



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **707 478 A2**

(51) Int. Cl.: **G04B** 37/22 (2006.01)
A44C 5/00 (2006.01)
C30B 29/06 (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: 00214/13

(22) Date de dépôt: 18.01.2013

(43) Demande publiée: 31.07.2014

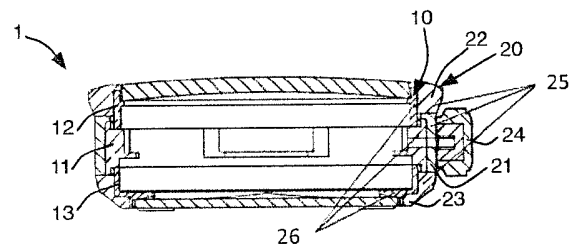
(71) Requéant:
Manufacture Roger Dubuis S.A., 2, rue André-de-Garrini
1217 Meyrin 2 (CH)

(72) Inventeur(s):
Jérôme Saffioti, 1227 Carouge (CH)
Frédéric Loosli, 1202 Genève (CH)
Etienne Marie Moyse, 25870 Geneuille (FR)
Christophe Morlot, 25320 Abbans Dessous (FR)

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

(54) **Composant horloger à base de silicium pour habillage de montre.**

(57) L'invention a pour objets un composant horloger (21, 22, 23, 24) d'habillage à base de silicium, constitué à partir d'un bloc de silicium sensiblement pur monocristallin, une boîte de montre (1) constituée de deux parties, une partie interne (10) métallique, destinée à loger le mouvement d'une montre, et une partie externe (20), destinée à l'habillage en silicium monocristallin et un procédé de fabrication d'un composant horloger d'habillage pour montre à base de silicium.



Description

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un élément d'habillage, en particulier une partie de la boîte d'une montre (carrure, lunette et/ou fond), d'un maillon de bracelet, d'une boucle, en silicium. L'invention concerne également un boîtier de montre réalisé en deux parties, et un procédé de fabrication d'un composant horloger d'habillage.

Etat de la technique antérieure

[0002] Le document CN 201 638 017 U décrit une boîte de montre réalisée entièrement en nitrure de silicium. La construction est basée sur une pièce unique constituée d'un seul et même matériau.

[0003] La publication «La Revue des Montres,» dans son numéro 09/2012 présente brièvement la montre «RADO True Thinline Si3N4». Cette montre comporte certains éléments avec un habillage de nitrure de silicium (Si3N4).

[0004] Le document EP 0 712 819 décrit un mode de fabrication d'un composite de nitrure de silicium. Ce procédé est particulièrement adapté pour la fabrication de pièces dans le domaine de l'automobile.

[0005] Le document US 4 634 635 décrit un élément tel qu'une monture de lunette ou un boîtier de montre recouvert d'un composite de carbure de silicium (SiC).

[0006] Tous ces documents concernent des composites à base de silicium. Ces composites, bien que présentant des propriétés mécaniques intéressantes, comportent toutefois certaines limitations inhérentes au poids, à leur apparence et l'esthétique, etc.

Exposé de l'invention

[0007] Un but de la présente invention est de proposer tout d'abord un composant horloger d'habillage pour montre exempt des limitations des composants connus.

[0008] Un autre but de l'invention consiste à proposer un procédé de fabrication d'un composant horloger permettant de produire à l'échelle industrielle des composants d'habillage pour montre.

[0009] Pour ce faire, l'invention prévoit tout d'abord un composant horloger d'habillage pour montre à base de silicium, constitué à partir d'un bloc de silicium sensiblement pur monocristallin.

[0010] Cette solution présente notamment l'avantage par rapport à l'art antérieur que Les éléments d'habillage réalisés en silicium sont particulièrement légers. Typiquement, le silicium, avec une masse volumique de 2330 kg/ m³ est plus léger que l'aluminium, dont la masse volumique est de 2700 kg/m³, et presque deux fois plus léger que le titane, pour lequel la masse volumique est d'environ 4500kg/ m³.

