu dans la plaquette en quartz usinée selon le procédé de l'invention;
- la fig. 7 est une vue en coupe selon la ligne VII-VII de la fig. 6, pour une variante où qui diffère de celle de la fig. 6 seulement par le fait que la partie initiale du trou borgne n'a pas une paroi verticale mais présente toutefois une pente abrupte; et
- les fig. 8A et 8B sont des coupes correspondantes aux fig. 4A et 4B avec une plaque en quartz plus épaisse et un trou borgne d'un diamètre supérieur dont la forme est similaire au trou borgne représenté aux fig. 6 et 7.

Description détaillée de l'invention

[0016] A l'aide des fig. 1, 2, 3 et 5, on décrira ci-après un palier antichoc 2 selon l'invention. Ce palier antichoc est agencé dans un pont ou une platine 4 d'une pièce d'horlogerie et il est constitué d'une plaquette 6 en quartz monocristallin (cette plaquette définissant une pastille ou un disque) et d'une base 8 qui présente un logement pour la plaquette 6. Cette

plaquette comprend une structure élastique 10, formée par les fentes sensiblement circulaires 12 usinées dans cette plaquette, et une partie centrale 14 portée par cette structure élastique et présentant un trou borgne 16 destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant (non représenté) du mouvement d'horlogerie. Les fentes sensiblement en arc de cercle définissent entre elles des bras élastiques en spirale reliant la partie centrale à la région périphérique de la plaquette 6. Cette structure élastique et cette partie centrale sont donc formées par une seule pièce monobloc constituée de quartz monocristallin.

[0017] Grâce à l'agencement d'une structure élastique en périphérie de la partie centrale 14, cette dernière peut subir des déplacements dans le plan de la plaquette 6 et également, dans une certaine mesure, verticalement. A cet effet, une fente entre la structure élastique 10 et le fond du logement de la base 8 est de préférence prévue. Le palier 2 définit un palier antichoc suspendu. On remarquera que la base comprend une ouverture pour le passage de l'axe d'un mobile tournant et sert de butée en cas d'un choc axial et/ou vertical violent. On notera que la butée peut être agencée de diverses manières et que, dans une variante, la plaquette 6 est directement agencée dans le pont ou la platine 4 sans élément intermédiaire.

[0018] La structure élastique peut présenter de nombreuses variantes au niveau du design dans le plan de la plaquette 6. Il suffit que la partie centrale 14 soit reliée de manière élastique à la partie périphérique de la base 8. Toutefois, l'agencement de bras en spirale imbriqués du type représenté à la fig. 2 est avantageux, car on augmente la longueur des bras élastiques relativement à une configuration avec des bras radiaux. Pour ce faire, la sélection d'une plaquette en quartz est remarquable car un tel design peut être obtenu par un procédé de gravure chimique dans un bain, procédé qui sera exposé par la suite.

[0019] Selon l'invention, le trou borgne 16, usiné dans la face inférieure de la partie centrale 14, présente trois facettes obliques 40A, 40B, 40C définissant ensemble au moins partiellement une pyramide trigonale (voir fig. 5). Selon une variante, chacune des trois facettes définit un angle d'environ 40° avec l'axe central Z du trou borgne, c'est-à-dire que la droite médiane 42 de chacune de ces facettes définit un angle d'environ 40° avec l'axe central du trou borgne. Le fond du trou borgne, notamment lorsque le diamètre du trou devient plus grand, peut présenter encore d'autres facettes (voir fig. 6). Ces différentes facettes proviennent de l'attaque chimique du quartz prévue dans le procédé de fabrication selon l'invention décrit ci-après.

[0020] Dans une variante préférée, le trou borgne présente également une paroi latérale sensiblement verticale dans sa partie initiale (voir fig. 7). Ainsi, les trois facettes ne se prolongent pas jusqu'à la face externe de la pièce monobloc où débouche le trou borgne et la surface latérale du trou borgne entre la face externe et les trois facettes présente une ou des pentes plus raides que celle de ces trois facettes. Selon une variante particulière, la ou les pentes définie(s) par la surface latérale du trou borgne est/sont inférieure(s) à vingt degrés (20°) relativement à l'axe central de ce trou borgne.

