

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.09.02.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.04.04 Bulletin 04/14.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : ZIAEI AFSHIN, DEAN THIERRY et
POLIZZI JEAN PHILIPPE.

73 Titulaire(s) :

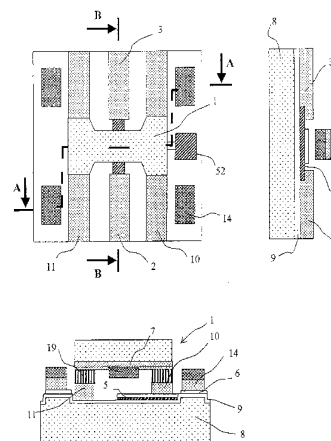
74 Mandataire(s) : THALES "INTELLECTUAL PRO-
PERTY".

54 MICROCOMMUTATEURS A ACTUATION ELECTROSTATIQUE A FAIBLE TEMPS DE REPONSE ET
COMMUTATION DE PUISSANCE ET PROCEDE DE REALISATION ASSOCIE.

57 Le domaine de l'invention est celui des microsystèmes (encore appelé MEMS, acronyme anglo-saxon pour Micro Electro Mechanical Systems) de type microcommutateurs à actuation électrostatique utilisés en électronique pour réaliser des fonctions d'interrupteurs ou de commutateurs, notamment dans le domaine des hyperfréquences pour la téléphonie mobile et les radars.

L'objet de l'invention est d'améliorer les performances du commutateur en diminuant le temps de réponse du dispositif et en augmentant les puissances radio ou hyper-fréquences supportées tout en conservant des tensions de commutation faibles. Ces performances améliorées sont obtenues en utilisant des membranes épaisses et en disposant entre ladite membrane et l'électrode associée un matériau à forte permittivité relative.

Le commutateur est obtenu par un procédé de réalisation original, la membrane étant réalisée sur un substrat indépendant, puis assemblée sur le substrat de base du commutateur. Des exemples de procédé de réalisation de dispositifs selon l'invention avec les matériaux utilisables, les géométries possibles et les différentes étapes de réalisation sont donnés.



MICROCOMMUTATEURS A ACTUATION ELECTROSTATIQUE A FAIBLE TEMPS DE REPONSE ET COMMUTATION DE PUISSANCE ET PROCEDE DE REALISATION ASSOCIE

5

Le domaine de l'invention est celui des composants microsystemes encore appelés MEMS (acronyme pour Micro Electro Mechanical Systems) et plus particulièrement des microcommutateurs radiofréquence ou hyperfréquence intégrant une membrane déformable sous l'action d'un champ électrostatique. Les domaines d'applications principaux sont les systèmes de télécommunications sans fils et les radars.

Les composants microsystemes se sont développés depuis quelques années à partir des technologies mises en œuvre pour la réalisation des circuits électroniques. Le schéma de principe d'un microcommutateur est donné en figure 1. Une membrane ou une poutre métallique 1 de faible épaisseur est maintenue suspendue par des supports 4 au-dessus de surfaces conductrices 2 et 3 isolées entre elles. Une électrode de commande 5 placée sous les surfaces conductrices et éventuellement séparée desdites surfaces conductrices par une couche isolante 6 complète le dispositif. L'ensemble membrane – électrode de commande est soumis à une tension électrique T au moyen de l'électrode de commande 5. En l'absence de tension appliquée, la membrane est suspendue au-dessus des surfaces conductrices et il n'y a aucun contact électrique entre celles-ci (Etat OFF). Dans ce cas, aucun signal électrique ne peut passer entre 2 et 3. Lorsque l'on soumet l'ensemble membrane - électrode à une tension T croissante, la membrane est soumise à une force électrostatique qui la déforme jusqu'à ce que la membrane entre en contact avec les surfaces conductrices pour une tension T_0 . Le signal électrique passe alors de 2 à 3 (Etat ON). On réalise ainsi un microcommutateur.

En général, on n'utilise pas les microcommutateurs MEMS radiofréquence ou hyperfréquence en interrupteur simple. En effet, le contact direct entre la membrane et les surfaces conductrices ou l'électrode de commande diminue notablement la durée de vie du dispositif. On interpose entre les surfaces et la membrane une couche de diélectrique. On

transforme ainsi la fonction simple ON/OFF en variation de capacité d'un condensateur dont les armatures sont constituées d'une part de la membrane et d'autre part de l'électrode de commande en regard. La capacité varie alors d'une valeur C_{on} à une valeur C_{off} .

5 Ce type de dispositif représente une avancée technique majeure par rapport aux dispositifs électroniques classiques fonctionnant notamment à partir de diodes PIN (acronyme pour Positive–Intrinsic–Negative) dès que la vitesse de commutation n'est plus un paramètre majeur, c'est à dire dès que le temps de commutation recherché peut rester supérieur à quelques
10 microsecondes.

Les principaux avantages de ce type de dispositif sont essentiellement :

- Les techniques de réalisation qui sont dérivées des technologies classiques de fabrication de circuits intégrés électroniques. Elles
15 permettent de simplifier la réalisation et l'intégration et par conséquent, d'obtenir des coûts de fabrication faibles comparés à ceux d'autres technologies, tout en garantissant une fiabilité élevée ;
- Les très faibles puissances électriques consommées, quelques nanojoules étant nécessaires à l'activation ;
- 20 • L'encombrement. On réalise ainsi un microcommutateur dans une surface de l'ordre du dixième de millimètre carré, permettant d'atteindre une forte capacité d'intégration ;
- Les performances en utilisation hyperfréquence. Ce type de microcommutateur présente des pertes d'insertion très faibles, de l'ordre
25 du dixième de déciBel, bien inférieures à celles de dispositifs assurant les mêmes fonctions.

En général, la membrane supérieure déformable est réalisée par dépôt sur un substrat de base d'une ou plusieurs couches de matériaux, au
30 moins l'une de ces couches étant un matériau conducteur. Ces matériaux sont ceux habituellement utilisés en micro-électronique.

Le principal inconvénient de cette technique est que les couches déposées sont nécessairement de faible épaisseur, l'empilement des
35 couches atteignant au mieux quelques microns, ce qui limite la puissance

radiofréquence susceptible de transiter par la membrane ainsi réalisée. De plus, la faible épaisseur de la membrane la rend relativement souple, ce qui induit des temps de commutation assez élevés, en général supérieurs à la dizaine de microsecondes.

5 La recherche de vitesses de commutation plus élevées ou de
tenues en puissance plus importantes nécessitent donc l'emploi d'une
membrane ou d'une poutre 1 plus épaisse. Malheureusement, la rigidité
accrue de la membrane nécessite alors une force plus importante pour la
déplacer, et par conséquent une tension d'actionnement également plus
10 importante.

L'invention propose une architecture nouvelle et un procédé de
réalisation original permettant d'obtenir un microcommutateur supportant une
puissance radiofréquence RF significative et possédant de faibles temps de
15 réponse tout en conservant des tensions de commande de l'ordre de
quelques volts à quelques dizaines de volts.

Le dispositif selon l'invention comporte d'une part une membrane
épaisse séparée par une faible distance de l'électrode de commande, et
d'autre part une couche diélectrique à forte permittivité diélectrique, de l'ordre
20 de plusieurs centaines. Ledit dispositif permet d'obtenir à la fois une
meilleure tenue en puissance et un faible temps de commutation grâce à la
structure de la membrane, tout en conservant des tensions de commande
normales grâce à la forte permittivité de la couche diélectrique. En effet, un
faible déplacement de la membrane entraîne des variations relatives de
25 capacité C_{on}/C_{off} importantes. De plus, la membrane étant réalisée dans un
matériau massif, sa fiabilité mécanique est supérieure à celle de dispositifs
comprenant plusieurs couches.

Pour réaliser cette architecture, la membrane mobile est réalisée
sur un substrat indépendant puis rapportée sur le substrat principal
30 comportant les surfaces conductrices. Il reste alors, une fois l'assemblage
fait, à découper le substrat de la membrane pour l'amener à la forme
souhaitée.

Plus précisément, l'invention a pour objet un microcommutateur à
35 actuation électrostatique de type condensateur composé de deux armatures

dont la première est une membrane flexible et la seconde comporte au moins une électrode de commande en tension, les deux armatures étant séparées par une épaisseur de vide ou de gaz et au moins une couche d'au moins un matériau isolant caractérisé en ce que la membrane flexible comporte au moins une couche épaisse de matériau massif dont l'épaisseur vaut au moins environ un micron et qu'au moins le matériau isolant a une permittivité relative supérieure à plusieurs dizaines. Avantageusement, la permittivité relative dudit matériau est supérieure à cent et ledit matériau à forte permittivité est un ferroélectrique perovskite tel que le PZT (Titanate de Zirconium Plomb), le BST ((Ba,Sr)TiO₃ : Titanate de Baryum Strontium) ou le PMN (Niobate de Magnésium Plomb).

Avantageusement, la couche épaisse de matériau de la membrane est de type SOI (silicium sur isolant).

La membrane flexible est maintenue au-dessus de la seconde armature par au moins un pilier. Lorsque la membrane comporte un seul pilier, elle est du type poutre ou cantilever, lorsque la membrane comporte au moins deux piliers, elle est du type pont.

Une des applications principales de ce type de microcommutateur est leur utilisation dans le domaine des hyperfréquences. Il existe deux types principaux de microcommutateurs assurant cette fonction, les microcommutateurs sont soit de type série, soit de type parallèle. Lorsque les microcommutateurs sont de type série, l'application d'une tension sur l'électrode de commande le fait passer de l'état OFF à l'état ON. Lorsque les microcommutateurs sont de type parallèle, l'application d'une tension sur l'électrode de commande le fait passer de l'état ON à l'état OFF.

