



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
14.05.2008 Bulletin 2008/20

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

(21) Numéro de dépôt: **06123781.4**

(22) Date de dépôt: **09.11.2006**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK RS

- **Blondeau, Fabien**
2525, Le Landeron (CH)
- **Paratte, Lionel**
2000, Neuchâtel (CH)
- **Scharf, Toralf**
2000, Neuchâtel (CH)
- **Meister, Pierre-André**
2502, Bienne (CH)
- **Zanetta, André**
2000, Neuchâtel (CH)

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**
2540 Grenchen (CH)

(72) Inventeurs:
• **Bitterli, Roland**
2000, Neuchâtel (CH)
• **Noell, Wilfried**
2000, Neuchâtel (CH)

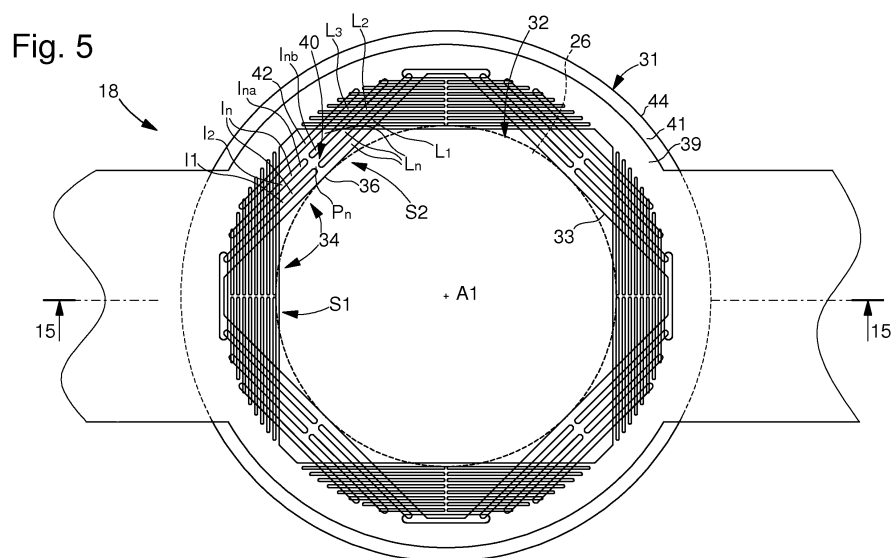
(74) Mandataire: **Robert, Vincent et al**
ICB S.A.
Rue des Sors 7
2074 Marin (CH)

(54) **Elément d'assemblage comportant deux séries de structures élastiques et pièce d'horlogerie comportant cet élément**

(57) L'élément d'assemblage (18) réalisé dans une plaque en matériau cassant comporte une ouverture (32) prévue pour l'insertion axiale d'un arbre (26). La paroi intérieure (33) de l'ouverture (32) comporte des structures élastiques (34) qui sont gravées dans la plaque et qui comportent chacune au moins une surface d'appui (36) pour serrer radialement l'arbre (26) en vue d'assurer

la fixation de l'élément d'assemblage (18) par rapport à l'arbre (26). L'élément d'assemblage (18) comporte une première série (S1) de structures élastiques (34) gravées dans une couche supérieure (39) de la plaque et une seconde série (S2) de structures élastiques (34) gravées dans une couche inférieure (41) de la plaque.

Une pièce d'horlogerie peut être équipée de cet élément d'assemblage.



Description

[0001] L'invention concerne un élément d'assemblage et une pièce d'horlogerie comportant un tel élément.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un élément d'assemblage réalisé dans une plaque en matériau cassant tel que du silicium, notamment pour une pièce d'horlogerie, comportant une ouverture prévue pour l'insertion axiale d'un arbre, la paroi intérieure de l'ouverture comportant des structures élastiques qui sont gravées dans la plaque et qui comportent chacune au moins une surface d'appui pour serrer radialement l'arbre en vue d'assurer la fixation de l'élément d'assemblage par rapport à l'arbre, dans lequel chaque structure élastique comporte une première lame élastique rectiligne qui s'étend suivant une direction tangentielle par rapport à l'arbre, la surface d'appui étant agencée sur la face interne de la première lame élastique.

[0003] Généralement, dans les pièces d'horlogerie, les éléments d'assemblage tels que les aiguilles horlogères et les roues dentées sont fixées sur leur arbre de rotation par chassage, c'est-à-dire qu'un cylindre creux est forcé sur un axe possédant un diamètre légèrement supérieur au diamètre intérieur du cylindre. Les propriétés élastiques et plastiques du matériau employé, généralement un métal, sont utilisées pour ce chassage. Pour des composants réalisés en matériau cassant tel que du silicium, matériau qui ne possède pas de domaine plastique utilisable, il n'est pas possible de chasser un cylindre creux sur un arbre de rotation conventionnel tels que ceux qui sont utilisés dans l'horlogerie mécanique, avec une tolérance de diamètre de l'ordre de +/- 5 microns.

[0004] De plus, la solution de fixation de l'élément d'assemblage tel qu'une aiguille doit fournir une force suffisante pour maintenir en place l'élément lors de chocs. La force nécessaire pour une aiguille horlogère conventionnelle est par exemple de l'ordre de un Newton.

[0005] Pour résoudre ces problèmes, il a déjà été proposé de réaliser, dans un élément d'assemblage tel qu'une virole de ressort à spirale en silicium, des structures élastiques en forme de lames flexibles agencées sur le pourtour de l'ouverture, de manière à permettre la fixation de la virole sur un arbre à la manière d'un chassage, en utilisant la déformation élastique des lames pour serrer l'arbre et retenir la virole sur l'arbre. Un tel exemple de fixation est décrit notamment dans le document EP 1 655 642.

[0006] L'invention vise à apporter des perfectionnements à cette solution, notamment pour permettre l'utilisation de cet élément d'assemblage comme élément rotatif dans un mécanisme d'horlogerie, en particulier comme aiguille horlogère.

[0007] Dans ce but, l'invention propose un élément d'assemblage du type décrit précédemment, caractérisé en ce que l'élément d'assemblage comporte une première série de structures élastiques gravées dans une couche supérieure de la plaque et une seconde série de structures élastiques gravées dans une couche inférieure

de la plaque.

[0008] L'élément d'assemblage selon l'invention permet d'améliorer la force de serrage contre l'arbre, pour permettre une meilleure répartition des efforts liés à la déformation élastique dans le matériau constituant l'élément d'assemblage, et pour permettre un meilleur contrôle de la force de serrage obtenue sur l'arbre, tout en restant éloigné de la zone de rupture du matériau. De plus, la réalisation de structures élastiques dans deux couches de la plaque permet de maximiser le nombre de structures élastiques relativement au volume d'encombrement.

[0009] Selon une autre caractéristique de l'invention, les structures élastiques de la première série sont de types différents des structures élastiques de la seconde série.

[0010] La combinaison de structures élastiques de types différents entre la couche supérieure et la couche inférieure permet de combiner les avantages techniques des deux types de structures, par exemple en vue d'optimiser la résistance aux accélérations linéaires, suivant l'axe de rotation, et aux accélérations angulaires, par rapport à l'axe de rotation.

[0011] Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- les deux séries de structures élastiques sont décalées angulairement l'une par rapport à l'autre, de manière qu'au moins une partie de leurs surfaces d'appui soient décalées angulairement les unes par rapport aux autres;
- la plaque est du type Silicon On Insulator avec une couche supérieure et une couche inférieure de silicium séparées par une couche intermédiaire d'oxyde de silicium;
- la plaque est du type Silicon On Insulator asymétrique avec une couche supérieure mince et une couche inférieure épaisse, et la première série de structures élastiques est réalisée dans la couche supérieure et la seconde série de structures élastiques est réalisée dans la couche inférieure;
- l'élément d'assemblage est constitué par un élément rotatif prévu pour être monté solidaire à rotation sur l'arbre, le corps principal de l'élément rotatif s'étend dans la couche supérieure, et la seconde série de structures élastiques est réalisée dans une extension axiale du corps principal située dans la couche inférieure;
- l'élément d'assemblage est constitué par une aiguille d'horlogerie;
- au moins une série de structures élastiques est du type dans lequel chaque structure élastique est constituée par un empilement radial de plusieurs lames élastiques parallèles, chaque lame élastique étant espacée radialement de la lame élastique adjacente par une lumière intercalaire rectiligne en deux parties, les deux parties de la lumière intercalaire étant séparées par un pont de matière qui relie les deux lames élastiques adjacentes et qui est sen-

siblement aligné radialement avec la surface d'appui, la dernière lame élastique de l'empilement, qui est située du côté opposé à la première lame, étant espacée radialement du reste de la plaque par une

- lumière en une seule partie, dite lumière de débattement, qui définit un espace de débattement radial pour la structure élastique;
- au moins une série de structures élastiques est du type dans lequel chaque structure élastique est constituée par une fourche qui est liée à la paroi intérieure de l'ouverture par un pont de matière et qui comporte deux branches s'étendant, de part et d'autre du pont de matière, globalement vers l'arbre, chaque branche comportant une surface d'appui au voisinage de son extrémité libre.

