



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH 703 289 B1**

(51) Int. Cl.: **B81C 1/00** (2006.01)
H03H 9/10 (2006.01)
H03H 3/02 (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00943/10

(22) Date de dépôt: 11.06.2010

(43) Demande publiée: 15.12.2011

(24) Brevet délivré: 15.05.2015

(45) Fascicule du brevet publié: 15.05.2015

(73) Titulaire(s):
The Swatch Group Research and Development Ltd.,
Rue des Sors 3
2074 Marin (CH)

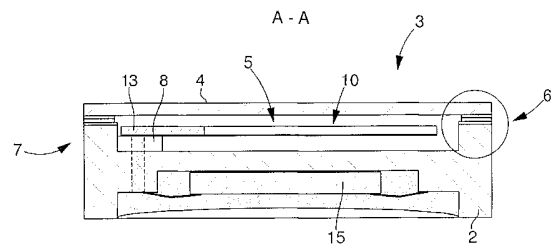
(72) Inventeur(s):
Léa Deillon, 1007 Lausanne (CH)
Thierry Hessler, 2024 St-Aubin (CH)
Silvio Dalla Piazza, 2610 St-Imier (CH)

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

(54) **Dispositif d'encapsulation pour MEMS.**

(57) L'invention se rapporte à un dispositif d'encapsulation (3) pour un système électro-micromécanique (5) comportant un boîtier (7) comprenant une partie principale (2) formant une cavité (10) qui est fermée hermétiquement par un couvercle (4) à l'aide de moyens d'étanchéité (6). Selon l'invention, les moyens d'étanchéité (6) comportent un alliage formé par du nickel avec un matériau dont le point de fusion est inférieur à 250 °C afin de permettre son interdiffusion à l'état liquide avec le nickel.

L'invention concerne le domaine des composants électroniques comportant un résonateur ou plus généralement un MEMS.



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à un système d'encapsulation pour un système électro-micromécanique (également connu sous l'abréviation MEMS provenant des termes anglais «Micro Electro Mechanical System») et, notamment, pour un MEMS du type résonateur à quartz.

Arrière-plan de l'invention

[0002] Les composants électroniques ayant un MEMS sont formés généralement par un boîtier hermétiquement fermé dans lequel est monté le MEMS. Un tel boîtier comprend en général une partie principale creuse fermée par un couvercle.

[0003] Le MEMS peut être par exemple un résonateur piézoélectrique, tel qu'un résonateur à quartz destiné à être relié à un circuit oscillateur. La plupart des résonateurs à quartz de petites dimensions, qui sont utilisés par exemple dans les montres électroniques ou électromécaniques, sont des résonateurs du type diapason.

[0004] De tels résonateurs à quartz sont habituellement enfermés sous vide dans des boîtiers, dans le cas de la génération de signaux basse fréquence fournis par le circuit oscillateur, ou sous atmosphère de gaz inerte. De plus, une partie du couvercle peut être transparente à une longueur d'onde déterminée d'un faisceau de lumière afin de permettre le réglage optique du résonateur à quartz.

[0005] Généralement, de tels résonateurs sont montés dans des boîtiers par exemple en céramique qui sont relativement plats. Ces boîtiers comprennent une partie principale creuse de forme parallélépipédique à l'intérieur de laquelle est monté le résonateur, et un couvercle rectangulaire fixé sur la partie principale.

[0006] Afin d'assurer l'étanchéité entre le couvercle et la partie principale, actuellement, on utilise un joint en alliage métallique à base d'or et d'étain qui est rapporté entre les deux parties puis l'ensemble est chauffé afin de sceller définitivement le boîtier.

[0007] Ces alliages à base d'or et d'étain présentent les inconvénients d'utiliser des matériaux intrinsèquement chers et de posséder un point de fusion relativement bas, c'est-à-dire autour de 278 °C. Cette dernière caractéristique limite les procédés possibles lors de ou après la connexion du boîtier. On comprend en effet qu'aucun traitement thermique supérieur à 280 °C réalisé ultérieurement à la connexion n'est possible sous risque de descellement du boîtier.

Résumé de l'invention

[0008] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un nouveau type de moyens d'étanchéité.

[0009] A cet effet, l'invention se rapporte à un dispositif d'encapsulation pour un système électro-micromécanique comportant un boîtier comprenant une partie principale formant une cavité qui est fermée hermétiquement par un couvercle à l'aide de moyens d'étanchéité caractérisés en ce que les moyens d'étanchéité comportent un alliage formé par du nickel avec un matériau dont le point de fusion est inférieur à 250 °C afin de permettre son interdiffusion à l'état liquide avec le nickel.

