(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
25 août 2005 (25.08.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/078752 A1

(51) Classification internationale des brevets[7] : H01H 1/00, H03H 3/007

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2005/000430

(22) Date de dépôt international :
12 janvier 2005 (12.01.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0400308 14 janvier 2004 (14.01.2004) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA - Recherche et Développement** [CH/CH]; -, Jaquet-Droz 1, CH-2007 Neuchâtel (CH).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **DUBOIS, Marc-Alexandre** [CH/CH]; -, Le Tirage 6, CH-1143 Apples (CH).

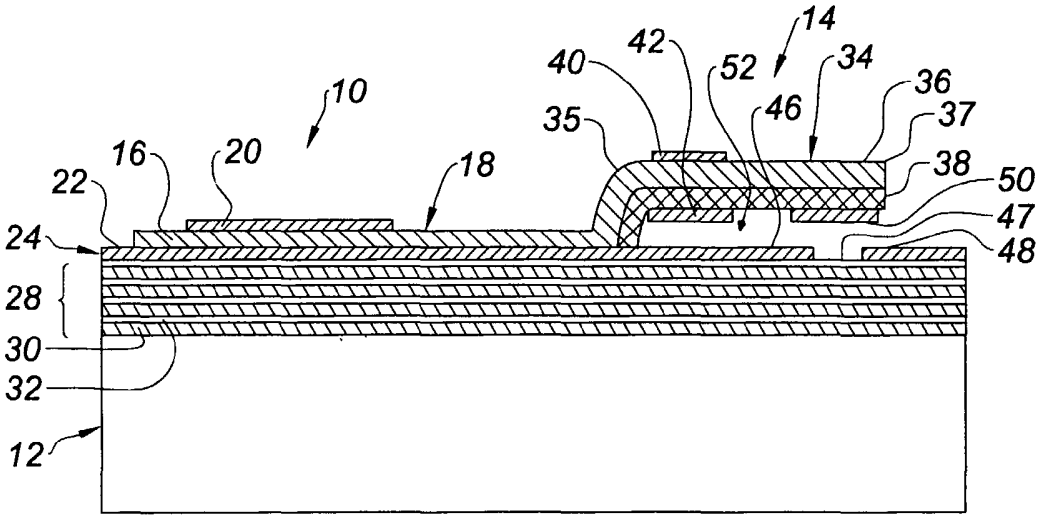
(74) Mandataire : **CABINET JP COLAS**; 37, avenue Franklin D. Roosevelt, F-75008 PARIS (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: PIEZOELECTRIC THIN-FILM ELECTROMECHANICAL MICROSYSTEM DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF DE TYPE MICROSYSTEME ELECTROMECANIQUE A FILM MINCE PIEZOELECTRIQUE



(57) Abstract: A piezoelectric thin-film electromechanical microsystem (MEMS) device (18) comprising an RF-MEMS switch (14) and a bulk acoustic wave piezoelectric thin-film RF resonator (10) mounted on a substrate (12) provided with an acoustic mirror (28). The resonator comprises a thin-film portion (16) between the two metal electrodes (20, 24). The switch (14) comprises a two-layer crossarm with an insulator layer (38) combined with a different portion (36) of the piezoelectric film (18) and having a movable metal contact (50) engageable with the stationary metal contacts (46, 48) when the crossarm is bent by a voltage across the control electrodes (40, 42).

(57) Abrégé : Dispositif de type microsystème électromécanique (MEMS) ô film mince piézoélectrique 18 comportant un commutateur RF-MEMS 14 et un résonateur RF ô film mince piézoélectrique 10 ô ondes acoustiques de volume monté sur un substrat 12 pourvu d'un miroir acoustique 28. le résonateur comporte une

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/078752 A1

GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* **:** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

portion 16 du film mince disposée entre les deux électrodes métalliques 20 et 24. Le commutateur 14 comporte une poutre bi-couche présentant une couche d'isolant 38 associée ô une autre portion 36 du film piézoélectrique 18 et portant un contact métalliques mobile 50 destiné ô venir en appui sur des contacts métalliques fixes 46, 48 par déformation de la poutre sous l'action d'une tension sur les électrodes de commande 40, 42.