[0012] L'invention propose aussi une pièce d'horlogerie caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un élément d'assemblage selon l'une des caractéristiques précédentes.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemple non limitatifs et dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe axiale qui représente schématiquement une pièce d'horlogerie équipée d'éléments d'assemblage constitués par des aiguilles horlogères réalisées à partir d'une plaque en matériau cassant conformément aux enseignements de l'invention;
- les figures 2 à 4 sont des vues de dessus qui représentent schématiquement respectivement l'aiguille des heures, l'aiguille des minutes, et l'aiguille des secondes équipant la pièce d'horlogerie de la figure 1 et qui sont pourvues de structures élastiques à lames superposées gravées dans une couche supérieure et dans une couche inférieure de chaque aiguille;
- la figure 5 et la figure 6 sont des vues partielles agrandies de la bague de fixation de l'aiguille des heures de la figure 2 et de l'aiguille des secondes de la figure 4;
- la figure 7 est une vue partielle en perspective qui représente la bague de fixation de l'aiguille des secondes de la figure 4;
- la figure 8 est une vue similaire à celle de la figure 2 qui représente une variante de réalisation des structures élastiques de l'aiguille des heures comportant des éléments en relief sur les surfaces d'appui;
- les figures 9 à 11 sont des vues similaires à celle de la figure 5 qui représentent un deuxième mode de réalisation respectivement de l'aiguille des heures, de l'aiguille des minutes et de l'aiguille des secondes dans lesquelles la couche inférieure et la couche supérieure comportent des structures élastiques de types

différents;

- les figures 12 à 14 sont des vues similaires à celles des figures 9 à 11 qui représentent un troisième mode de réalisation respectivement de l'aiguille des heures, de l'aiguille des minutes et de l'aiguille des secondes dans lesquelles la couche inférieure et la couche supérieure comportent des structures élastiques de types différents;
- la figure 15 est une vue en coupe axiale selon le plan 15-15 qui représente la bague de fixation de l'aiguille des heures de la figure 2.

[0014] Dans la suite de la description, des éléments identiques ou similaires seront désignés par les mêmes références.

[0015] Sur la figure 1, on a représenté schématiquement une pièce d'horlogerie 10 qui est réalisée conformément aux enseignements de l'invention.

[0016] La pièce d'horlogerie 10 comporte un mouvement 12 monté à l'intérieur d'un boîtier 14 fermé par une glace 16. Le mouvement 12 entraîne en rotation, autour d'un axe A1, des moyens d'affichage analogique constitués ici par une aiguille des heures 18, une aiguille des minutes 20, et une aiguille des secondes 22, ces aiguilles s'étendant au-dessus d'un cadran 24. Les aiguilles 18, 20, 22 sont fixées sur des arbres 26, 28, 30 de rotation coaxiaux par serrage élastique, à la manière d'un chasage, comme on le verra par la suite.

[0017] De préférence, les arbres 26, 28, 30 sont des arbres conventionnels couramment utilisés dans les mouvements d'horlogerie, par exemple des arbres cylindriques en métal ou en matériau plastique.

[0018] Dans la suite de la description, on utilisera à titre non limitatif une orientation axiale suivant l'axe de rotation A1 des aiguilles 18, 20, 22 et une orientation radiale relativement à cet axe A1. De plus, des éléments seront qualifiés d'intérieur ou d'extérieur, suivant l'orientation radiale, par rapport à l'axe A1.

[0019] Les aiguilles 18, 20, 22 constituent des éléments d'assemblage, chaque aiguille 18, 20, 22 étant réalisée dans une plaque en matériau cassant, de préférence en matériau cristallin à base de silicium.

[0020] Les figures 2, 3 et 4 représentent un premier mode de réalisation avantageux pour chacune des trois aiguilles, respectivement pour l'aiguille des heures 18, l'aiguille des minutes 20, et l'aiguille des secondes 22. Chaque aiguille 18, 20, 22 comporte ici une bague de fixation 31 qui délimite une ouverture 32 prévue pour permettre la fixation de l'aiguille 18, 20, 22 sur l'arbre 26, 28, 30 associé par insertion axiale dans l'ouverture 32. La paroi intérieure 33 de l'ouverture 32 comporte des structures élastiques 34 qui sont gravées dans la plaque formant la bague de fixation 31 et qui comportent chacune au moins une surface d'appui 36 pour serrer radialement l'arbre 26, 28, 30 associé en vue de retenir axialement et radialement l'aiguille 18, 20, 22 sur l'arbre 26, 28, 30, et en vue de rendre l'arbre et l'aiguille associée solidaires à rotation.

[0021] Conformément aux enseignements de l'invention, chaque aiguille 18, 20, 22 comporte une première série S1 de structures élastiques 34 qui sont gravées dans une couche supérieure 39 de la plaque et une seconde série S2 de structures élastiques 34 qui sont gravées dans une couche inférieure 41 de la plaque, comme illustré par la vue en coupe de la figure 15.

[0022] Avantageusement, chaque aiguille 18, 20, 22 est réalisée dans une plaque de silicium du type SOI (Silicon On Insulator) asymétrique qui comprend une couche supérieure 39 mince de silicium et une couche inférieure 41 épaisse de silicium séparées par une couche intermédiaire 43 d'oxyde de silicium. Ce type de plaque présente notamment l'avantage de faciliter la réalisation de structures distinctes par deux étapes de gravure, par exemple par une attaque chimique du côté de la couche supérieure 39 et par une autre attaque chimique du côté de la couche inférieure 41, la couche intermédiaire 43 permettant de stopper l'attaque de manière adéquate pour limiter la gravure respectivement dans chacune des couches 39, 41. Après gravure dans les couches supérieure 39 et inférieure 41, une autre attaque est mise en oeuvre pour éliminer la couche intermédiaire 43 dans des zones déterminées de manière à libérer les structures élastiques 34 pour permettre leur déformation élastique.

[0023] Après la gravure de chaque aiguille 18, 20, 22, la couche supérieure 39 et la couche inférieure 41 restent liées par des portions de la couche intermédiaire 43 qui n'ont pas été attaquées. Ces portions de liaison sont situées ici dans la bague 31, sur le pourtour de l'ouverture 32.

[0024] Selon les modes de réalisation représentés, la couche inférieure 41 de silicium est conservée exclusivement sous la bague de fixation 31 de chaque aiguille 18, 20, 22 et elle forme une extension axiale inférieure, par rapport au reste du corps de l'aiguille 18, 20, 22 qui est formé dans la couche supérieure 39 mince, comme on peut le voir sur la figure 15.

[0025] On décrit maintenant un premier mode de réalisation avantageux des structures élastiques 34 selon l'invention en considérant l'aiguille des heures 18 telle que représentée sur la figure 2 et telle que représentée de manière agrandie sur la figure 5 et en coupe sur la figure 15. On note que les structures élastiques 34 sont ici représentées au repos, c'est-à-dire avant d'être déformées par l'insertion de l'arbre 26, 28, 30 associé.

[0026] Selon le premier mode de réalisation, les structures élastiques 34 de la première S1 et de la seconde S2 séries sont de types similaires, ici du type à empilement radial de lames élastiques L_n rectilignes et parallèles, d'épaisseur radiale sensiblement constante. Les lames élastiques L_n s'étendent chacune suivant une direction tangentielle par rapport à l'arbre 26 associé. La surface d'appui 36 de chaque structure élastique 34 est agencée sur la face interne 38 de la première lame élastique L_1 de l'empilement, du côté de l'arbre 26. Dans chaque structure élastique 34, chaque lame élastique L_n

est espacée radialement de la lame élastique L_{n+1} , L_{n-1} adjacente par une lumière intercalaire I_n rectiligne en deux parties I_{na} , I_{nb} , les deux parties I_{na} , I_{nb} de la lumière intercalaire I_n étant séparées par un pont de matière P_n qui relie les deux lames élastiques L_n adjacentes et qui est sensiblement aligné radialement avec la surface d'appui 36. La suite continue de ponts de matière P_n entre les lames élastiques L_n forme ainsi une poutre radiale de liaison 40.