[0010] A partir des boîtiers actuels dont les métallisations comportent déjà du nickel, on comprend donc que seul le matériau à bas point de fusion est nécessaire d'être rapporté pour effectuer l'herméticité du boîtier. De plus, la base en nickel est sensiblement moins chère que celle en or et permet en outre d'obtenir au moins un intermétallique dont le point de fusion est situé à une température plus élevée que les moyens d'étanchéité actuels.

[0011] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- ledit matériau est de l'indium ou de l'étain;
- le boîtier est formé en céramique.

[0012] L'invention se rapporte également à un composant électronique comportant un dispositif d'encapsulation selon l'une des variantes précédentes dans la cavité duquel est monté au moins un système électro-micromécanique.

[0013] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- la cavité est sous vide ou sous atmosphère contrôlée;
- le système électro-micromécanique est un résonateur diapason à quartz;
- le composant comprend un circuit oscillateur connecté électriquement au système électro-micromécanique;
- le circuit oscillateur est monté sur la partie principale.

[0014] Enfin, l'invention se rapporte à un procédé de fabrication d'un composant électronique formé par un dispositif d'encapsulation recevant au moins un système électro-micromécanique comportant les étapes suivantes:

- a) former ledit au moins un système électro-micromécanique;
 - b) former une partie principale formant une cavité et un couvercle comportant des métallisations comprenant au moins une couche de nickel;
- caractérisé en ce que le procédé comporte en outre les étapes suivantes:
- c) former une couche intermédiaire en un matériau pur dont le point de fusion est inférieur à 250 °C;

- d) fixer ledit au moins un système électro-micromécanique dans la cavité;
- e) assembler le couvercle contre la partie principale afin de recouvrir toute la cavité et en mettant en contact les métallisations et la couche intermédiaire;
- f) chauffer les métallisations et la couche intermédiaire afin de former par interdiffusion solide-liquide des intermétalliques capables de fermer hermétiquement ledit au moins un système électro-micromécanique dans la cavité.

[0015] Avantageusement, il n'est plus nécessaire de rapporter un alliage pour former l'herméticité du dispositif d'encapsulation mais un matériau pur. De plus, par rapport aux moyens d'étanchéité actuels, il est apparu que les intermétalliques formés à partir du nickel ont des cinétiques de croissance plus lentes ce qui permet avantageusement de mieux contrôler leur formation.

[0016] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- ledit matériau dont le point de fusion est inférieur à 250 °C est de l'indium ou de l'étain;
- lors de l'étape c), la couche intermédiaire est formée sur au moins une des métallisations ou selon une pièce dont la surface en projection est de forme correspondante à au moins une des métallisations;
- l'étape c) comporte un processus de galvanoplastie ou de sérigraphie;
- les métallisations formées lors l'étape b) sont réalisées par sérigraphie et galvanoplastie;
- l'étape f) est réalisée sous vide ou sous atmosphère contrôlée;
- ledit au moins un système électro-micromécanique est un résonateur diapason à quartz.

Description sommaire des dessins

[0017] 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 de dessus du composant électronique selon l'invention;
- la fig. 2 est une vue selon la coupe A-A de la fig. 1 du composant électronique selon l'invention;
- la fig. 3 est une vue agrandie localisée sur l'interface entre le couvercle et le corps creux du boîtier;
- la fig. 4 est un schéma fonctionnel du procédé de fabrication selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0018] Dans la description suivante, toutes les parties du composant électronique qui sont bien connues d'un homme du métier dans ce domaine technique, ne seront pas expliquées en détail.

[0019] Le composant électronique 1 est représenté de manière simplifiée aux fig. 1 et 2. Il comporte principalement un dispositif d'encapsulation 3 destiné à recevoir un MEMS 5 de manière hermétique. Le dispositif d'encapsulation 3 comprend un boîtier 7 formé par une partie principale creuse 2 et un couvercle 4 destiné à fermer la partie creuse 2 à l'aide de moyens d'étanchéité 6.

[0020] Dans l'exemple illustré aux fig. 1 et 2, le MEMS 5 représenté est un résonateur diapason à quartz, cependant d'autres types de MEMS 5 nécessitant un encapsulage sous vide ou sous atmosphère contrôlée sont également applicables.

