



(11) **EP 3 680 731 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.07.2020 Bulletin 2020/29

(51) Int Cl.:
G04D 3/00 (2006.01) **G04B 19/04 (2006.01)**
G04B 13/02 (2006.01) **G04B 15/14 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **19150749.0**

(22) Date de dépôt: **08.01.2019**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

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

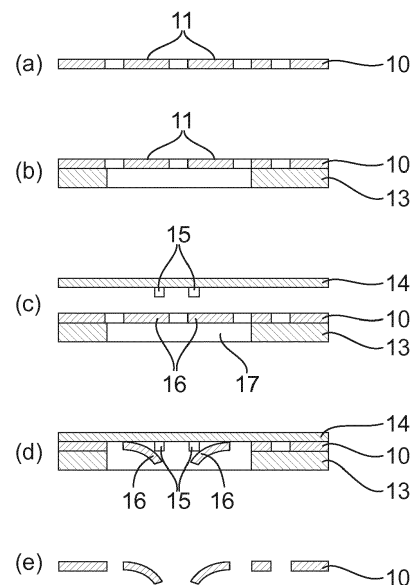
(72) Inventeur: **Jeanneret, Sylvain**
2013 Colombier (CH)

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

(54) **PROCEDE DE FABRICATION DE COMPOSANTS HORLOGERS EN MATERIAU FRAGILE**

(57) Le procédé de fabrication de composants horlogers en matériau fragile selon l'invention comprenant les étapes suivantes : a) réaliser des composants horlogers (11) dans une plaquette (10) de matériau fragile, les composants horlogers (11) restant attachés à la plaquette (10) par des ponts de matière (12) ; b) soumettre les composants horlogers (11) à un traitement thermique et, pendant ce traitement thermique, appliquer au moyen d'un outil (14) une contrainte sur au moins une zone (16) d'au moins un des composants horlogers (11) afin de la déformer de manière permanente, l'au moins un des composants horlogers (11), à l'exclusion de l'au moins une zone (16), étant en appui contre un support (13) pendant l'application de la contrainte ; c) après l'étape b), détacher les composants horlogers de la plaquette (10).

Fig.1



Description

l'invention ;

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication de composants horlogers en matériau fragile. Par « matériau fragile » on entend tout matériau qui, à température ambiante (25°C), ne présente pas de domaine plastique et n'est donc pas capable de se déformer de manière permanente. Un matériau fragile rompt sans déformation plastique préalable.

[0002] Comme exemples de matériau fragile, on peut citer les verres, le silicium, le graphite, le carbone, le quartz, le saphir et les céramiques telles que le nitrure de silicium ou le carbure de silicium.

[0003] En horlogerie, on utilise de plus en plus de tels matériaux, notamment le silicium, pour réaliser des composants tels que des roues d'échappement, des ancres, des ressorts spiraux, des balanciers ou des oscillateurs à guidage flexible.

[0004] Ces composants horlogers sont généralement fabriqués par une combinaison d'étapes de photolithographie et de gravure anisotrope. Les techniques existantes permettent de réaliser des composants étagés constitués de couches planaires superposées, chacune de ces couches étant structurée bidimensionnellement. Ces techniques sont toutefois compliquées à mettre en oeuvre. De plus, les composants obtenus présentent nécessairement des flancs sensiblement verticaux. On comprendra donc que ces techniques limitent drastiquement le choix des concepteurs en ce qui concerne la géométrie tridimensionnelle qu'ils peuvent donner aux composants.

[0005] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients ou au moins à les atténuer et propose à cette fin un procédé selon la revendication 1, des modes de réalisation particuliers étant définis dans les revendications dépendantes.

