

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **707 326 B1**

Brevet d'invention délivré 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)
B33Y **80/00** (2015.01)
C25D **1/00** (2006.01)
G04B **45/04** (2006.01)

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 02789/12

(22) Date de dépôt: 13.12.2012

(43) Demande publiée: 13.06.2014

(24) Brevet délivré: 15.06.2018

(45) Fascicule du brevet publié: 15.06.2018

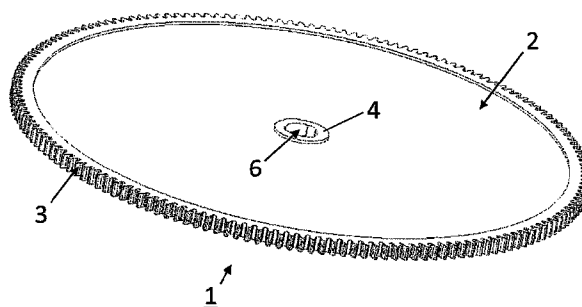
(73) Titulaire(s):
Cartier International AG, Hinterbergstrasse 22
6312 Steinhausen (CH)

(72) Inventeur(s):
Mathieu Bonnardin, 25500 Morteau (FR)
Grégoire Genolet, 1926 Fully (CH)

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

(54) **Mobile horloger pour montre mystérieuse.**

(57) L'invention concerne un mobile horloger (1) destiné à être monté sur un arbre pivotant, comprenant une portion transparente (2) comportant une ouverture; une serge dentée métallique (3) s'étendant à la périphérie de la portion transparente (2); un moyeu métallique (4) arrangé solidaire dans l'ouverture et comprenant un orifice (6) destiné à la fixation de l'arbre; la serge dentée (3) et le moyeu (4) étant formés directement sur la portion transparente (2) par un procédé de fabrication additive ou d'électroformage de sorte que la tolérance radiale entre l'orifice (6) et la serge dentée (3) est inférieure à 0,01 mm.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un mobile horloger comportant une portion transparente ainsi qu'une serge dentée et un moyeu métallique dont la tolérance radiale est inférieure à 0,01 mm. L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un tel mobile.

Etat de la technique

[0002] Il est connu d'utiliser des roues ou mobiles comprenant une plaque en saphir ou en un autre matériau transparent dans des montres mystérieuses afin de donner un effet de transparence à au moins une partie d'un mouvement horloger en faisant croire que les indicateurs ou d'autres éléments mobiles de la montre ne sont pas reliés aux organes du mouvement. Une telle roue «mystérieuse» peut être également utilisée, par exemple, comme plateau rotatif transparent portant des éléments de l'organe réglant de la montre.

[0003] Jusqu'à maintenant, de telles roues mystérieuses ont été généralement constituées par une couronne métallique (qui est cachée une fois que le mouvement est monté) en forme d'une denture qui est fabriquée en isolation et par la suite rendue solidaire avec un disque en saphir. La solidarisation de la denture avec le disque en saphir est généralement réalisée en utilisant de la colle ou par soudure. De telles roues mystérieuses ont également été constituées par un disque en saphir comportant une denture périphérique formée directement dans le matériau saphir.

[0004] Dans le premier cas, la formation séparée du disque en saphir et de la denture est complexe. La solidarisation des deux pièces ne permet pas une bonne tolérance dimensionnelle du mobile ainsi obtenu. Dans le second cas, les propriétés du saphir et autres verres rend l'opération d'usinage de la denture difficile. Une denture fabriquée dans un tel matériau transparent n'est souvent pas adaptée pour une application horlogère puisqu'une telle denture s'use trop vite, affectant la fiabilité du mobile.

Bref résumé de l'invention

[0005] Selon la présente invention, un mobile horloger destiné à être monté sur un arbre pivotant comprend une portion dans un matériau transparent; une serge dentée métallique s'étendant à la périphérie de la portion transparente; et un moyeu métallique arrangé solidaire dans une ouverture de la portion transparente et comprenant un orifice destiné à la fixation sur un arbre. La serge dentée et le moyeu sont obtenus par un procédé de fabrication additive ou d'électroformage, directement sur la portion transparente. Le terme «fabrication additive» inclut, en particulier, des procédés stéréolithographique ou d'autre procédés de croissance de matière qui permettent de former la serge dentée et le moyeu directement sur la portion transparente.