DISPOSITIF DE TYPE MICROSYSTEME ELECTROMECANIQUE A FILM MINCE PIEZOELECTRIQUE

La présente invention concerne d'une façon générale des dispositifs de type microsystème électromécanique (MEMS) à film mince piézoélectrique.

L'introduction des films minces piézoélectriques dans la technologie MEMS est assez récente. En particulier, le brevet US 6,504,118 B2 décrit un relais bidirectionnel à verrouillage électrostatique associé à un actionnement thermique ou piézoélectrique et la demande de brevet US 2003/0179535 A1 décrit un condensateur à capacité variable par ajustement de la distance entre armatures à l'aide d'une pluralité d'actionneurs piézoélectriques. De plus, l'article de S.J. Gross *et al.* Intitulé 'Lead-zirconate-titanate-based piezoelectric micromachined switch' (Commutateur micro-usiné piézoélectrique à PZT), Appl. Phys. Lett., Vol. 83, N°1, pages 174-176 (7 July 2003) décrit un commutateur unimorphe à poutre déformable comportant un film mince de 0,23 µm de PZT piézoélectrique activé par des électrodes interdigitées (IDT). L'incorporation dans des circuits et/ou agencements électroniques complexes de ces dispositifs connus réalisés individuellement de façon autonome pose un certain nombre de difficultés, tant au niveau de leur incorporation physique proprement dite et de la réalisation des interconnexions électriques métalliques (avec parfois la nécessité de soudures externes) qu'au niveau des pertes électriques et autres effets parasites engendrés par ces connexions électriques, notamment de type résistif, inductif ou capacitif.

Le document EP-A-0963000 montre un dispositif résonateur 'débrayable' obtenu par une structure hybride comportant une unique poutre en matériau piézoélectrique utilisable d'une part comme partie intégrale d'un résonateur à ondes acoustiques et d'autre part comme l'élément mobile déformable par effet électrostatique d'un commutateur micromécanique à commande électrostatique monté en série sur le résonateur.

Le document US 2003/0205948-A1 montre un résonateur à ondes acoustiques de type FBAR associé à une capacité variable d'ajustement de la fréquence de résonance du résonateur. Selon un premier mode de réalisation particulier illustré à la figure 4, la capacité variable d'ajustement du résonateur FBAR 42 constituée d'une couche piézoélectrique disposée entre les deux électrodes est ajustée par le dimensionnement adéquat de la surface active des électrodes formant les

armatures de la capacité sans recours à l'effet piézoélectrique. Selon un second mode réalisation illustré à la figure 10, la capacité d'ajustement du résonateur ne comporte pas de couche piézoélectrique, l'ajustement étant réalisé par variation de l'espacement des armatures de la capacité sous l'action de forces électrostatiques.

L'invention a pour but de proposer un dispositif de type microsystème électromécanique à actionnement piézoélectrique susceptible de réduire sensiblement, voire supprimer, les difficultés d'incorporation d'un tel dispositif et les effets parasites associés.

A cette fin, l'invention propose un dispositif de type microsystème électromécanique (ou dispositif MEMS) à actionnement piézoélectrique comportant au moins un film mince piézoélectrique caractérisé en ce que le film mince comporte au moins une première portion à caractère piézoélectrique, participant à l'actionnement dudit microsystème électromécanique et au moins une seconde portion à caractère piézoélectrique intégrée dans un résonateur à ondes acoustiques.

Ainsi donc, l'utilisation de la même couche de film piézoélectrique pour le résonateur et pour le composant MEMS intégrant la première portion du film mince, par exemple un commutateur RF, permet de placer les résonateurs (ou filtres) et les commutateurs très près les uns des autres, de réduire considérablement l'encombrement de l'ensemble et, au final, d'intégrer relativement facilement cet ensemble dans des circuits électroniques plus complexes, selon des techniques déjà utilisées pour les résonateurs et les filtres à ondes acoustiques à film mince. Cette compacité a également pour conséquence une réduction des longueurs des interconnexions métalliques, voire l'élimination de certaines soudures externes. Il s'ensuit une réduction sensible des pertes électriques et des effets de capacités ou de selfs parasites, qui rendent possible l'utilisation des dispositifs selon l'invention dans les circuits RF de très haute fréquence (entre 1 et 10 GHz), notamment pour la nouvelle génération de téléphonie mobile UMTS.