[0006] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma montrant différentes étapes du procédé selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue de dessus partielle d'une plaquette de matériau fragile dans laquelle ont été gravés des composants horlogers, en l'occurrence des aiguilles indicatrices ;
- la figure 3 est une vue en perspective d'une aiguille indicatrice obtenue par le procédé selon l'invention ;
- la figure 4 est une vue en perspective d'un cadran obtenu par le procédé selon l'invention ;
- la figure 5 est une vue en perspective d'un ressort obtenu par le procédé selon l'invention ;
- la figure 6 est une vue en perspective d'une roue d'échappement obtenue par le procédé selon l'invention ; et
- la figure 7 est une vue en perspective d'une roue d'engrenage obtenue par le procédé selon

[0007] La figure 1 illustre schématiquement un procédé de fabrication de composants horlogers, notamment pour montres-bracelets ou montres de poche, selon l'invention. Une première étape du procédé consiste à graver une plaquette de silicium 10, de préférence par gravure ionique réactive profonde DRIE, afin d'y former un lot de composants horlogers 11 (figure 1(a)). Le silicium est monocristallin ou polycristallin, de préférence monocristallin. Les composants horlogers 11 sont par exemple des aiguilles indicatrices comme illustré à la figure 2. Des ponts de matière 12 sont laissés pendant la gravure entre les composants horlogers 11 et le reste de la plaquette de silicium 10 pour empêcher les composants horlogers 11 de se détacher.

[0008] Après la gravure, la plaquette de silicium 10 avec ses composants horlogers 11 est placée dans un four pour être soumise à un traitement thermique, à une température typiquement comprise entre 500°C et 1300°C, de préférence entre 800°C et 1200°C, de préférence encore entre 1000°C et 1200°C. A ces températures, le silicium devient ductile et peut donc se déformer de manière permanente. Dans le four, la plaquette de silicium 10 repose par sa face inférieure sur un support évidé 13 (figure 1(b)). La plaquette de silicium 10 peut être fixée au support 13 ou simplement positionnée sur celui-ci. Pendant le traitement thermique, on applique sur la face supérieure de la plaquette de silicium 10 un outil 14 se présentant sous la forme d'une plaquette portant des saillies 15 (figure 1(c)). L'outil 14 est positionné de telle sorte que les saillies 15 soient placées en regard de zones 16 respectives des composants horlogers 11 à déformer, ces zones 16 à déformer étant elles-mêmes en regard d'évidements 17 du support 13 pour pouvoir se déformer librement. Lors de l'application de l'outil 14 sur la plaquette de silicium 10, les saillies 15 mettent les zones 16 sous contrainte de manière à les déformer simultanément et plastiquement (figure 1(d)). Chacun des composants horlogers 11 à l'exclusion de sa zone 16 est en appui contre le support 13 pour empêcher son détachement de la plaquette 10 pendant l'application de l'outil 14. Les saillies 15 peuvent être de toute forme appropriée.

[0009] Le support 13 et l'outil 14 sont chacun faits dans un matériau qui résiste aux températures du traitement thermique, par exemple le quartz, la silice fondue, le carbure de silicium, un plastique à base de polyimide tel que le Vespel (marque déposée), un métal, un alliage ou une céramique. Ces matériaux présentent aussi l'avantage de ne pas coller au silicium de la plaquette 10 pendant le traitement thermique.

[0010] Une fois les composants horlogers 11 déformés par l'outil 14, la plaquette de silicium 10 est extraite du four et refroidie (figure 1(e)), puis les composants horlogers 11 déformés sont détachés de la plaquette 10 par rupture ou élimination des ponts de matière 12.

[0011] Dans des variantes de l'invention, seulement

certain, voire un seul, des composants horlogers 11 sont déformés par l'outil 14 pendant le traitement thermique. En outre, pour le ou chacun des composants horlogers 11 à déformer on peut déformer plusieurs zones 16 du composant.

[0012] Dans le cas d'aiguilles indicatrices, le procédé selon l'invention permet d'obtenir des aiguilles dont l'extrémité est courbée, comme illustré à la figure 3, pour suivre le profil galbé d'un cadran ou pour améliorer la précision de lecture pour par exemple une aiguille de seconde qui est éloignée du cadran de par sa position au-dessus des autres aiguilles. D'autres types de composants horlogers que des aiguilles peuvent être fabriqués par le procédé selon l'invention, par exemple des cadrans, des ressorts, notamment ressorts de bascule ou de levier, des roues, dentées ou non, telles que des roues d'échappement ou des roues d'engrenage, des ancrs, des bascules, des leviers, des cliquets, des sautoirs, etc. Les cadrans (cf. figure 4) peuvent être galbés, par exemple pour être associés avec des aiguilles du type illustré à la figure 3. Les ressorts (cf. figure 5) peuvent avoir leur extrémité courbée. Les roues d'échappement (cf. figure 6) peuvent être galbées. Les roues d'engrenage (cf. figure 7) peuvent comporter des pattes recourbées 18. La déformation des composants peut avoir un but fonctionnel, par exemple permettre au composant de coopérer avec un composant partenaire situé dans un autre plan ou diminuer les surfaces de frottement entre deux composants partenaires. Elle peut aussi, en complément ou en alternative, avoir un but esthétique.