[0006] Selon un autre aspect de la présente invention, elle présente un procédé d'électroformage pour la fabrication du mobile; comprenant: former un moule de photorésine destiné à recevoir la portion transparente; positionner la portion transparente dans le moule; déposer du métal par électroformage dans le moule de façon à former la serge dentée et le moyeu; et libérer du moule la portion transparente comprenant la denture et le moyeu de façon à obtenir le mobile.

[0007] Le présent mobile et le procédé de fabrication dudit mobile permet d'obtenir une tolérance radiale entre l'orifice et la serge dentée étant inférieure à 0,01 mm.

Brève description des figures

[0008] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

- la fig. 1 représente une vue en perspective d'un mobile horloger comprenant une portion transparente, une denture et un moyeu, selon un mode de réalisation;
- la fig. 2 montre une vue de côté du mobile horloger de la fig. 1;
- la fig. 3 montre une vue en perspective du disque transparent en absence de la denture et du moyeu;
- la fig. 4 illustre une vue en coupe d'un moule de photorésine comportant la portion transparente, selon un mode de réalisation; et
- la fig. 5 montre une vue en coupe d'un moule de photorésine comportant la portion transparente, selon un autre mode de réalisation.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0009] La fig. 1 représente une vue en perspective et la fig. 2 une vue de côté d'un mobile horloger 1 selon un mode de réalisation. Le mobile 1 comprend une portion transparente 2, prenant ici la forme d'un disque transparent, comportant une

serge dentée 3, appelée ci-après simplement denture, s'étendant à la périphérie du disque 2, et un moyeu métallique 4 agencé pour permettre le montage du mobile 1 sur un arbre pivotant (non représenté) d'un mouvement horloger (également non représenté).

[0010] La fig. 3 montre une vue en perspective du disque transparent 2 en absence de la denture 3 et du moyeu 4. Le disque 2 comporte une ouverture 5 destinée à la réception du moyeu 4. Le disque 2 est typiquement fabriqué dans un matériau fragile, c'est-à-dire, un matériau n'ayant pas de domaine plastique dans les températures normales d'utilisation, tel que le verre, le quartz ou le saphir. L'exemple de la fig. 1 représente une ouverture 5 de forme ronde. L'ouverture 5 peut cependant avoir toutes autres formes selon les besoins et/ou selon les propriétés du matériau et/ou du procédé de fabrication utilisés dans la fabrication du disque 2. Par exemple, l'ouverture 5 peut être de forme polygonale, par exemple carrée, pentagonale ou hexagonale, etc.

[0011] Le moyeu 4 comprend un orifice 6 permettant la fixation, par exemple par chassage, de l'arbre. Le moyeu métallique 4 étant déformable élastiquement, l'arbre peut être fixé par serrage dans l'orifice 6. En se déformant, le moyeu 6 redistribue une partie des contraintes exercées par l'arbre, permettant d'éviter que ces contraintes ne se concentrent en des points particuliers du disque 2, notamment aux arrêtes dans le cas où l'ouverture 5 a, par exemple, une forme polygonale. Les risques d'endommagement et de rupture du disque 2 sont donc réduits lors de son montage et en opération, en particulier dans les cas où le disque 2 est fabriqué dans un matériau fragile.

[0012] La denture 3 et le moyeu 4 peuvent être formés dans tout métal ou alliage se prêtant aux procédés de fabrication additive. Dans le cas où un procédé d'électroformage est utilisé, la denture 3 et le moyeu 4 sont fabriqués de préférence en nickel ou dans un alliage de nickel. Selon les besoins, la denture 3 et le moyeu 4 peuvent être également dans un autre métal ou alliage tel que l'or ou un alliage d'or, le laiton, ou encore le bronze, le cuivre ou un alliage de celui-ci. Un alliage de cuivre-béryllium peut également être avantageusement employé pour ses propriétés mécaniques et tribologiques. Selon la présente invention, la denture 3 et le moyeu 4 sont obtenus par un procédé de fabrication additive.

[0013] Selon une forme d'exécution préférée, le procédé de fabrication comprend un procédé d'électroformage dans un moule de photorésine, par exemple de type LIGA (voir fig. 4). Un tel procédé comprend les étapes de: former un moule de résine photosensible 8 (ou photorésine) destiné à recevoir le disque transparent 2; positionner le disque transparent 2 dans le moule; et déposer du métal par électroformage dans le moule de façon à former la denture 3 et le moyeu 5; et libérer du moule le disque 2 comprenant la denture 3 et le moyeu 5 de façon à obtenir le mobile 1.