Selon un premier mode de réalisation, le dispositif selon l'invention comporte un sous-ensemble de commutation à actionnement piézoélectrique, en tout ou partie de structure monomorphe ou multimorphe. Avantageusement, le sous-ensemble de commutation comporte au moins un élément déformable de type poutre et/ou pont

et/ou membrane et intégrant tout ou partie de ladite première portion du film mince piézoélectrique. Sans sortir du cadre l'invention, le sous-ensemble de commutation est du type à contact électrique et/ou à couplage/découplage capacitif (par exemple un commutateur RF du type à pont piézo-électrique déformable commandant la distance entre armatures d'une capacité disposée entre deux lignes RF, notamment pour connecter les deux lignes RF ou mettre en dérivation vers la terre une ligne porteuse d'un signal RF).

Selon un second mode de réalisation, le dispositif selon l'invention comporte au moins une capacité variable à actionnement piézoélectrique, en tout ou partie de structure monomorphe ou multimorphe. Avantageusement, la capacité variable est du type à actionnement par poutre ou membrane déformable intégrant tout ou partie de ladite première portion du film mince piézoélectrique. Une telle capacité peut être facilement intégrée dans divers microcircuits électroniques, notamment dans des oscillateurs.

D'une façon générale, les dispositifs selon l'invention trouvent leurs applications directement dans les circuits électroniques intégrés, notamment les circuits CMOS, en particulier pour des systèmes de capteur et/ou transducteur acoustique ou autre ou pour des systèmes d'émission, de transmission ou réception radiofréquence RF ou micro-ondes. Les dispositifs selon l'invention peuvent notamment être utilisés avec profit dans des ensembles de filtres reconfigurables compacts et des duplexeurs.

Selon une première variante du premier mode de réalisation, la seconde portion à caractère piézoélectrique est intégrée dans un résonateur à ondes acoustiques de volume. Avantageusement le résonateur est du type à film mince piézoélectrique monté à plat sur substrat, de préférence sur un substrat SMR ("Solidly Mounted Resonator") à miroir acoustique ou du type à membrane FBAR ("Film Bulk Acoustic Resonator"), notamment un résonateur piézoélectrique pour circuits RF actifs entre 1 et 10 GHz.

Parmi les matériaux piézoélectriques utilisés pour le film mince on peut citer les composés suivants : AlN, PZT, $BaTiO_3$, $KNbO_3$, $PbNbO_3$, $PbZrO_3$ et ZnO, le nitrure d'aluminium (AlN), avec ses propriétés piézoélectriques et élastiques de hautes performances, s'avérant tout à fait intéressant pour la réalisation d'un film mince

utilisable dans le cadre de la présente l'invention. De préférence, le film piézoélectrique est déposé par pulvérisation inerte ou réactive en une seule opération.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, présentée uniquement à titre d'exemple non limitatif en référence au dessin ci-joint dans lequel:

- la figure 1 représente une vue schématique en coupe d'un dispositif selon l'invention de type microsystème électromécanique (MEMS), comportant au moins un film mince piézoélectrique et intégrant un commutateur RF et un résonateur à ondes acoustiques de volume.

Il est à noter, au préalable, que le terme 'commutateur' utilisé dans le présent exposé doit être compris dans son sens le plus large, notamment en tant que moyens de commutation en général, relais, interrupteurs, etc.. Il en est de même pour le terme 'membrane' qui recouvre toute couche mince déformable de contour variable quel que soit son type de montage, par exemple de façon non limitative, montage en poutre encastrée à une extrémité, en pont ou avec maintien périphérique.

Le dispositif selon l'invention illustré à la figure 1, comporte un résonateur piézoélectrique à ondes acoustiques de volume (résonateur BAW), plus particulièrement, un résonateur piézoélectrique à film mince 10 de type SMR, monté sur un substrat solide en silicium 12 (en l'espèce, destiné à être utilisé notamment dans le domaine de la téléphonie RF entre 2 et 3 GHz) et associé à un commutateur RF-MEMS 14 à actionnement piézoélectrique.