[0011] La réalisation en silicium permet l'obtention de pièces avec un niveau de finition de haute qualité, avec une coloration gris bleu unique pour ce type de pièce. Le relativement haut niveau de dureté permet de minimiser le risque de rayure. En effet, le silicium a une valeur de dureté sensiblement voisine de celle des céramiques, soit environ 1250 HV pour les céramiques et 1000 HV pour le silicium.

[0012] Selon un mode de réalisation avantageux, le silicium est dopé, de préférence au moins partiellement, au bore.

[0013] Plusieurs composants sont susceptibles d'être réalisés selon ce concept, tel que par exemple une carrure ou une lunette ou un fond de boîtier, ou encore un élément d'un bracelet de montre tel que un maillon ou une boucle de bracelet.

[0014] Selon un mode de réalisation avantageux, le composant, tel qu'une boîte de montre, est constituée de deux parties, une partie interne métallique destinée à loger le mouvement d'une montre, et une partie externe, destinée à l'habillage, en silicium, préférentiellement monocristallin. Une telle architecture permet de réaliser d'importants gains de poids, avec un habillage dont l'aspect est attirant et valorisant pour le produit. La présence des éléments structuraux internes métalliques permet de conserver les qualités habituelles liées à ce type de matériaux, et notamment l'endurance, et la grande rigidité. Cette architecture bi-matière est une grande avancée dans le domaine de l'horlogerie car l'usinage du silicium pur, particulièrement délicat à réaliser, constituait un frein technologique encore insurmonté à ce jour.

[0015] L'invention prévoit également une boîte de montre comportant au moins un élément d'habillage tel que préalablement décrit.

[0016] L'invention prévoit par ailleurs un procédé de fabrication d'un composant horloger d'habillage de montre à base de silicium, comprenant les étapes consistant à:

- produire, par croissance cristalline, un cristal de silicium sensiblement pur;
- effectuer un dopage afin de rendre le silicium conducteur;
- découper une tranche de cristal d'une épaisseur suffisante pour permettre d'usiner au moins un composant;
- usiner le composant à partir de la tranche de cristal découpée.

[0017] Un tel procédé permet de produire des cristaux de silicium, notamment des cylindres de silicium monocristallins de dimension suffisamment importante pour produire des composants horlogers tels qu'une carrure ou une lunette ou un

fond de boîte avec un seul élément monocristallin. Les niveaux des performances mécaniques atteintes par ces éléments permettent de réaliser des pièces de très grande qualité.

[0018] Selon un mode de réalisation avantageux, le cristal de silicium est dopé au bore, par exemple par diffusion, afin de le rendre conducteur.

[0019] Le procédé prévoit avantageusement une étape de croissance cristalline comportant une phase de cristallisation dans un bain de silicium sensiblement pur. Une phase de mise en rotation du cristal permet de gérer la croissance cristalline.

[0020] Divers modes d'usinage ou traitements peuvent être utilisés pour donner au composant une forme et des dimensions prévues, comme par exemple une ou plusieurs phases de découpe au jet d'eau, une ou plusieurs phases de découpe au filament électrique, une ou plusieurs phases de meulage et/ou d'usinage par ultrasons, une ou plusieurs phases d'électroérosion par enfoncement, une ou plusieurs phases de polissage par attaque chimique, ou autres. Le nombre d'étapes et l'ordre d'exécution de celles-ci peuvent varier en fonctions des pièces à produire, des formes et des dimensions.

Description des figures

[0021] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

- la fig. 1 illustre une vue en coupe d'un exemple de réalisation d'une boîte de montre selon l'invention;
- la fig. 2 illustre une vue éclatée du boîtier de la fig. 1;
- la fig. 3 illustre schématiquement l'étape de cristallisation du silicium;
- la fig. 4 montre schématiquement l'étape de découpe des extrémités du cylindre de silicium cristallisé;
- la fig. 5 montre schématiquement l'étape dans laquelle les tranches de silicium pur sont préparées.