[0021] Selon un mode de réalisation préféré, la plaquette 6 en quartz monocristallin est sélectionnée de sorte que l'axe Z, perpendiculaire à ses deux faces principales, est approximativement l'axe optique du quartz monocristallin. La fig. 3 montre schématiquement un cristal de quartz 18 et une tranche 6A qui est tronçonnée dans ce cristal de quartz pour fabriquer une plaque dans laquelle est ensuite usinée la plaquette 6 selon l'invention.

[0022] Selon une première alternative ou un premier mode de mise en œuvre du procédé de fabrication d'un palier antichoc du type comprenant une structure élastique et une partie centrale portée par cette structure élastique et présentant un trou borgne destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant de la pièce d'horlogerie, cette structure élastique et cette partie centrale étant formées par une seule pièce monobloc, il est prévu les étapes suivantes:

A) Réalisation d'une plaquette en quartz monocristallin dont les deux faces principales, respectivement première et deuxième faces, sont sensiblement orientées perpendiculairement à l'axe optique de la structure cristalline du quartz monocristallin;

B) Formation d'un premier masque sur la première face de la plaquette en quartz monocristallin, ce premier masque étant structuré par photolithographie de manière à définir sur cette première face les contours de la structure élastique et du trou borgne prévus dans ladite plaquette;

C) Usinage de la structure élastique et du trou borgne dans la plaquette en quartz monocristallin en introduisant cette plaquette dans un bain de gravure chimique adapté à une attaque anisotrope du quartz monocristallin qui privilégie fortement une attaque selon l'axe optique, le premier masque étant sélectionné pour résister à l'attaque de ce bain de gravure chimique.

[0023] On remarquera que notamment dans le cas d'un diamètre de trou relativement petit, en particulier inférieur à environ 120 microns ($120\ \mu\text{m}$), la vitesse à laquelle le trou se forme selon son axe central est inférieure à la vitesse d'usinage, selon la direction de cet axe, de la structure élastique de sorte qu'il est possible d'obtenir simultanément le trou borgne et la structure élastique par une attaque chimique seulement depuis la première face.

[0024] Selon une variante préférée, la structure élastique usinée présente un design avec des fentes courbes et/ou des ouvertures dont les bords présentent au moins partiellement des lignes courbes; ce qui permet d'optimiser cette structure élastique comme exposé précédemment.

[0025] Dans une variante préférée de ce premier mode de mise en œuvre, représentée aux fig. 4A et 4B, il est prévu les étapes suivantes:

A) Réalisation d'une plaquette en quartz monocristallin 6A dont les deux faces principales, respectivement première et deuxième faces, sont sensiblement orientées perpendiculairement à l'axe optique Z de la structure cristalline du quartz monocristallin;

B) Formation d'un premier masque 20 sur la première face de la plaquette en quartz monocristallin et d'un second masque 26 sur la deuxième face de cette plaquette, ces premier et second masques étant structurés par photolithographie de manière à définir respectivement sur la première face et la deuxième face le contour de la structure élastique 10, le premier masque 20 définissant en plus le contour du trou borgne 16A prévu dans la plaquette 6;

C) Usinage de la structure élastique 10 et du trou borgne 16A dans la plaquette en quartz monocristallin en introduisant cette plaquette dans un bain de gravure chimique adapté à une attaque anisotrope du quartz monocristallin qui privilégie fortement une attaque selon l'axe optique Z, les premier et second masques étant sélectionnés pour résister à l'attaque de ce bain de gravure chimique.

[0026] Ainsi, on effectue simultanément une attaque de la plaquette en quartz des deux côtés de cette plaquette pour réaliser la structure élastique. Ceci permet premièrement de diminuer le temps d'usinage dans le bain chimique et ensuite d'obtenir des ouvertures avec des parois bien verticales. Cette variante est particulièrement indiquée lorsque le trou borgne présente un diamètre relativement grand, notamment supérieur à 150 microns (150 μm). Ainsi, il est aisément possible de réaliser le trou borgne simultanément à l'usinage de la structure élastique dans un seul et même bain chimique. Cependant, on remarquera que cette variante est avantageuse pour la réalisation de la structure élastique même lorsque le trou borgne a un diamètre inférieur.

[0027] Dans une variante particulière, la normale aux deux faces principales de la plaquette de quartz présente un angle d'environ deux degrés (2°) avec l'axe optique (axe de biréfringence) de la structure cristalline du quartz monocristallin. Le bain de gravure chimique du quartz contient notamment de l'acide fluorhydrique (HF). Il contient dans une variante également du fluorure d'ammonium (NH_4F).