[0013] Avant ou après la déformation des composants, divers traitements complémentaires peuvent être mis en oeuvre pour améliorer les caractéristiques desdits composants, par exemple leur résistance mécanique, leurs propriétés tribologiques, leur aspect esthétique, etc. On peut ainsi prévoir notamment la formation d'une couche d'oxyde sur les composants.

[0014] La présente invention peut s'appliquer à d'autres matériaux fragiles que le silicium, en particulier à d'autres matériaux monocristallins ou à des matériaux tels que les verres, le quartz, le saphir ou les céramiques.

[0015] On appréciera que la présente invention offre une solution industrielle pour produire des composants horlogers en matériau fragile tridimensionnels présentant des formes qu'il est difficile voire impossible d'obtenir avec les procédés connus.

Revendications

1. Procédé de fabrication de composants horlogers en matériau fragile, comprenant les étapes suivantes :

- a) réaliser des composants horlogers (11) dans une plaquette (10) de matériau fragile, les composants horlogers (11) restant attachés à la plaquette (10) par des ponts de matière (12),
- b) soumettre les composants horlogers (11) à

un traitement thermique et, pendant ce traitement thermique, appliquer au moyen d'un outil (14) une contrainte sur au moins une zone (16) d'au moins un des composants horlogers (11) afin de la déformer de manière permanente, l'au moins un des composants horlogers (11), à l'exclusion de l'au moins une zone (16), étant en appui contre un support (13) pendant l'application de la contrainte,

c) après l'étape b), détacher les composants horlogers de la plaquette (10).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'étape a) comprend une étape de gravure ionique réactive profonde.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le traitement thermique à l'étape b) est effectué à une température comprise entre 500°C et 1300°C.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'à** l'étape b) la contrainte est appliquée au moyen de l'outil (14) simultanément sur les composants horlogers (11) ou plusieurs desdits composants horlogers (11) afin de les déformer de manière permanente.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'à** l'étape b) la contrainte est appliquée par au moins une saillie (15) que comprend l'outil (14).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'outil (14) est en quartz, silice fondue, carbure de silicium, plastique à base de polyimide, métal, alliage ou céramique.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le support (13) est en quartz, silice fondue, carbure de silicium, plastique à base de polyimide, métal, alliage ou céramique.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le matériau fragile est du silicium, du verre, du quartz, du saphir ou une céramique.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le matériau fragile est un matériau monocristallin.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les composants horlogers (11) comprennent des aiguilles indicatrices, des cadrans, des ressorts, des roues, des ancrs, des bascules, des leviers, des cliquets ou des sautoirs.

11. Composant horloger en matériau fragile susceptible d'être obtenu et déformé par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

