



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **704 257 A2**

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(51) Int. Cl.: **G04B 13/02** (2006.01)
G04B 17/34 (2006.01)
G04D 3/00 (2006.01)
F16B 17/00 (2006.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 02149/10

(71) Requérant:
ETA SA Manufacture Horlogère Suisse,
Schild-Rust-Strasse 17
2540 Grenchen (CH)

(22) Date de dépôt: 22.12.2010

(72) Inventeur(s):
Thierry Conus, 2543 Lengnau (CH)
Marco Verardo, 2336 Les Bois (CH)
Igor Saglini, 2063 Fénin (CH)
Frédéric Kohler, 1752 Villars-sur-Glâne (CH)

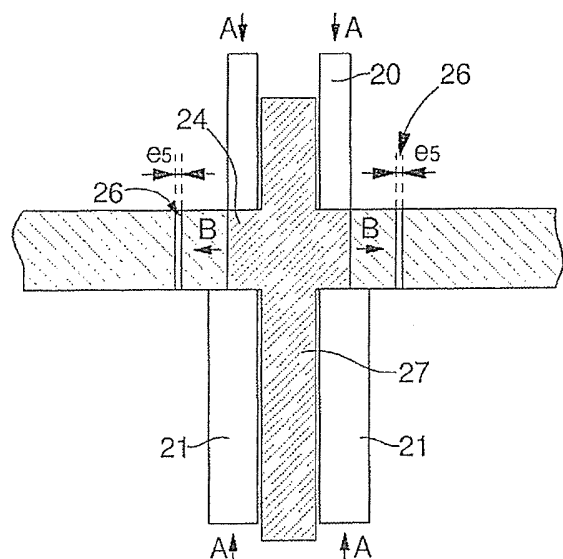
(43) Demande publiée: 29.06.2012

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

(54) **Assemblage d'une pièce ne comportant pas de domaine plastique.**

(57) L'invention se rapporte à un assemblage d'un organe (27) s'étendant axialement en un premier matériau dans l'ouverture d'une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique. Selon l'invention, la pièce comporte des ajourages formant des moyens de déformations élastiques distribués autour de son ouverture. De plus, ledit organe (27) comporte une partie (24) déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement (B) la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

L'invention concerne notamment le domaine des pièces d'horlogerie.



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à un assemblage d'une pièce dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique avec un organe comportant un autre type de matériau.

Arrière plan de l'invention

[0002] Les assemblages actuels comportant une pièce à base de silicium sont généralement solidarisés par collage. Une telle opération nécessite une extrême finesse d'application ce qui la rend coûteuse.

Résumé de l'invention

[0003] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un assemblage sans colle capable de solidariser une pièce dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique avec un organe comportant un matériau ductile comme, par exemple, un métal ou un alliage métallique.

[0004] A cet effet, l'invention se rapporte à un assemblage d'un organe s'étendant axialement en un premier matériau dans l'ouverture d'une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique caractérisé en ce que la pièce comporte des ajourages formant des moyens de déformations élastiques distribués autour de son ouverture et en ce que ledit organe comporte une partie déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

[0005] Cette configuration permet avantageusement de solidariser l'ensemble pièce - partie intermédiaire ~ organe sans collage avec un organe habituel à la précision maîtrisée tout en garantissant que la pièce ne subisse pas d'efforts destructifs même si elle est formée, par exemple, à partir de silicium.

[0006] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- la paroi externe de la partie déformée est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant ladite ouverture;
- l'ouverture de la pièce est circulaire;
- l'ouverture de la pièce est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage;
- les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par deux séries de trous en forme de losange distribuées en quinconce afin de former des poutres réparties en V sécants;
- les ajourages comportent, entre les deux premières séries et l'ouverture, une troisième série qui est formée de trous en forme de triangle et distribuée en quinconce avec l'une des deux premières séries afin de former des poutres réparties en X sécants;
- la pièce comporte des fentes permettant de faire communiquer la troisième série de trous avec l'ouverture;
- les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par une première série de trous oblongues distribuée en quinconce avec une deuxième série de trous de forme triangulaire, la deuxième série étant la plus proche de l'ouverture, chaque trou de forme triangulaire communiquant avec l'ouverture par une entaille afin de former des poutres mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues;
- les ajourages comportent une troisième série de trous en forme de triangle, chaque trou de la troisième série étant distribué entre deux trous de forme triangulaire de la deuxième série et communiquant avec l'ouverture par une fente afin de former des poutres à deux bras indépendants mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues et tangentiellement selon l'épaisseur des fentes;
- les séries de trous s'étendent sur une largeur comprise entre 100 μm et 500 μm à partir de la paroi de la pièce entourant l'ouverture;
- l'ouverture comporte une section comprise entre 0,5 et 2 mm.

[0007] De plus, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie caractérisée en ce qu'elle comporte un assemblage selon l'une des variantes précédentes.

[0008] Enfin, l'invention se rapporte à un procédé d'assemblage d'un organe en un premier matériau dans une pièce en un deuxième matériau ne comprenant pas de domaine plastique, ledit procédé comportant les étapes suivantes:

- a) former la pièce avec une ouverture et des ajourages distribués autour de l'ouverture destinés à former des moyens de déformation élastique;
- b) introduire sans contrainte, dans l'ouverture, une partie dudit organe;
- c) déformer élastiquement et plastiquement la partie dudit organe dans l'ouverture par rapprochement de deux outils afin d'exercer une contrainte radiale contre la paroi de la pièce entourant l'ouverture en sollicitant lesdits

moyens de déformation élastique de la pièce afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

[0009] Ce procédé permet avantageusement de solidariser radialement l'organe et la pièce sans qu'aucun effort axial ne soit appliqué sur la pièce. En effet, de manière avantageuse selon l'invention, seule une déformation élastique radiale est appliquée sur la pièce. Enfin, un tel procédé permet de solidariser l'ensemble pièce - partie intermédiaire - organe en s'adaptant aux dispersions de fabrication des différents constituants.