[0028] Le procédé de photolithographie utilisé pour réaliser les deux masques est standard. Une couche photosensible 22, respectivement 28 est déposée sur une couche métallique 20, respectivement 26, par exemple une couche Chrome - Or (Cr-Au). Chaque couche photosensible est ensuite illuminée sélectivement et développée pour obtenir des ouvertures correspondant au masque prévu. Ainsi, la couche photosensible 22 présente des ouvertures 24A pour la structure élastique et une ouverture 25 pour le trou borgne; alors que la couche photosensible 28 présente seulement des ouvertures 24B pour la structure élastique 10. Une fois les couches photosensibles 22 et 28 structurées, la plaquette 6A est plongée dans un bain chimique adapté à l'attaque des couches métalliques 20 et 26 de manière à définir les deux masques correspondants (mêmes références que les couches métalliques) pour l'attaque localisée ultérieure du quartz.

[0029] Finalement, la plaquette 6A munies de ses deux masques est plongée dans un bain chimique sélectionné pour effectuer une gravure fortement anisotrope du quartz monocristallin en privilégiant une attaque sensiblement selon l'axe optique Z. Après une durée déterminée dans le bain chimique, laquelle est fonction notamment de l'épaisseur de la plaquette et aussi de la profondeur prévue pour le trou borgne, une plaquette ajourée 6 est obtenue avec des fentes circulaires 12 à parois sensiblement verticales. De plus, on obtient un trou borgne 16A dont le fond présente des facettes inclinées comme exposé précédemment (le profil symétrique en V dans la coupe de la fig. 4B est schématique, puisque dans une coupe transversale, on ne traverse généralement pas deux facettes de la pyramide selon une même inclinaison). Dans la variante représentée à la fig. 4B, le fond du trou est formé seulement par une pyramide trigonale. A titre d'exemple, la plaquette 6 a une épaisseur d'environ 200 microns et le diamètre du trou borgne est de 100 ou 120 microns.

[0030] Selon une deuxième alternative ou un deuxième mode de mise en œuvre du procédé de fabrication d'un palier antichoc du type décrit précédemment, ce procédé comprend les étapes suivantes:

A) Réalisation d'une plaquette en quartz monocristallin dont les deux faces principales, respectivement première et deuxième faces, sont sensiblement orientées perpendiculairement à l'axe optique de la structure cristalline du quartz monocristallin;

B) Formation d'un premier masque initial sur la première face de la plaquette en quartz monocristallin, ce premier masque initial étant structuré par photolithographie de manière à définir sur la première face le contour de la structure élastique mais pas le contour du trou borgne destiné à recevoir le pivot d'un mobile tournant;

C) Usinage partiel de la structure élastique, définie par le premier masque initial obtenu à l'étape B), dans la plaquette en quartz monocristallin en introduisant cette plaquette dans un bain de gravure chimique adapté à une attaque anisotrope du quartz monocristallin en privilégiant fortement une attaque selon l'axe optique du quartz monocristallin, le premier masque initial étant sélectionné pour résister à l'attaque du bain de gravure chimique;

D) Structuration du premier masque initial de manière à définir le contour du trou borgne et obtenir un premier masque final;

E) Usinage terminal de la structure élastique et simultanément usinage du trou borgne, défini par le premier masque final structuré à l'étape D), dans la plaquette en quartz monocristallin en introduisant à nouveau cette plaquette dans le bain de gravure chimique.

[0031] Une variante préférée de ce deuxième mode de mise en œuvre du procédé de l'invention est représentée schématiquement aux fig. 8A et 8B. Dans cette variante préférée, il est prévu, avant l'étape C), de former un second masque sur la deuxième face de la plaquette en quartz monocristallin, ce deuxième masque étant structuré par photolithographie de manière à définir le contour de la structure élastique sur cette deuxième face. Cette variante permet une attaque des deux côtés de la plaquette 36A comme représenté à la fig. 8A. Sur cette fig. 8A est représentée de manière schématique