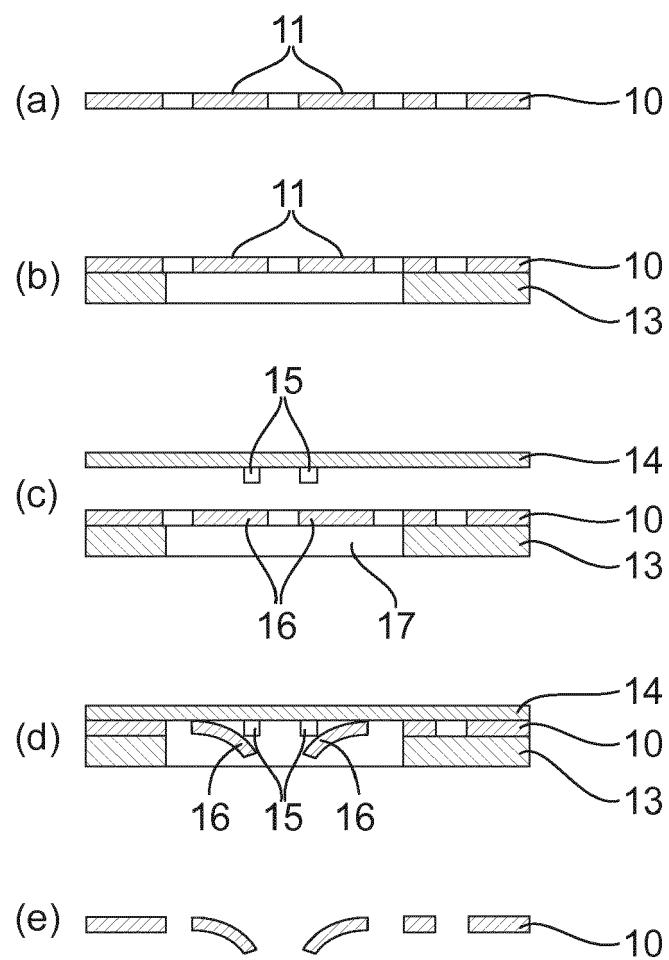


Fig.2

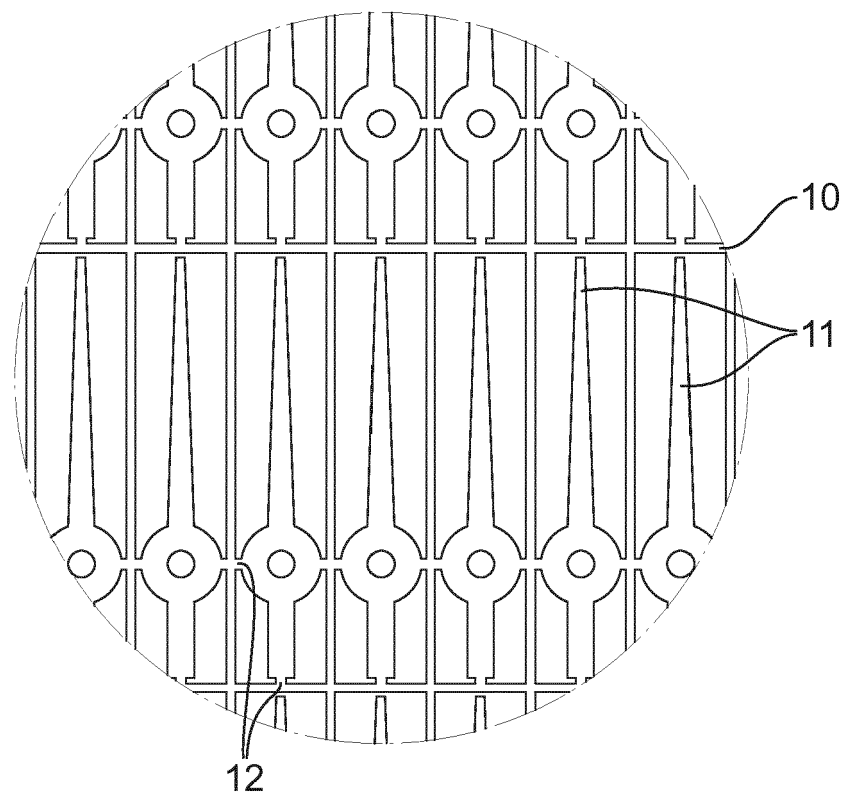


Fig.3

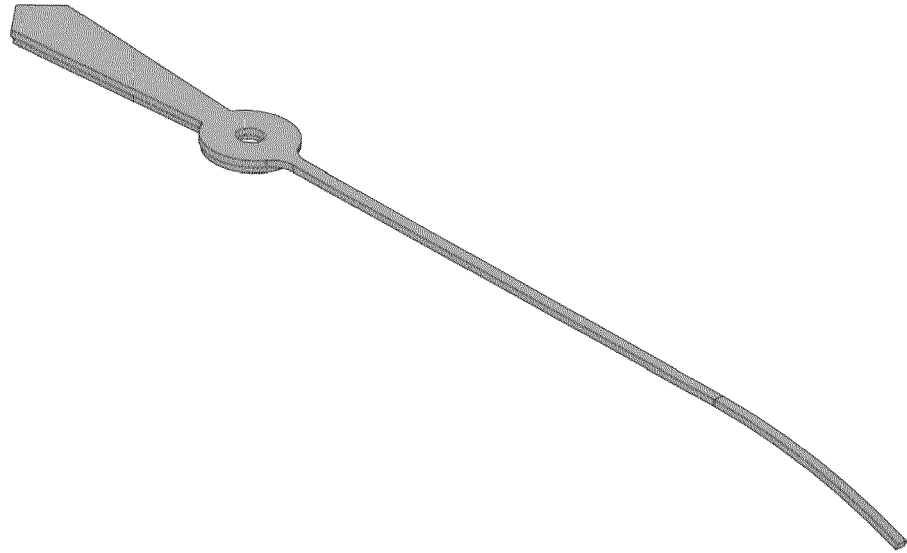


Fig.4