[0027] Avantageusement, l'extrémité de chaque lumière intercalaire I_n présente un profil arrondi, par exemple en demi-cercle, de manière à éviter une accumulation des contraintes mécaniques aux extrémités ce qui pourrait conduire à des amorces de ruptures lors de la flexion des lames élastiques L_n .

[0028] Dans l'exemple représenté, en considérant la seconde série S2 de structures élastiques 34, l'empilement formant chaque structure élastique 34 comporte trois lames élastiques L_1 , L_2 , L_3 et deux lumières intercalaires I_1 , I_2 . Les épaisseurs radiales des lumières intercalaires I_n sont ici sensiblement constantes et identiques.

[0029] Selon une autre caractéristique, la dernière lame élastique L_3 de l'empilement, qui est située du côté opposé à la première lame L_1 , est espacée radialement du reste de la plaque formant l'aiguille 18 par une lumière 42 en une seule partie, dite lumière de débatement 42. L'épaisseur radiale de la lumière de débatement 42 détermine le débatement radial maximal de la structure élastique 34. De préférence, l'épaisseur radiale de la lumière de débatement 42 est sensiblement constante et supérieure ou égale à l'épaisseur radiale des lumières intercalaires I_n .

[0030] De préférence, le nombre de lames élastiques L_n formant chaque structure élastique 34 de la couche inférieure 41 épaisse est plus faible que le nombre de lames élastiques L_n formant chaque structure élastique 34 de la couche supérieure 39 mince.

[0031] Lorsque l'arbre 26 est inséré dans l'ouverture 32, l'effort exercé sur la surface d'appui 36 provoque une déformation élastique de toutes les lames élastiques L_n de chaque structure élastique 34 de sorte que la partie centrale de ces lames L_n se déplace radialement vers l'extérieur, en réduisant l'épaisseur radiale de la lumière de débatement 42 au droit de la poutre 40. Cette déformation élastique produit un serrage élastique radial sur l'arbre 26 à la manière d'un chassage.

[0032] On note que la poutre de liaison 40 permet de lier toutes les lames élastiques L_n entre elles, de manière qu'elles puissent toutes se déformer simultanément lorsqu'un effort radial est appliqué sur la surface d'appui 36, et de manière à répartir les contraintes mécaniques en plusieurs endroits pour minimiser les risques de rupture.

[0033] De préférence, dans chaque structure élastique 34, la longueur des lames élastiques L_n diminue progressivement depuis la première lame élastique L_1 jusqu'à la dernière lame élastique L_3 de l'empilement, ce qui permet de suivre globalement la courbure de la paroi exté-

rieure cylindrique 44 de la bague de fixation 31.

[0034] Selon le mode de réalisation représenté sur la figure 5, l'épaisseur radiale de chaque lumière intercalaire I_n est sensiblement constante sur toute sa longueur et l'épaisseur radiale de toutes les lumières intercalaires I_n est sensiblement égale. Pour obtenir une force de serrage maximale sur l'arbre 26, dans un volume donné de matériau de la bague de fixation 31, l'épaisseur radiale de chaque lumière intercalaire I_n est minimisée.

[0035] Avantagusement, pour chaque aiguille 18, 20, 22, le nombre de structures élastiques 34 agencées autour de l'ouverture 32, dans chaque série S1, S2 de structures élastiques 34, est choisi en fonction du diamètre de l'arbre 26, 28, 30 associé et en fonction de l'espace radial disponible entre la paroi intérieure 33 de l'ouverture 32 et la paroi extérieure 44 de la bague de fixation 31 de l'aiguille 18, 20, 22. Ainsi, plus le diamètre de l'arbre 26, 28, 30 est important et plus l'espace radial mentionné ci-dessus est faible, plus le nombre de structures élastiques 34 est important.

[0036] Dans le présent mode de réalisation, comme le diamètre de l'arbre 26 associé à l'aiguille des heures 18 est beaucoup plus important que le diamètre de l'arbre 30 associé à l'aiguille des secondes 22, et comme le diamètre extérieur de la bague de fixation 31 n'évolue pas proportionnellement, il a été sélectionné un nombre de structures élastiques 34 égal à quatre dans chacune des séries S1, S2 de l'aiguille des heures 18, alors que le nombre de structures élastiques 34 est égal à deux dans chaque série S1, S2 de l'aiguille des secondes 22. De manière intermédiaire, le nombre de structures élastiques 34 dans chaque série S1, S2 de l'aiguille des minutes 20 est ici égal à trois.

[0037] On note que, pour l'aiguille des heures 18 et l'aiguille des minutes 20, les structures élastiques 34 sont réparties de manière régulière autour de l'axe A1, de sorte que le contour intérieur de l'ouverture 32 a, dans chaque série S1, S2, globalement une forme carrée et une forme triangulaire respectivement.

[0038] On note que la réalisation du système de fixation avec au moins trois structures élastiques 34 permet de faciliter le centrage de la bague de fixation 31 par rapport à l'arbre 26, 28, 30 associé.

[0039] Avantagusement, le nombre de structures élastiques 34 est le même dans les deux séries S1, S2 mais les structures élastiques 34 de la première série S1 sont décalées angulairement par rapport aux structures élastiques 34 de la seconde série S2. Ainsi, en considérant l'aiguille des heures 18 sur la figure 5, les structures élastiques 34 des deux séries S1, S2 sont décalées de $\pi/4$. Ce décalage angulaire permet de bien répartir la force de serrage élastique sur le pourtour de l'arbre 26 en décalant angulairement les surfaces d'appui 36 des structures élastiques 34 de la première série S1 par rapport aux surfaces d'appui 36 de la seconde série S2. Ce décalage angulaire présente aussi des avantages au niveau de la fabrication, lors des étapes de gravure, car il permet de minimiser la surface de couche intermédiaire

43 qui est dégagée sur ses deux faces transversales, après attaque plasma (RIE) des deux côtés de la plaque SOI.

[0040] Selon les modes de réalisation représentés, les structures élastiques 34 de chaque série S1, S2 sont décalées angulairement de $\pi/3$ dans l'aiguille des minutes 20 et de π dans l'aiguille des secondes 22.

[0041] Selon une autre caractéristique avantageuse, le nombre de lames élastiques L_n est différent entre les structures élastiques 34 de la première S1 et de la seconde S2 séries, ce qui permet d'ajuster plus finement la valeur de la force de serrage élastique sur l'arbre 26. Cela permet aussi d'ajuster la valeur de la force de serrage en fonction de l'épaisseur axiale des lames élastiques L_n , les lames élastiques L_n de la couche inférieure 41 étant plus épaisses axialement que celles de la couche supérieure 39, en raison de la différence d'épaisseur axiale entre les deux couches 39, 41.

[0042] On décrit maintenant, en considérant notamment les figures 6 et 7, la structure spécifique de l'aiguille des secondes 22 dont chaque série S1, S2 comporte seulement deux structures élastiques 34 et une surface d'appui fixe 46. Selon ce mode de réalisation, les premières lames élastiques L_1 des deux structures élastiques 34 de chaque série S1, S2 définissent entre elles un angle aigu β et elles sont sensiblement jointes à l'une de leurs extrémités fixes. L'angle β a par exemple une valeur d'environ trente degrés.

[0043] Pour simplifier la représentation et faciliter la description, les deux couches 39, 41 et les séries S1, S2 de structures élastiques 34 associées de l'aiguille 22 ont été représentées côte à côte sur la figure 6.

[0044] On décrit maintenant la structure de la couche supérieure 39 et les structures élastiques 34 associées (S1), compte tenu du fait que la structure de la couche inférieure 41 est similaire mais décalée d'un demi tour.

[0045] La surface d'appui fixe 46 s'étend suivant une direction tangentielle, par rapport à l'arbre 30 associé, et elle forme la base d'un triangle isocèle dont les deux autres côtés sont formés par la face interne 38 des premières lames élastiques L_1 des deux structures élastiques 34. La surface d'appui fixe 46 est ici agencée à l'extrémité libre d'une découpe 48, globalement en forme de trapèze, en saillie à l'intérieur de l'ouverture 32. La découpe 48 est gravée dans la plaque formant l'aiguille 22 et elle comporte ici deux parois latérales 50, 52 qui s'étendent chacune parallèlement à la première lame L_1 de la structure élastique 34 en vis-à-vis.

[0046] L'arbre 30 associé à l'aiguille des secondes 22 est prévu pour être en appui contre la surface d'appui fixe 46 et contre les surfaces d'appui 36 des structures élastiques 34.

[0047] On note que le contour de la paroi intérieure 33 de l'ouverture 32 a, pour chacune des couches 39, 41 globalement la forme d'un triangle isocèle.