[0021] La partie creuse 2 est généralement de forme parallélépipédique et comporte une portée 8 dans la cavité 10 intérieure destinée à fixer le MEMS 5 en porte-à-faux. Les extrémités libres des parois entourant la cavité 10 sont destinées à recevoir le couvercle 4 de forme sensiblement rectangulaire à l'aide des moyens d'étanchéité 6 afin d'enfermer de manière hermétique le MEMS 5 dans le dispositif d'encapsulation 3.

[0022] A titre d'exemple, le boîtier 7, c'est-à-dire la partie creuse 2 et le couvercle 4, peut être de 5 mm de long, 3,2 mm de large et 1,08 mm de haut. De plus, le boîtier 7 est de préférence réalisé en céramique selon une technique habituelle.

[0023] Les moyens d'étanchéité 6 sont formés par une succession de couches destinées à adhérer à la céramique et à former la couche autorisant l'herméticité. Avantageusement selon l'invention, les moyens d'étanchéité 6 comportent un alliage à base de nickel associé à un matériau dont le point de fusion est bas, c'est-à-dire très inférieur à celui du nickel comme par exemple de l'ordre de 250 °C maximum. De manière préférée, le matériau utilisé peut être de l'indium ou de l'étain.

[0024] Ces alliages Ni-In ou Ni-Sn, qui peuvent comporter plusieurs intermétalliques, sont obtenus par une soudure faisant intervenir une interdiffusion solide-liquide, c'est-à-dire que la différence de point de fusion entre l'indium ou l'étain par rapport à celui de nickel permet de fondre un de ces premiers et de le faire diffuser dans la couche de nickel solide afin de former des intermétalliques.

[0025] Ces soudures peuvent ainsi être réalisées à «basse» température, c'est-à-dire en dessous de 250 °C tout en acceptant des traitements thermiques postérieurs à des températures bien supérieures induites par les points de fusion des intermétalliques obtenus, c'est-à-dire compris entre 400 °C et 800 °C.

[0026] Avantageusement selon l'invention, les boîtiers céramiques 7 commercialisés actuellement comportent des métallisations 9, 11 qui comprennent déjà au moins une couche de nickel. Typiquement, les métallisations 9, 11 comportent plusieurs couches formées avec du molybdène et du nickel, ou du tungstène et du nickel, le nickel de chaque métallisation 9, 11 étant protégé contre l'oxydation avec un flash d'or. De manière habituelle, les couches de molybdène et de nickel, ou de tungstène et de nickel ont des épaisseurs respectivement de 10 μm et de 5 μm tandis que celle de l'or est d'environ 0,75 μm .

[0027] Dès lors, on comprend que, pour former les moyens d'étanchéité 6 en un intermétallique nickel-indium ou nickel-étain, une seule couche 12 d'indium pur ou d'étain pur est nécessaire pour réaliser la soudure par interdiffusion solide-liquide selon l'invention.

[0028] Par conséquent, le MEMS 5 peut, à l'aide des moyens d'étanchéité 6, être enfermé sous vide ou sous atmosphère contrôlée dans la cavité 10 du dispositif d'encapsulation 3 avec des matériaux moins coûteux et en obtenant au moins un intermétallique dont le point de fusion est situé à une température plus élevée que les moyens d'étanchéité actuels.

[0029] Dans l'exemple illustré aux fig. 1 et 2, le MEMS 5 est un diapason en quartz classique constitué de deux branches 14, 16 parallèles pour vibrer en mode de flexion dont la base commune 13 est fixée sur la portée 8. Les couches de métallisation du MEMS 5 nécessaires à l'actionnement piézoélectrique ainsi que les plages de connexion à un circuit intégré 15 ayant, par exemple, un étage oscillateur ne sont pas présentées en détail car ces éléments ne sont pas déterminants pour l'application de l'invention.

[0030] Le procédé 21 de fabrication du dispositif d'encapsulation 3 va maintenant être expliqué en référence à la figure 4. Le procédé 21 comporte une première étape 23 destinée à fabriquer, de manière indépendante et habituelle, lors de phases 20, 22 et 24, respectivement le MEMS 5, le couvercle 4 et la partie creuse 2.

[0031] Ainsi, si le MEMS 5 est un résonateur diapason en quartz, la phase 20 peut consister à graver dans un monocristal de quartz une plaquette, puis graver le corps du diapason dans l'épaisseur de cette plaquette pour enfin instrumenter le diapason, c'est-à-dire déposer les couches électriquement conductrices nécessaires à son fonctionnement.