une coupe d'une plaquette en quartz monocristallin 36A telle qu'elle se présente après l'étape C) du procédé selon la variante décrite ici et après illumination et développement de la couche photosensible 23 pour obtenir l'ouverture 25A dans cette couche permettant de réaliser le trou 25 (fig. 8B) dans le masque initial 21A de manière à obtenir le masque final 21. Ce masque final permet d'usiner le trou borgne 16B dans la phase terminale de l'usinage de la structure élastique 10 pour obtenir la plaquette ajourée 36 représentée à la fig. 8B. Le deuxième masque 27 a été structuré à l'aide de la couche photosensible 29. Pour graver les masques 21A et 27, les couches photosensibles 23 et 29 sont respectivement structurées par photolithographie et présentent alors respectivement des ouvertures 24A et 24B correspondant à la structure élastique 10 prévue. Avant de graver l'ouverture 25 dans le masque 21 A, c'est-à-dire avant l'étape D) du procédé décrit ici, la plaquette 36A est introduite dans un bain chimique de gravure anisotrope du quartz pour une première phase ou période. Après avoir retiré la plaquette du bain, la structure élastique est partiellement usinée comme montré à la fig. 8A. On obtient des rainures 32 et 33 des deux côtés de la plaquette 36A.

[0032] Selon une variante préférée, entre les étapes B) et C) mentionnées précédemment, la couche photosensible 23, ayant servi à la structuration partielle du premier masque initial 21A pour définir la structure élastique, est illuminée pour réaliser dans cette couche photosensible un trou 25A correspondant au trou borgne prévu (fig. 8A). On notera que le développement de la couche photosensible 23 pour obtenir le trou 25A peut avoir lieu avant ou après l'étape C). La structuration du premier masque est donc réalisée ici en deux phases dans un bain d'attaque chimique sélectionné pour attaquer la couche de métal déposée sur la plaquette de quartz monocristallin et formant ce premier masque.

[0033] Le deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention permet de déterminer deux périodes de temps différentes pour l'usinage de la structure élastique et l'usinage du trou borgne dans un bain de gravure anisotrope du quartz monocristallin. Ceci permet d'optimiser le temps de gravure pour la structure élastique et pour le trou borgne. Ainsi, à titre d'exemple, la plaquette de quartz monocristallin a une épaisseur de 300 microns et le diamètre du trou borgne est égal environ à 200 microns. La première phase ou période de gravure de la structure élastique dure par exemple environ deux heures (2h) et la deuxième phase ou période de gravure de cette structure élastique et du trou borgne dure aussi par exemple environ deux heures. La profondeur du trou borgne est par exemple entre 100 et 150 microns.

[0034] Comme montré aux fig. 6 et 7, en particulier lorsque le diamètre du trou borgne est supérieur à 150 microns, il apparaît dans la zone centrale du fond du trou borgne 16B des facettes 42, définissant chacune un angle relativement large avec l'axe vertical Z (notamment environ 60°), en plus des facettes 40A, 40B et 40C d'une pyramide trigonale principale correspondant à celle décrite à la fig. 5. Ainsi, cette pyramide trigonale principale est tronquée, c'est-à-dire que la région de sa pointe est sectionnée par des facettes présentant chacune une pente plus faible que celle des trois facettes de la pyramide trigonale. De préférence, le trou borgne 16B présente dans sa partie initiale une paroi 44 sensiblement verticale. Le pivot 50 de l'axe du mobile introduit dans le trou borgne est de préférence configuré pour que les points d'appui de ce pivot contre le fond du trou borgne soient situés dans des zones 46 des trois facettes de la pyramide trigonale principale qui présentent sensiblement un angle de 40° avec l'axe de rotation Z du pivot 50.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un palier antichoc comprenant une structure élastique (10) et une partie centrale (14) portée par cette structure élastique, cette partie centrale présentant un trou borgne (16;16A;16B) destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant de la pièce d'horlogerie, la structure élastique et la partie centrale étant formées par une seule pièce monobloc (6), ce procédé étant caractérisé par les étapes suivantes:
A) Réalisation d'une plaquette en quartz monocristallin (6A) dont les deux faces principales, respectivement première et deuxième faces, sont sensiblement orientées perpendiculairement à l'axe optique (Z) de la structure cristalline du quartz monocristallin;
B) Formation d'un premier masque (20) sur la première face de la plaquette en quartz monocristallin, ce premier masque étant structuré par photolithographie de manière à définir sur la première face les contours de ladite structure élastique et dudit trou borgne;
C) Usinage de ladite structure élastique et dudit trou borgne dans ladite plaquette en quartz monocristallin en introduisant cette plaquette dans un bain de gravure chimique adapté à une attaque anisotrope du quartz monocristallin en privilégiant fortement une attaque selon ledit axe optique, ledit premier masque étant sélectionné pour résister à l'attaque dudit bain de gravure chimique.
2. Procédé de fabrication d'un palier antichoc comprenant une structure élastique (10) et une partie centrale (14) portée par cette structure élastique, cette partie centrale présentant un trou borgne (16;16A;16B) destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant de la pièce d'horlogerie, la structure élastique et la partie centrale étant formées par une seule pièce monobloc (36), ce procédé étant caractérisé par les étapes suivantes:
A) Réalisation d'une plaquette en quartz monocristallin (36A) dont les deux faces principales, respectivement première et deuxième faces, sont sensiblement orientées perpendiculairement à l'axe optique (Z) de la structure cristalline du quartz monocristallin;
B) Formation d'un premier masque initial (21 A) sur la première face de la plaquette en quartz monocristallin, ce premier masque initial étant structuré par photolithographie de manière à définir sur la première face le contour de ladite structure élastique mais pas le contour dudit trou borgne;