[0048] Selon un mode de réalisation avantageux représenté sur la figure 6, dans chaque structure élastique 34, l'épaisseur radiale de chaque lame élastique L_n est

sensiblement constante sur toute sa longueur, et l'épaisseur radiale des lames élastiques L_n diminue progressivement depuis la première lame élastique L_1 jusqu'à la dernière lame élastique L_n de l'empilement, chaque structure élastique 34 de la première série S1 comportant ici vingt et une lames élastiques L_n et chaque structure élastique 34 de la seconde série S2 comportant ici neuf lames élastiques L_n , de longueurs décroissantes, de l'intérieur vers l'extérieur. Ainsi, l'épaisseur radiale des lames élastiques L_1 est adaptée à leur longueur, ce qui permet d'obtenir une flexibilité sensiblement homogène de toutes les lames élastiques L_n , malgré leurs différences de longueur. On homogénéise aussi les contraintes mécaniques dans tout le volume de matière servant à la fixation, c'est-à-dire ici dans toute la bague de fixation 31.

[0049] Bien entendu, cette différence d'épaisseur entre les lames élastiques L_n peut être appliquée aux autres modes de réalisation d'aiguilles 18, 20, 22.

[0050] On note que le nombre de lames élastiques L_n formant chaque empilement peut être adapté en fonction de divers paramètres, notamment en fonction de l'espace radial disponible, en fonction de la force de serrage désirée sur l'arbre associé, en fonction du type de matériau utilisé pour fabriquer l'aiguille 18, 20, 22 associée. De préférence, le nombre de lames L_n est plus faible dans la couche inférieure 41 épaisse que dans la couche supérieure 39 mince.

[0051] Sur la figure 8, on a représenté une variante de réalisation de l'aiguille des heures 18 qui se différencie du précédent mode de réalisation par le fait que chaque surface d'appui 36 est pourvue d'éléments discrets en relief 54 qui augmentent les frottements entre l'arbre 26 et la surface d'appui 36 de manière à améliorer la solidarisation en rotation entre l'arbre 26 et l'aiguille 18. Ces éléments discrets en relief 54 sont constitués ici par des dents de profil triangulaire gravées dans la première lame L_1 .

[0052] Bien entendu, cette variante de réalisation est applicable aux surfaces d'appui 36, 46 agencées dans les ouvertures 32 des aiguilles des minutes 20 et des secondes 22 décrites en relation avec les figures 3 et 4.

[0053] Selon un deuxième mode de réalisation, qui est représenté sur les figures 9 à 11, les deux séries S1, S2 de structures élastiques 34 agencées sur chaque aiguille 18, 20, 22 sont de types différents. Plus précisément, la première série S1 de structures élastiques 34 est du type à lames élastiques L_n empilées, comme décrit et représenté en référence au premier mode de réalisation, et la seconde série S2 de structures élastiques est du type à structures élastiques 34 en forme de fourche.

[0054] Chaque structure élastique 34 de la seconde série S2 est constituée par une fourche qui est liée à la paroi intérieure 33 de l'ouverture 32 par un pont de matière 56 et qui comporte deux branches 58, 60 s'étendant, de part et d'autre du pont de matière 56, globalement vers l'arbre 26, 28, 30. En outre, chaque branche 58, 60 comporte une surface d'appui 62, 64 au voisinage de son extrémité libre 66, 68.

[0055] Selon le deuxième mode de réalisation, les deux branches 58, 60 de chaque structure élastique 34 sont recourbées l'une vers l'autre en formant un "C" presque fermé.

[0056] On décrit maintenant ce deuxième mode de réalisation en considérant l'aiguille des heures 18 telle que représentée sur la figure 9. On note que les structures élastiques 34 sont ici représentées au repos, c'est-à-dire avant d'être déformées par l'insertion de l'arbre 26, 28, 30 associé.

[0057] Chaque branche 58, 60 de chaque structure élastique 34 a la forme d'une courbe sensiblement parabolique dont une première extrémité fixe 70, 72 est agencée sur le pont de matière 56 associé et dont une seconde extrémité libre 66, 68 fait face à l'extrémité libre 66, 68 de l'autre branche 58, 60 de la structure élastique 34.

[0058] De préférence, les extrémités libres 66, 68 des branches 58, 60 de chaque structure élastique 34 sont suffisamment proches pour que la face intérieure de chaque branche 58, 60 soit sensiblement tangente à la surface axiale de l'arbre 26, au voisinage des extrémités libres 66, 68, la surface d'appui 62, 64 de chaque branche 58, 60 étant ainsi située sur la face intérieure de son tronçon d'extrémité libre, en vis-à-vis de l'arbre 26.

[0059] Lorsque l'arbre 26 est inséré dans l'ouverture 32, l'effort radial exercé sur les surfaces d'appui 62, 64 provoque une déformation élastique des deux branches 58, 60 de la structure élastique 34 de sorte que les extrémités libres 66, 68 des branches 58, 60 se déplacent radialement vers l'extérieur. Cette déformation élastique produit un serrage élastique radial sur l'arbre 26 à la manière d'un chassage.

[0060] De préférence, les structures élastiques 34 sont réparties de manière régulière autour de l'axe A1.

[0061] Un troisième mode de réalisation de l'invention est représenté sur les figures 12 à 14. Ce troisième mode de réalisation est similaire au deuxième mode de réalisation en ce que les structures élastiques 34 de la première série S1 sont constituées de lames élastiques L_n empilées et en ce que les structures élastiques 34 de la seconde série S2 sont constituées de fourches à deux branches 58, 60. Le troisième mode de réalisation se distingue du deuxième principalement en ce que chaque structure élastique 34 comporte un tronçon principal 74 qui s'étend de part et d'autre du pont de matière 56. Chaque branche 58, 60 s'étend, depuis l'extrémité du tronçon principal 74 opposée au pont de matière 56, suivant une direction rectiligne. Chaque branche 58, 60 est inclinée vers la branche 58, 60 associée, par rapport à une direction radiale. La surface d'appui 62, 64 de chaque branche 58, 60 est agencée à l'extrémité libre 66, 68 de la branche 58, 60.

[0062] De préférence, le tronçon principal 74 de chaque structure élastique 34 s'étend suivant une direction sensiblement circonférentielle, parallèlement à la paroi intérieure 33 cylindrique de l'ouverture 32, ce qui permet de maximiser la longueur du tronçon principal 74 et des

branches 58, 60 rectilignes en vue de répartir les contraintes liées à la déformation élastique des branches 58, 60 dans un plus grand volume.

[0063] Le troisième mode de réalisation présente l'avantage de produire un effet autobloquant, lorsque l'arbre 26, 28, 30 et l'aiguille 18, 20, 22 associée sont assemblés ensemble. En effet, l'inclinaison des branches 58, 60 permet une réaction dynamique à une accélération en rotation ce qui rend ce mode de réalisation particulièrement adapté à la fixation d'éléments d'assemblage supportant des accélérations angulaires élevées ou dans le cas où l'élément rotatif possède un déséquilibre important dans la répartition des masses, ce qui est le cas pour les aiguilles d'une pièce d'horlogerie.

[0064] Dans le troisième mode de réalisation, les deux branches 58, 60 de chaque structure élastique 34 exercent des efforts de poussée de sens opposés, de sorte que chaque branche 58, 60 s'oppose à la rotation relative de l'aiguille 18, 20, 22 par rapport à l'arbre 26, 28, 30 associé dans un sens de rotation privilégié. Dans l'exemple représenté sur la figure 12, la première branche 58 de chaque structure élastique 34 s'oppose à la rotation relative de l'aiguille 18 dans le sens anti-horaire et la seconde branche 60 de chaque structure élastique 34 s'oppose à la rotation relative de l'aiguille 18 dans le sens horaire. Les structures élastiques 34 du troisième mode de réalisation assurent donc une solidarisation en rotation particulièrement efficace entre les aiguilles 18, 20, 22 et les arbres 26, 28, 30 associés.

[0065] La réalisation de structures élastiques 34 en forme de fourches comportant un tronçon orienté tangentiellement ou circonférentiellement (le tronçon 56) et un tronçon rectiligne (la branche 58, 60) orienté vers l'arbre 26, 28, 30 associé permet de réduire la raideur de la structure élastique 34 ce qui permet un débattement radial de valeur suffisante pour permettre la fixation sur l'arbre 26, 28, 30, en particulier pour compenser les tolérances de diamètre de l'arbre. Chaque structure élastique 34 doit avoir une flexibilité suffisante pour permettre la fixation à la fois sur un arbre ayant un diamètre inférieur à la valeur nominale et sur un arbre ayant un diamètre supérieur à la valeur nominale.