[0032] Le couvercle 4 et la partie creuse 2 sont préférentiellement formés de manière analogue à l'aide d'une céramique. Pour ce faire, de manière habituelle, plusieurs feuilles de céramique sont ouvragées, empilées et fixées les unes sur les autres. Ensuite, le couvercle 4 et la partie creuse 2 sont partiellement métallisés selon une surface correspondante pour permettre leur futur coopération.

[0033] Comme expliqué ci-dessus, ces métallisations 9, 11 peuvent comporter par exemple une succession de couches de molybdène, de nickel et d'or, ou de tungstène, de nickel et d'or. Ces dépôts sont réalisés, par exemple, par sérigraphie pour le molybdène ou le tungstène et, par exemple, par galvanoplastie pour le nickel et l'or.

[0034] Avantageusement selon l'invention, la deuxième étape 25 est destinée à former une couche 12 unique en matériau pur dont le point de fusion est bas, c'est-à-dire préférentiellement inférieur à 250 °C, comme par exemple de l'indium ou de l'étain. Suivant le mode de réalisation choisi pour l'étape 29 d'assemblage, cette étape 25 peut consister à former une pièce distincte ou un épaissement de matière de la métallisation 9, 11 du couvercle 4 et/ou de la partie creuse 2.

[0035] On comprend donc que l'étape 25 peut également être effectuée selon divers type de dépôt. Préférentiellement, on utilisera une étape de galvanoplastie soit dans un moule dédié soit directement sur au moins une des métallisations 9, 11. Toutefois, un processus de sérigraphie est également envisageable.

[0036] Préférentiellement, la couche 12 comporte une épaisseur de 10 μm afin de garantir une épaisseur de soudure suffisante ainsi que la totale consommation de la couche tout en gardant un temps de procédé assez court.

[0037] Dans une troisième étape 27, le MEMS 5 est monté dans la cavité 10 de la partie creuse 2 puis, lors de la quatrième étape 29, le boîtier 7 est assemblé en mettant en vis-à-vis les couches 9, 12, 11 afin de les mettre en contact. L'étape 29 d'assemblage peut comporter plusieurs modes de réalisation. Ainsi, comme expliqué ci-dessus, l'étape 29 peut consister uniquement à poser le couvercle 4 contre la partie creuse 2 ou à interposer entre ces derniers une pièce intermédiaire formant la couche 12 comportant le matériau qui diffusera dans le nickel compris dans les métallisations 9, 11.

[0038] Enfin, quel que soit le mode de réalisation, le procédé 21 comporte une dernière étape 31 consistant à souder les moyens d'étanchéité 6 pour définitivement sceller le dispositif d'encapsulation 3. Comme expliqué ci-avant, suivant le MEMS 5 à encapsuler, l'étape 31 et, éventuellement, l'étape 29 est (sont) réalisée(s) sous vide ou sous atmosphère contrôlée.

[0039] L'étape 31 consiste principalement à presser le couvercle 4 contre le la partie creuse 2 tout en liquéfiant par chauffage la couche 12 afin qu'elle diffuse dans le nickel des métallisations 9, 11 pour former au moins un intermétallique favorisant l'herméticité du dispositif d'encapsulation 3 même pour des températures comprises entre 400 et 800 °C. De plus, par rapport aux moyens d'étanchéité actuels, il est apparu que les intermétalliques formés à partir du nickel ont des cinétiques de croissance plus lentes ce qui permet avantageusement de mieux contrôler leur formation.

[0040] A titre optionnel, si le MEMS 5 est un résonateur diapason en quartz, il peut être nécessaire de l'ajuster ou de le régler. Ce réglage peut être effectué après l'étape 27 ou après l'étape 31. Dans ce dernier cas, c'est-à-dire quand le couvercle 4 est déjà fermé hermétiquement sous vide la partie creuse 2 du boîtier 7, le couvercle 4 devra comprendre

au moins une portion transparente à une longueur d'onde déterminée d'un faisceau de lumière, tel qu'un faisceau laser, utilisé pour réaliser ledit réglage.

[0041] A l'aide du présent procédé 21, le composant électronique 1 formé est ainsi configuré comme un composant de type SMD (abréviation des termes anglaise «Surface Mounting Device»). A ce titre, il peut être monté et connecté par brasage par exemple sur une plaque de circuit imprimé.

[0042] 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, le composant électronique 1 peut ne comprendre que l'élément résonateur 5 ou, à titre alternatif, le procédé 21 pourrait être adapté pour réaliser un processus du type «wafer level packaging» c'est-à-dire un encapsulage en série à partir de deux plaquettes l'une contre l'autre qui sont postérieurement découpées pour former le composant électronique 1.