Description détaillée de l'invention

[0022] La fig. 1 illustre une coupe transversale d'une boîte de montre 1 selon l'invention. La boîte 1 comprend une partie interne 10, formant l'intérieur du boîtier, à savoir les composants structuraux habituellement non visibles depuis l'extérieur d'un boîtier non démonté, et une partie externe 20, permettant de réaliser un habillage du boîtier. La partie interne 10 forme une structure de support et un logement pour le mouvement de la montre. Dans l'exemple illustré, la partie interne 10 comporte autant d'éléments que la partie externe 20. Tel qu'illustré, la partie interne comporte une carrure interne 11, bordée extérieurement par une carrure externe 21, une lunette interne 12, bordée extérieurement par une lunette externe 22 et une lunette de fond interne 13, bordée extérieurement par une lunette de fond externe 23. La boîte 1 comprend également une couronne 24.

[0023] Ainsi, dans l'exemple illustré, la partie interne 10 est constituée de trois éléments 26, soit une carrure interne ou portion de carrure interne, une lunette interne ou portion de lunette interne, et une lunette de fond interne 13 ou portion de fond interne. De même, la partie externe 20 est constituée de trois éléments 25, soit une carrure externe ou portion de carrure externe, une lunette externe ou portion de lunette externe, et une lunette de fond externe 23 ou portion de fond externe.

[0024] Selon diverses variantes de réalisation non illustrées, les structures de la partie interne 10 et/ou de la partie externe 20 comportent des nombres d'éléments différents de trois, non nécessairement égaux entre eux. Les formes et dimensions de ces différents constituants varient donc selon les variantes de réalisation, selon les modèles et dimensions des boîtiers. Chaque partie 10, 20 peut être formée intégralement en une seule pièce ou non.

[0025] Les éléments 26 de la partie interne 10 peuvent être constitués de matériaux métalliques, de préférence d'alliages légers tels que le titane. D'autres alliages tels que l'inox, l'aluminium, etc., peuvent aussi être utilisés.

[0026] Les éléments 25 de la partie externe 20 sont constitués de silicium. En particulier, on utilise avantageusement du silicium monocristallin, élaboré tel que décrit ci-dessous.

[0027] Le composant horloger d'habillage selon l'invention peut également être qu'une partie de la boîte ou un élément d'un bracelet tel qu'un maillon ou une boucle de bracelet.

[0028] Les fig. 3, 4 et 5 illustrent la première phase du procédé de fabrication privilégié d'un composant horloger d'habillage selon l'invention, consistant à obtenir du silicium sensiblement pur. Dans un mode de réalisation préférentiel, le procédé de Czochralsky est utilisé. Ce procédé permet l'obtention de cylindres de silicium extra pur 27, jusqu'à 99,999 % de pureté, de façon fiable et répétitive. Les diamètres des cylindres obtenus sont suffisants pour loger les composants horlogers d'habillage, tels que présentés dans la section précédente de ce document.

[0029] Le silicium peut être produit par un processus de croissance cristalline. Le processus de croissance consiste à tirer lentement un cristal d'un bain de silicium ultra-pur 28, l'ensemble étant en rotation. L'exemple de la fig. 3 illustre cette phase

du procédé. En particulier, le silicium 28 est placé dans un creuset 29 et maintenu liquide à l'aide d'éléments chauffants (non représentés). Le creuset est disposé dans une enceinte refroidie 30 pouvant être maintenue sous atmosphère d'argon 31. Lorsque la surface est à la température limite de solidification, on y plonge un germe monocristallin. Le silicium se solidifie sur ce germe selon la même orientation cristallographique. On tire lentement le germe vers le haut, avec un mouvement de rotation, tout en contrôlant minutieusement la température et la vitesse.

[0030] La fig. 4 illustre la phase suivante de ce procédé de fabrication privilégié, dans laquelle les portions d'extrémités 32 du cylindre 27 obtenu sont retirées. Ces portions 32 concentrent la grande majorité des impuretés du silicium. En les supprimant, on peut s'assurer de l'obtention de matériau extra-pur dans le reste du cylindre. On obtient ainsi un cristal cylindrique, dont on découpe des tranches 33 de l'épaisseur souhaitée, tel que montré à la fig. 5.