Le résonateur 10 comprend une portion 16 d'un film mince piézoélectrique 18, par exemple en nitrure d'aluminium (AlN), disposée entre deux électrodes métalliques conductrices planes 20 et 22, par exemple, en platine. Comme illustré sur la figure 1, l'électrode externe 20 définit les limites en surface du volume actif du résonateur tandis que l'électrode 22 correspondante appartient à une couche de métal 24 de plus grande surface s'étendant vers le commutateur 14 et déposée sur la face plane supérieure 26 du substrat 12.

Le matériau piézoélectrique AlN est déposé en film mince en une seule opération par pulvérisation réactive de façon à pouvoir exploiter la composante piézoélectrique de première grandeur d_{33} de la couche 16, selon laquelle le matériau est soumis à des efforts alternatifs d'extension/compression longitudinale générant des ondes acoustiques se propageant parallèlement au champ électrique généré entre les électrodes 20 et 22, lorsque ces dernières sont respectivement connectées aux deux bornes d'une source de tension alternative RF (non représentée). Dans le cas présent, les lignes de champ électrique et les efforts d'extension/compression longitudinale sont perpendiculaires à la face supérieure du substrat 12.

Dans ces conditions, l'épaisseur totale de la couche piézoélectrique revêtue de ses deux électrodes correspond à une demi-longueur d'onde des ondes acoustiques de la fréquence de résonance mécanique du résonateur, longueur d'onde qui dépend de la nature du matériau piézoélectrique, plus particulièrement, de la vitesse de propagation de ces ondes acoustiques dans le film mince piézoélectrique. A titre d'exemple non limitatif, une fréquence de résonance mécanique de l'ordre de 2 GHz est obtenue avec une épaisseur de film AlN de 1,6 µm et des électrodes en platine de 0,1 µm d'épaisseur.

Pour éviter les pertes acoustiques dans le substrat 12 de façon à augmenter le facteur de qualité Q du résonateur et éliminer les réflexions et/ou vibrations parasites indésirables et les risques d'interférence qui en résulteraient avec les ondes d'origine, la partie supérieure du substrat silicium 12 comporte un réflecteur acoustique 28 (analogue à un miroir de Bragg) formé d'un empilement de couches dites quart d'onde 30 de deux matériaux à propriétés élastiques très différentes (par exemple, des couches de AlN ou de SiO_2), l'épaisseur des couches 30 et 32 et leurs nombres dépendant du degré d'isolation désiré mais également du rapport des impédances acoustiques respectives des matériaux utilisés pour ces couches.

Le commutateur 14 est principalement constitué par une poutre (ou membrane) bi-couche 34 déformable encastrée à une extrémité (ou sur un côté) constituée d'une seconde portion 36 de la couche du film piézoélectrique 18 et d'une couche de matériau isolant 38 (choisi par exemple parmi SiO_2, ZrO_2 et Si_3N_4) de propriétés mécaniques sensiblement différentes du matériau piézoélectrique AlN, les deux couches 36, 38 étant intimement liées ou soudées l'une à l'autre. Le dispositif

d'actionnement ou actionneur du commutateur est réalisé par deux électrodes de commande 40 et 42 en métal (par exemple platine) déposées en vis à vis sur chaque face de la poutre bi-couche 34 à proximité de l'extrémité encastrée 35 de celle-ci. Enfin la partie commutation (en l'espèce de type ohmique) est réalisée par deux contacts en métal fixes 46, 48 montés de façon espacée directement sur la couche supérieure du miroir de Bragg, qui sert également d'isolant (ces contacts fixes étant en l'espèce obtenus à partir de la couche métallique 24 dans laquelle est formée l'électrode 22 du résonateur) et un contact métal mobile 50 monté sur la couche d'isolant 38 de la poutre 34 près de l'extrémité libre 37 de celle-ci pour profiter du maximum de déflexion et de façon à chevaucher l'espacement 47 entre les contacts fixes 46, 48.

Comme illustrée sur la figure 1 qui montre le commutateur 14 au repos (correspondant à une tension nulle aux bornes des électrodes 40-42), la poutre 34 s'étend parallèlement au substrat 12 à faible distance de la couche métallique 24 pour laisser une course du contact mobile 50 vers les contacts fixes 46, 48 d'un à 5 microns, l'espace correspondant 52 entre la poutre 34 et la couche métallique 24 étant mis à l'air libre.