C) Usinage partiel de ladite structure élastique, définie par le premier masque initial, dans ladite plaquette en quartz monocristallin en introduisant cette plaquette dans un bain de gravure chimique adapté à une attaque anisotrope du quartz monocristallin en privilégiant fortement une attaque selon ledit axe optique, ledit premier masque initial étant sélectionné pour résister à l'attaque dudit bain de gravure chimique;

D) Structuration dudit premier masque initial de manière à définir le contour dudit trou borgne et obtenir un premier masque final (21);

E) Usinage terminal de ladite structure élastique et simultanément usinage dudit trou borgne dans ladite plaquette en quartz monocristallin en introduisant à nouveau cette plaquette dans ledit bain de gravure chimique.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que, entre les étapes B) et C), une couche photosensible (23), déposée sur ledit premier masque initial et ayant servi à la structuration de ce premier masque initial, est illuminée pour réaliser par la suite dans cette couche photosensible un trou (25A) correspondant audit trou borgne.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'avant l'étape C) il est prévu de former un second masque (26;27) sur la deuxième face de la plaquette en quartz monocristallin (6A;36A), ce deuxième masque étant structuré par photolithographie de manière à définir le contour de ladite structure élastique sur cette deuxième face.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite structure élastique usinée présente un design avec des fentes courbes et/ou des ouvertures dont les bords définissent au moins partiellement des lignes courbes.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit trou borgne présente trois facettes obliques (40A;40B;40C) définissant ensemble une pyramide trigonale tronquée ou non tronquée.
7. Palier antichoc pour pièce d'horlogerie comprenant une structure élastique (10) et une partie centrale (14) portée par cette structure élastique, ladite partie centrale présentant un trou borgne (16;16A;16B) destiné à recevoir un pivot d'un mobile tournant de la pièce d'horlogerie, la structure élastique et la partie centrale étant formées par une seule pièce monobloc (6; 36), caractérisé en ce que ladite pièce monobloc est constituée de quartz monocristallin et en ce que ledit trou borgne présente trois facettes obliques (40A;40B;40C) définissant ensemble une pyramide trigonale tronquée ou non tronquée.
8. Palier antichoc selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacune des trois facettes définit un angle d'environ quarante degrés (40°) avec l'axe central du trou borgne.
9. Palier antichoc selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que lesdites trois facettes ne se prolongent pas jusqu'à la face externe de ladite pièce monobloc où débouche le trou borgne, et en ce que la surface latérale du trou borgne entre ladite face externe et les trois facettes présente une ou des pentes plus raides que celle de ces trois facettes.
10. Palier antichoc selon la revendication 9, caractérisé en ce que la ou les pentes définie(s) par ladite surface latérale du trou borgne est/sont inférieure(s) à vingt degrés (20°) relativement à l'axe central de ce trou borgne.
11. Palier antichoc selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que ladite pièce monobloc est une plaquette ajourée dont l'axe perpendiculaire (Z) relativement à ses deux faces principales est approximativement l'axe optique dudit quartz monocristallin.
12. Palier antichoc selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite structure élastique présente un design avec des fentes courbes et/ou des ouvertures dont les bords définissent au moins partiellement des lignes courbes et dont les parois sont sensiblement verticales.