[0031] Pour rendre le silicium conducteur et donc utilisable pour cette application, le principe de dopage par diffusion est avantageusement utilisé. Un gaz tel que le Diborane (B_2H_6) est introduit dans un four (non représenté) contenant le silicium et chauffé entre 850° et 1150° C. Le gaz ainsi chauffé est assez volatile pour se diffuser dans le cristal et ainsi rendre le silicium conducteur.

[0032] Par la suite, à partir d'un bloc de silicium ultra pur monocristallin dopé, les étapes de fabrication suivantes sont susceptibles d'être utilisées: meulage, découpe au jet d'eau ou au fil, électroérosion par enfonçage, usinage par ultra son, polissage électrolytique.

[0033] La découpe au jet d'eau ou au fil est utilisée pour ébaucher les contours des pièces et ainsi diminuer les phases d'usinage. Cela permet un gain de temps sur la fabrication de la pièce. Pour la découpe au jet d'eau, un filet d'eau chargé d'abrasif sort à haute pression d'une buse et vient découper le silicium. Pour la découpe au fil, le principe est le suivant. Un fil fin est parcouru par un courant électrique. Un arc électrique va alors se produire entre le fil et la pièce. Cet arc va détériorer la pièce localement et ainsi la découper selon un contour programmé. La découpe au fil peut être utilisée car le silicium dopé au bore est à présent conducteur.

[0034] Le meulage et la découpe par ultrasons utilisent les mêmes procédés que pour de l'usinage normal sur une machine à cinq axes. Pour le meulage, les outils sont en diamants afin de garantir une découpe du silicium sans détériorer l'outil. Pour l'usinage par ultrasons, l'outil est monté sur un porte-outil qui vibre selon un axe. Ces vibrations ont pour but «d'arracher» plus facilement et plus rapidement la matière que pour le meulage tout en diminuant les contraintes sur cette dernière.

[0035] Le principe est le même que pour la découpe au fil. Dans ce cas une électrode de forme est parcourue par un courant électrique. La pièce est alors détériorée selon la forme de l'électrode. La pièce est ainsi mise en forme sans que des contraintes lui soient appliquées.

[0036] Pour les terminaisons de la pièce, et afin de diminuer les contraintes sur la matière qui auraient été causées par les procédés conventionnels tels que le polissage, le satinage, etc., une attaque chimique est utilisée. Pour ce faire, la pièce est plongée dans un bain d'acide fluorhydrique ou dans un bain d'acide nitrique afin de lui donner la terminaison souhaitée.

Numéros de référence employés sur les figures

[0037]

- 1 boîte de montre
- 10 partie interne de la boîte
- 11 carrure interne
- 12 lunette interne
- 13 fond interne
- 20 partie externe de la boîte
- 21 carrure externe
- 22 lunette externe
- 23 fond externe
- 24 couronne
- 25 éléments externes en silicium
- 26 éléments internes en alliage léger
- 27 cylindres de silicium

- 28 bain de silicium
- 29 creuset
- 30 enceinte
- 31 argon
- 32 portions d'extrémités
- 33 tranche