Le commutateur est activé par une source de tension continue DC (non représentée) de quelques dizaines de volts au maximum convenablement connectée aux électrodes 40 et 42 (en l'espèce, une dizaine de volts suffit pour la poutre 34 comportant une couche piézo 36 de 1,6 µm de AlN). Cette tension développe par effet piézoélectrique inverse une contrainte d'extension ou dilatation piézo de cette couche 36 perpendiculairement à son épaisseur sans affecter, du moins sensiblement, la couche d'isolant 38. Par le jeu de la dilatation différentielle résultante, la poutre 34 a tendance à se refermer vers la couche d'isolant 38, elle-même faiblement ou non dilatée, et à fléchir vers le substrat 12 jusqu'à amener le contact mobile 50 en appui sur les deux contacts fixes 46-48 et ainsi fermer le commutateur ou interrupteur 14.

Dans le commutateur 14 ici décrit, l'état de fermeture du commutateur est assuré par le maintien de la tension DC entre les électrodes 40-42 de la couche piézo 36. Toutefois, il est possible, sans sortir du cadre de l'invention, d'ajouter un verrouillage électrostatique de la position de fermeture du commutateur, qui permet de réduire très sensiblement l'énergie électrique nécessaire à cette opération, la

tension DC aux bornes des électrodes 40-42 étant alors réduite ou annulée. Dans la pratique, ce verrouillage (non représenté) peut être réalisé par un dispositif formant condensateur à armatures en métal parallèles séparées par une couche de matériau diélectrique et convenablement reliées à une source de tension continue (qui peut être la source de tension DC), la première armature métal étant disposée sur la couche isolante 38 entre l'électrode 42 et le contact 50 et la seconde armature métal étant réalisée par une petite surface de la couche de métal 24 convenablement isolée (par élimination de cette même couche à son pourtour) et recouverte de la couche de matériau diélectrique.

Il est à noter que la structure, proposée pour le dispositif selon l'invention à couche piézoélectrique commune, n'altère en rien le fonctionnement propre de chacun de ses deux composants majeurs, à savoir le résonateur, d'une part (ici le résonateur 12), et le composant MEMS utilisé, d'autre part (ici le commutateur 14), les ondes acoustiques ne débordant quasiment pas au-delà de la surface piézoélectrique active du résonateur (ici des bords de l'électrode 20 du résonateur 12). Il est ainsi possible de placer les deux composants, résonateur et commutateur, très proches l'un de l'autre et d'obtenir une grande compacité de l'ensemble. Bien entendu, la même couche piézoélectrique peut être utilisée pour intégrer une pluralité de résonateurs et une pluralité de commutateurs (ou d'autres composants MEMS).

D'un point de vue pratique, la configuration et le dimensionnement du commutateur 14 sont réalisés après la détermination de l'épaisseur de la couche de film piézoélectrique 18, une fois choisis le matériau piézo utilisé et la fréquence de résonance mécanique du résonateur 14. Par modélisation, on peut alors choisir ou déterminer les autres paramètres de la poutre (notamment la nature et les dimensions de la couche d'isolant 38, la longueur de la poutre 34, la surface des électrodes de contrôle, la tension DC, la course du contact mobile 50, etc.).

Bien évidemment, il est possible, sans sortir du cadre de l'invention, d'apporter des modifications dans le dessin même du dispositif selon l'invention décrit en référence à la figure 1, par exemple, de séparer les portions 16 et 36 de la couche piézoélectrique au dépôt ou après dépôt, de séparer le contact fixe 46 de la couche métal superficielle 24 ou de modifier ou éliminer le miroir acoustique 28 du substrat au droit du commutateur 14, etc.

On notera que l'exigence de qualité requise pour la fabrication du résonateur 10, en particulier pour une utilisation RF, notamment au niveau de l'épaisseur des couches déposées et/ou de l'homogénéité du dépôt du film mince piézoélectrique, se répercute également sur toutes les opérations de fabrication du commutateur 14, améliorant en conséquence les performances de ce dernier. De plus, les dispositifs selon l'invention sont compatibles avec les technologies couramment rencontrées dans l'électronique de circuits intégrés, notamment, les circuits CMOS.