[0066] Les avantages mentionnés ici en référence au troisième mode de réalisation s'appliquent en partie au deuxième mode de réalisation, la réalisation de structures élastiques comportant deux branches 58, 60 offrant l'avantage d'une réaction dynamique à une accélération angulaire. De plus, les branches 58, 60 courbes du deuxième mode de réalisation permettent aussi d'obtenir une diminution de la raideur de la structure élastique 34 et un débattement radial adéquat pour la fixation sur l'arbre.

[0067] On note que, dans le premier et le second modes de réalisation, chaque structure élastique 34 possède un plan axial de symétrie P qui s'étend suivant un rayon passant par le milieu du pont de matière 40.

[0068] Les combinaisons de structures élastiques de types différents utilisées dans les deuxième et troisième

modes de réalisation sont particulièrement avantageux lorsque les structures élastiques 34 à empilement de lames élastiques L_n sont agencées dans la couche supérieure 39 mince et que les structures élastiques 34 en forme de fourches sont agencées dans la couche inférieure 41 épaisse. En effet, pour des questions de procédé de fabrication et de gravure, l'obtention des plus petites ouvertures possibles dans une couche de silicium dépend de l'épaisseur de la couche. Or, la force de serrage élastique de chaque structure élastique 34 est proportionnelle au cube de l'épaisseur axiale de la structure élastique 34, ce qui signifie qu'une couche comportant un nombre relativement réduit de lames élastiques, comme c'est le cas avec les structures en forme de fourches, développera difficilement une force de serrage suffisante. Par conséquent, les structures élastiques 34 qui sont le plus adaptées à la couche supérieure 39 mince sont les structures à empilement de lames élastiques L_n car elles mettent en oeuvre un grand nombre de lames élastiques. De plus, l'agencement de ce type de structure élastique 34 à lames empilées dans la couche supérieure 39 mince permet de minimiser les espaces radiaux entre les lames élastiques L_n et donc d'augmenter le nombre de lames élastiques L_n pour compenser la force de rappel élastique plus faible due à la faible épaisseur axiale de ces lames élastiques L_n .

[0069] Bien entendu, les modes de réalisation décrits précédemment peuvent être combinés ensemble ou avec d'autres modes de réalisation. En particulier, les structures élastiques 34 pourraient être de types différents, par exemple être réalisés selon les enseignements du document EP 1 655 642. Le type de structures élastiques 34 choisi pour chaque couche 39, 41 peut aussi être inversé, par rapport aux modes de réalisation décrits, en particulier les structures élastiques 34 du type à lames élastiques L_n empilées pourraient être agencées dans la couche inférieure 41 et les structures élastiques 34 en forme de fourches pourraient être agencées dans la couche supérieure 39.

[0070] Selon une variante de réalisation (non représentée), les aiguilles 18, 20, 22 pourraient être réalisées dans une plaque SOI du type symétrique, c'est-à-dire une plaque dans laquelle les couches supérieure 39 et inférieure 41 ont la même épaisseur.

[0071] Bien que la présente invention ait été décrite en relation avec des éléments d'assemblage constitués par des aiguilles 18, 20, 22, elle ne se limite pas à ces modes de réalisation. Ainsi, l'élément d'assemblage peut être constitué par un autre type d'élément rotatif, par exemple par une roue dentée utilisée dans un mouvement d'horlogerie. L'élément d'assemblage peut aussi être constitué par un élément non rotatif, par exemple une plaque en matériau cassant prévue pour être assemblée sur un autre élément comportant un arbre de fixation, ou tenon, en métal.

Revendications

1. Elément d'assemblage (18, 20, 22) réalisé dans une plaque en matériau cassant tel que du silicium, notamment pour une pièce d'horlogerie (10), comportant une ouverture (32) prévue pour l'insertion axiale d'un arbre (26, 28, 30), la paroi intérieure (33) de l'ouverture (32) comportant des structures élastiques (34) qui sont gravées dans la plaque et qui comportent chacune au moins une surface d'appui (36, 62, 64) pour serrer radialement l'arbre (26, 28, 30) en vue d'assurer la fixation de l'élément d'assemblage (18, 20, 22) par rapport à l'arbre (26, 28, 30), **caractérisé en ce que** l'élément d'assemblage (18, 20, 22) comporte une première série (S1) de structures élastiques (34) gravées dans une couche supérieure (39) de la plaque et une seconde série (S2) de structures élastiques (34) gravées dans une couche inférieure (41) de la plaque.
2. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les structures élastiques (34) des deux séries (S1, S2) sont du même type.
3. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les structures élastiques (34) de la première série (S1) sont de types différents des structures élastiques (34) de la seconde série (S2).
4. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux séries (S1, S2) de structures élastiques (34) sont décalées angulairement l'une par rapport à l'autre, de manière qu'au moins une partie de leurs surfaces d'appui (36) soient décalées angulairement les unes par rapport aux autres.
5. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la plaque est du type Silicon On Insulator avec une couche supérieure (39) et une couche inférieure (41) de silicium séparées par une couche intermédiaire (43) d'oxyde de silicium.
6. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la plaque est du type Silicon On Insulator asymétrique avec une couche supérieure (39) mince et une couche inférieure (41) épaisse, et **en ce que** la première série (S1) de structures élastiques (34) est réalisée dans la couche supérieure (39) et la seconde série (S2) de structures élastiques (34) est réalisée dans la couche inférieure (41).
7. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il est** constitué par un élément rotatif (18, 20, 22) prévu pour être monté solidaire à rotation sur l'arbre (26, 28, 30), **en ce que** le corps principal de l'élément rotatif (18, 20, 22) s'étend dans la couche supérieure (39), et **en ce que** la seconde série (S2) de structures élastiques (34) est réalisée dans une extension axiale du corps principal située dans la couche inférieure (41).
8. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il est** constitué par une aiguille d'horlogerie.
9. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au moins une série (S1, S2) de structures élastiques (34) est du type dans lequel chaque structure élastique (34) est constituée par un empilement radial de plusieurs lames élastiques (L_n) parallèles, chaque lame élastique (L_n) étant espacée radialement de la lame élastique (L_n) adjacente par une lumière intercalaire (I_n) rectiligne en deux parties (I_{na} , I_{nb}), les deux parties de la lumière intercalaire (I_n) étant séparées par un pont de matière (P_n) qui relie les deux lames élastiques (L_n) adjacentes et qui est sensiblement aligné radialement avec la surface d'appui (36), la dernière lame élastique (L_n) de l'empilement, qui est située du côté opposé à la première lame (L_1), étant espacée radialement du reste de la plaque par une lumière (42) en une seule partie, dite lumière de débattement, qui définit un espace de débattement radial pour la structure élastique (34).**
10. Elément d'assemblage (18, 20, 22) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au moins une série (S2) de structures élastiques (34) est du type dans lequel chaque structure élastique (34) est constituée par une fourche qui est liée à la paroi intérieure de l'ouverture par un pont de matière (56) et qui comporte deux branches (58, 60) s'étendant, de part et d'autre du pont de matière (56), globalement vers l'arbre (26, 28, 30), chaque branche (58, 60) comportant une surface d'appui (62, 64) au voisinage de son extrémité libre (66, 68).**
11. Pièce d'horlogerie (10) **caractérisée en ce qu'elle** comporte un élément d'assemblage (18, 20, 22) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