[0014] En particulier, le moule de photorésine 8 peut être formé en déposant une couche d'une photorésine 8 sur un substrat 9 préalablement revêtu d'une couche conductrice 10. La couche de photorésine 8 est ensuite irradiée de façon sélective au travers d'un masque structuré (non représenté). Les portions de photorésine 8 irradiées, ou non-irradiées selon la nature de la photorésine, sont éliminées sélectivement de manière à obtenir le moule tridimensionnel de photorésine dont la forme est définie par la structuration du masque. Les portions photorésine (irradiées ou non-irradiées) peuvent être éliminées par dissolution à l'aide d'un solvant ou par toute autre méthode appropriée.

[0015] La forme du moule ainsi que la position du disque 2 dans le moule définissent la forme de la denture 3 et du moyeu 4 fabriqués par électroformage. La fig. 4 illustre une vue en coupe du moule de photorésine 8 après l'étape d'élimination des portions de photorésine. Dans cet exemple, le moule de photorésine comprend une première cavité 12 destinée à recevoir le disque 2 et un pilier 11 de photorésine, réalisée lors de l'étape d'irradiation sélective, et arrangée pour former l'orifice 6 lors de la fabrication du moyeu 4.

[0016] Lors de l'étape d'électroformage, le métal va se déposer sur le substrat métallisé 9, entre la périphérie de la portion transparente 2 et le bord du moule, formant ainsi la denture 3. Dans la fig. 4, l'alternance des dents métalliques de la denture 3 et de la photorésine 8 est représentée par les traits hachurés. Le métal va se déposer également dans l'ouverture 5, entre les flancs de l'ouverture 5 et le pilier 11, de façon à former le moyeu 4, simultanément avec la denture 3. L'ensemble comprenant le disque 2, la denture 3 et le moyeu 4 est ensuite libéré du moule par élimination de la photorésine de façon à obtenir le mobile 1. La libération du mobile 1 du moule peut être réalisée par l'élimination de la photorésine 8 à l'aide d'un solvant approprié. Les liaisons entre le disque 2 et la denture 3 et entre le disque 2 et le moyeu 4 est dite intime résultant de la croissance des parties métalliques le long des flancs à la périphérie du disque 2 et de l'ouverture 5.

[0017] Le procédé de fabrication additive ou d'électroformage décrit ici permet une tolérance radiale bien supérieure à ce qui peut être obtenu lorsque qu'une telle denture et moyeu sont ajoutés au disque 2 par un procédé tel que l'emboutissage par enclassement, sertissage, vissage, collage, soudage, ou autre. En particulier, la tolérance radiale entre l'orifice 6 du moyeu 4 et la denture 3 dépend de la forme du moule de photorésine et de la précision de positionnement du disque 2 dans le moule. Les procédés lithographiques utilisant une résine photosensible permettent en général d'obtenir une très bonne résolution latérale. Par exemple, dans le cas d'une photorésine de type SU-8 une résolution de l'ordre de 0.25 μm et un facteur de forme de l'ordre de 20. Le positionnement précis du disque 2 dans le moule peut être assuré des éléments de guidage et/ou repères formés dans la photorésine. Le positionnement du disque 2 peut également être assuré par l'utilisation d'un moule à deux niveaux.

[0018] La fig. 5 montre une vue en coupe d'un tel moule de photorésine 8 à deux niveaux, après l'étape de dissolution. Le moule illustré à la figure peut être réalisé en utilisant un premier masque pour définir la première cavité 12 prévue

pour recevoir le disque 2, et un deuxième masque pour définir une seconde cavité 13 prévue pour l'électroformage de la denture 3. En particulier, la première cavité 12 a un diamètre tel que le disque 2 puisse venir s'y loger sans jeu latéral. La seconde cavité 13 a la forme du moule de l'exemple de la fig. 4, de façon à permettre le dépôt du métal pour former la denture 3. La tolérance radiale sera donc assurée par la précision du moule, c'est-à-dire, la précision de la première cavité 12 dans laquelle vient s'ajuster le disque 2 et la précision de la seconde cavité 13 définissant la forme exacte de la denture 3. Dans cette configuration, le moyeu 4 est toujours formé entre le pilier 11 de photorésine et les flancs de l'ouverture 5. Comme suggéré à la fig. 5, la première cavité 12 peut être peu profonde relativement à la seconde cavité 13 de sorte que la denture 3 est formée sur presque toute la hauteur du flanc du disque 2.