Dans le cas d'un microcommutateur de type parallèle, il comprend au moins :

- Un substrat isolant ;
- deux lignes conductrices situées sur ledit substrat, lesdites lignes dites lignes-masse parallèles entre elles et reliées électriquement à une masse électrique ;
- une membrane comprenant au moins la couche de matériau et au moins une couche électriquement conductrice, perpendiculaire aux dites

lignes-masse, les reliant électriquement entre elles et suspendue par au moins un pilier au-dessus de la zone située entre les lignes-masse ;

- une couche de matériau diélectrique à forte permittivité ;
 - une ligne conductrice dite signal d'entrée placée entre les
- 5 lignes-masse, parallèle auxdites lignes-masse et interrompue sous la membrane ;
- une ligne conductrice dite signal de sortie placée dans le prolongement de la ligne signal d'entrée et entre les lignes-masse, parallèle auxdites lignes-masse et interrompue sous la membrane ;
- 10 • Une électrode de commande située sur ledit substrat dont une des extrémités placée sous la membrane relie électriquement les lignes signal d'entrée et signal de sortie.

Dans le cas d'un microcommutateur de type série, il comprend au

15 moins :

- Un substrat isolant
 - une couche de matériau diélectrique à forte permittivité ;
 - une membrane comprenant au moins la couche de matériau et
- au moins une couche électriquement conductrice suspendue au-dessus du
- 20 substrat isolant par au moins un pilier ;
- une ligne conductrice dite signal d'entrée interrompue sous la membrane ;
 - une ligne conductrice dite signal de sortie placée dans le prolongement de la ligne signal d'entrée, interrompue sous la membrane ;
- 25 • Une électrode de commande située sur ledit substrat dont une des extrémités placée sous la membrane est située entre les lignes signal d'entrée et signal de sortie.

Dans un premier mode de réalisation du microcommutateur, la

30 couche de matériau diélectrique à forte permittivité est placée sur la membrane en regard du substrat isolant. Bien entendu, il est également possible de déposer ladite couche sur les lignes conductrices situées sur le substrat isolant.

Avantageusement, le substrat isolant comportant les lignes

35 conductrices est en silicium recouvert d'une couche isolante de silice, en

verre ou en Arséniure de Gallium ; l'électrode de commande est en alliage de titane et de tungstène, ladite électrode peut être recouverte d'un matériau isolant qui peut être du nitrure de silicium ou de l'oxyde de silicium.

5 Préférentiellement, les différentes lignes conductrices sont réalisées par dépôt d'or, lesdites lignes conductrices ont une largeur commune d'environ cinquante microns. Dans le cas d'un microcommutateur de type parallèle, les lignes-masse sont séparées l'une de l'autre d'environ cent cinquante microns.

10 Avantageusement, la membrane comporte au moins une couche en alliage de titane, de platine, de tungstène, d'aluminium ou d'or, la couche à forte permittivité a une épaisseur d'environ un micron, la membrane est séparée de la seconde armature du condensateur à l'état OFF par une épaisseur de vide ou de gaz d'environ un micron, la forme générale de la
15 membrane est un parallélépipède rectangle. Pour améliorer les performances du dispositif ou sa fiabilité, cette forme générale peut posséder plusieurs variantes.

 Avantageusement, la longueur du parallélépipède est d'environ cent microns, sa largeur d'environ trois cents microns et son épaisseur
20 quelques microns.

 Avantageusement, le procédé de réalisation du microcommutateur comporte au moins les étapes suivantes :

- Réalisation d'un premier sous-ensemble comportant un premier substrat et au moins les lignes conductrices et
25 l'électrode de commande ;
- Réalisation d'un second sous-ensemble comportant au moins la couche épaisse de matériau constituant la membrane finale, au moins la couche électriquement conductrice et au moins la couche à haute permittivité ;
- 30 • Assemblage mécanique et électrique des deux sous-ensembles ;
- Découpe finale du second sous-ensemble aux dimensions de la membrane par photolithographie et gravure.

 Avantageusement, la couche à haute permittivité est déposée par
35 un procédé de type sol-gel ou par pulvérisation cathodique.

Il existe plusieurs mises en œuvre possibles dudit procédé de réalisation.

Dans une première mise en œuvre, le premier substrat du premier sous-ensemble comporte des surépaisseurs appelées mesas et une couche isolante, chaque mesa étant recouverte d'une épaisseur de métal identique à celle des lignes conductrices et la couche conductrice du second sous-ensemble comporte en regard des mesas des surépaisseurs réalisées dans le même matériau que la couche à haute permittivité et d'épaisseur identique. Ces mesas sont destinées à servir d'entretoises lors du scellement des deux substrats et leur hauteur permet d'ajuster la distance entre l'électrode de commande du dispositif et la couche diélectrique à haute permittivité.

L'assemblage des deux sous-ensembles est réalisé par dépôt et soudure d'un alliage eutectique. Dans le cas d'un microcommutateur de type parallèle, le dépôt de cet alliage est effectué entre les lignes de masse du premier sous-ensemble et les couches conductrices du second sous-ensemble, les surépaisseurs du second sous-ensemble reposant alors sur les mesas du premier sous-ensemble. L'alliage eutectique peut être de type Or/Etain. Lors de l'opération de découpe, la membrane est libérée desdites mesas qui n'ont plus d'utilité fonctionnelle.

Dans une deuxième mise en œuvre, un dépôt de métal déformable est réalisé sur certaines zones du premier sous-ensemble. Dans le cas d'un microcommutateur de type parallèle, ces zones sont situées sur les lignes-masses du premier sous-ensemble. Ledit matériau déformable est soit de l'or, soit un alliage eutectique Or/Etain. Dans ce cas, la réalisation du second sous-ensemble comprend alors les sous-étapes suivantes :

- Réalisation dudit second sous-ensemble qui comprend le premier substrat, au moins une couche d'arrêt et la couche de matériau constituant la membrane finale ;
- Gravure localisée dudit sous-ensemble de façon à créer au moins un pilier ;
- Dépôt sur la partie gravée d'au moins la couche électriquement conductrice et d'au moins la couche à haute permittivité.

L'assemblage des deux sous-ensembles est réalisé par soudure anodique des deux sous-ensembles, au niveau du ou des piliers gravés. La liaison électrique entre les deux sous-ensembles se fait alors au niveau des zones métalliques déformables déposées localement.

5 Dans cette seconde mise en œuvre, le premier substrat est préférentiellement en verre.

Sauf applications particulières, les microcommutateurs sont réalisés collectivement. Industriellement, pour diminuer les coûts et
10 homogénéiser les caractéristiques finales des microcommutateurs, on réalise simultanément une pluralité de composants en utilisant des technologies de réalisation collective à base de wafers. Dans ce cas, une première pluralité de sous-ensembles comportant les lignes conductrices est réalisée sur un premier wafer, une seconde pluralité de sous-ensembles comportant les
15 membranes est réalisée sur un second wafer, les deux wafers sont ensuite assemblés et l'ensemble obtenu est ensuite découpé pour obtenir une pluralité de microcommutateurs.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages
20 apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente le principe général de fonctionnement d'un microcommutateur selon l'art connu, l'état OFF et l'état ON du dispositif sont représentés ;
- 25 • la figure 2a représente le schéma général du dispositif selon l'invention à l'état OFF dans le cas d'un microcommutateur de type série ;
- la figure 2b représente le schéma général du dispositif selon l'invention à l'état ON dans le cas d'un microcommutateur de type parallèle ;
- les figures 3, 4, 5 et 6 représentent les différentes étapes du
30 procédé de réalisation de microcommutateur de type parallèle selon un premier mode de réalisation ;
- la figure 3 représente trois vues du premier sous-ensemble avant assemblage ;
- la figure 4 représente une vue en coupe des deux sous-
35 ensembles avant assemblage ;

- la figure 5 représente une vue en coupe des mêmes deux sous-ensembles après assemblage ;
 - la figure 6 représente trois vues du microcommutateur après assemblage et découpe finale ;
 - 5 • les figures 7, 8 et 9 représentent les différentes étapes du procédé de réalisation de microcommutateur de type parallèle selon un second mode de réalisation ;
 - la figure 7 représente une vue du premier sous-ensemble avant assemblage ;
 - 10 • la figure 8 représente les trois étapes principales du procédé de réalisation du second sous-ensemble ;
 - la figure 9 représente trois vues du microcommutateur après assemblage et découpe finale.
- 15 La figure 2a représente une vue en coupe et une vue de dessus du principe du dispositif selon l'invention dans le cas d'un microcommutateur de type série. Sur la vue de dessus et par souci de clarté, seul le contour de la membrane est représenté en pointillés. Une membrane ou une poutre métallique épaisse 1 est maintenue suspendue par des supports 4 au-
- 20 dessus d'une première ligne conductrice 2 dite ligne d'entrée et d'une seconde ligne conductrice 3 dite ligne de sortie, isolées entre elles et disposées sur un substrat isolant 8. Cette membrane comporte une couche de matériau à forte permittivité 7. Deux lignes résistives 51 sont reliées à un plot de commande en tension 52. Ces lignes 51 sont suffisamment résistives
- 25 pour empêcher la propagation du signal RF. Les extrémités des lignes 51 situées sous la membrane sont reliées à l'électrode de commande 5. On constitue ainsi un condensateur dont les armatures sont d'une part la membrane et d'autre part l'électrode de commande 5 en regard. Lorsque l'électrode de commande 5 ne génère pas de tension sous la membrane,
- 30 celle-ci est au repos. La capacité du condensateur vaut alors une dizaine de femtofarads. Cette capacité très faible induit une impédance suffisamment importante entre les deux lignes conductrices pour qu'aucun signal ne puisse passer d'une ligne à l'autre. Le microcommutateur est ouvert.
- 35 Lorsque l'on soumet l'ensemble membrane - électrode à une tension croissante, la membrane 1 est soumise à une force électrostatique

qui la déforme légèrement jusqu'à ce que la couche de matériau à forte permittivité 7 entre en contact avec les lignes conductrices 2 et 3. La capacité du condensateur dont les armatures sont constituées par la membrane et l'électrode de commande augmente environ d'un rapport cent.