Fig. 2

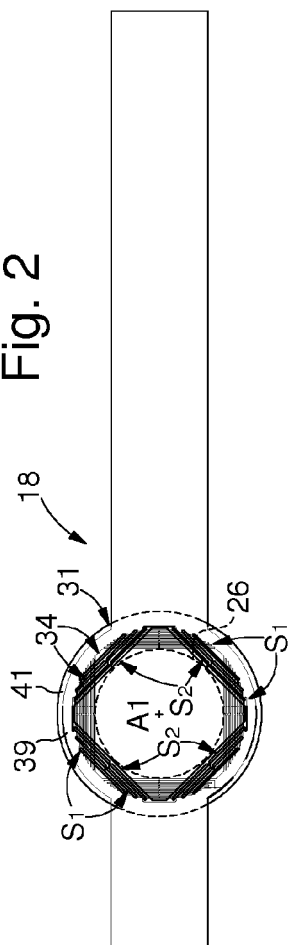


Fig. 3

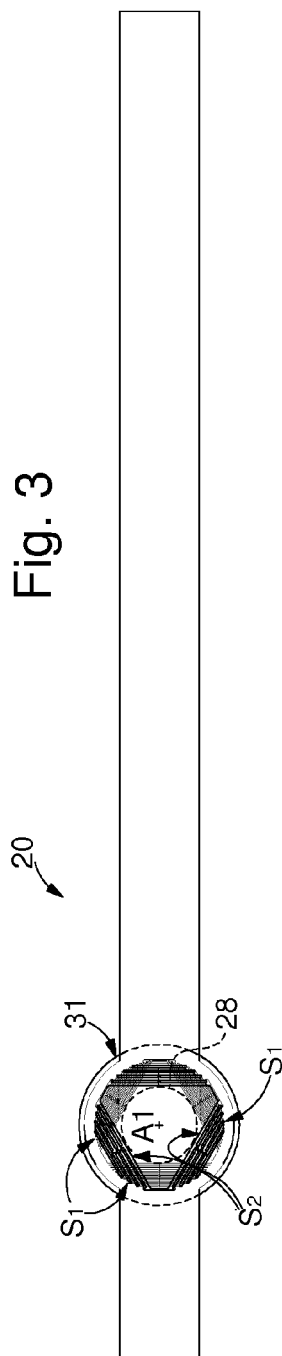
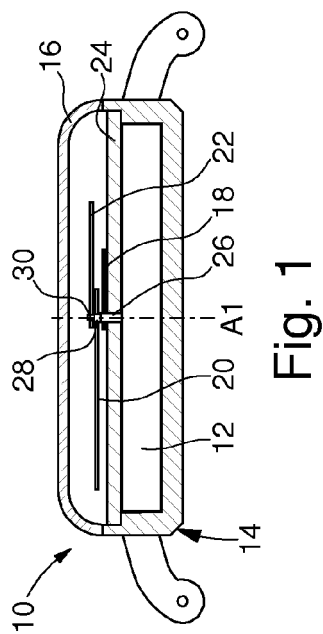
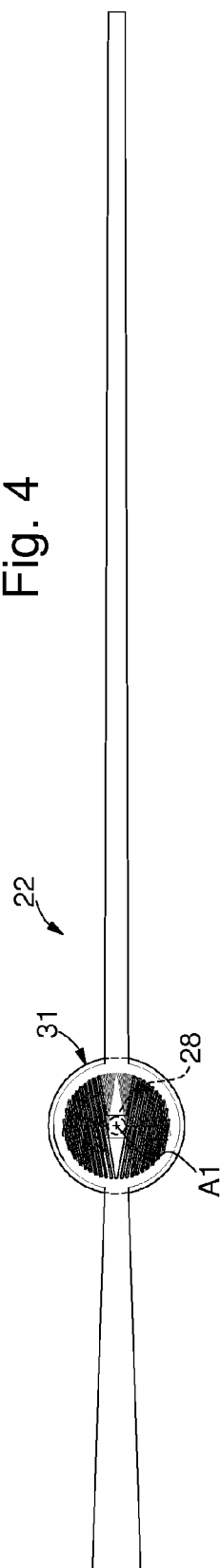


Fig. 4



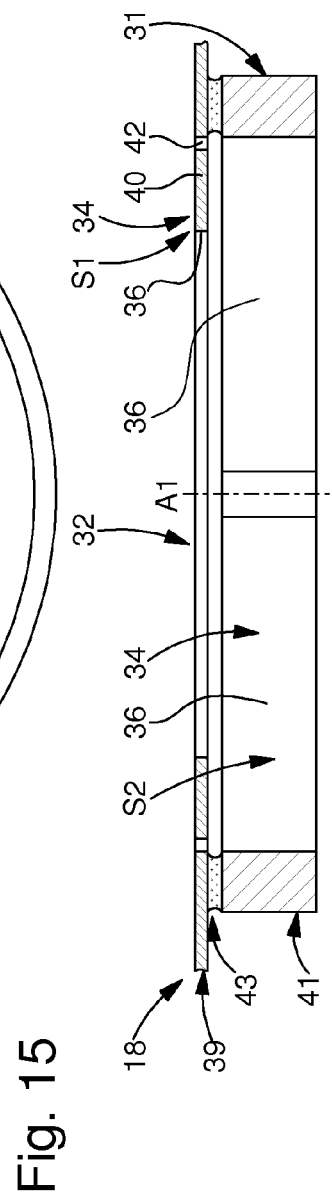
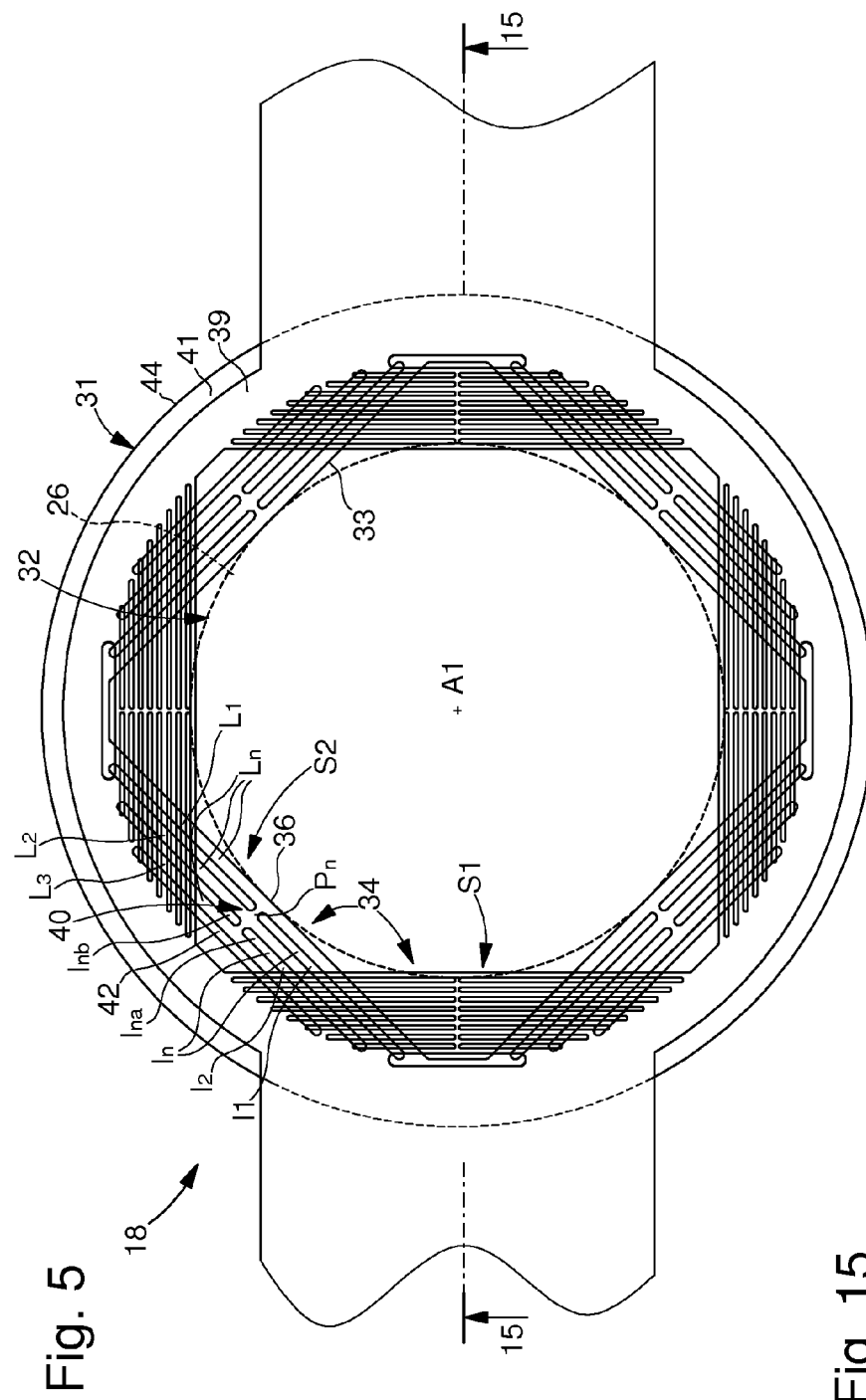
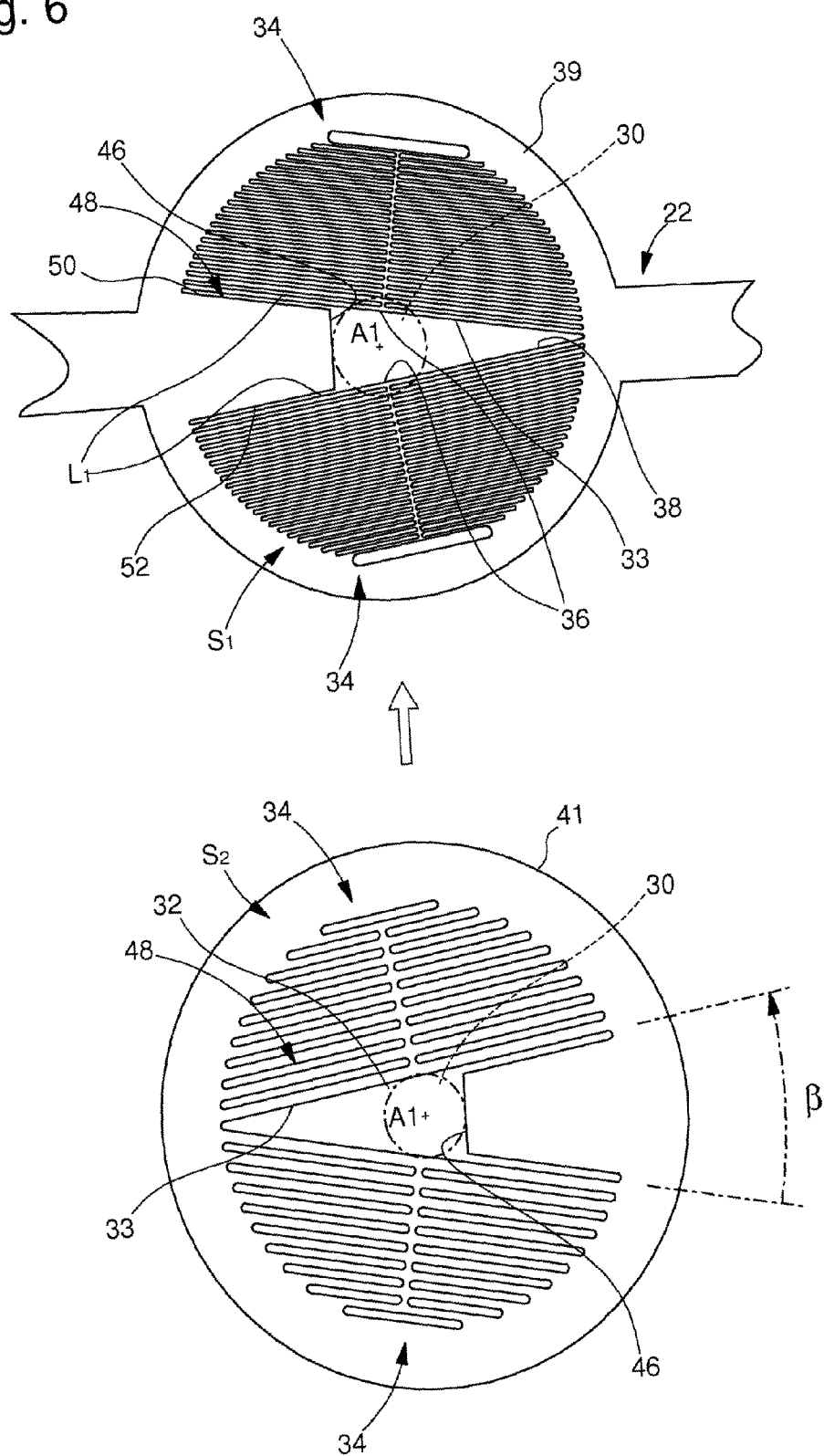