[0019] L'épaisseur radiale de la denture métallique 3 est typiquement au maximum 5% du diamètre du disque 2. Selon une forme d'exécution, le disque transparent 2 est un disque en saphir ayant un diamètre d'au moins 15 mm. La denture 3 a une épaisseur radiale supérieure à 0,4 mm, mais préférablement d'environ 0,55 mm. Le moyeu 4 a une épaisseur radiale d'au moins 0,1 mm mais préférablement d'environ 0,25 mm. La hauteur du mobile 1 comprenant le disque en saphir 2, la denture 3 et le moyeu 4 est typiquement de l'ordre de 0,5 mm. La tolérance radiale entre l'ouverture centrale 6 et la denture 3 est inférieure à 0,01 mm, malgré le fait que le disque de saphir 2 à lui-même une tolérance plus grande d'environ 0,1 mm.

[0020] Il va de soi que la présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit et que diverses modifications et variantes simples peuvent être envisagées par l'homme de métier sans sortir du cadre de la présente invention. Par exemple, le procédé de fabrication additive pour la fabrication de la denture 3 et du moyeu 4 peut également comprendre un procédé stéréolithographique comprenant: un procédé de construction laser additive directe (CLAD) comportant une étape de fusion de poudres métalliques injectées de manière coaxiale à un faisceau laser pour réaliser des dépôts métalliques par couches successives; le frittage sélectif par laser (Sélective Laser Sintering) comportant le frittage de matériaux métalliques par lit de poudre; la fusion sélective par laser (Sélective Laser Melting); ou encore tout autre procédé de stéréolithographie et/ou fabrication rapide.

[0021] Le procédé de fabrication peut en outre comprendre une étape de création du modèle représentant la forme de la denture 3 et du moyeu 4 à fabriquer, le modèle pouvant être obtenu grâce à un logiciel de CAO ou par acquisition numérique d'un objet existant qu'on veut reproduire.

[0022] Le mobile 1 peut être utilisé, par exemple, dans une montre mystérieuse. Des indicateurs, tels que des aiguilles, peuvent être inscrits sur le disque transparent, le disque étant entraîné en rotation par sa denture périphérique, par l'intermédiaire de mobiles cachés dans le châssis de la boîte de la montre. Les mobiles sont eux-mêmes entraînés par un mécanisme d'entraînement ou moteur également disposé invisiblement dans la boîte de la montre. L'absence de mouvement visible et les aiguilles flottantes dans la carrure procurent l'aspect mystérieux de la montre comportant un ou plusieurs de ces mobiles. Un tel mobile peut également être utilisé comme plateau rotatif portant des éléments régulateurs de la montre, tel un mécanisme de tourbillon. Dans ce cas, la portion transparente 2 peut avoir une forme différente de celle d'un disque.

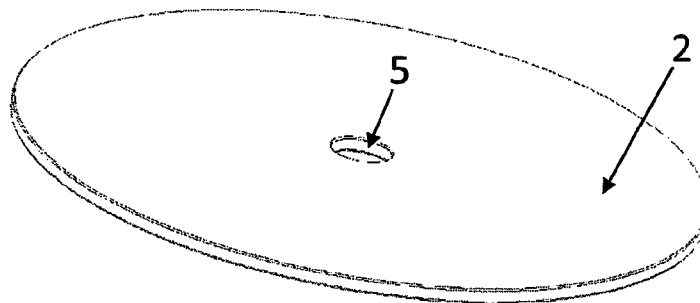
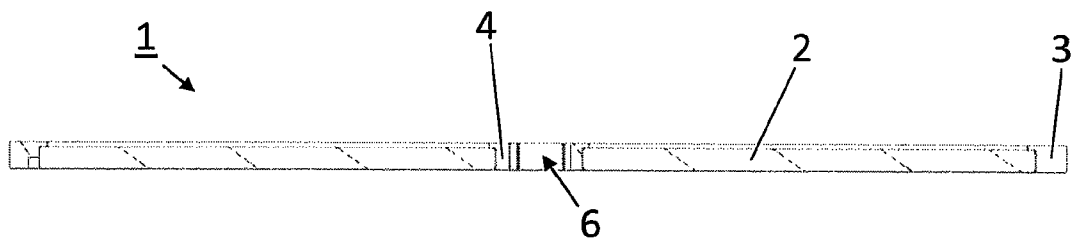
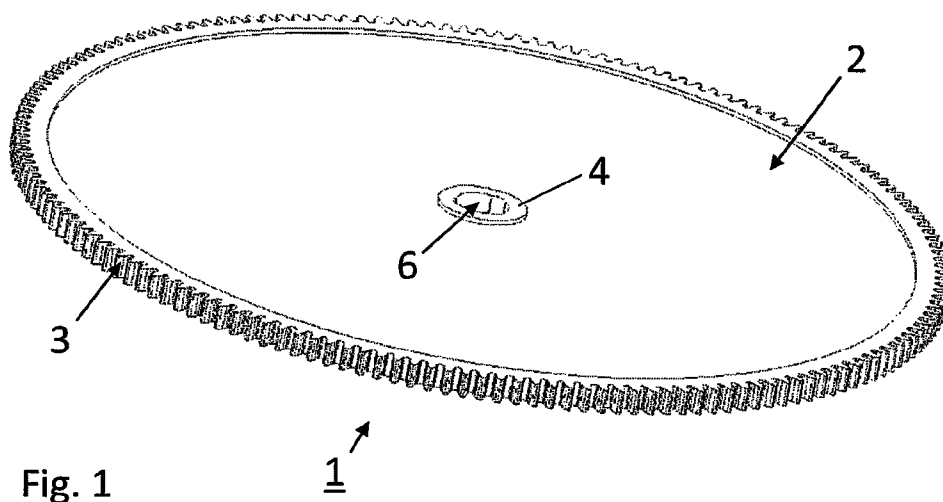
Numéros de référence employés sur les figures