- 5 Cette capacité qui est maintenant de l'ordre du picofarad induit une impédance suffisamment faible entre les deux lignes pour que le signal puisse maintenant passer de la ligne d'entrée à la ligne de sortie. Le microcommutateur est fermé.

La figure 2b représente une vue en coupe et une vue de dessus
10 du principe du dispositif selon l'invention dans le cas d'un microcommutateur de type parallèle. Sur la vue de dessus et par souci de clarté, seul le contour de la membrane est représenté en pointillés. Une membrane ou une poutre métallique épaisse 1 est maintenue suspendue par des supports 4 au-dessus d'une première ligne conductrice 2 dite ligne d'entrée et d'une
15 seconde ligne conductrice 3 dite ligne de sortie disposées dans le prolongement l'une de l'autre sur un substrat isolant 8. Ce substrat comporte également deux lignes conductrices 10 et 11 parallèles entre elles et disposées de part et d'autre des lignes conductrices 2 et 3. Les dites lignes 10 et 11 sont reliées électriquement entre elles et reliées à une masse
20 électrique. Cette membrane comporte une couche de matériau à forte permittivité 7. Une électrode de commande 5 est située sous les parties des lignes 2 et 3 en regard. Cette électrode 5 est reliée à un plot de commande en tension 52 par une ligne suffisamment résistive 51 pour empêcher la propagation du signal RF. On constitue ainsi un condensateur dont les
25 armatures sont d'une part la membrane et d'autre part l'électrode de commande 5 en regard. Lorsque l'électrode de commande 5 ne génère pas de tension sous la membrane, celle-ci est au repos. La capacité du condensateur constitué est faible et ne perturbe pas le passage du signal de la ligne 2 vers la ligne 3, l'interrupteur est passant. Lorsque l'électrode de
30 commande génère une tension suffisante pour abaisser la membrane, la capacité induit une impédance suffisamment faible pour court-circuiter le signal de la ligne 2 vers les lignes de masse 10 et 11. La ligne de sortie 3 du dispositif est alors isolée de la ligne d'entrée 2.

Les figures 3 à 9 représentent les différentes étapes de procédés de réalisation de microcommutateurs dans le cas où les microcommutateurs sont de type parallèle. Ces procédés s'appliquent également pour les commutateurs de type série qui diffèrent des précédents simplement par la disposition des lignes conductrices comme il est montré sur les figures 2a et 2b.

Les figures 3, 4, 5 et 6 représentent les différentes étapes du procédé de réalisation du microcommutateur de type parallèle selon un premier mode de réalisation.

La figure 3 représente une vue de dessus et deux vues en coupe AA et BB du premier sous-ensemble 100 avant assemblage. Le procédé de fabrication dudit premier sous-ensemble comporte typiquement les étapes suivantes :

- Réalisation sur un substrat 8 isolant, par exemple du verre ou du silicium isolant, de surépaisseurs 81 appelées mesas par gravure dudit substrat.
- Réalisation d'une couche de matériau isolant 9 de type silice sur la surface du substrat 8 comportant les mesas si celui-ci n'est pas suffisamment isolant. Cette couche peut être obtenue par dépôt ou par oxydation superficielle du substrat, notamment dans le cas d'un substrat en silicium.
- Réalisation simultanée des lignes de commande 51, du plot de commande 52, ainsi que de l'électrode de commande 5. Cette électrode de commande pourra éventuellement être recouverte par les lignes de signal d'entrée et de sortie 2 et 3. Les lignes de commande 51 sont suffisamment résistives pour éviter la propagation du signal RF. Typiquement cette résistance est supérieure à cent ohm/carré.
- Dépôt d'une couche de matériau isolant 6 de type nitrure de silicium ou oxyde de silicium sur les lignes 51, et éventuellement l'électrode 5 et les mesas 81.
- Réalisation simultanée de :
 - deux lignes conductrices 10 et 11 implantées sur ledit substrat 8, dites lignes-masse, parallèles entre elles et reliées électriquement à une masse électrique. Les deux lignes conductrices

sont réalisées typiquement par dépôt d'or. Leur largeur vaut environ cinquante microns et la distance les séparant environ cent cinquante microns.

- 5 • deux lignes conductrices 2 et 3 placées entre les lignes-masse 10 et 11, parallèles auxdites lignes-masse, dans le prolongement l'une de l'autre. Selon la disposition choisie, ces lignes peuvent être en contact direct entre elles, elles recouvrent alors l'électrode 5, ou reliées électriquement au moyen de l'électrode 5 comme indiqué sur la figure 3. La première de ces lignes est dite signal d'entrée et la seconde de ces lignes est dite signal de sortie.
- 10 • de couches de métal 14 de même type et de même épaisseur que celle des lignes conductrices, déposées sur les mesas précédemment créées.

15 La figure 4 représente une vue en coupe des deux sous-ensembles avant assemblage. Le procédé de fabrication du second sous-ensemble 101 comporte typiquement les étapes suivantes :

- 20 • Réalisation d'un ensemble comprenant un second substrat 21, au moins une couche d'arrêt 18, la couche de matériau 15 servant de base à la réalisation de la membrane, préférentiellement de type SOI (silicium sur isolant).
- 25 • Dépôt sur ledit matériau 15 d'une couche 16 destinée à réaliser l'électrode supérieure du dispositif. Cette couche peut être en alliage de titane ou de platine.
- 30 • Dépôt d'une couche de matériau diélectrique 7 à forte permittivité, placée sur l'électrode précédemment réalisée. Cette couche est typiquement d'une épaisseur de l'ordre du micron. Elle est gravée de telle façon que la zone couverte de diélectrique soit placée en regard de l'électrode 5. Cette couche est également déposée sur les zones en regard des mesas.
- Eventuellement, une seconde couche métallique 17 est déposée sur la première couche 16 pour diminuer la résistance série du conducteur ainsi réalisé.

La figure 5 représente une vue en coupe des mêmes deux sous-ensembles après assemblage par soudure. Celle-ci est de type eutectique : une couche d'alliage eutectique 19, par exemple de type Sn/Au, est déposée sur les lignes conductrices 10 et 11 aux endroits où doit s'effectuer la soudure. Au cours de cette opération, la couche d'alliage 19 assure la liaison électrique et mécanique entre les lignes-masse et l'électrode 16 du sous-ensemble 101. La distance entre les deux sous-ensembles 100 et 101 est déterminée par l'empilage de matériaux au niveau des mesas qui servent d'arrêt mécanique. En finale, la distance entre l'électrode de commande 5 et la couche de diélectrique 7 est égale à la hauteur des mesas 81. Il est à noter que la couche d'alliage 19 qui est molle au moment de l'opération de soudure ne perturbe pas la distance entre l'électrode de commande 5 et la couche de diélectrique 7. Ce procédé permet de contrôler précisément cette distance qui détermine la tension de commande du dispositif.

15

La figure 6 représente trois vues du microcommutateur après assemblage et découpe finale. Les opérations de découpe suivantes ont été effectuées :

- Suppression du substrat 21 jusqu'à la couche de silice enterrée 18. L'épaisseur résultante de la plaque supérieure de silicium est alors de l'ordre de 2 à 10 microns. Par photolithographie et gravure du silicium, on définit alors la géométrie finale de la membrane.
- Suppression éventuelle de la partie comprenant les mesas 81, qui n'ont pas de fonctionnalité en dehors d'assurer l'espacement des deux sous-ensembles durant la fabrication des dispositifs.

25

Les figures 7, 8 et 9 représentent les différentes étapes du procédé de réalisation d'un microcommutateur de type parallèle dans un second mode de réalisation.

30

La figure 7 représente une vue en coupe du premier sous-ensemble 100 avant assemblage. Le procédé de fabrication dudit premier sous-ensemble comporte typiquement les étapes suivantes :

- Réalisation simultanée de la ligne de commande 51, du plot de commande 52, ainsi que de l'électrode de commande 5. Cette électrode de

35

commande pourra éventuellement être recouverte par les lignes de signal d'entrée et de sortie 2 et 3. La ligne de commande 51 est suffisamment résistive pour éviter la propagation du signal RF. Typiquement cette résistance est supérieure à cent ohm/carré.

- 5 • Dépôt d'une couche de matériau isolant 6 de type nitrure de silicium ou oxyde de silicium recouvrant les lignes 51, et éventuellement partiellement l'électrode 5.
- Réalisation simultanée de :
 - 10 • deux lignes conductrices 10 et 11 implantées sur ledit substrat 8, dites lignes-masse, parallèles entre elles et reliées électriquement à une masse électrique. Les deux lignes conductrices sont réalisées typiquement par dépôt d'or. Leur largeur vaut environ cinquante microns et la distance les séparant environ cent cinquante microns.
 - 15 • deux lignes conductrices 2 et 3 placées entre les lignes-masse 10 et 11, parallèles auxdites lignes-masse, dans le prolongement l'une de l'autre. Selon la disposition choisie, ces lignes peuvent être en contact direct entre elles (elles recouvrent alors l'électrode 5), ou reliées électriquement au moyen de l'électrode 5.
 - 20 La première de ces lignes est dite signal d'entrée et la seconde de ces lignes est dite signal de sortie.
 - Dépôt par électrolyse sur la partie des lignes 10 et 11 en regard avec l'électrode supérieure d'un métal 20 déformable. Ce métal peut être un eutectique de type Au/Sn ou simplement de l'or.
 - 25 Ce matériau est déformé lors du processus de soudure des deux sous-ensembles.

La figure 8 représente une vue en coupe du second sous-ensemble 101 avant assemblage. Le procédé de fabrication du second sous-ensemble comporte typiquement les étapes suivantes :

- 30 • Réalisation d'un ensemble comprenant un second substrat 21, au moins une couche d'arrêt 18, la couche de matériau 15 servant de base à la réalisation de la membrane, préférentiellement de type SOI (silicium sur isolant).