Revendications

1. Composant horloger (21, 22, 23, 24) d'habillage à base de silicium pour montre, caractérisé en ce qu'il est constitué à partir d'un bloc de silicium sensiblement pur monocristallin.
2. Composant horloger selon la revendication 1, dans lequel le silicium est dopé.
3. Composant horloger selon la revendication 2, dans lequel le dopage est effectué au moins partiellement au bore.
4. Composant horloger selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le composant est un élément de boîte de montre (1) visible par l'utilisateur sans démontage de la montre.
5. Composant horloger selon la revendication 4, dans lequel le composant est une carrure externe (21) ou une lunette externe (22) ou un fond ou partie de fond externe de boîte (23).
6. Composant horloger selon la revendication 4, dans lequel le composant est un maillon ou une boucle de bracelet.
7. Boîte de montre (1) constituée de deux parties, une partie interne (10) métallique, destinée à loger le mouvement d'une montre, et une partie externe (20), destinée à l'habillage, en en silicium monocristallin.
8. Boîte de montre selon la revendication 7, dans laquelle la partie externe (20) est en silicium sensiblement pur monocristallin dopé.
9. Boîte de montre selon la revendication 7 ou 8, dans laquelle la partie interne (10) forme un logement et un support pour le mouvement.
10. Boîte de montre selon l'une des revendications 7 à 9, dans laquelle la partie interne (10) comporte autant d'éléments que la partie externe (20).
11. Boîte de montre selon l'une des revendications 7 à 10, dans laquelle la partie interne (10) comporte une carrure interne (11), bordée extérieurement par une carrure externe (21), une lunette interne (12), bordée extérieurement par une lunette externe (22), et une partie de fond interne (13), bordée extérieurement par une partie de fond externe (23).
12. Boîte de montre selon l'une des revendications 7 à 11, comportant au moins un élément d'habillage selon l'une des revendications 1 à 5.
13. Procédé de fabrication d'un composant horloger d'habillage pour montre à base de silicium, comprenant les étapes consistant à:
 - produire, par croissance cristalline, un cristal de silicium sensiblement pur;
 - effectuer un dopage afin de rendre le silicium conducteur;
 - découper une tranche de cristal de silicium d'une épaisseur suffisante pour permettre d'usiner au moins un composant;
 - usiner le composant à partir de la tranche de cristal découpée.
14. Procédé de fabrication selon la revendication 13, dans lequel le cristal de silicium est dopé au bore par diffusion.
15. Procédé de fabrication selon la revendication 13 ou 14, dans lequel l'étape de croissance cristalline comporte une phase de cristallisation dans un bain de silicium sensiblement pur.
16. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 15, dans lequel l'étape de croissance cristalline comporte une phase de mise en rotation du cristal.
17. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 16, dans lequel l'étape de croissance cristalline comporte une phase de retrait progressif du cristal du bain.
18. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 17, dans lequel l'étape d'usinage comporte une phase de découpe au jet d'eau.
19. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 18, dans lequel l'étape d'usinage comporte une phase de découpe au filament électrique.

CH 707 478 A2

20. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 19, dans lequel l'étape d'usinage comporte une phase de meulage et/ou d'usinage par ultrasons.
21. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 20, dans lequel l'étape d'usinage comporte une phase d'électroérosion par enfoncement.
22. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 21, dans lequel l'étape d'usinage comporte une phase de polissage par attaque chimique.

