

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 907 284**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **06 09076**

⑤1 Int Cl⁸ : H 03 H 3/08 (2006.01), G 08 C 17/02, G 01 K 7/32

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17.10.06.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.04.08 Bulletin 08/16.

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) : *SENSEOR Société par actions simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : CHOMMELOUX LUC, LARDAT RAPHAEL et BALLANDRAS SYLVAIN.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

⑤4 **PROCEDE DE FABRICATION COLLECTIVE DE CAPTEURS SANS CALIBRAGE A BASE DE DISPOSITIF A ONDES ACOUSTIQUES.**

⑤7 L'invention concerne un procédé de fabrication collective de d'un capteur interrogeable à distance et comportant au moins un premier résonateur et un second résonateur, chaque résonateur présentant respectivement une première et une seconde fréquences de fonctionnement, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- la fabrication d'une première série de premiers résonateurs, lesdits premiers résonateurs comportant chacun une première fréquence de fonctionnement appartenant à un premier ensemble de fréquences centré sur une première fréquence centrale;

- la fabrication d'une seconde série de seconds résonateurs, lesdits seconds résonateurs comportant chacun une seconde fréquence de fonctionnement appartenant à un second ensemble de fréquences centré sur une seconde fréquence centrale;

- une série d'appariements d'un premier résonateur et d'un second résonateur de manière à former des couples de résonateurs présentant une différence de fréquences de fonctionnement égale à la différence des première et seconde fréquences centrales.

FR 2 907 284 - A1



Procédé de fabrication collective de capteurs sans calibrage à base de dispositif à ondes acoustiques

Le domaine de l'invention est celui des capteurs passifs interrogeables à distance et notamment des capteurs de température, à base de résonateurs à ondes acoustiques de surface ou de volume.

Par exemple, de tels capteurs se composent d'une unité
5 d'interrogation (constituée elle-même d'une partie émettrice et d'une partie réceptrice) et d'un capteur de température à ondes acoustiques de surface désigné couramment sous le nom SAW (acronyme anglais pour surface acoustic wave). Le système d'interrogation ainsi que le capteur SAW sont munis d'une antenne adaptée à la bande de fréquence de travail (bande ISM
10 433 MHz, 868 MHz, 2.45 GHz,...) ce qui permet d'effectuer une interrogation sans fil du capteur.

Le mode d'interrogation est le suivant : L'émetteur du système d'interrogation envoie un signal d'interrogation (impulsion temporelle basse fréquence d'une porteuse dans la bande ISM) vers le capteur SAW. Le
15 dispositif SAW est de type résonateur ce qui permet d'accéder à des structures de taille réduite.

Si le signal d'émission présente une fréquence de résonance suffisamment proche de la fréquence propre du résonateur SAW, ce dernier entre en résonance en passant par une période de charge. Il s'établit alors
20 un régime permanent d'oscillation à la fréquence de résonance propre du dispositif SAW. Cette fréquence de résonance est proportionnelle à la vitesse de l'onde de surface dans la cavité résonante qui dépend elle-même de la température à laquelle est le résonateur.

Le capteur re-émet un signal à sa fréquence de résonance qui
25 porte l'information liée à la grandeur à mesurer, par exemple la température.

Le récepteur du système d'interrogation détecte en dehors de la plage temporelle d'émission tout ou partie du signal SAW (oscillation amortie) et en extrait l'information recherchée, par exemple la température, via un traitement du signal adapté.

30 Typiquement, le résonateur est composé d'un transducteur à peignes inter-digités, constitué d'une alternance d'électrodes de largeurs qui se répètent avec une certaine périodicité appelée période de métallisation

déposée sur un substrat piézoélectrique pouvant avantageusement être du quartz. Les électrodes, avantageusement en aluminium (réalisées par un procédé de photolithographie) présentent une faible épaisseur devant la période de métallisation (typiquement, quelques centaines de nanomètres à quelques micromètres). Par exemple pour un capteur fonctionnant à 433 MHz, l'épaisseur de métal (aluminium) utilisée peut être de l'ordre de 1000 Angströms, la période de métallisation et la largeur d'électrode pouvant être respectivement de l'ordre de 3.5 μm et 2.5 μm .