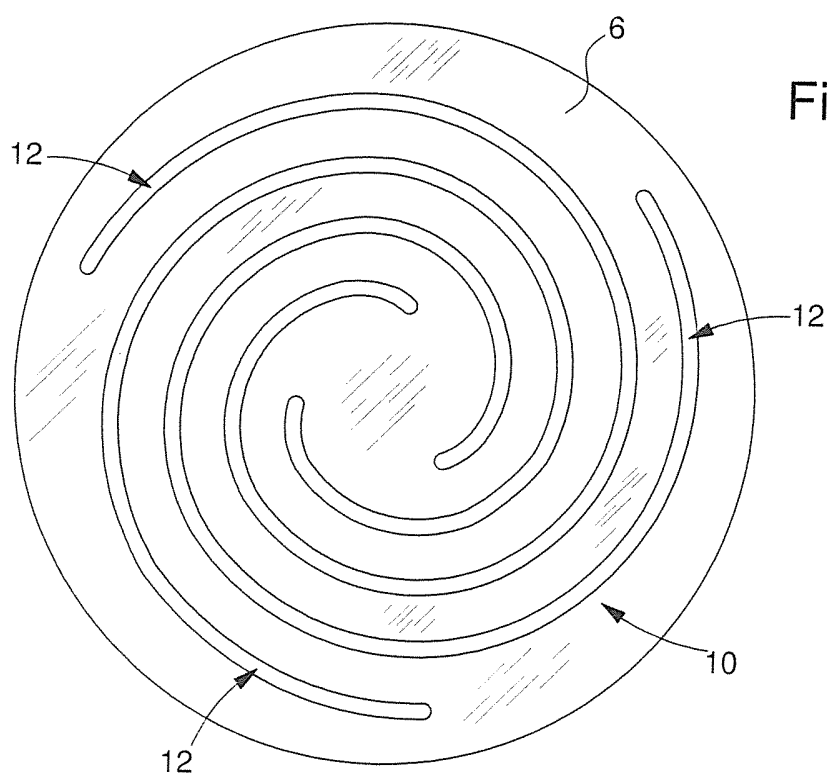
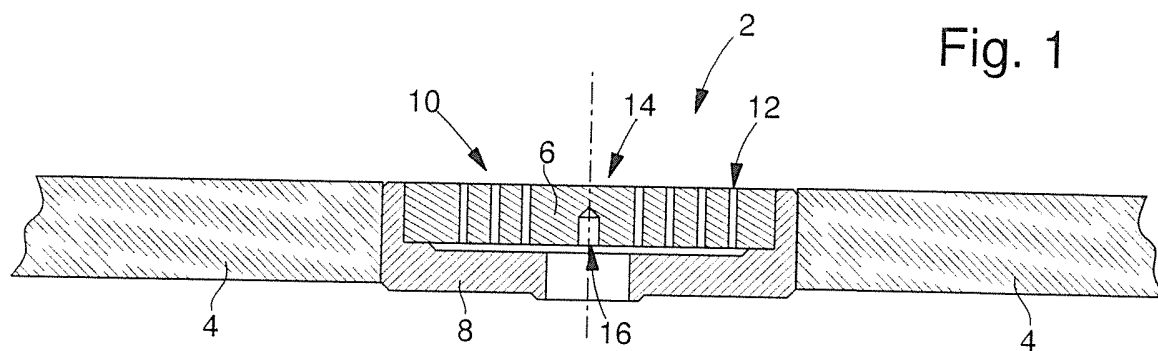