- Gravure du second substrat 15, de façon à réaliser les piliers d'accrochage de la membrane.
- Dépôt d'une couche métallique 16 , par exemple de Ti/Pt, destinée à réaliser l'électrode supérieure du dispositif.
- 5 • Dépôt d'une couche de matériau diélectrique 7 à forte permittivité, placée sur l'électrode précédemment réalisée. Cette couche est typiquement d'une épaisseur de l'ordre du micron. Eventuellement, une seconde couche métallique 17 est déposée sur la première pour diminuer la résistance série
- 10 du conducteur ainsi réalisé.

La figure 9 représente une vue de dessus et deux vues en coupe AA et BB perpendiculaires entre elles du microcommutateur finalisé après assemblage. Le procédé d'assemblage et de finition comprend les étapes

15 suivantes :

- Soudure des deux sous-ensembles par soudure anodique, la zone de scellement se trouvant au niveau des piliers. Au cours de cette opération, le métal 20 assure la liaison électrique
- 20 entre les lignes-masse et l'électrode 16 de la membrane, il se trouve légèrement aplati. La distance entre la membrane et l'électrode de commande est alors déterminée par la profondeur de gravure des piliers.
- Suppression du substrat 21 jusqu'à la couche de silice enterrée
- 25 18. L'épaisseur résultante de la plaque supérieure de silicium est alors de l'ordre de 2 à 10 microns. Par photolithographie et gravure du silicium, on définit alors la géométrie finale de la membrane.

30 Pour les deux procédés de réalisation présentés, la forme de l'électrode mobile n'est représentée qu'à titre d'exemple ; d'autres formes sont possibles (rondes, rectangulaires...) ainsi qu'une grande variété de points d'attache (deux points d'ancrage comme indiqué sur les figures, un seul point d'ancrage pour les membranes de type poutre cantilever ou un

35 nombre quelconque de points...). On peut également réaliser une membrane

de forme plus complexe, par exemple pour commuter simultanément plusieurs lignes de signal pour former des dispositifs de type « Single Pole Single Throw » (une commande – un interrupteur), « Single Pole Double Throw » (une commande – deux interrupteurs), ou « Multiple Pole Multiple
5 Throw » (plusieurs commandes – plusieurs interrupteurs).

La différence majeure entre les deux procédés est que, dans le cas du second procédé, la zone de scellement entre les deux sous-ensembles n'assure que la liaison mécanique, la liaison électrique se faisant
10 au niveau des zones où est déposé le métal 20. L'avantage principal de cette méthode est que le scellement anodique permet d'obtenir une liaison plus solide.

Quelque soit le procédé de réalisation, le principe de
15 fonctionnement du microcommutateur de type parallèle est le suivant :

Lorsque l'électrode de commande 5 ne génère pas de tension sous la membrane, celle-ci est au repos. La capacité C_{off} du condensateur dont les armatures sont constituées par la membrane et l'électrode de commande vaut alors une dizaine de femtofarads. Cette capacité très faible
20 n'influe pas la transmission du signal entre les lignes 2 et 3 reliées au niveau de l'électrode 5. L'interrupteur est fermé.

Lorsque l'électrode de commande 5 génère une tension suffisante sous la membrane, celle-ci se déforme et la couche diélectrique 7 placée sur
25 sa partie inférieure entre en contact avec l'électrode de commande 5. La capacité C_{on} du condensateur dont les armatures sont constituées par la membrane et l'électrode de commande augmente environ d'un rapport cent. Cette capacité qui est maintenant de l'ordre du picofarad induit une impédance suffisamment faible pour que le signal soit court-circuité à la
30 masse. Il s'écoule alors de la ligne d'entrée 2 aux lignes de masses 10 et 11 à travers la membrane. Les lignes d'entrées et de sortie 2 et 3 sont alors isolées.

L'utilisation d'un matériau 7 à forte permittivité diélectrique permet de garder un rapport C_{on}/C_{off} très élevé tout en ayant un espace très faible
35 entre les deux électrodes, ce qui autorise l'utilisation d'une tension de

commande relativement faible, de quelques volts à quelques dizaines de volts.

REVENICATIONS

- 5 1. Microsystème électro-mécanique de type microcommutateur
composé de deux armatures dont la première est une membrane flexible et
la seconde comporte au moins une électrode (5) de commande en tension,
les deux armatures étant séparées par une épaisseur de vide ou de gaz et
au moins une couche (7) d'au moins un matériau isolant caractérisé en ce
10 que la membrane flexible comporte au moins une couche épaisse de
matériau massif (15) dont l'épaisseur vaut au moins environ un micron et
qu'au moins le matériau isolant a une permittivité relative supérieure à
quelques dizaines.
- 15 2. Microcommutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce
que la permittivité relative dudit matériau est supérieure à cent.
3. Microcommutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce
que ledit matériau est un ferroélectrique perovskite tel que le PZT (Titanate
20 de Zirconium Plomb), le BST ((Ba,Sr)TiO₃ : Titanate de Baryum Strontium)
ou le PMN (Niobate de Magnésium Plomb).
4. Microcommutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce
que la couche de matériau (15) est de type SOI (Silicium sur isolant).
- 25 5. Microcommutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce
que la membrane flexible est maintenue au-dessus de la seconde armature
par au moins un pilier.
- 30 6. Microcommutateur selon l'une des revendications précédentes
caractérisé en ce que ledit microcommutateur est utilisé dans le domaine des
hyperfréquences ou des ondes radiofréquences.
7. Microcommutateur selon la revendication 6, caractérisé en ce
35 que ledit microcommutateur est de type série.

8. Microcommutateur selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend au moins :

- Un substrat isolant (8)
- 5 • une couche de matériau diélectrique à forte permittivité (7) ;
- une membrane (1) comprenant au moins la couche de matériau (15) et au moins une couche électriquement conductrice (16,17) ;
- une ligne conductrice (2) dite signal d'entrée interrompue sous la membrane ;
- 10 • une ligne conductrice (3) dite signal de sortie placée dans le prolongement de la ligne signal d'entrée, interrompue sous la membrane ;
- Une électrode de commande (5) située sur ledit substrat dont une des extrémités placée sous la membrane est située entre les lignes signal d'entrée et signal de sortie.

15

9. Microcommutateur selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il est de type parallèle.

10. Microcommutateur selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend au moins :

- Un substrat isolant (8)
- deux lignes conductrices (10, 11) situées sur ledit substrat, lesdites lignes dites lignes-masse parallèles entre elles et reliées électriquement à une masse électrique ;
- 25 • une membrane (1) comprenant au moins la couche de matériau (15) et au moins une couche électriquement conductrice (16, 17), perpendiculaire aux dites lignes-masse (10,11), les reliant électriquement entre elles et suspendue au-dessus de la zone située entre les lignes-masse (10, 11) ;
- 30 • une couche (7) de matériau diélectrique à forte permittivité ;
- une ligne conductrice (2) dite signal d'entrée placée entre les lignes-masse (10,11), parallèle auxdites lignes-masse
- une ligne conductrice (3) dite signal de sortie placée dans le prolongement de la ligne signal d'entrée (2) et entre les lignes-masse (10,
- 35 11), parallèle auxdites lignes-masse

- électrode de commande (5) située sur ledit substrat dont une des extrémités placée sous la membrane relie électriquement les lignes signal d'entrée (2) et signal de sortie (3).

5 11. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que la couche de matériau diélectrique à forte permittivité (7) est placée sur la membrane (1) du côté du substrat (8).

10 12. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que le substrat (8) est en silicium recouvert d'une couche isolante de silice (9), ou en verre.

15 13. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que l'électrode de commande (5) est en alliage de titane et de tungstène.

20 14. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce qu'au moins l'électrode de commande (5) comporte une couche isolante (6).

25 15. Microcommutateur selon la revendication 14, caractérisé en ce que le matériau de ladite couche isolante (6) est en nitrure de silicium ou en oxyde de silicium.

30 16. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que les lignes de commande (51) de l'électrode de commande (5) ont une résistance ohmique d'environ cent ohm-carré.

35 17. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que les différentes lignes conductrices (2, 3, 10, 11) sont réalisées par dépôt d'or.

 18. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que les différentes lignes conductrices (2, 3, 10, 11) ont une largeur d'environ cinquante microns.

19. Microcommutateur selon la revendication 10, caractérisé en ce que les lignes-masse (10, 11) sont séparées d'environ cent cinquante microns.

5

20. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que la membrane (1) comporte au moins une couche en alliage de titane, de platine, de tungstène ou d'aluminium.

10

21. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que la couche à forte permittivité a une épaisseur d'environ un micron.

15

22. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que la membrane est séparée de la seconde armature du condensateur en l'absence de tension appliquée par une épaisseur de vide ou de gaz d'environ un micron.

20

23. Microcommutateur selon les revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que la forme générale de la membrane (1) est un parallélépipède rectangle.

25

24. Microcommutateur selon la revendication 23, caractérisé en ce que la longueur du parallélépipède est d'environ cent microns, sa largeur environ trois cents microns et son épaisseur quelques microns.

30

25. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon l'une des revendications 7 à 24, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

35

- Réalisation d'un premier sous-ensemble (100) comportant le premier substrat (8) et au moins les lignes conductrices (2, 3, 10 et 11) et l'électrode de commande (5) ;
- Réalisation d'un second sous-ensemble (101) comportant un second substrat (21), au moins une couche d'arrêt (18), la couche de matériau (15), au moins la couche électriquement

conductrice (16, 17) et au moins la couche à haute permittivité (7) ;

- Assemblage mécanique et électrique des deux sous-ensembles (100, 101) ;
- 5 • Suppression du second substrat (21) jusqu'à la couche d'arrêt (18) ;
- Découpe finale de la couche (15) aux dimensions de la membrane (1) par photolithographie et gravure.

10 26. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 25, caractérisée en ce que la couche à haute permittivité est déposée par un procédé sol-gel ou à pulvérisation cathodique.

15 27. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 25, caractérisé en ce que le substrat (8) comporte des surépaisseurs appelées mesa (81) et une couche conductrice (19) , chaque méso étant recouverte d'une épaisseur (14) de métal identique à celle des lignes conductrices (2, 3, 10 et 11) .