[0010] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- la paroi externe de la partie dudit organe dans l'ouverture est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant l'ouverture;
- l'ouverture de la pièce est circulaire;
- l'ouverture de la pièce est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage;
- lors de l'étape b), la différence entre la section de l'ouverture circulaire et la section externe de la partie dudit organe dans l'ouverture est d'environ 10 µm;
- lors de l'étape c), la déformation exerce un serrage compris entre 8 et 20 µm;
- lors des étapes b) et c), la partie de l'organe dans l'ouverture est maintenue dans l'ouverture à l'aide d'un des deux outils;
- le deuxième matériau est formé à base de silicium;
- le premier matériau est formé à base de métal ou d'alliage métallique;
- la pièce peut être, par exemple, un mobile d'horlogerie, une ancre d'horlogerie, un spiral d'horlogerie, un résonateur ou encore un MEMS.

Description sommaire des dessins

[0011] D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- la fig. 1 est une vue schématique partielle d'un mouvement horloger comportant trois assemblages selon l'invention;
- la fig. 2 est une vue schématique partielle d'un spiral horloger comportant un quatrième assemblage selon l'invention;
- les fig. 3 à 6 sont des vues de variantes selon un premier mode de réalisation de moyens de déformation élastique selon l'invention;
- les fig. 7 et 8 sont des vues de variantes selon un deuxième mode de réalisation de moyens de déformation élastique selon l'invention;
- les fig. 9 à 11 sont des représentations schématiques d'étapes successives du procédé d'assemblage selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0012] Comme expliqué ci-dessus, l'invention se rapporte à un assemblage et son procédé destinés à solidariser un matériau fragile, c'est-à-dire ne comportant pas de domaine plastique comme un matériau à base de silicium, avec un matériau ductile comme un métal ou un alliage métallique.

[0013] Cet assemblage a été imaginé pour des applications dans le domaine horloger. Toutefois, d'autres domaines peuvent parfaitement être imaginés comme notamment l'aéronautique, la bijouterie, l'automobile ou les arts de la table.

[0014] Dans le domaine horloger, cet assemblage est rendu nécessaire par la part croissante que tiennent les matériaux fragiles comme ceux à base de silicium, de quartz, de corindon ou plus généralement de céramique. On peut à titre d'exemple envisager de former le spiral, le balancier, l'ancre, les ponts ou même les mobiles comme les roues d'échappement totalement ou partiellement à base de matériaux fragiles.

[0015] Toutefois, le fait de toujours pouvoir utiliser des axes habituels en acier dont la fabrication est maîtrisée, est une contrainte qui est difficile à concilier avec l'utilisation de pièces ne comportant pas de domaine plastique. En effet, lors de tests effectués, le chassage d'un axe en acier est impossible et brise systématiquement les pièces fragiles, c'est-à-dire ne comportant pas de domaine plastique. Par exemple, il est apparu que le cisaillement généré par l'entrée de l'axe métallique dans l'ouverture d'une pièce en silicium brise systématiquement cette dernière.

[0016] C'est pourquoi, l'invention se rapporte à un assemblage entre un organe en un premier matériau, par exemple ductile comme l'acier, dans l'ouverture d'une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique,

comme un matériau à base de silicium, par déformation d'une partie de l'organe qui est montée dans l'ouverture de ladite pièce.

[0017] Selon l'invention, ledit organe comporte une partie déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

[0018] De plus, de manière préférée, la paroi externe de la partie de l'organe présente dans l'ouverture est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant ladite ouverture. En effet, lors des recherches effectuées, il est apparu préférable que la partie de l'organe présente dans l'ouverture répartisse de manière uniforme les contraintes radiales induites par sa déformation sur la paroi de la pièce entourant l'ouverture.

[0019] Par conséquent, si l'ouverture dans la pièce fragile est circulaire, il est préférable que la paroi externe de la partie de l'organe présente dans l'ouverture soit en forme sensiblement de cylindre continu, c'est-à-dire sans fente radiale ou ajourage axial, est rendu préférable pour éviter les contraintes localisées sur une partie de la paroi de la pièce entourant l'ouverture qui sont propres à amorcer des points de rupture.

[0020] Cette interprétation justifie également la non-utilisation d'une rondelle sur la partie supérieure ou inférieure de la partie de l'organe présente dans l'ouverture. En effet, lors de la déformation, une telle rondelle transmet une partie de l'effort axial de déformation sur le dessus (ou le dessous) de la pièce fragile. Dès lors, le cisaillement exercé notamment par les bords de la rondelle sur le dessus (ou le dessous) de la pièce fragile engendre de la même manière des contraintes localisées propres à amorcer des points de rupture.

[0021] Par conséquent, la partie de l'organe présente dans l'ouverture avec une forme correspondante à l'ouverture peut s'interpréter, si la section de l'ouverture est circulaire, comme un disque plein dont la paroi externe est continue, c'est-à-dire sans rainure ou plus généralement de discontinuité de matière. La forme correspondante de la partie de l'organe présente dans l'ouverture permet donc, par déformation élastique et plastique, de générer uniquement une contrainte radiale sensiblement uniforme sur une surface maximisée de la paroi de la pièce autour de l'ouverture.

[0022] Enfin, selon l'invention, la pièce comporte des ajourages formant des moyens de déformation élastique qui sont distribués autour et à distance de son ouverture et qui sont destinés à absorber lesdits efforts radiaux pour les restituer une fois la contrainte des outils relâchée afin de, au final, solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

[0023] L'assemblage selon l'invention sera mieux compris en relation avec les fig. 1 à 8 présentant des exemples d'applications dans le domaine de l'horlogerie. On peut voir à la fig. 1, un système d'échappement horloger comportant une ancre 1 et une roue d'échappement 3 et à la fig. 2, un spiral 61.