Il est également possible, toujours dans le cadre de l'invention, d'utiliser d'autres structures de résonateur à film mince par exemple des résonateurs à ondes acoustiques de surface (résonateurs SAW) utilisant des films minces ou d'autres résonateurs BAW notamment des résonateurs à structure dite FBAR avec isolation acoustique de la couche vibrante piézoélectrique par de l'air, soit par la technique du pont suspendu vibrant au-dessus d'un substrat avec vide d'air interposé obtenu par élimination d'une couche sacrificielle, soit par la technique de la membrane vibrante tendue au-dessus d'une cavité réalisée dans un substrat en silicium.

De même, le commutateur 14 peut être remplacé par un autre composant MEMS, par exemple par un commutateur de ligne RF à couplage/découplage capacitif ou par une capacité variable à actionnement piézoélectrique, notamment, du type à armatures déplaçables l'une par rapport à l'autre à l'aide d'un dispositif d'actionnement intégrant tout ou partie d'une portion du film mince piézoélectrique commun avec le résonateur, ou encore par un microphone ou un capteur à membrane déformable.

Pour terminer, un exemple, toujours donné à titre non limitatif, de procédé de fabrication du dispositif selon l'invention décrit en référence à la figure 1 associant le résonateur 10 et le commutateur 14 est présenté ci-après.

Après la réalisation du miroir acoustique 28 sur le substrat silicium 12 on procède aux opérations suivantes :

- dépôt de la couche métallique 24 en platine suivi d'une structuration par photolithogravure, notamment pour la formation des contacts fixes 46, 48 et de l'espacement 47,

- dépôt, notamment au-dessus des contacts 46 et 48, d'une couche sacrificielle (SiO_2, silicium amorphe, polysilicium, résine ou autre) avec configuration de la couche sacrificielle pour délimiter l'espace de débattement 52 du commutateur 14 sous la future poutre 34,
- dépôt sur la couche sacrificielle de la couche métal formant le contact mobile 50 et de la couche métal formant l'électrode 42 de l'actionneur (en une étape si les métaux utilisés sont identiques ou en deux étapes si les métaux utilisés sont différents),
- dépôt et structuration de la couche d'isolant 38 (SiO_2, ZrO_2 et Si_3N_4) formant la base de la poutre 34 jusqu'à venir en contact avec la couche métal 24,
- dépôt, par pulvérisation réactive, une méthode de type CVD (Chemical Vapour Deposition) ou une autre méthode, d'une couche de nitrure d'aluminium (AlN) et structuration de cette couche de film mince piézoélectrique 18 pour partie au-dessus de la couche 24 (section résonateur 10) et pour partie au-dessus de la couche d'isolant 38 (section commutateur 14),
- dépôt et structuration de l'électrode métal 20 du résonateur et de l'électrode de commande 40 du commutateur (en une ou deux étapes si nécessaire), et
- élimination de la couche sacrificielle par tout procédé connu approprié au matériau de celle-ci, par exemple, par gravure sèche (plasma) ou attaque humide à l'acide fluorhydrique HF (pour SiO_2).

REVENDICATIONS:

1. Dispositif de type microsystème électromécanique à actionnement piézoélectrique comportant au moins un film mince piézoélectrique (18) caractérisé en ce que le film mince comporte au moins une première portion (36) à caractère piézoélectrique participant à l'actionnement dudit microsystème électromécanique et au moins une seconde portion (16) à caractère piézoélectrique intégrée dans un résonateur à ondes acoustiques (10).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un sous-ensemble de commutation (14) à actionnement piézoélectrique en tout ou partie de structure monomorphe ou multimorphe.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit sous-ensemble de commutation (14) comporte au moins un élément déformable de type poutre (34) et/ou pont et/ou membrane et intégrant tout ou partie de ladite première portion (36) du film mince piézoélectrique.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le sous-ensemble de commutation (14) est du type à contact électrique (46, 48, 50) et/ou à couplage/découplage capacitif.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une capacité variable à actionnement piézoélectrique en tout ou partie de structure monomorphe ou multimorphe.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la dite capacité variable est du type à actionnement par poutre ou membrane déformable intégrant tout ou partie de ladite première portion du film mince piézoélectrique.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la dite capacité variable est du type à armatures déplaçables l'une par rapport à l'autre à l'aide d'un dispositif d'actionnement intégrant tout ou partie de ladite première portion du film mince piézoélectrique.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est utilisé dans un système d'émission, de transmission ou réception radiofréquence RF ou micro-ondes.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est utilisé dans un système de capteur et/ou transducteur acoustique ou autre.