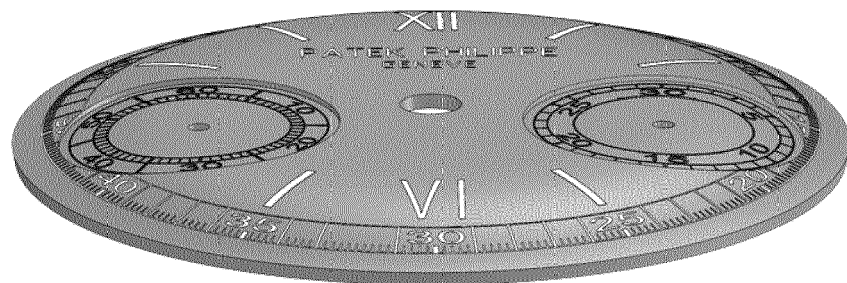


Fig.5

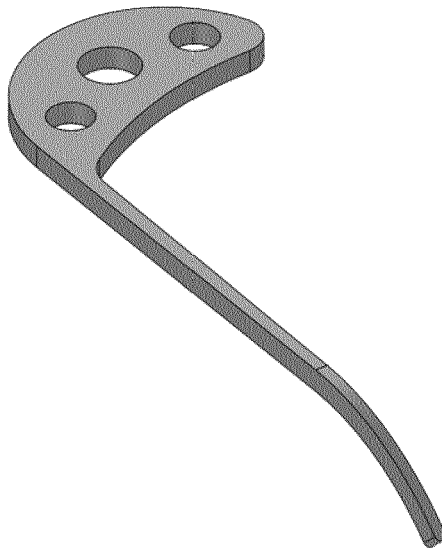


Fig.6

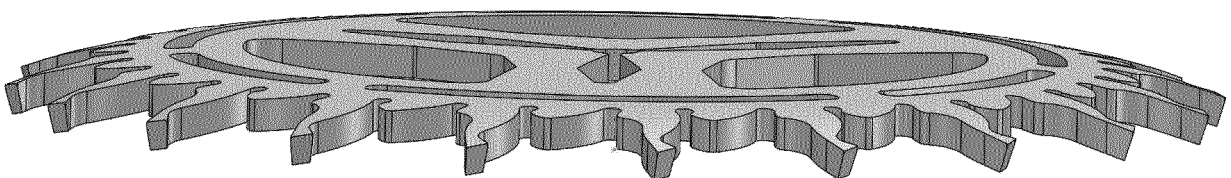
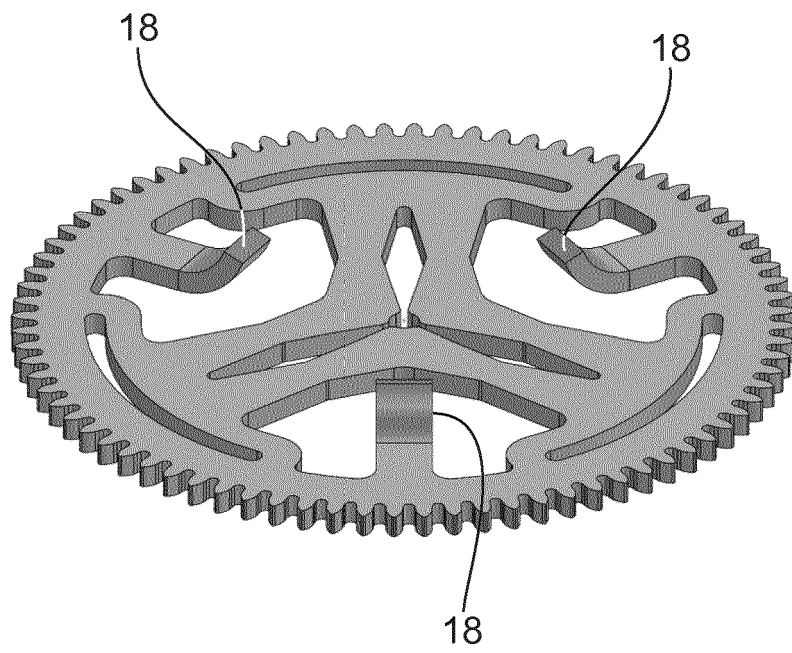