[0024] Dans le cas de la fig. 1, l'ancre 1 à titre d'exemple comporte deux assemblages 2, 12 selon l'invention destinés respectivement à solidariser le dard 7 et l'organe, ici un axe de pivotement 17, avec sa baguette 5. Comme visible à la figure 1, chaque assemblage 2, 12 comporte une partie 4, 14 discoïdale venue de forme avec le dard 7 ou l'organe 17 et coopérant avec la baguette 5 de l'ancre 1. De plus, chaque assemblage 2, 12 comporte des ajourages 6, 16 réalisés dans la baguette 5 autour d'une ouverture 8, 18 et qui sont destinés à former des moyens de déformation élastique. On comprend donc que l'assemblage 2, 12 est suffisamment résistant pour ne pas générer de mouvements relatifs entre ses constituants.

[0025] La roue d'échappement 3, et plus généralement le mobile 3, comporte, à titre d'exemple, un assemblage 22 destiné respectivement à solidariser l'organe, ici un axe de pivotement 27, avec le corps 25 de la roue 3. Comme visible à la fig. 1, l'assemblage 22 comporte une partie 24 discoïdale venue de forme avec l'organe 27 et coopérant avec le corps 25 de la roue 3. De plus, l'assemblage 22 comporte des ajourages 26 réalisés dans le moyeu autour d'une ouverture 28 de la roue 3 et qui sont destinés à former des moyens de déformation élastique.

[0026] On comprend donc immédiatement que l'exemple de l'assemblage 22 peut s'appliquer à tout type de mobile. De plus, l'organe 27 peut comporter, en plus de la partie 24, en une seule pièce un pignon afin de former le mobile fini.

[0027] Comme illustré à la fig. 2, il est possible de fixer un spiral 61 sur un organe, ici un axe de balancier 67, à l'aide d'un assemblage 62 selon l'invention. Des ajourages 66 sont formés dans le moyeu 63 du spiral 61 et une partie 64 discoïdale venue de forme avec l'organe 67 est montée dans l'ouverture 68 du moyeu 63, de manière similaire aux explications ci-dessus.

[0028] Des exemples d'ajourages sont présentés aux fig. 3 à 8. Selon un premier mode de réalisation illustré aux fig. 3 à 6, les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par deux séries de trous en forme de losange distribuées en quinconce afin de former des poutres réparties en V sécants.

[0029] La fig. 3 est une représentation des ajourages 6, 16, 26, 66 des fig. 1 et 2. Pour plus de simplicité seules les références de la roue 3 sont reprises à la fig. 3. Cette dernière montre des ajourages 26 qui, préférentiellement, traversent totalement l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile. Les ajourages 26 sont distribués à distance et autour de l'ouverture 28 formée, de manière préférée, également totalement traversant dans l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile.

[0030] Comme visible à la fig. 3, les ajourages 26 forment une première série de trous 31, les plus éloignés de l'ouverture 28, et une deuxième série de trous 33 qui sont en forme de losange et distribuées en quinconce. On s'aperçoit à la fig. 3 que les ajourages 31, 33 forment ainsi des poutres 32 en forme de V qui sont sécantes entre elles.

[0031] Dans une première variante du premier mode de réalisation illustrée à la fig. 4, les ajourages 26' reprennent les première et deuxième séries de trous 31, 33 avec, en plus, une troisième série qui, formée de trous 35 en forme de triangle, est située entre les deux premières séries et l'ouverture 28, c'est-à-dire la plus proche de l'ouverture 28. Comme visible à la fig. 4, la troisième série de trous 35 est distribuée en quinconce avec l'une 33 des deux premières séries afin de former des poutres 34 réparties en X sécants.

[0032] Dans une deuxième variante du premier mode de réalisation illustrée à la fig. 5, les ajourages 26» reprennent les ajourages 26' de la fig. 4 avec, en plus, des fentes 36 permettant de faire communiquer la troisième série de trous 35 avec l'ouverture 28.

[0033] Avantagusement selon l'invention, les séries de trous 31, 33 et 35 et les fentes 36 sont utilisés pour former des moyens de déformation élastique aptes à absorber des contraintes radiales, c'est-à-dire des efforts exercés du centre de l'ouverture 28 vers la paroi du corps 25 entourant ladite ouverture circulaire.

[0034] Bien entendu, les deux ou trois séries peuvent être plus ou moins rapprochées les unes des autres et/ou de formes différentes et/ou de dimensions différentes en fonction du débattement maximal souhaité et de la contrainte voulue pour déformer les poutres 32, 34.

[0035] A titre d'exemple, une alternative de la fig. 5 est présentée à la fig. 6. On peut voir que les ajourages 26''' sont similaires à ceux 26'' de la fig. 5, toutefois, les trois séries de trous sont plus espacées les unes des autres. De plus, il est visible que les formes et dimensions aussi bien des trous que des fentes sont différentes. On comprend donc que l'alternative de la fig. 6 modifie la rigidité des moyens de déformations élastiques dans la matière fragile.

[0036] Préférentiellement, les ajourages 26, 26', 26'', 26''' s'étendent sur une largeur comprise entre 100 µm et 500 µm à partir de la paroi du corps 25 entourant l'ouverture 28. De plus, les fentes 36 sont comprises entre 15 µm et 40 µm. Enfin, de manière préférée, la section de l'ouverture 28 est comprise entre 0,5 et 2 mm.

[0037] Selon un deuxième mode de réalisation illustré aux fig. 7 et 8, les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par une première série de trous oblongues distribuée en quinconce avec une deuxième série de trous de forme triangulaire, la deuxième série étant la plus proche de l'ouverture circulaire, chaque trou de forme triangulaire communiquant avec l'ouverture par une entaille afin de former des poutres mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues.