20 28. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 27, caractérisé en ce que la couche conductrice (16, 17) comporte en regard des mesas (81) des surépaisseurs (12) réalisées dans le même matériau que la couche (7) et d'épaisseur identique.

25 29. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 27, caractérisé en ce que, pour un microcommutateur de type parallèle, l'assemblage des deux sous-ensembles (100, 101) est réalisé par dépôt et soudure d'un alliage eutectique (19) entre les lignes de masse (10, 11) et les couches conductrices (16, 17), les surépaisseurs (12) reposant sur
30 les mesas (81).

30 30. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'alliage eutectique est du type Or/Etain.

31. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 25, caractérisé en ce qu'au moins un dépôt de métal (20) déformable est réalisé sur le premier sous-ensemble (100).

5 32. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 31, caractérisé en ce que le matériau déformable est soit de l'or, soit un alliage eutectique Or/Etain.

10 33. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 31, caractérisé en ce que la réalisation du second sous-ensemble (101) comprend les sous-étapes suivantes :

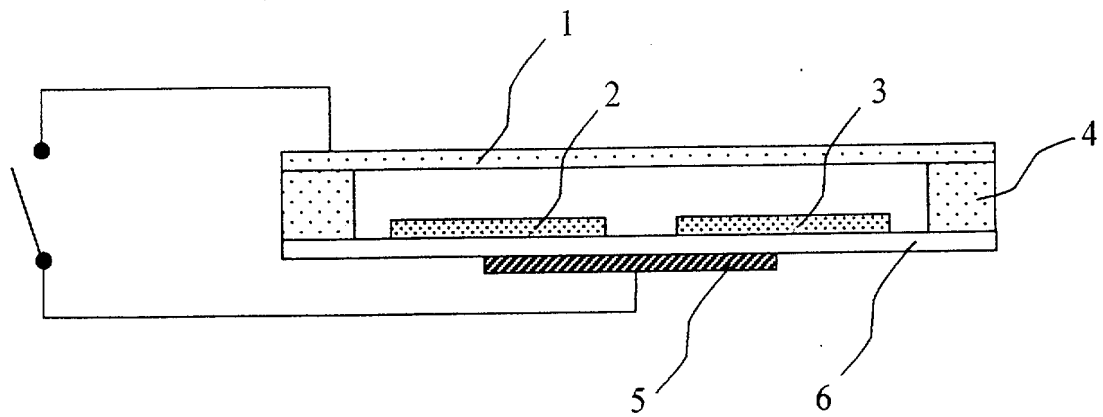
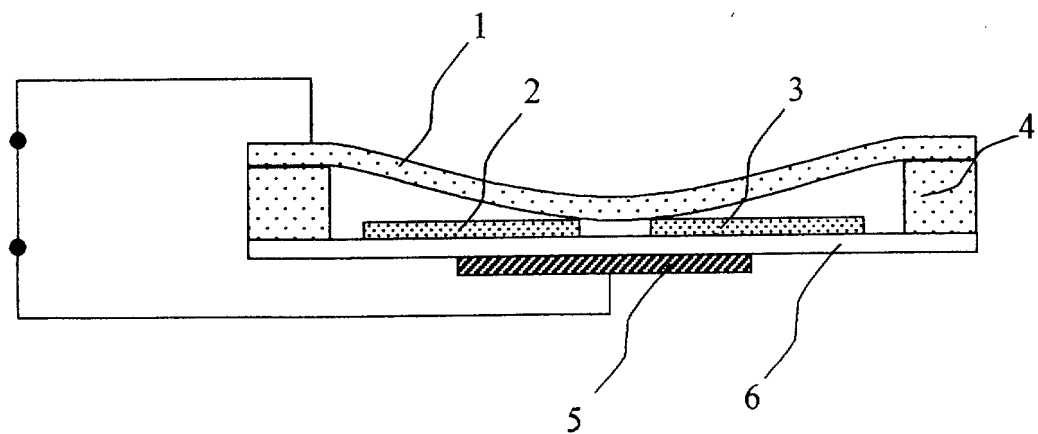
- Réalisation d'un ensemble comprenant le premier substrat (21), au moins la couche d'arrêt (18) et la couche de matériau (15) ;
- 15 • Découpe de la couche (15) de façon à créer au moins un pilier (13) ;
- Dépôt sur la couche (15) de la couche électriquement conductrice (16, 17) et d'au moins la couche (7).

20 34. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon la revendication 31, caractérisé en ce, l'assemblage du second sous-ensemble (101) sur le premier sous-ensemble (100) est réalisé par soudure anodique au niveau de son ou de ses piliers (13).

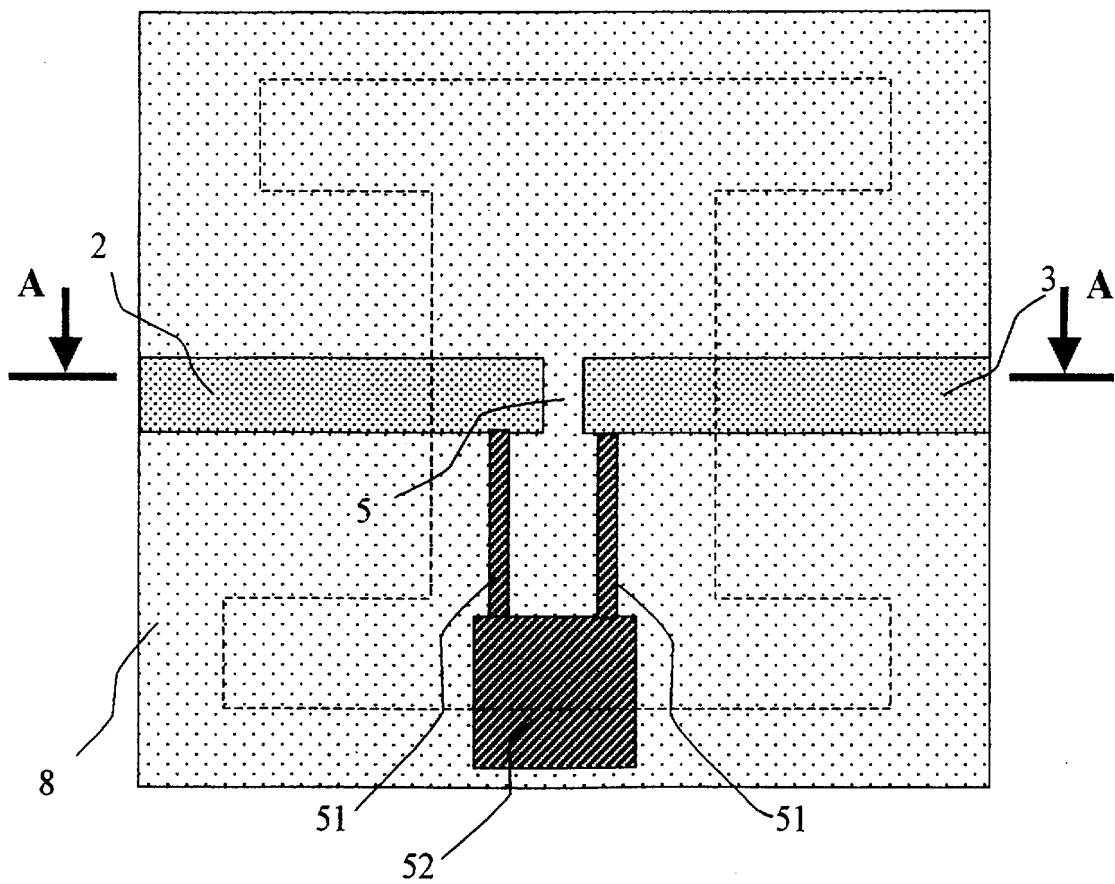
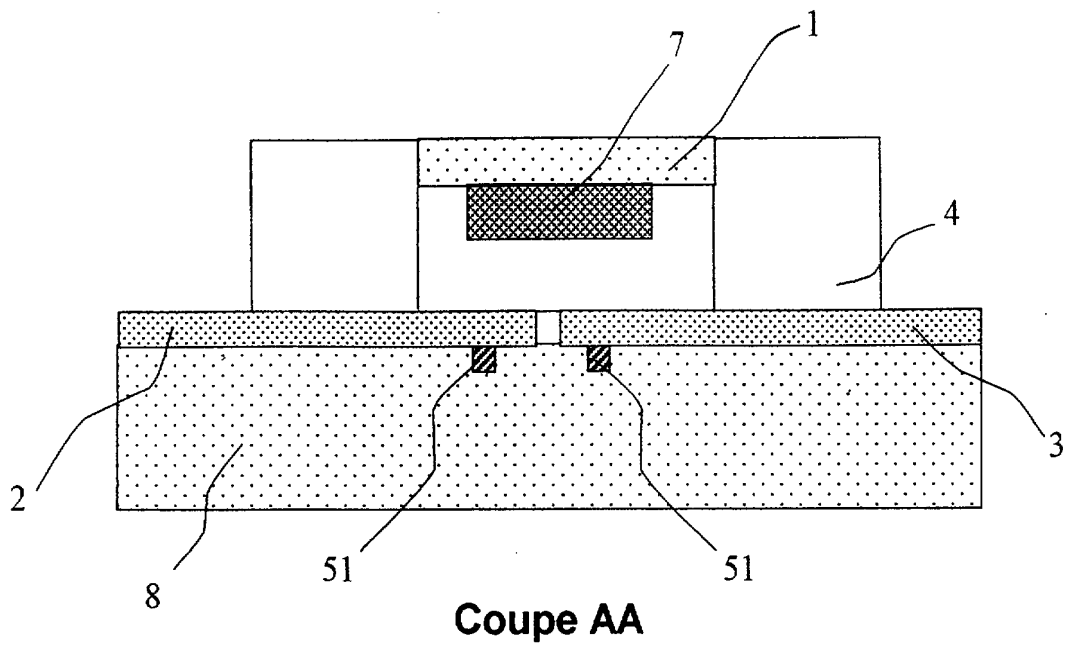
25 35. Procédé de réalisation d'un microcommutateur selon l'une des revendications 31 à 34, caractérisé en ce, dans le cas d'un commutateur de type parallèle, la liaison électrique entre les lignes de masse (10, 11) et les couches conductrices (16,17) est réalisé au moyen du ou des dépôts de métal (20).