[0023]

- 1 mobile horloger
- 2 portion transparente
- 3 denture
- 4 moyeu
- 5 ouverture
- 6 orifice
- 8 photorésine
- 9 substrat
- 10 couche conductrice
- 11 pilier en photorésine
- 12 première cavité
- 13 seconde cavité

Revendications

1. Mobile horloger (1) destiné à être monté sur un arbre pivotant, comprenant:
une portion transparente (2) comportant une ouverture (5);
une serge dentée métallique (3) s'étendant à la périphérie de la portion transparente (2);
un moyeu métallique (4) arrangé solidaire dans l'ouverture (5) et comprenant un orifice (6) destiné à la fixation de l'arbre;
caractérisé en ce que la serge dentée (3) et le moyeu (4) sont formés directement sur la portion transparente (2) par un procédé de fabrication additive ou d'électroformage de sorte que la tolérance radiale entre l'orifice (6) et la serge dentée (3) est inférieure à 0,01 mm.
2. Mobile horloger (1) selon la revendication 1, dans lequel le moyeu (4) et la serge dentée (3) sont fabriqués en un matériau métallique comprenant le nickel, le cuivre ou l'or ou un alliage de l'un de ces métaux.
3. Mobile horloger (1) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'épaisseur radiale de la serge dentée (3) est au maximum de 5% de la plus grande dimension de la portion transparente (2).
4. Mobile horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la portion transparente (2) est un disque en saphir.
5. Mobile horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la portion transparente (2) est un disque ayant un diamètre d'au moins 15 mm, la serge dentée (3) a une épaisseur radiale supérieure à 0,4 mm, et le moyeu (4) a une épaisseur radiale d'au moins 0,1 mm.
6. Mobile horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la hauteur du mobile (1) est d'environ 0,5 mm.
7. Mobile horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la portion transparente (2) comprend un ou des indicateurs.
8. Mobile horloger (1) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la portion transparente (2) comprend un plateau destiné à porter un organe réglant.
9. Pièce d'horlogerie comportant un mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 8.
10. Procédé de fabrication d'un mobile selon l'une des revendications 1 à 8; comprenant une étape de fabrication de la serge dentée (3) et du moyeu (4) directement sur la portion transparente (2) par un procédé de fabrication additive ou d'électroformage, le procédé étant compatible avec ladite tolérance radiale inférieure à 0,01 mm.
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le procédé de fabrication additive comprend un procédé stéréolithographique.
12. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le procédé d'électroformage comprend:
former un moule de photorésine (8) destiné à recevoir la portion transparente (2);
positionner la portion transparente (2) dans le moule;
déposer du métal par électroformage dans le moule de façon à former la serge dentée (3) et le moyeu (5); et
libérer du moule la portion transparente (2) comprenant la denture (3) et le moyeu (5) de façon à obtenir le mobile (1).
13. Procédé selon la revendication 12; dans lequel former un moule de photorésine (8) comprend:
déposer une couche de photorésine (8) sur un substrat (9) préalablement revêtu d'une couche conductrice (10);
irradier de façon sélective la photorésine 8 au travers d'un masque structuré;
éliminer sélectivement une portion de la photorésine (8) en fonction de l'irradiation de manière à obtenir le moule tridimensionnel de photorésine.
14. Procédé selon la revendication 12 ou 13; dans lequel le moule de photorésine (8) comprend une première cavité (12) destinée à recevoir la portion transparente (2) et un pilier (11) arrangée pour former un orifice (6) du moyeu (4).
15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14; dans lequel positionner la portion transparente (2) dans le moule est réalisé à l'aide d'éléments de guidage et/ou repères formés dans la photorésine (8).
16. Procédé selon l'une des revendications 12 à 15; dans lequel le moule de photorésine (8) comprend un premier niveau comportant une première cavité (12) dans laquelle la portion transparente (2) est positionnée, et un second niveau comportant une seconde cavité (13) prévue pour l'électroformage de la denture (3).
17. Procédé selon l'une des revendications 10 à 16; dans lequel le moyeu (4) et la serge dentée (3) sont fabriqués simultanément.