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ladite seconde portion (16) à caractère piézoélectrique est intégrée dans un résonateur (10) à ondes acoustiques de volume.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit résonateur à ondes acoustiques de volume est du type à film piézoélectrique mince monté à plat sur substrat (12), de préférence sur un substrat SMR (12) à miroir acoustique (28).

12. Dispositif selon l'une des revendications 10 et 11 dans lequel l'épaisseur du film mince (18) revêtu de ses électrodes est sensiblement égale ou équivalente à une demi-longueur d'onde des ondes acoustiques de la fréquence de résonance mécanique du résonateur.

13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12 dans lequel le film mince piézoélectrique (18) comporte au moins une couche de matériau piézoélectrique choisi parmi le groupe des AlN, PZT, $BaTiO_3$, $KNbO_3$, $PbNbO_3$, $PbZrO_3$ et ZnO.

14. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13 dans lequel le film mince piézoélectrique (18) est déposé par pulvérisation réactive ou par CVD en une seule opération.

15. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il intègre un micro-commutateur (14) à actionneur piézoélectrique configuré de façon à utiliser le film mince choisi pour le résonateur (10).

16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes comportant au moins un résonateur piézoélectrique (10) pour circuits RF actifs entre 1 et 10 GHz.

17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est utilisé en association avec un microcircuit notamment de type CMOS.

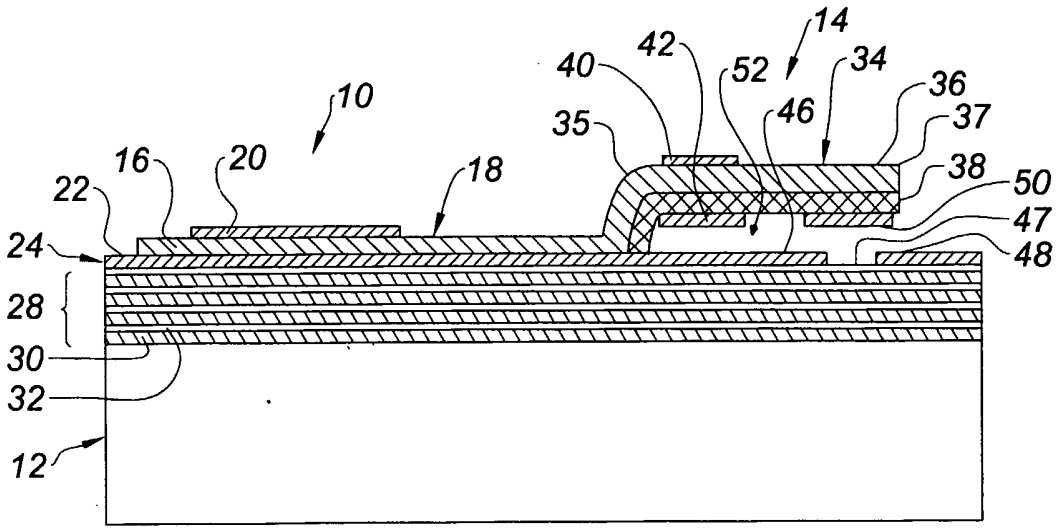


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/000430

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01H1/00 H03H3/007

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H03H B81B H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, INSPEC, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/205948 A1 (DU CHEN-HSUN ET AL) 6 November 2003 (2003-11-06) paragraph '0059! figures 1A,10	1-14,16, 17
Y	EP 0 963 000 A (NOKIA MOBILE PHONES LTD) 8 December 1999 (1999-12-08) paragraph '0013! - paragraph '0017! paragraph '0026! - paragraph '0032! paragraph '0053! - paragraph '0054! figures 10-13	1-14,16, 17
A	US 2003/179535 A1 (MIYASHITA TSUTOMU ET AL) 25 September 2003 (2003-09-25) page 3, paragraph 57 - page 4, paragraph 64 figures 3,6J	5-7

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

'E' earlier document but published on or after the international filing date

'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

'&' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 April 2005	21/04/2005

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Meister, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/000430