Fig. 3

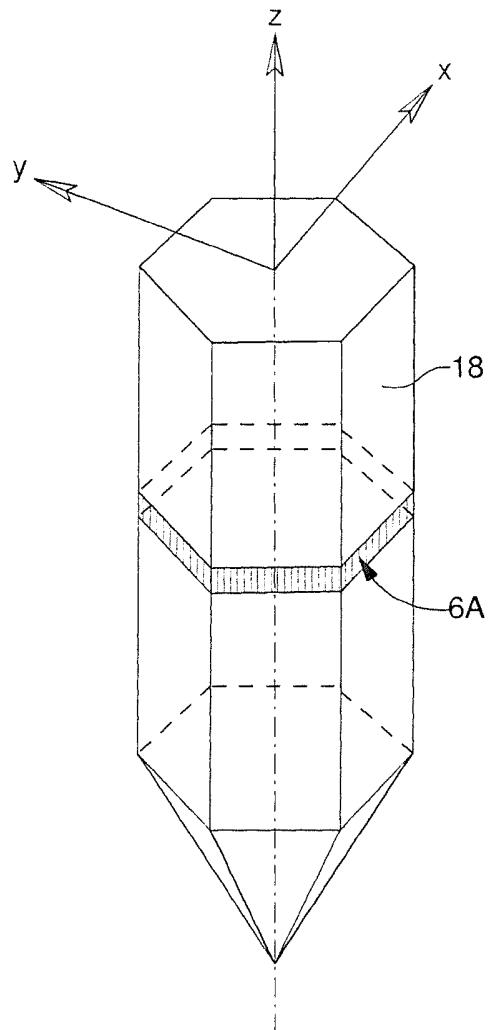


Fig. 5

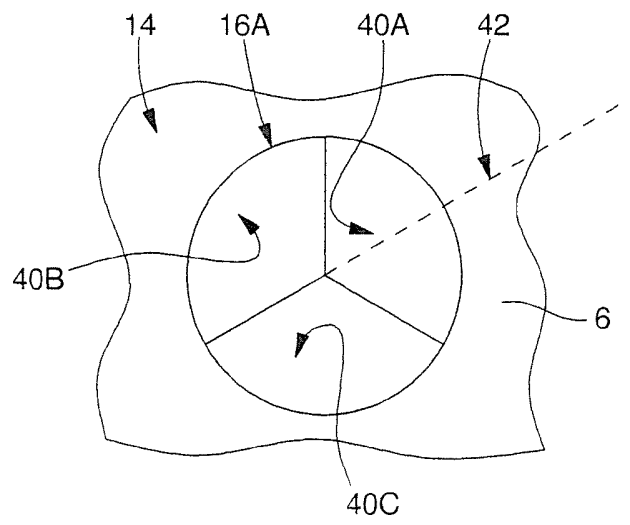


Fig. 4A

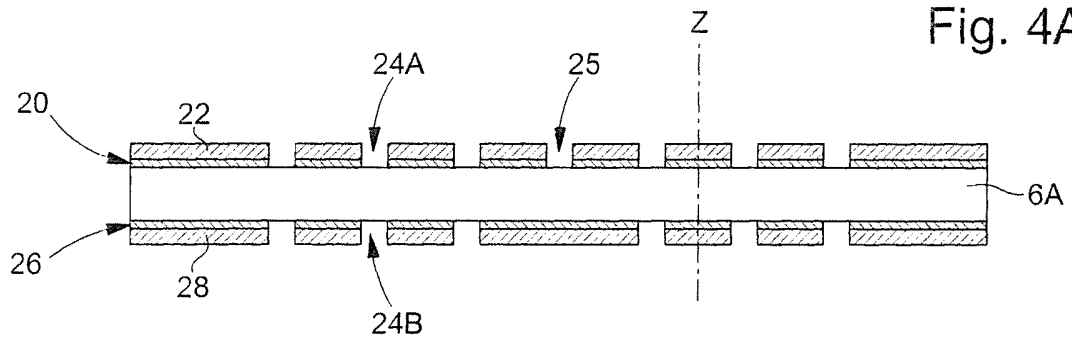


Fig. 4B