Fig.7





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 15 0749

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 2 833 221 A2 (MASTER DYNAMIC LTD [CN]) 4 février 2015 (2015-02-04)	11	INV. G04D3/00
A	* alinéas [0045] - [0051]; figures 1-9 *	1-10	G04B19/04 G04B13/02 G04B15/14
A	JP 2010 217054 A (SEIKO EPSON CORP) 30 septembre 2010 (2010-09-30)	1-11	
	* alinéas [0042], [0049]; figures 1,2 *		
A	WO 2011/069273 A1 (ROLEX SA) 16 juin 2011 (2011-06-16)	1-11	
	* page 9, ligne 25 - page 8, ligne 33 *		
A	EP 1 722 281 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 15 novembre 2006 (2006-11-15)	1-11	
	* alinéas [0045] - [0048]; figures 1-11 *		
A	EP 2 145 856 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 20 janvier 2010 (2010-01-20)	1-11	
	* figures 1,2 *		
A	EP 2 952 978 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 9 décembre 2015 (2015-12-09)	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
	* alinéa [0022]; figure 5 *		G04D G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		22 juillet 2019	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)

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

EP 19 15 0749

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.

22-07-2019

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2833221	A2	04-02-2015	CN 104345628 A	11-02-2015
			EP 2833221 A2	04-02-2015
			HK 1193537 A2	19-09-2014
			HK 1205285 A1	11-12-2015
			HK 1205286 A1	11-12-2015
			US 2015029828 A1	29-01-2015

JP 2010217054	A	30-09-2010	AUCUN	

WO 2011069273	A1	16-06-2011	CH 704391 B1	29-01-2016
			CN 102713770 A	03-10-2012
			EP 2510405 A1	17-10-2012
			JP 5744050 B2	01-07-2015
			JP 2013513781 A	22-04-2013
			US 2012281510 A1	08-11-2012
			WO 2011069273 A1	16-06-2011

EP 1722281	A1	15-11-2006	AT 501468 T	15-03-2011
			CH 696475 A5	29-06-2007
			CN 101176044 A	07-05-2008
			CN 101738924 A	16-06-2010
			EP 1722281 A1	15-11-2006
			EP 1882212 A1	30-01-2008
			EP 2177957 A2	21-04-2010
			HK 1119788 A1	25-03-2011
			JP 4993769 B2	08-08-2012
			JP 2009508084 A	26-02-2009
			KR 20080015402 A	19-02-2008
			TW 1390370 B	21-03-2013
			TW 201312303 A	16-03-2013
			US 2008198702 A1	21-08-2008
			WO 2006122873 A1	23-11-2006

EP 2145856	A1	20-01-2010	CH 699109 A1	15-01-2010
			CN 101625541 A	13-01-2010
			EP 2145856 A1	20-01-2010
			HK 1140554 A1	14-02-2014
			JP 5378898 B2	25-12-2013
			JP 2010017845 A	28-01-2010
			KR 20100007759 A	22-01-2010
			TW 201016593 A	01-05-2010
			US 2010006540 A1	14-01-2010

EP 2952978	A1	09-12-2015	CH 709729 A2	15-12-2015
			CN 105319945 A	10-02-2016
			EP 2952978 A1	09-12-2015

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

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

EP 19 15 0749

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.
22-07-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		HK 1221996 A1	16-06-2017
		JP 6154852 B2	28-06-2017
		JP 2015230308 A	21-12-2015
		RU 2015121112 A	27-12-2016
		US 2015346693 A1	03-12-2015
		US 2018210402 A1	26-07-2018

EPO FORM P0460

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