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AIGNER R ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "High performance RF-filters, suitable for above IC integration: film bulk-acoustic-resonators (FBAR) on silicon" PROCEEDINGS OF THE IEEE 2003 CUSTOM INTEGRATED CIRCUITS CONFERENCE. (CICC 2003). SAN JOSE, CA, SEPT. 21 - 24, 2003, IEEE CUSTOM INTEGRATED CIRCUITS CONFERENCE.CICC, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. CONF. 25, 21 September 2003 (2003-09-21), pages 141-146, XP010671193 ISBN: 0-7803-7842-3 * alinéa "Fundamental" * figure 2 -----	8-14,16, 17
A	GROSS S J ET AL: "LEAD-ZIRCONATE-TITANATE-BASED PIEZOELECTRIC MICROMACHINED SWITCH" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 83, no. 1, 7 July 2003 (2003-07-07), pages 174-176, XP001177839 ISSN: 0003-6951 cited in the application the whole document -----	2-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2005/000430

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003205948 A1	06-11-2003	TW 540173 B	01-07-2003
EP 0963000 A	08-12-1999	FI 981245 A	03-12-1999
		FI 981415 A	03-12-1999
		CN 1237827 A ,C	08-12-1999
		CN 1237828 A ,C	08-12-1999
		EP 0962999 A2	08-12-1999
		EP 0963000 A2	08-12-1999
		JP 2000030594 A	28-01-2000
		JP 2000030595 A	28-01-2000
		US 6204737 B1	20-03-2001
		US 6242843 B1	05-06-2001
US 2003179535 A1	25-09-2003	JP 2004006588 A	08-01-2004
		CN 1447453 A	08-10-2003
		DE 10310342 A1	13-11-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/EP2005/000430

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01H1/00 H03H3/007

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H03H B81B H01H

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, INSPEC, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2003/205948 A1 (DU CHEN-HSUN ET AL) 6 novembre 2003 (2003-11-06) alinéa '0059! figures 1A,10	1-14,16, 17
Y	EP 0 963 000 A (NOKIA MOBILE PHONES LTD) 8 décembre 1999 (1999-12-08) alinéa '0013! - alinéa '0017! alinéa '0026! - alinéa '0032! alinéa '0053! - alinéa '0054! figures 10-13	1-14,16, 17
A	US 2003/179535 A1 (MIYASHITA TSUTOMU ET AL) 25 septembre 2003 (2003-09-25) page 3, alinéa 57 - page 4, alinéa 64 figures 3,6J	5-7

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
14 avril 2005	21/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Meister, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP2005/000430

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	AIGNER R ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "High performance RF-filters, suitable for above IC integration: film bulk-acoustic-resonators (FBAR) on silicon" PROCEEDINGS OF THE IEEE 2003 CUSTOM INTEGRATED CIRCUITS CONFERENCE. (CICC 2003). SAN JOSE, CA, SEPT. 21 - 24, 2003, IEEE CUSTOM INTEGRATED CIRCUITS CONFERENCE.CICC, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. CONF. 25, 21 septembre 2003 (2003-09-21), pages 141-146, XP010671193 ISBN: 0-7803-7842-3 * alinéa "Fundamental" * figure 2 -----	8-14,16, 17
A	GROSS S J ET AL: "LEAD-ZIRCONATE-TITANATE-BASED PIEZOELECTRIC MICROMACHINED SWITCH" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 83, no. 1, 7 juillet 2003 (2003-07-07), pages 174-176, XP001177839 ISSN: 0003-6951 cité dans la demande le document en entier -----	2-4

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/EP2005/000430

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003205948 A1	06-11-2003	TW 540173 B	01-07-2003
EP 0963000 A	08-12-1999	FI 981245 A	03-12-1999
		FI 981415 A	03-12-1999
		CN 1237827 A ,C	08-12-1999
		CN 1237828 A ,C	08-12-1999
		EP 0962999 A2	08-12-1999
		EP 0963000 A2	08-12-1999
		JP 2000030594 A	28-01-2000
		JP 2000030595 A	28-01-2000
		US 6204737 B1	20-03-2001
		US 6242843 B1	05-06-2001
US 2003179535 A1	25-09-2003	JP 2004006588 A	08-01-2004
		CN 1447453 A	08-10-2003
		DE 10310342 A1	13-11-2003