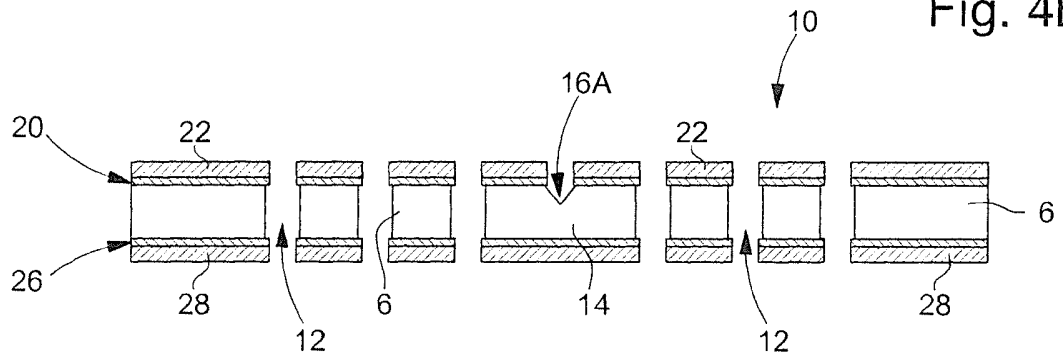


Fig. 8A

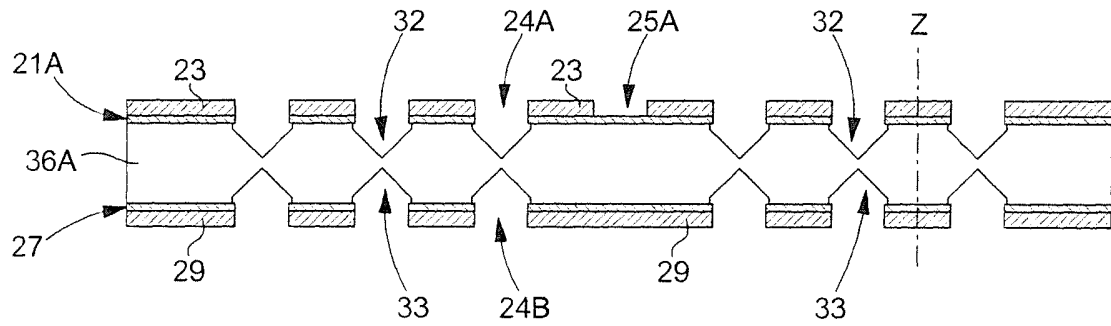


Fig. 8B

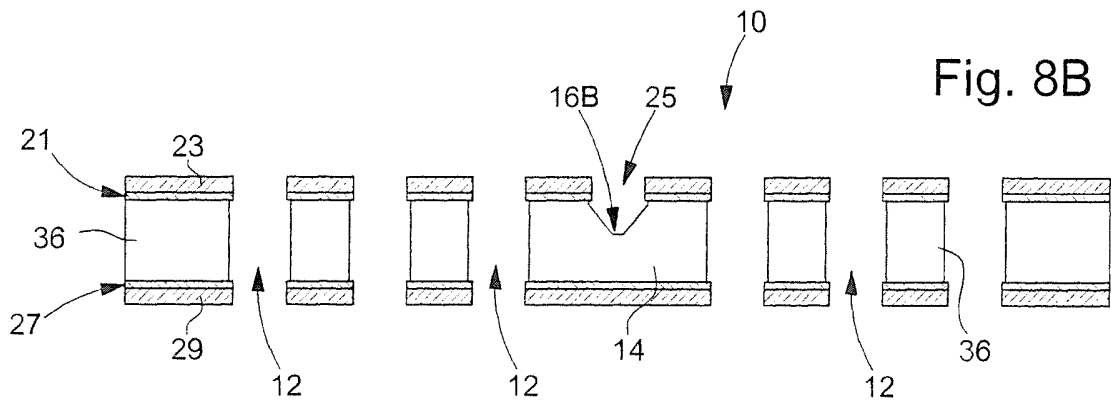


Fig. 6

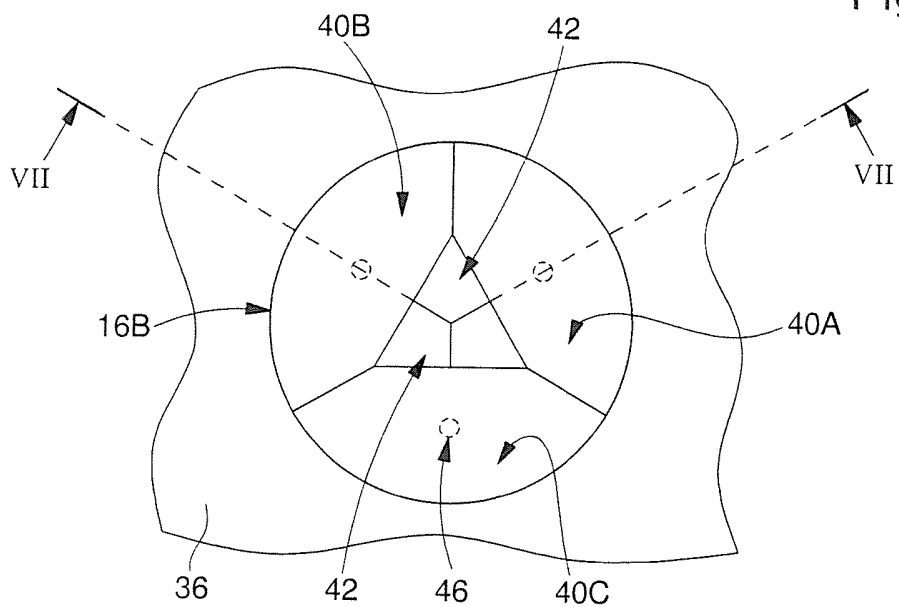


Fig. 7