[0038] Ainsi, la fig. 7 montre des ajourages 46 qui, préférentiellement, traversent totalement l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile. Les ajourages 46 sont distribués à distance et autour de l'ouverture 28 formée, de manière préférée, également totalement traversant dans l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile.

[0039] Comme visible à la fig. 7, les ajourages 46 forment une première série de trous oblongues 51 et une deuxième série de trous 53 de forme triangulaire. Selon le deuxième mode de réalisation, les deux séries de trous 51, 53 sont distribuées en quinconce.

[0040] De plus, chaque trou 53 de forme triangulaire communique avec l'ouverture 28 par une entaille 57. On s'aperçoit à la fig. 7 que les ajourages 46 forment ainsi des poutres 52 sensiblement en forme de trapèze qui sont séparées entre elles par les entailles 57. On remarque également que chaque poutre 52 est centrée sur un trou oblongue 51 ce qui rend chaque poutre 52 mobile radialement selon l'épaisseur d'un trou oblongue 51.

[0041] Dans une variante du deuxième mode de réalisation illustrée à la fig. 8, les ajourages 46' reprennent les ajourages 46 de la fig. 7 avec, en plus, une troisième série de trous 55 en forme de triangle. De plus, chaque trou 55 de la troisième série est distribué entre deux trous 53 de forme triangulaire de la deuxième série et communique avec l'ouverture 28 par une fente 56. Les ajourages 46' forment ainsi des poutres 54 à deux bras indépendants symétriques et sensiblement en forme de L qui sont mobiles radialement selon l'épaisseur des trous 51 oblongues et tangentiellement selon l'épaisseur des fentes 56 et des entailles 57.

[0042] Bien entendu, comme pour le premier mode de réalisation, les deux ou trois séries peuvent être plus ou moins rapprochées les unes des autres et/ou de formes différentes et/ou de dimensions différentes en fonction du débattement maximal souhaité et de la contrainte voulue pour déformer les poutres 52, 54.

[0043] Préférentiellement, les ajourages 46, 46' s'étendent sur une largeur comprise entre 100 µm et 500 µm à partir de la paroi du corps 25 entourant l'ouverture 28. De plus, les fentes 56 et les entailles 57 sont comprises entre 15 µm et 40 µm. Enfin, de manière préférée, la section de l'ouverture 28 est comprise entre 0,5 et 2 mm.

[0044] Le procédé d'assemblage va maintenant être expliqué en relation avec les figures schématiques 9 à 11. Pour plus de simplicité, seules les références de la roue 3 sont reprises aux fig. 9 à 11. Selon l'invention, une première étape consiste à former la pièce 3 en un matériau n'ayant pas de domaine plastique avec une ouverture 28 et des ajourages 26 distribués autour de l'ouverture 28 destinés à former des moyens de déformation élastique selon, par exemple, les modes

de réalisation expliqués ci-dessus. Comme visible à la fig. 9, l'ouverture 28 comporte une section e_1 et les ajourages 26 comprennent notamment des trous de section e_2 .

[0045] Une telle étape peut être réalisée par gravage sous forme sèche ou humide comme, par exemple, un gravage ionique réactif profond (également connu sous l'abréviation anglaise «DRIE»).

[0046] De plus, dans une deuxième étape, le procédé consiste à former l'organe, un axe de pivotement 27 dans l'exemple des fig. 9 à 11, en un deuxième matériau avec une section principale e_3 et une partie 24 destinée à être déformée avec une section maximale e_4 . La partie 24 peut comporter une épaisseur comprise entre 100 et 300 μm . Comme expliqué ci-dessus, la deuxième étape peut être réalisée selon les processus habituels de fabrication d'axes. L'organe 27 est préférentiellement métallique et peut, par exemple, être formé en acier.

[0047] Bien entendu, les deux premières étapes n'ont pas de consécuitivité à respecter et peuvent même être réalisées en même temps.

[0048] Dans une troisième étape, la partie 24 est introduite sans contact dans l'ouverture 28. Cela signifie comme visible à la fig. 10 que la section e_1 de l'ouverture 28 est plus grande ou égale à la section externe e_4 de la partie 24 de l'organe 27.

[0049] De manière préférée, la différence entre la section e_1 de l'ouverture 28 et la section externe e_4 de la partie 24 est d'environ 10 μm , c'est-à-dire un interstice d'environ 5 μm qui sépare le corps 25 de la pièce 3 par rapport à la partie 24 de l'organe 27.

[0050] De plus, préférentiellement selon l'invention, la partie 24 et, incidemment, l'organe 27, est maintenue dans l'ouverture 28 à l'aide d'un 21 des outils utilisés pour l'étape de déformation. Enfin, de manière préférée, l'outil 21 comporte un évidement 29 destiné à recevoir une partie de l'organe 27.

[0051] Enfin, le procédé comporte une quatrième étape consistant à déformer élastiquement et plastiquement la partie 24 de l'organe 27 par rapprochement des outils 20, 21 selon la direction axiale A afin d'exercer une contrainte radiale B uniforme contre la paroi de la pièce entourant l'ouverture 28 en sollicitant les moyens de déformation élastique de la pièce 3, c'est-à-dire les ajourages 26.

[0052] Ainsi, comme visible à la fig. 11, le pressage de la partie 24 déformée au niveau de ses parties supérieure et inférieure respectivement par l'outil 20 et 21 selon la direction axiale A va induire une déformation élastique et plastique de la partie 24 de manière exclusivement radiale selon la direction B, c'est-à-dire vers le corps 25.