Un des ports du transducteur est par exemple relié à une antenne RadioFréquence (RF) et l'autre à la masse. Les lignes de champ ainsi créées entre deux électrodes de polarités différentes donnent naissance à des ondes acoustiques de surface dans la zone de recouvrement des électrodes.

Le transducteur est une structure bi-directionnelle c'est à dire que l'énergie rayonnée vers la droite et l'énergie rayonnée vers la gauche ont la même intensité. En disposant de part et d'autre du transducteur des électrodes, celles-ci jouant le rôle de réflecteur, on réalise un résonateur, chaque réflecteur réfléchissant partiellement l'énergie émise par le transducteur.

Si l'on multiplie le nombre de réflecteurs, on crée une cavité résonante caractérisée par une certaine fréquence de résonance. Cette fréquence dépend en premier lieu de la vitesse de propagation des ondes sous le réseau, celle-ci dépendant principalement de l'état physique du substrat, et donc sensible par exemple à la température. Dans ce cas, c'est le paramètre qui est mesuré par le système d'interrogation et c'est à partir de cette mesure qu'une température peut être calculée.

On rappelle que la variation de la fréquence de résonance d'un résonateur sur quartz est déterminée par la formule suivante :

$$f(T) = f_0 [1 + \text{CTF}_1 (T-T_0) + \text{CTF}_2 (T-T_0)^2] \quad (1)$$

avec f_0 la fréquence à T_0 , T_0 la température de référence (25 °C par convention), CTF_1 le coefficient du premier ordre (ppm/°C) et CTF_2 le coefficient du second ordre (ppb/°C²).

On peut également, reformuler cette loi en faisant apparaître une température d'inversion de la loi (1), dite de turn-over :

$$f(T) = f_{\text{Tt}} + f_0 \text{CTF}_2 (T - T_{\text{turn-over}})^2 \quad (2)$$

avec f_{Tt} la fréquence à la température de turn-over et $T_{\text{turn-over}}$ la température de turn-over ;

Ces grandeurs sont données par les équations suivantes :

$$T_{\text{turn-over}} = T_0 - CTF_1 / 2CTF_2$$

$$5 \quad f_{Tt} = f_0 [1 - CTF_1^2 / 4CTF_2] \quad (3)$$

La loi de variation de la fréquence de résonance en fonction de la température est donc une parabole ; la température à laquelle la fréquence est maximum (sommet de la parabole) est appelée température de turn over.

10 Il peut être particulièrement intéressant d'utiliser deux résonateurs SAW (W. Buff et al., "Universal pressure and temperature SAW sensor for wireless applications" 1997 IEEE Ultra. Symp. Proc.), inclinés l'un par rapport à l'autre comme illustré en figure 1. Dans ce cas, un premier résonateur R_1 pour lequel la direction de propagation des ondes de surface est selon une
15 direction X correspondant à un des axes cristallographiques du substrat cristallin, est couplé à un second résonateur R_2 , incliné d'un certain angle α (pouvant typiquement être de l'ordre de 20°) par rapport à l'axe X, et utilisant donc une autre direction de propagation.

En inclinant le second résonateur par rapport au premier
20 résonateur, on lui confère une sensibilité différente vis à vis de la température. La figure 2 illustre un tel comportement en présentant une occupation spectrale typique du capteur de température SAW (fréquence en MHz en fonction de la température en $^\circ\text{C}$).

Dans l'exemple choisi, les premier et second résonateurs ont
25 respectivement une température de turn over aux alentours de 150°C et de 40°C . L'espace entre les 2 courbes inférieures et les 2 courbes supérieures correspond à la dispersion de fabrication de l'ordre de 250 kHz pour cet exemple.

Le fait d'utiliser une structure différentielle présente plusieurs
30 avantages. Le premier est que la différence de fréquence des résonateurs est presque linéaire en fonction de la température et les non-linéarités résiduelles sont corrigées par le calibrage du capteur. L'autre avantage de la structure différentielle réside dans le fait que l'on peut s'affranchir de la majeure partie des effets de vieillissement.

De manière générale, le capteur de température utilise deux résonateurs R_1 et R_2 possédant deux directions de propagation différentes.