[0043] Il peut également être envisagé de monter le circuit oscillateur dans la même cavité 10 que le résonateur 5 à quartz. Ce circuit oscillateur peut comprendre également une fonction d'horloge à temps réel (RTC) ou d'autres fonctions.

[0044] Il peut être envisagé également de monter un ou plusieurs MEMS 5 dans chaque boîtier 7 ou encore d'utiliser des matériaux alternatifs pour les boîtiers 7 comme du métal ou du verre, sans sortir du cadre de l'invention. De même, la forme des métallisations 9, 11 ne saurait se limiter à celle des fig. 1 et 2.

[0045] Il est également possible que les phases 20, 22 et 24 ne soient pas totalement indépendantes en fonction de la technologie du MEMS employée. Il est ainsi envisageable que la phase 24 consistant à former la partie creuse 2 soit réalisée avant la phase 20 de formation du MEMS 5 dans le cas où ce dernier 5 est gravé directement dans cette première 2.

[0046] Enfin, un matériau du type «getter» peut être disposé dans le dispositif d'encapsulage 3 pour servir de pompe à vide, c'est-à-dire parfaire le vide dans le dispositif 3 déjà fabriqué, lorsqu'il est activé par exemple au moyen d'un laser ou durant le processus thermique de scellement/diffusion, simplement à l'aide de la température et du temps.

Revendications

1. Dispositif d'encapsulage (3) pour un système électro-micromécanique (5), le dispositif d'encapsulage (3) comportant un boîtier (7) comprenant une partie principale (2) formant une cavité (10) qui est fermée hermétiquement par un couvercle (4) à l'aide de moyens d'étanchéité (6) caractérisé en ce que les moyens d'étanchéité (6) comportent un alliage formé par du nickel avec un matériau dont le point de fusion est inférieur à 250°C afin de permettre son interdiffusion à l'état liquide avec le nickel.
2. Dispositif (3) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit matériau est de l'indium.
3. Dispositif (3) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit matériau est de l'étain.
4. Dispositif (3) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le boîtier (7) est formé en céramique.
5. Composant électronique (1) comportant un dispositif d'encapsulage (3) selon l'une des revendications 1 à 4 dans la cavité (10) duquel est monté au moins un système électro-micromécanique (5).
6. Composant (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la cavité (10) est sous vide ou sous atmosphère contrôlée.
7. Composant (1) selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le système électro-micromécanique (5) est un résonateur diapason à quartz.
8. Composant (1) selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit oscillateur (15) connecté électriquement au système électro-micromécanique (5).
9. Composant (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le circuit oscillateur (15) est monté sur la partie principale (2).
10. Procédé de fabrication (21) d'un composant électronique (1) formé par un dispositif d'encapsulage (3) recevant au moins un système électro-micromécanique (5) comportant les étapes suivantes:
 - a) former (20) ledit au moins un système électro-micromécanique (5);
 - b) former (22, 24) une partie principale (2) formant une cavité (10) et un couvercle (4), la partie principale (2) et le couvercle (4) comportant des métallisations (9, 11) comprenant au moins une couche de nickel;
 - caractérisé en ce que le procédé (21) comporte en outre les étapes suivantes:
 - c) former (25) une couche (12) intermédiaire en un matériau pur dont le point de fusion est inférieur à 250 °C;
 - d) fixer (27) ledit au moins un système électro-micromécanique (5) dans la cavité (10);
 - e) assembler (29) le couvercle (4) contre la partie principale (2) afin de recouvrir toute la cavité (10) et en mettant en contact les métallisations (9, 11) et la couche intermédiaire (12);
 - f) chauffer (31) les métallisations (9, 11) et la couche intermédiaire (12) afin de former par interdiffusion solide-liquide des intermétalliques capables de fermer hermétiquement ledit au moins un système électro-micromécanique (5) dans la cavité (10).