[0053] De manière préférée selon l'invention, la déformation est paramétrée afin que le serrage soit supérieur à l'interstice entre la partie 24 non déformée et la paroi du corps 25 entourant l'ouverture 28. Préférentiellement, le serrage est compris entre 8 et 20 μm .

[0054] Par conséquent, il est voulu que la déformation élastique et plastique de la partie 24 exerce la déformation élastique du corps 25 autour de l'ouverture 28 afin de solidariser ensemble l'organe 27 et donc sa partie 24 déformée, avec le corps 25 de la roue 3 comme visible à la fig. 11. Il est à noter que ce mode de réalisation autorise notamment un centrage automatique de l'ensemble organe 27 - corps 25. A ce titre, à la fig. 11, on remarque que les ajourages 26 comportent une section référencée e_5 et non plus e_2 .

[0055] Avantagusement selon l'invention, il est possible de solidariser l'organe 27 de n'importe quel côté du corps 25 de la roue 3. De plus, aucun effort axial (par définition risquant d'être destructif) n'est appliqué sur le corps 25 de la roue 3 pendant le procédé. Seule une déformation élastique radiale est appliquée sur le corps 25. Il est également à noter que, préférentiellement, l'utilisation de la partie 24 permet, lors de la déformation radiale B de la partie 24, d'exercer une contrainte uniforme sur une surface maximisée de la paroi du corps 25 autour de l'ouverture 28 afin d'éviter tout amorces de rupture de la roue 3 en matériau fragile et s'adapter aux dispersions de fabrication des différents éléments.

[0056] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les ajourages de la pièce en matériau fragile peuvent comporter plus ou moins de série de trous que les modes de réalisation présentés ci-dessus. De plus, les modes de réalisation présentés sont susceptibles d'être combinés entre eux suivant les applications prévues.

[0057] La partie 24 peut également comporter une géométrie différente afin d'optimiser ou «programmer» la déformation vers le corps 25. Il peut être, par exemple, envisagé de minimiser ou augmenter localement l'épaisseur de la partie 24 afin de privilégier un sens de déformation par rapport à l'autre selon la direction B. A titre d'exemple, il est ainsi envisageable de réaliser un évidement conique et coaxial par rapport l'organe 27 afin de faciliter l'orientation radiale B mais également rendre la contrainte induite progressive.

[0058] Les fig. 1 et 2 présentent des applications pour un système d'échappement tel que l'ancre 1 et la roue d'échappement 3 ou un spiral 61 d'un mouvement horloger. Bien entendu, le présent assemblage 2, 12, 22, 62 peut être appliqué à d'autres éléments. On peut, de manière non exhaustive, envisager de former un balancier, un pont ou plus généralement un mobile à l'aide d'un assemblage 2, 12, 22, 62 comme expliqué ci-dessus.

[0059] Il est également possible d'utiliser l'assemblage 2, 12, 22, 62 en remplacement des moyens de déformation élastique 48 ou des cylindres 63, 66 du document WO 2009/115 463 (lequel est incorporé par référence à la présente description) afin de fixer un résonateur du type balancier -spiral monobloc sur un axe de pivotement.

[0060] Bien entendu, deux pièces telles que décrites ci-dessus peuvent également être assujettis sur le même axe à l'aide de deux assemblages distincts 2, 12, 22, 62 afin de solidariser leur mouvement respectif. On comprend alors que le même axe sera formé avec deux parties 4, 14, 24, 64 destinées à être déformées.

[0061] Enfin, l'assemblage 2, 12, 22, 62 selon l'invention peut également permettre la solidarisation de tout type d'organe horloger ou non dont le corps est formé d'un matériau ne comportant pas de domaine plastique (silicium, quartz, etc.) avec un axe comme, par exemple, un résonateur du type diapason ou plus généralement un MEMS (acronyme provenant des termes anglais «Micro-Electro-Mechanical System»).

Revendications

1. Assemblage (2, 12, 22, 62) d'un organe (7, 17, 27, 67) s'étendant axialement en un premier matériau dans l'ouverture (8, 18, 28, 68) d'une pièce (1, 3, 61) en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique caractérisé en ce que la pièce (1, 3, 61) comporte des ajourages (6, 16, 26, 26', 26'', 26''', 46, 46', 66) formant des moyens de déformations élastiques distribués autour de son ouverture (8, 18, 28, 68) et en ce que ledit organe (7, 17, 27, 67) comporte une partie (4, 14, 24, 64) déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement (B) la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture (8, 18, 28, 68) en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage (2, 12, 22, 62) de manière non destructive pour ladite pièce.
2. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la paroi externe de la partie (4, 14, 24, 64) déformée est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) afin d'exercer une contrainte radiale (B) sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant ladite ouverture.
3. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est circulaire.
4. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage.
5. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les ajourages (6, 16, 26, 26', 26'', 26''', 66) sont formés à distance et autour de l'ouverture (8, 18, 28, 68) par deux séries de trous (31, 33) en forme de losange distribuées en quinconce afin de former des poutres (32) réparties en V sécants.
6. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les ajourages (26', 26'', 26''') comportent, entre les deux premières séries (31, 33) et l'ouverture (8, 18, 28, 68), une troisième série qui est formée de trous (35) en forme de triangle et distribuée en quinconce avec l'une (33) des deux premières séries afin de former des poutres (34) réparties en X sécants.
7. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la pièce (1, 3, 61) comporte des fentes (36) permettant de faire communiquer la troisième série de trous (35) avec l'ouverture (8, 18, 28, 68).
8. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les ajourages (46, 46') sont formés à distance et autour de l'ouverture (8, 18, 28, 68) par une première série de trous (51) oblongues distribuée en quinconce avec une deuxième série de trous (53) de forme triangulaire, la deuxième série (53) étant la plus proche de l'ouverture (8, 18, 28, 68), chaque trou (53) de forme triangulaire communiquant avec l'ouverture (8, 18, 28, 68) par une entaille (57) afin de former des poutres (52) mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues (51).
9. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les ajourages (46') comportent une troisième série de trous (55) en forme de triangle, chaque trou (55) de la troisième série étant distribué entre deux trous (53) de forme triangulaire de la deuxième série et communiquant avec l'ouverture (8, 18, 28, 68) par une fente (56) afin de former des poutres (54) à deux bras indépendants mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues (51) et tangentiellement selon l'épaisseur des fentes (56).
10. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les séries de trous (31, 33, 35, 51, 53, 55) s'étendent sur une largeur comprise entre 100 µm et 500 µm à partir de la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant l'ouverture (8, 18, 28, 68).
11. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ouverture (8, 18, 28, 68) comporte une section comprise entre 0,5 et 2 mm.
12. Pièce d'horlogerie caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes.
13. Procédé d'assemblage d'un organe (7, 17, 27, 67) en un premier matériau dans une pièce (1, 3, 61) en un deuxième matériau ne comprenant pas de domaine plastique, ledit procédé comportant les étapes suivantes:
 - a) former la pièce (1, 3, 61) avec une ouverture (8, 18, 28, 68) et des ajourages (6, 16, 26, 26', 26'', 26''', 46, 46', 66) distribués autour de l'ouverture (8, 18, 28, 68) destinés à former des moyens de déformation élastique;
 - b) introduire sans contrainte, dans l'ouverture (8, 18, 28, 68), une partie (4, 14, 24, 64) dudit organe;
 - c) déformer élastiquement et plastiquement la partie (4, 14, 24, 64) dudit organe dans l'ouverture par rapprochement de deux outils (20, 21) afin d'exercer une contrainte radiale (B) contre la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant

CH 704 257 A2

l'ouverture (8, 18, 28, 68) en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique de la pièce (1, 3, 61) afin de solidariser l'assemblage (2, 12, 22, 62) de manière non destructive pour ladite pièce.

14. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la paroi externe de la partie (4, 14, 24, 64) dudit organe dans l'ouverture est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) afin d'exercer une contrainte radiale (B) sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant l'ouverture (4, 14, 24, 64).
15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est circulaire.
16. Procédé selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce que l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage.
17. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 16, caractérisé en ce que, lors de l'étape b), la différence entre la section (e_1) de l'ouverture circulaire (8, 18, 28, 68) et la section externe (e_4) de la partie (4, 14, 24, 64) dudit organe dans l'ouverture est d'environ 10 μm .
18. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 17, caractérisé en ce que, lors de l'étape c), la déformation exerce un serrage compris entre 8 et 20 μm .
19. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 18, caractérisé en ce que, lors des étapes b) et c), la partie (4, 14, 24, 64) de l'organe (7, 17, 27, 67) dans l'ouverture est maintenue dans l'ouverture (8, 18, 28, 68) à l'aide d'un des deux outils (20, 21).
20. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 19, caractérisé en ce que le deuxième matériau est formé à base de silicium.
21. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 20, caractérisé en ce que le premier matériau est formé à base de métal ou d'alliage métallique.
22. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que la pièce est un mobile (3) d'horlogerie.
23. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que la pièce est une ancre (1) d'horlogerie.
24. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que la pièce est un spiral (61) d'horlogerie.
25. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que la pièce est un résonateur.
26. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que la pièce est un MEMS.