Fig. 6



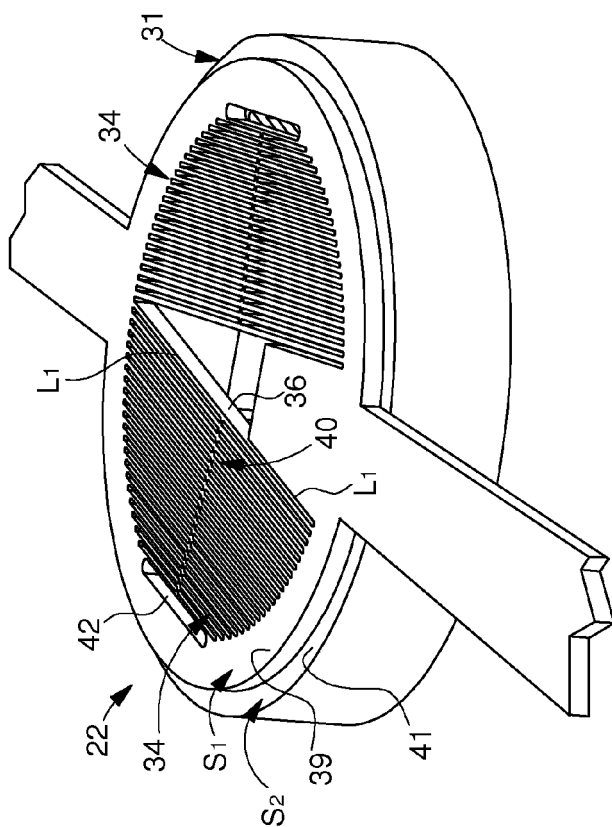


Fig. 7

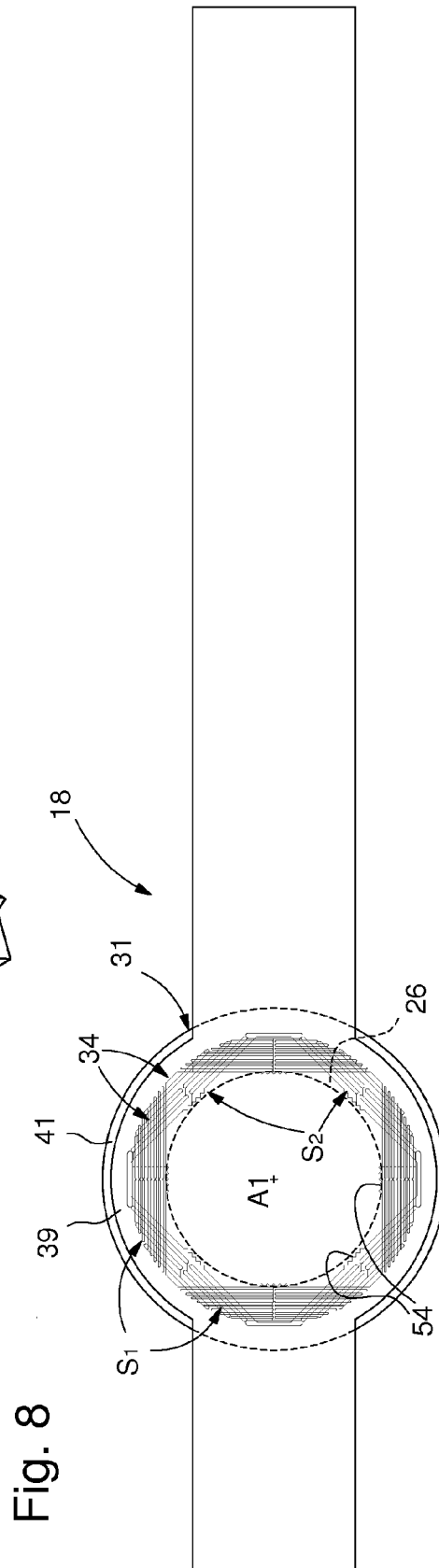
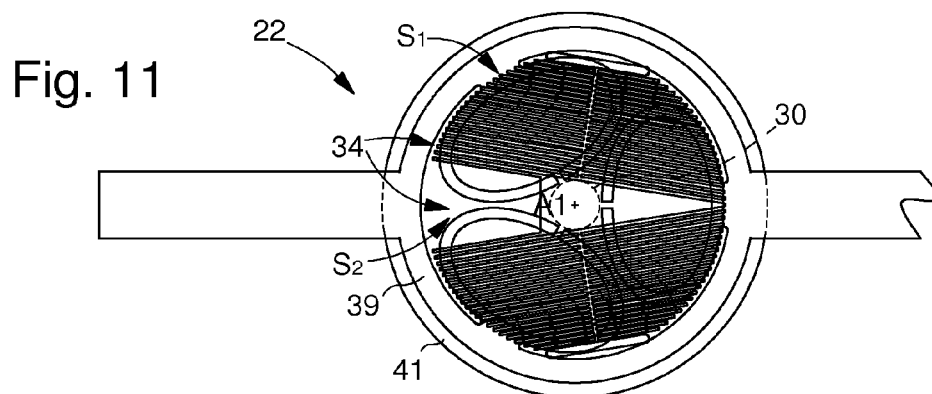
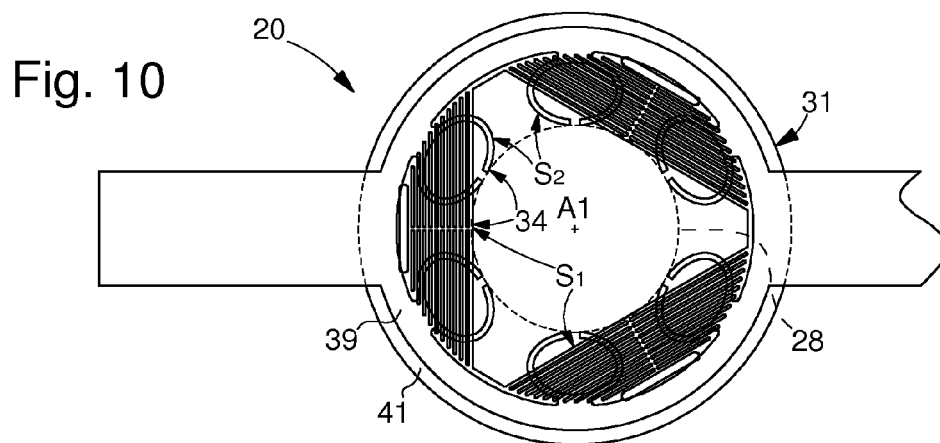
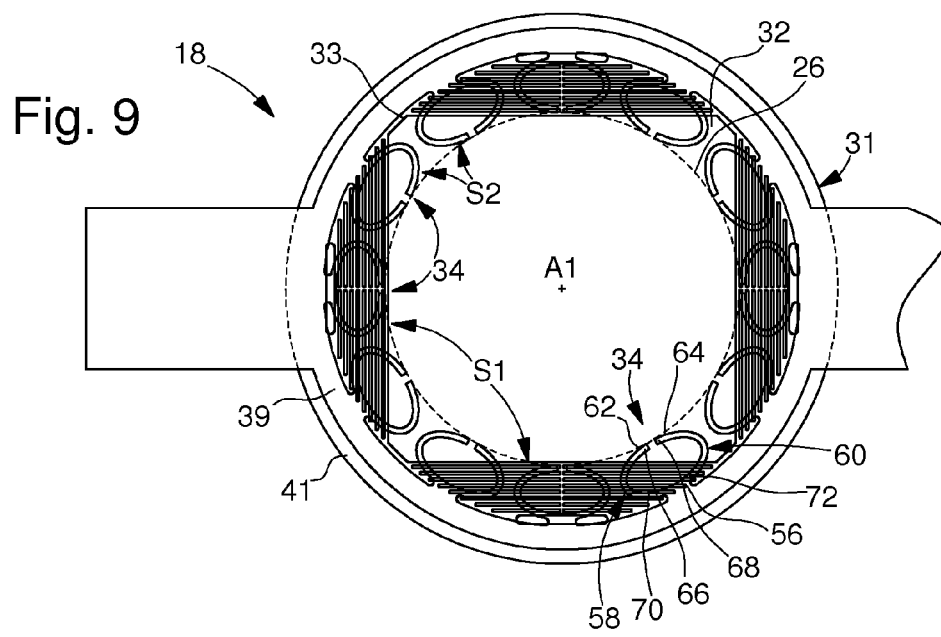
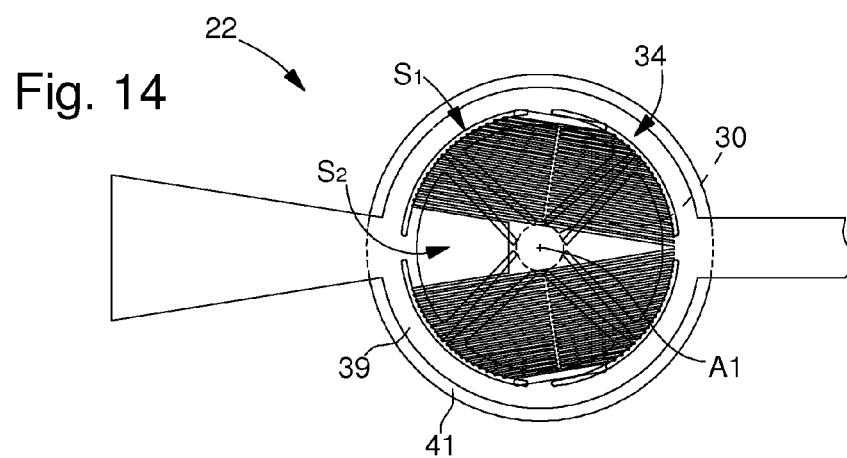
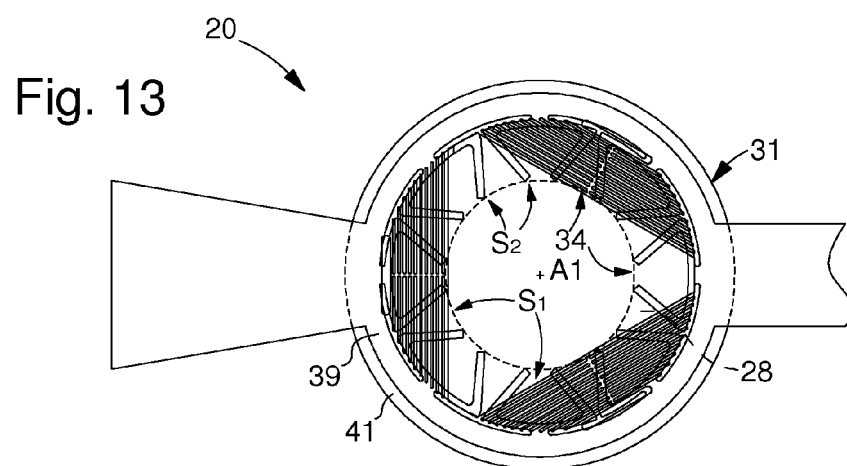
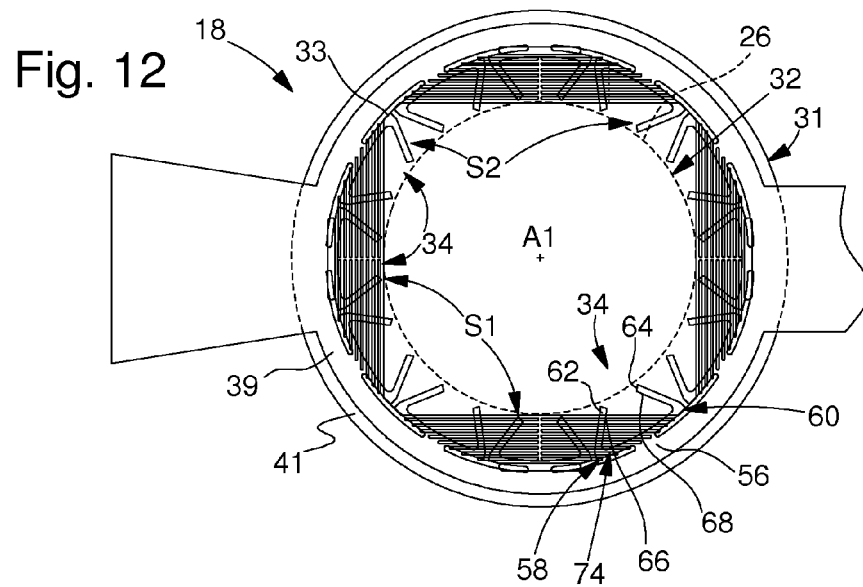


Fig. 8







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 1 659 460 A (ROCHAT DANIEL [CH]) 24 mai 2006 (2006-05-24)	1-3,8,11	INV.
A	* abrégé; revendications 1,2,8 * * alinéas [0002], [0005], [0008], [0012], [0018], [0021], [0023]; figures 2,4 *	4-7,9,10	G04B13/02 G04B19/04 G04D3/00
D,A	EP 1 655 642 A (ETA SA MANUFACTURE HORLOGERE S [CH]) 10 mai 2006 (2006-05-10) * abrégé; figure 10 *	1,5	
A	FR 2 006 825 A (KIENZLE UHRENFABRIKEN GMBH) 2 janvier 1970 (1970-01-02) * revendications 1,2; figure 1 *	1	
A	EP 1 708 045 A (PATEK PHILIPPE SA [CH]) 4 octobre 2006 (2006-10-04) * abrégé *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B G04D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 7 août 2007	Examineur Guidet, Johanna
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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 intermédiaire			

4

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 06 12 3781

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.

07-08-2007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1659460	A	24-05-2006	AUCUN	
EP 1655642	A	10-05-2006	EP 1593004 A2	09-11-2005
FR 2006825	A	02-01-1970	AUCUN	
EP 1708045	A	04-10-2006	AUCUN	

EPO FORM P0480

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1655642 A [0005] [0069]