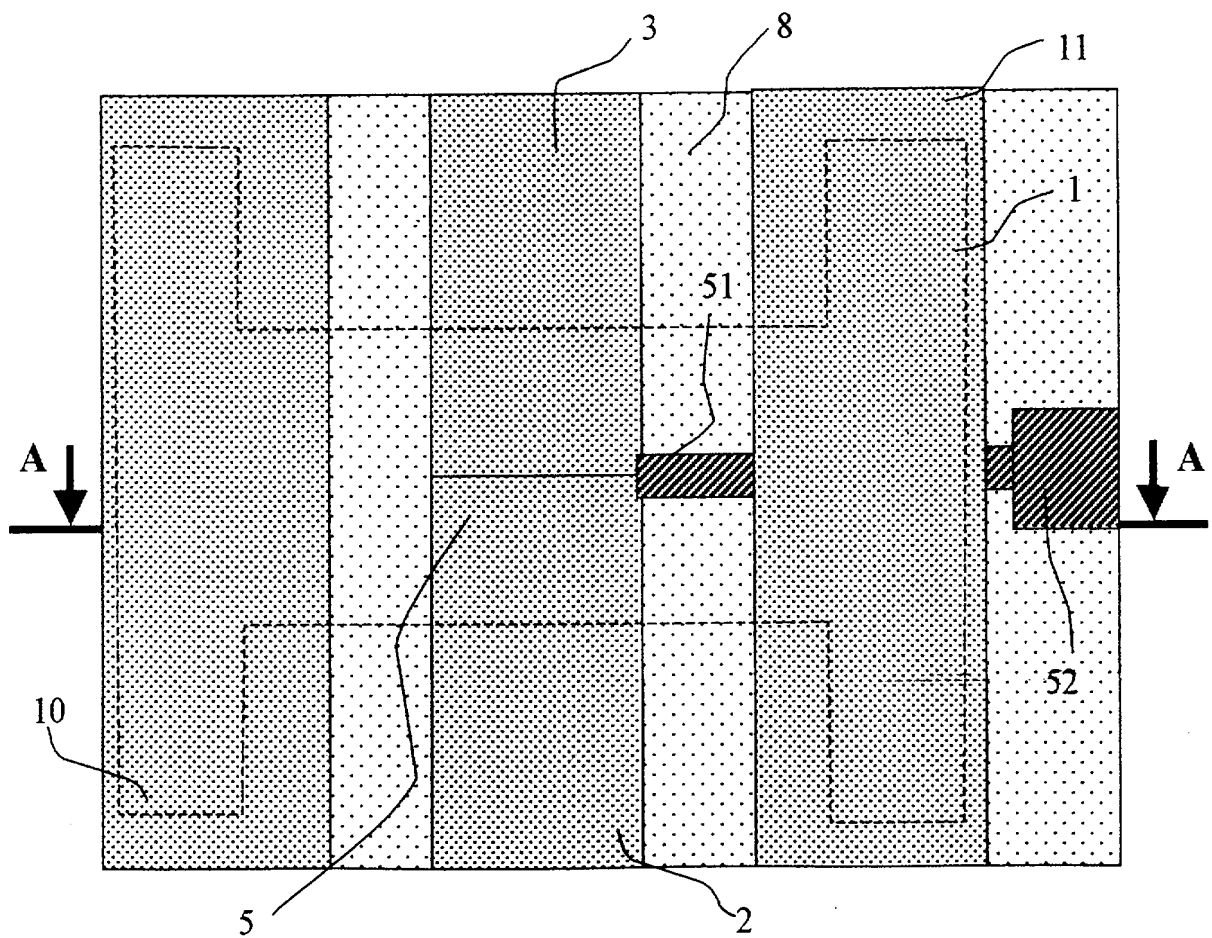
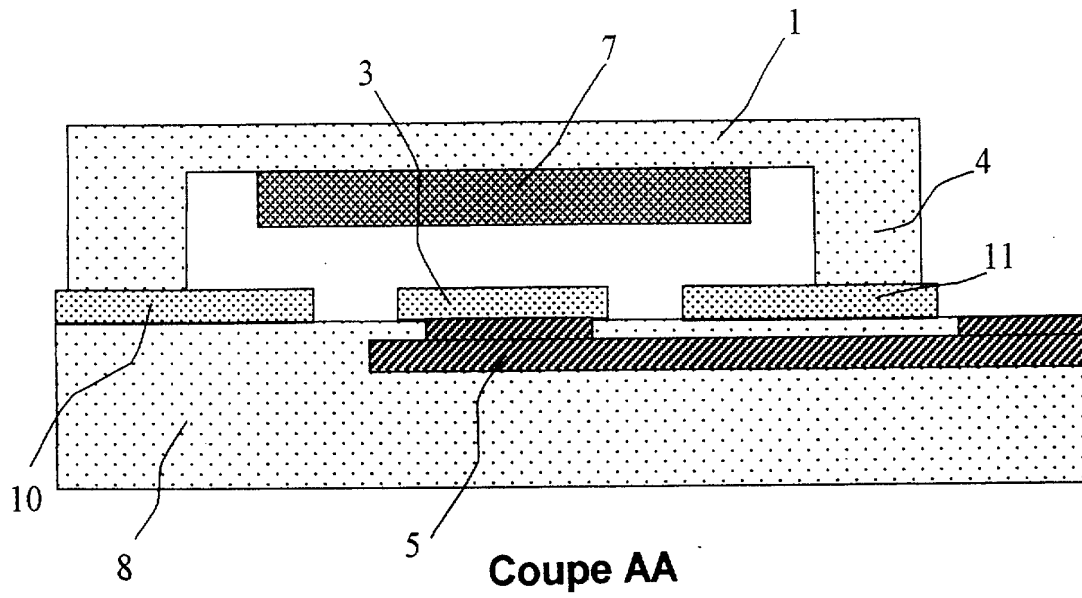
30 36. Procédé de réalisation d'une pluralité de microcommutateurs selon la revendication 25, caractérisé en ce qu'une pluralité de sous-ensembles (100) sont réalisés sur un substrat (8) commun, une pluralité de sous-ensembles (101) sont réalisés sur un substrat (21) commun, l'opération
35 d'assemblage étant commune aux différents sous-ensembles (100, 101),

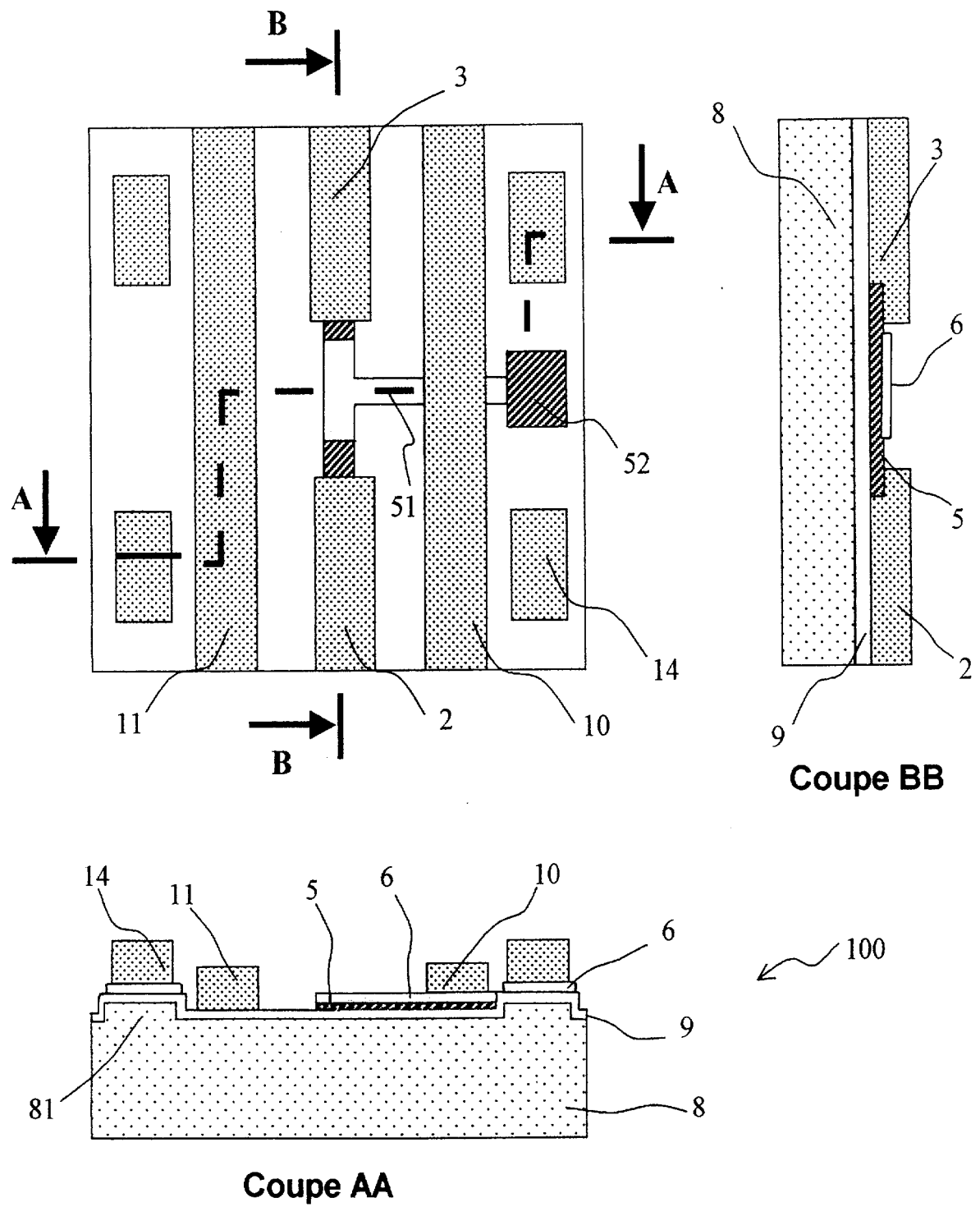
l'ensemble obtenu étant ensuite découpé pour obtenir une pluralité de microcommutateurs élémentaires.