Fig. 1

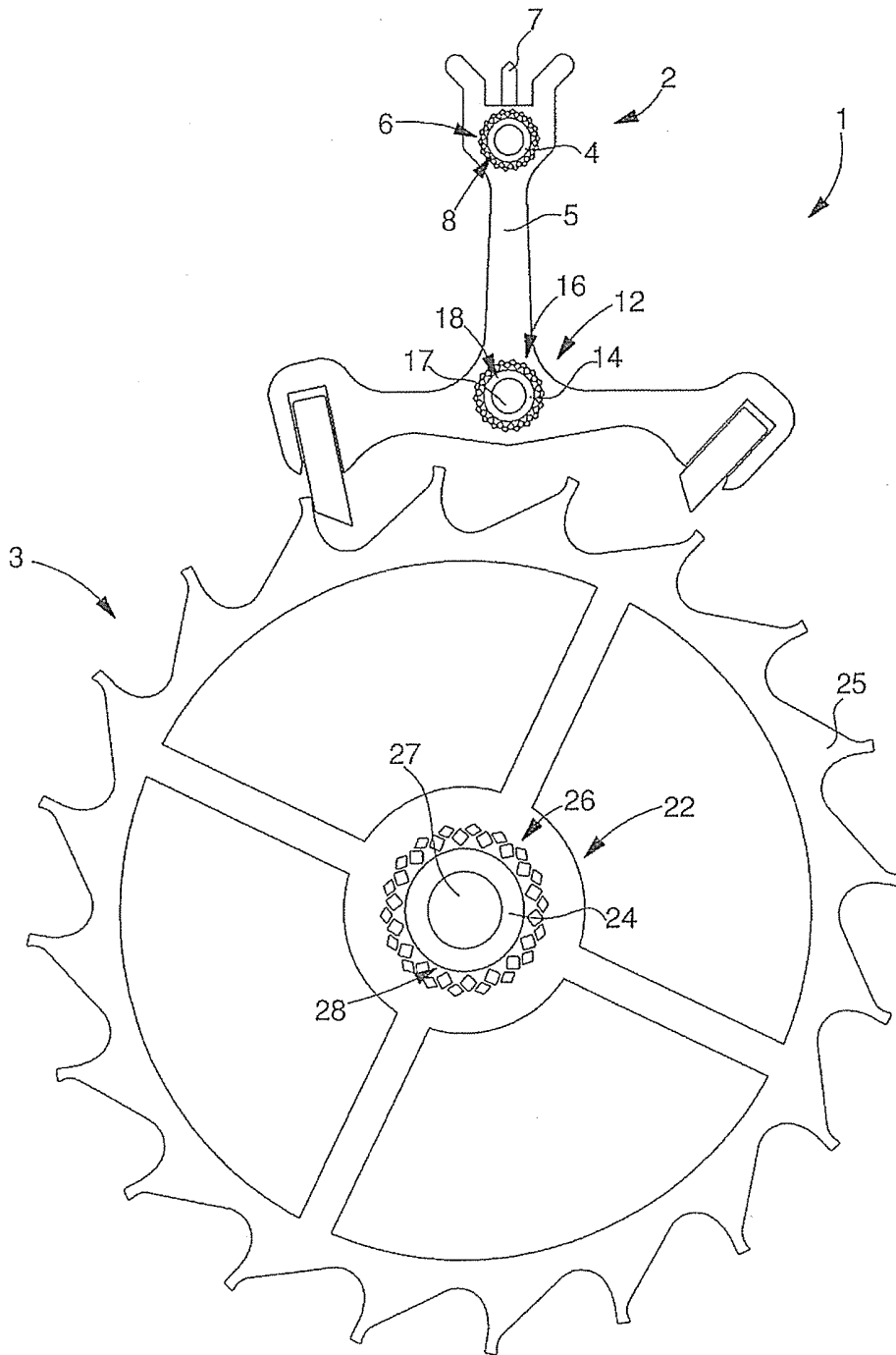
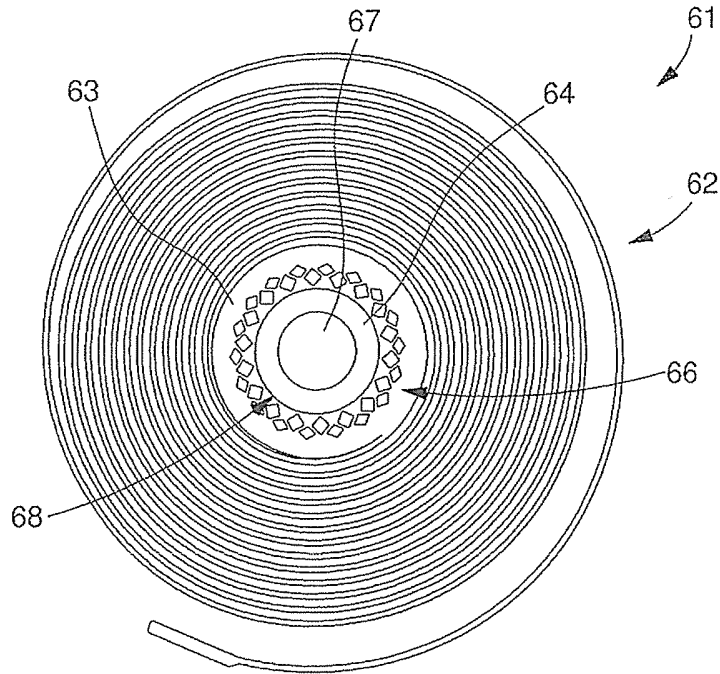
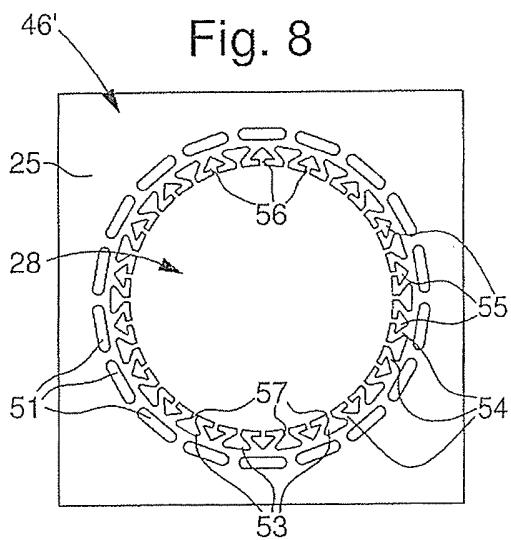
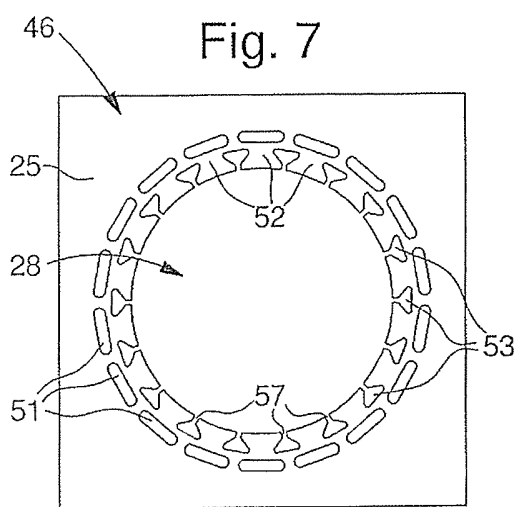
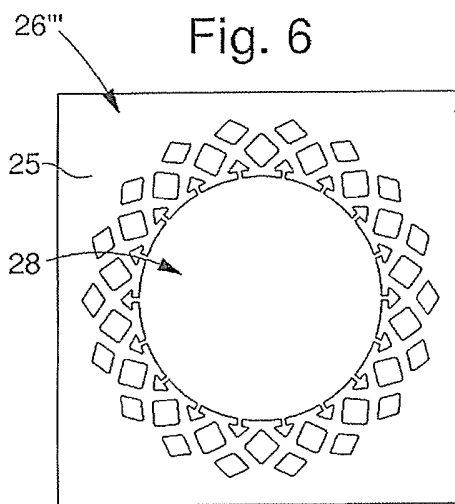
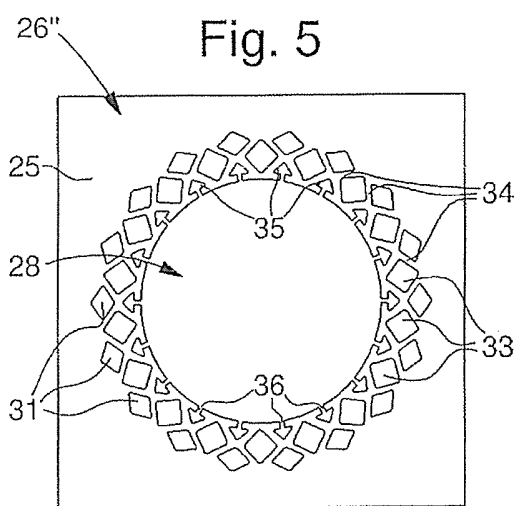
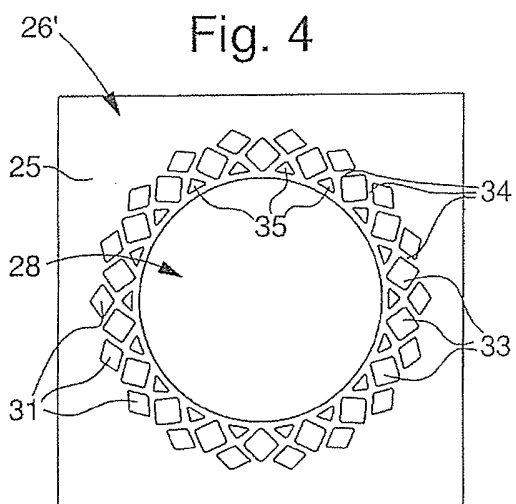
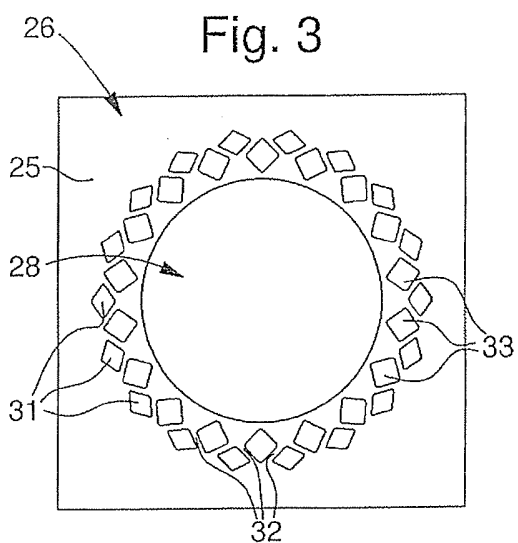