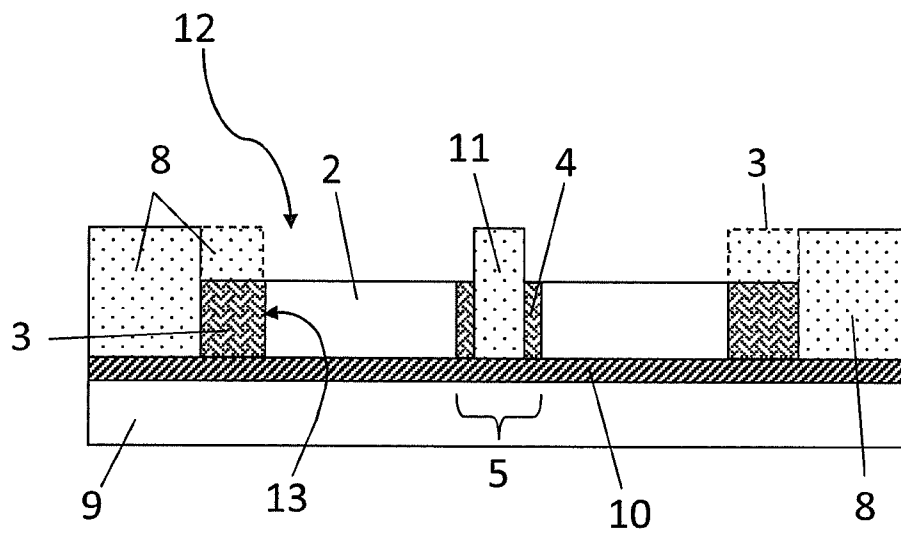


Fig. 4

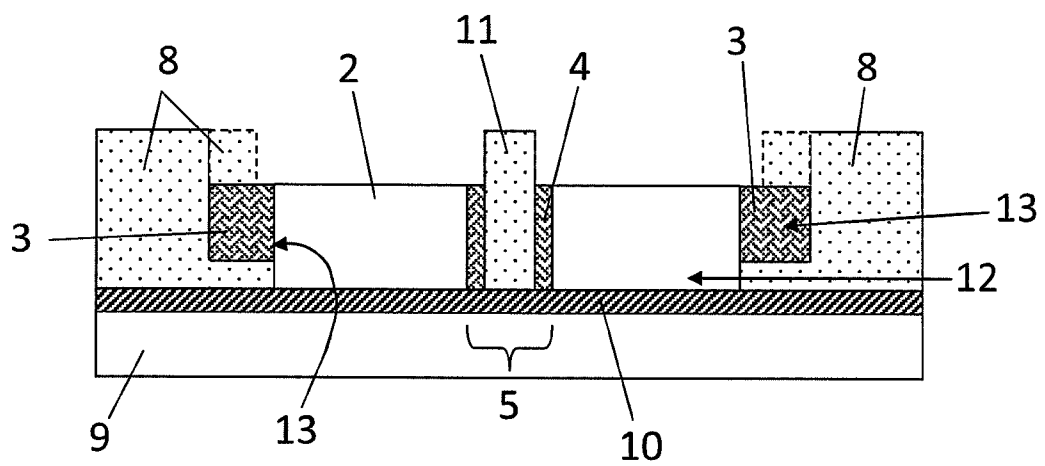


Fig. 5