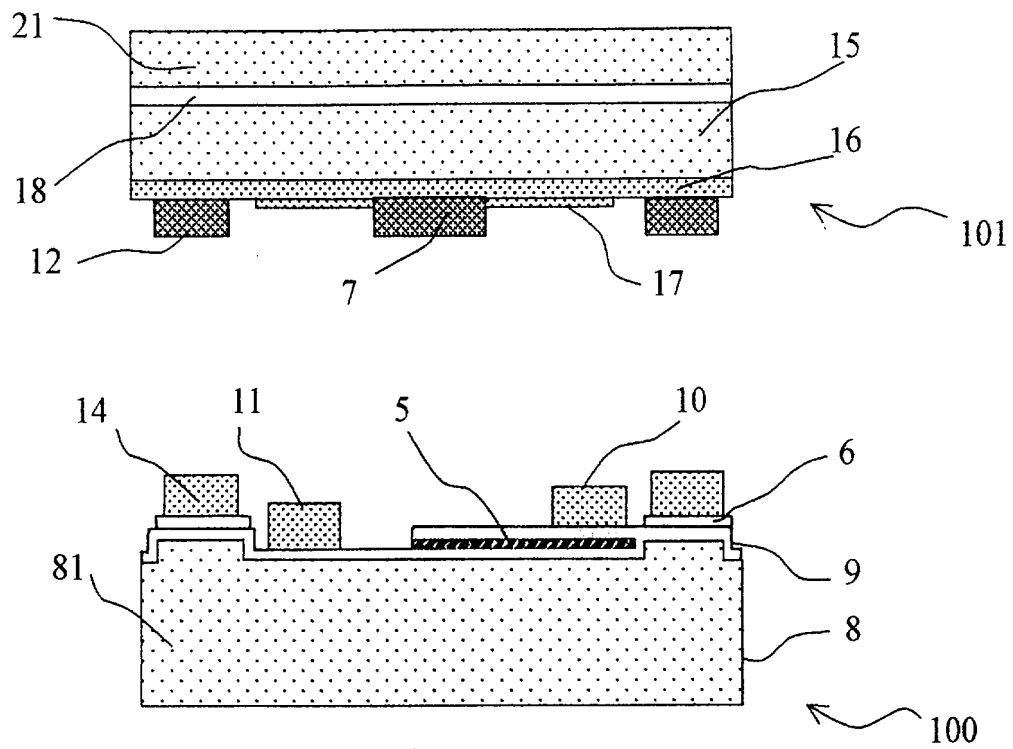
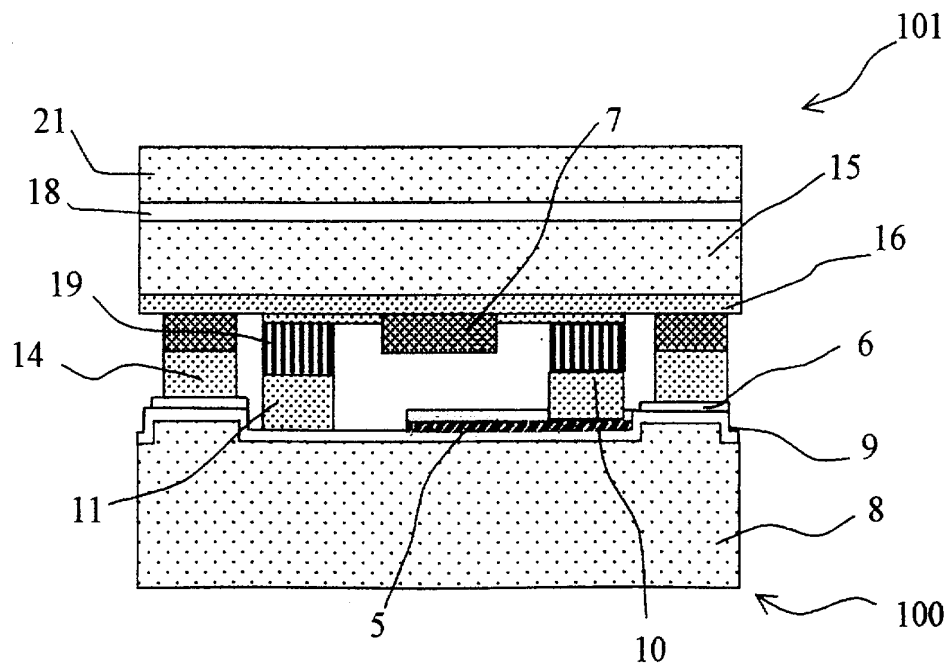
ETAT OFF : $T = 0$ ETAT ON : $T = T_c$ **FIG. 1**