Fig. 2





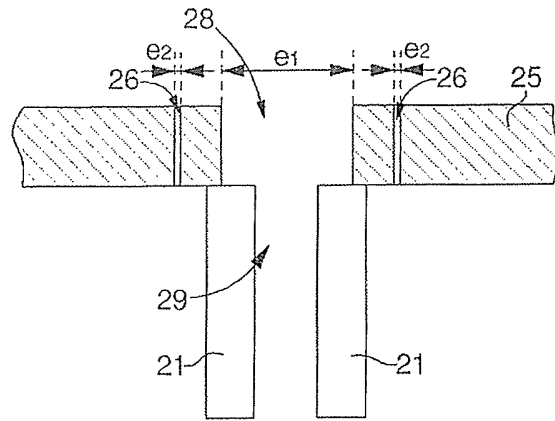


Fig. 9

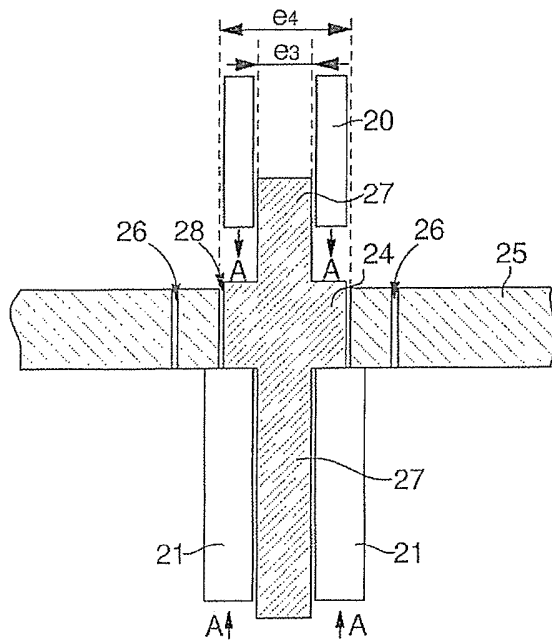


Fig. 10

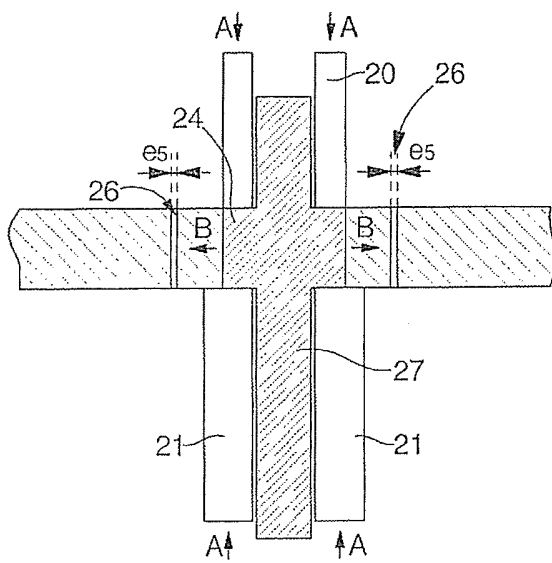


Fig. 11