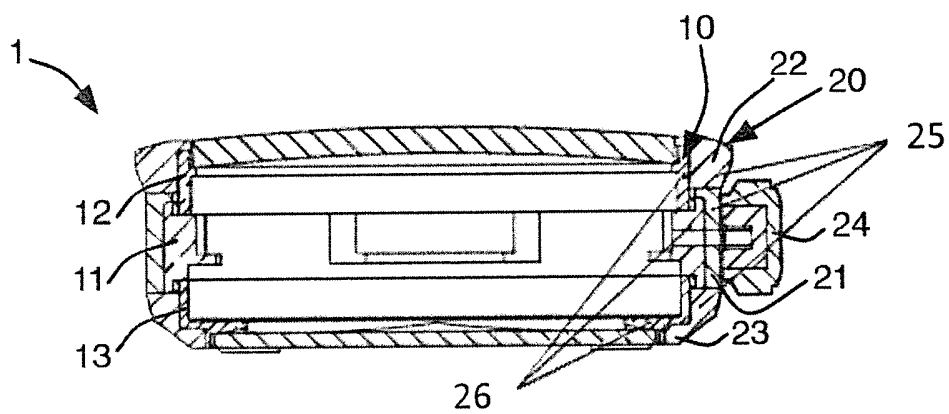


Fig. 1

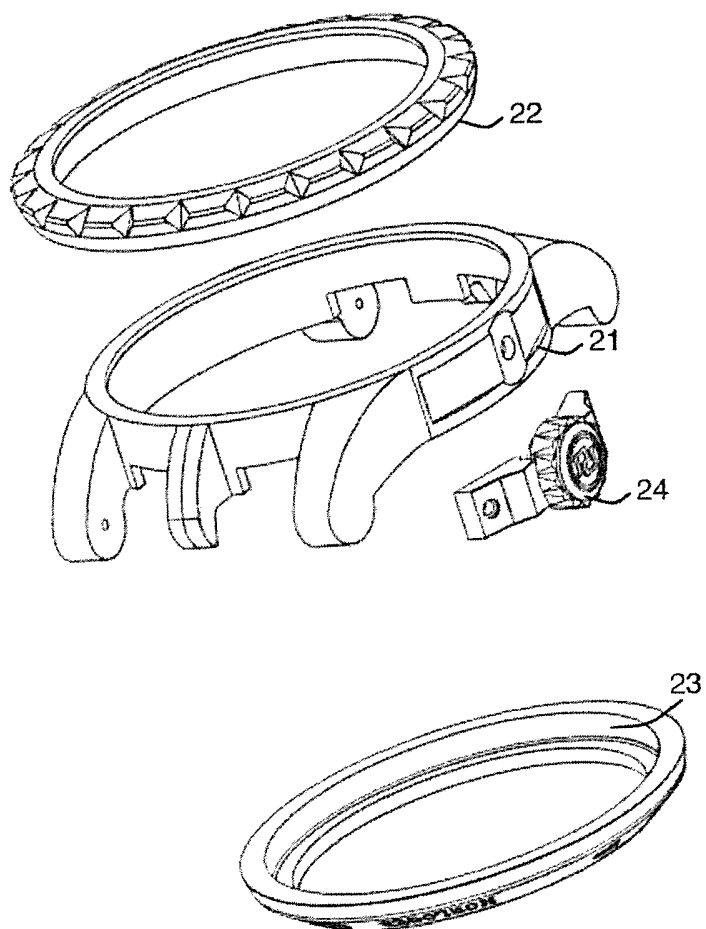


Fig. 2

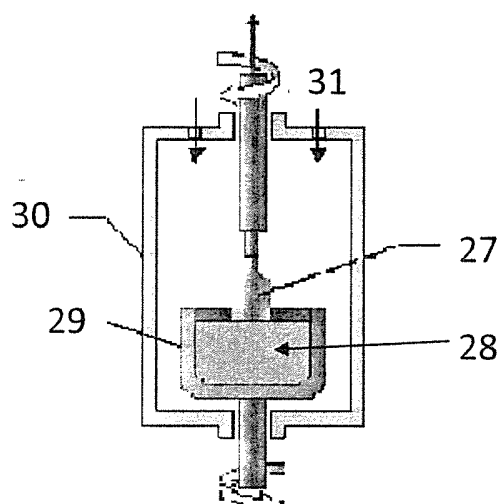


Fig. 3

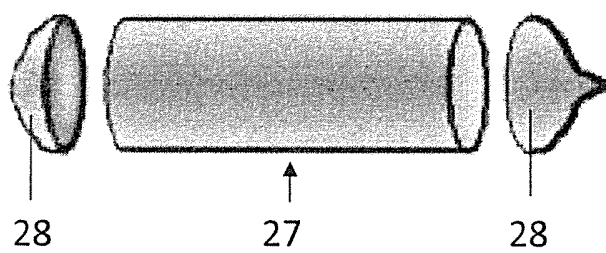


Fig. 4

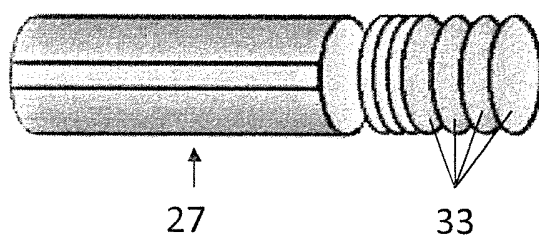


Fig. 5