11. Procédé (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit matériau dont le point de fusion est inférieur à 250 °C est de l'indium.
12. Procédé (21) selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit matériau dont le point de fusion est inférieur à 250 °C est de l'étain.
13. Procédé (21) selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que, lors de l'étape c), la couche intermédiaire (12) est formée sur au moins une des métallisations (9, 11).
14. Procédé (21) selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que, lors de l'étape c), la couche intermédiaire (12) est formée selon une pièce dont la surface en projection est de forme correspondante à au moins une des métallisations (9, 11).
15. Procédé (21) selon l'une des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que l'étape c) comporte un processus de galvanoplastie.
16. Procédé (21) selon l'une des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que l'étape c) comporte un processus de sérigraphie.
17. Procédé (21) selon l'une des revendications 10 à 16, caractérisé en ce que les métallisations (9, 11) formées lors l'étape b) sont réalisées par sérigraphie et galvanoplastie.
18. Procédé (21) selon l'une des revendications 10 à 17, caractérisé en ce que l'étape f) est réalisée sous vide ou sous atmosphère contrôlée.
19. Procédé (21) selon l'une des revendications 10 à 18, caractérisé en ce que ledit au moins un système électro-micro-mécanique (5) est un résonateur diapason à quartz.

Fig. 1

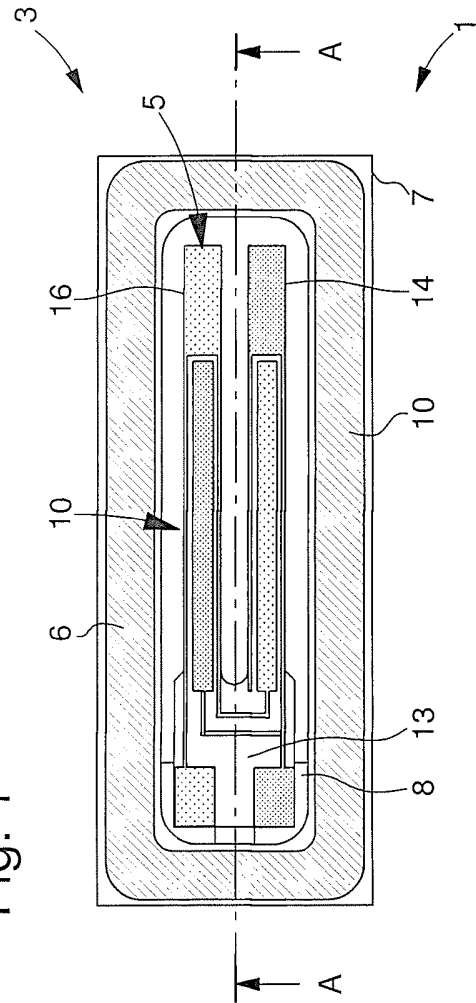


Fig. 2

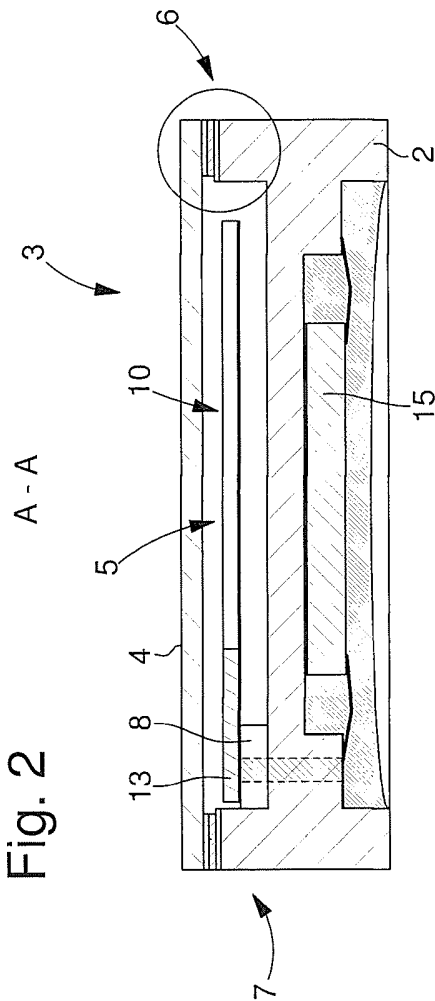


Fig. 3

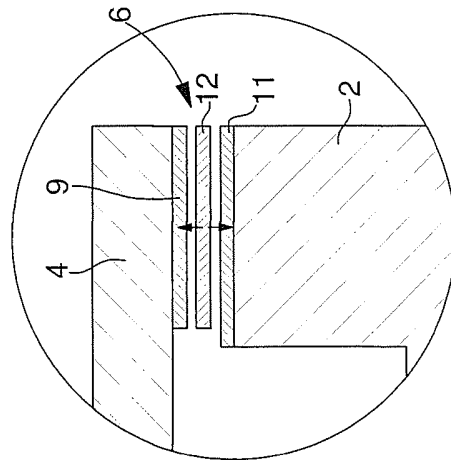


Fig. 4