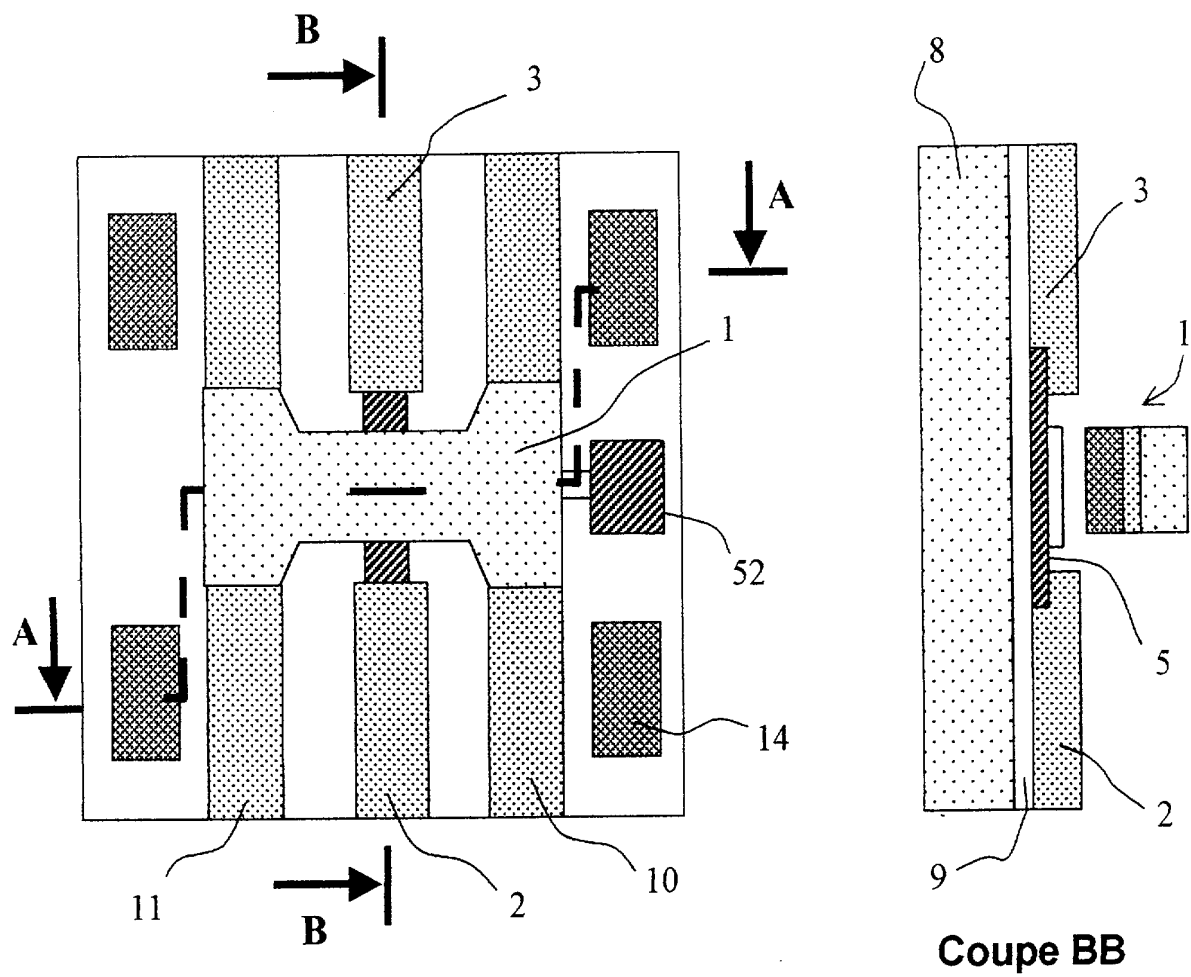
2/8

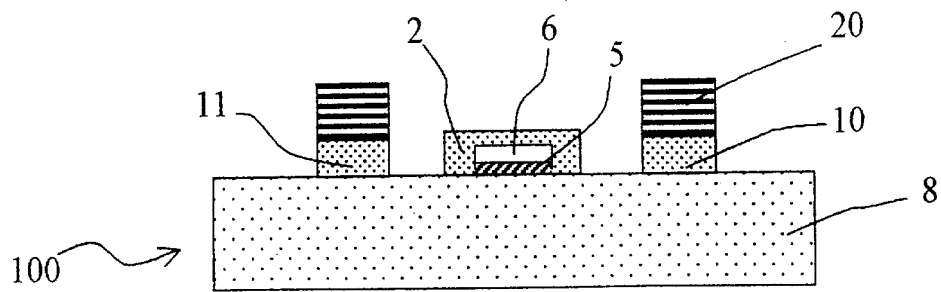
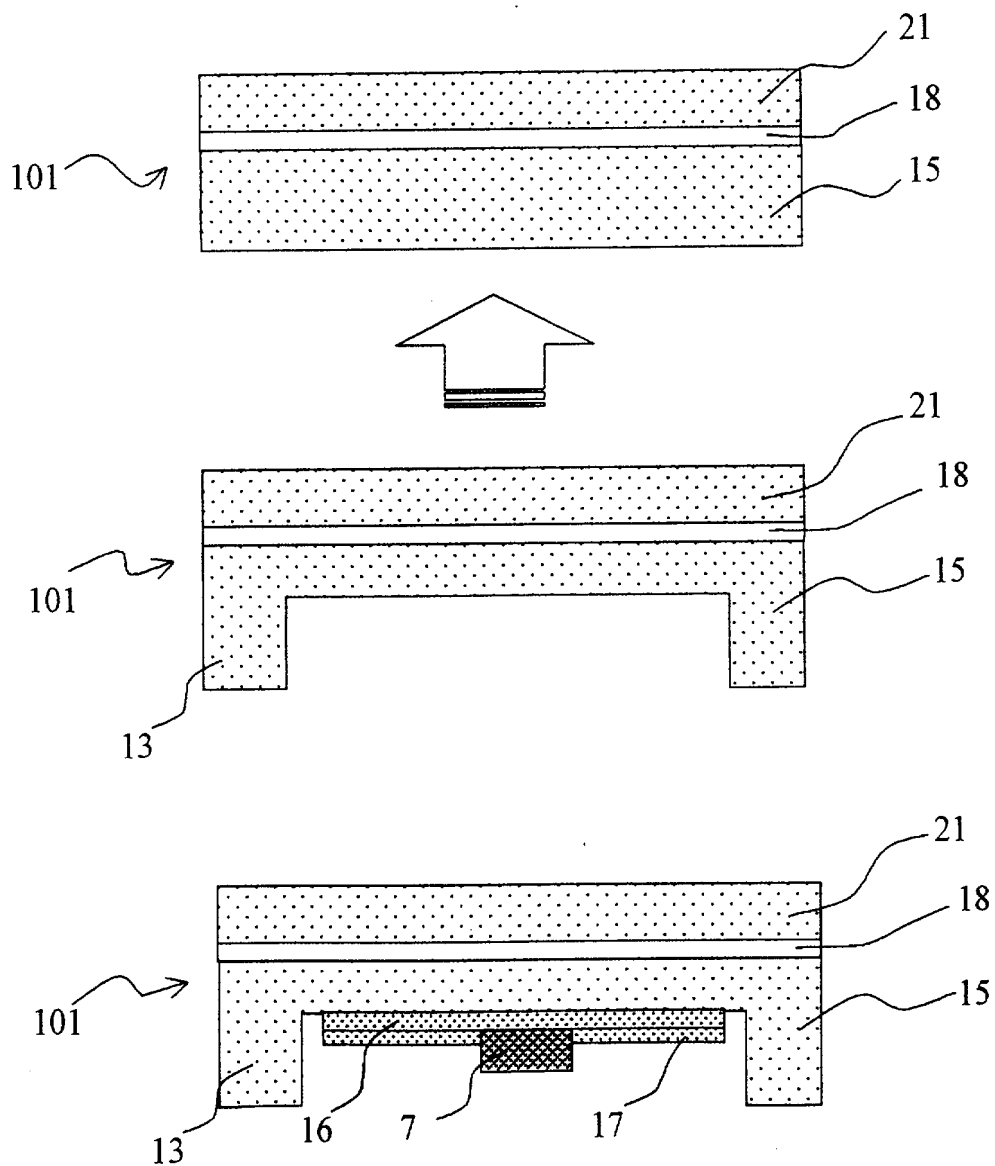


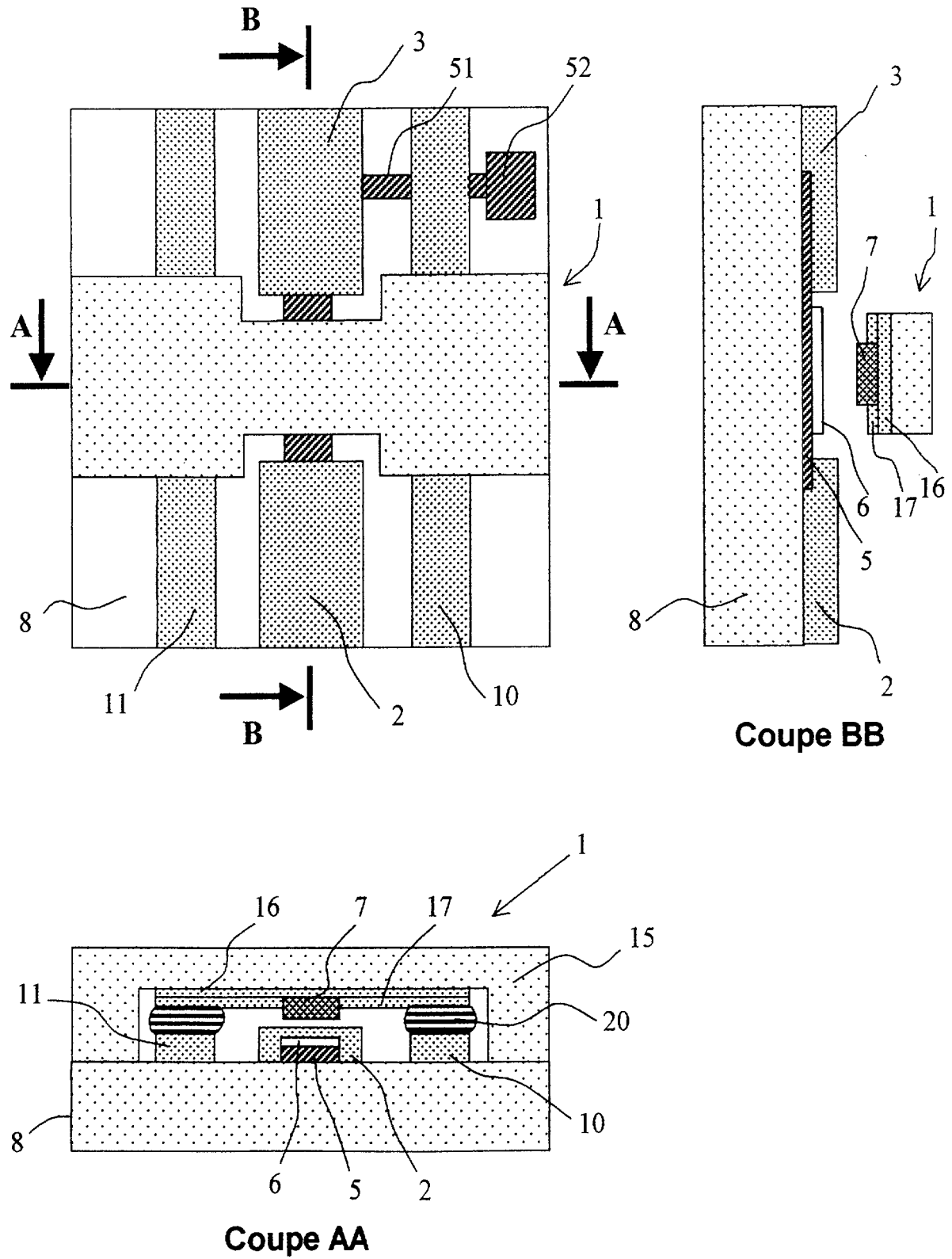
**FIG. 2b**

**FIG. 3**

**FIG. 4****FIG. 5**

**FIG. 6**

**FIG. 7****FIG. 8**

**FIG. 9**



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 628190
FR 0212007

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 619 061 A (GOLDSMITH CHARLES ET AL) 8 avril 1997 (1997-04-08) * figures 4-8,10,13,15,16,25-29 * * colonne 5, ligne 15 - colonne 6, ligne 67 * * colonne 7, ligne 24 - ligne 34 * * colonne 8, ligne 20 - ligne 37 * * colonne 9, ligne 22 - ligne 48 * * colonne 12, ligne 48 - colonne 14, ligne 10 *	1-3,5-24	B81B7/02 B81C1/00
A	---	4,25-36	
X	LIU Y ET AL: "HIGH-ISOLATION BST-MEMS SWITCHES" 2002 IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST.(IMS 2002). SEATTLE, WA, JUNE 2 - 7, 2002, IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM, NEW YORK, NY: IEEE, US, vol. 1 OF 3, 2 juin 2002 (2002-06-02), pages 227-230, XP001099478 ISBN: 0-7803-7239-5 * figure 1 * * alinéa 'OIIB! *	1-3,5,6	
A	---	4,7-36	
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 200209 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class L03, AN 2002-065081 XP002240983 & KR 2001 038 214 A (LG ELECTRONICS INC), 15 mai 2001 (2001-05-15) * abrégé *	1-3,5,6	
A	---	4,7-36	
	--- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 mai 2003		Polesello, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 628190
FR 0212007

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 520 407 A (LEWINER JACQUES ; PERINO DIDER (FR); MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 30 décembre 1992 (1992-12-30) * figures 1-18 * * page 5, ligne 36 - page 9, ligne 48 * -----	1-36	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 mai 2003		Polesello, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0212007 FA 628190**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 3-05-2003

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5619061 A	08-04-1997	US 5526172 A	11-06-1996
		EP 0709911 A2	01-05-1996
		JP 8213803 A	20-08-1996
		CA 2128769 A1	28-01-1995
		CN 1115067 A	17-01-1996
		EP 0637042 A2	01-02-1995
		JP 8021967 A	23-01-1996
KR 2001038214 A	15-05-2001	AUCUN	
EP 0520407 A	30-12-1992	JP 2892525 B2	17-05-1999
		JP 5002974 A	08-01-1993
		JP 2761123 B2	04-06-1998
		JP 5002975 A	08-01-1993
		JP 2892527 B2	17-05-1999
		JP 5002977 A	08-01-1993
		JP 5002978 A	08-01-1993
		CA 2072199 A1	25-12-1992
		DE 69212726 D1	19-09-1996
		DE 69212726 T2	12-12-1996
		EP 0520407 A1	30-12-1992
		US 5278368 A	11-01-1994