Les fréquences des deux résonateurs R_1 et R_2 s'écrivent conformément à l'équation (1) :

$$\begin{aligned} f_1 &= f_{10} [1 + c_1 (\psi_1) \theta + c_2 (\psi_1) \theta^2] \quad (4) \\ f_2 &= f_{20} [1 + c_1 (\psi_2) \theta + c_2 (\psi_2) \theta^2] \end{aligned}$$

avec $\theta = T - T_0$ l'écart à la température ambiante, c_1 et c_2 les coefficients CTF_1 et CTF_2 et ψ l'angle de propagation.

La différence entre les fréquences des résonateurs R_1 et R_2 donne :

$$\Delta f = f_{10} - f_{20} + \theta (f_{10} c_1 (\psi_1) - f_{20} c_1 (\psi_2)) + \theta^2 (f_{10} c_2 (\psi_1) - f_{20} c_2 (\psi_2))$$

On peut réécrire l'équation du second ordre en θ sous la forme :

$$\Delta f = \Delta_0 + s\theta + \varepsilon\theta^2 \quad (5)$$

avec :

$$\Delta f = f_1 - f_2$$

$$\Delta_0 = f_{10} - f_{20}$$

$$s = f_{10}c_1(\psi_1) - f_{20}c_1(\psi_2) \quad (6)$$

$$\varepsilon = f_{10} c_2 (\psi_1) - f_{20} c_2 (\psi_2)$$

où :

- s représente la sensibilité à la température au premier ordre

- ε le coefficient du terme d'ordre deux

- Δf la différence des fréquences à la température θ (différence lue à l'interrogation)

- Δ_0 la différence des fréquences nominales à la température ambiante T_0

La procédure de calibrage a pour but de déterminer les trois termes : Δ_0 , s et ε afin de pouvoir calculer a posteriori la température à partir d'une mesure de la différence de fréquence Δf . En effet, la résolution de l'équation du second degré en θ nous donne :

$$T = T_0 + [-s + (s^2 - 4\varepsilon(\Delta_0 - \Delta f))^{1/2}] / 2\varepsilon \quad (7)$$

Afin de faciliter l'étape d'extraction de la température à partir d'une mesure de différence de fréquence de résonance, on définit trois coefficients

de calibrage a_0, a_1, a_2 qui permettent de calculer la fréquence à l'aide de l'équation (8) :

$$T = a_0 + (a_1 + a_2 \Delta f)^{1/2} \quad (8)$$

5 Le calibrage est une opération consistant à déterminer les coefficients a_0, a_1 et a_2 ; cette opération est néanmoins coûteuse en temps puisqu'elle nécessite de mesurer pour chaque capteur la différence de fréquence entre les deux résonateurs à trois températures différentes au minimum et nécessite de plus une sérialisation de chaque capteur
10 (correspondant à l'identification pour chaque capteur d'un couple capteur – coefficients de calibrage).

On peut par exemple envisager de stocker les coefficients de calibrage a_0, a_1, a_2 dans le système d'interrogation. Cette configuration nécessite en cas de changement de capteur de stocker les nouveaux
15 coefficients dans le système d'interrogation.

L'ensemble de ces contraintes est réhibitoire dans certains cas où des objectifs de faibles coûts doivent être atteints.

De manière générale, l'erreur sur l'évaluation de la température $d\theta$ mesurée avec un capteur SAW à deux résonateurs est donnée au premier
20 ordre par l'équation suivante :

$$d\theta = (d\Delta_l + d\Delta_0) / S_\theta + \theta dS_\theta / S_\theta \quad (9)$$

où

- $d\Delta_l$ est la précision de lecture de la fréquence au niveau système
25 d'interrogation
- $d\Delta_0$ est la dispersion de la différence de fréquence entre les 2 résonateurs à la température T_0
- S_θ est la sensibilité typique du capteur (kHz/°C)
- dS_θ est la dispersion de sensibilité d'un capteur à l'autre
- 30 - θ est l'écart de température par rapport à T_0

Si l'on estime l'erreur $d\theta$ pour une température donnée $T_0 + \theta$ sur la base des valeurs typiques des paramètres $d\Delta_l, d\Delta_0, S_\theta$ et dS_θ , on obtient une valeur inacceptable (vis à vis des exigences des applications) qui rend
35 incontournable l'opération de calibrage.

La plus forte contribution (supérieure à 80%) est liée à la dispersion sur la différence de fréquence.

On désigne par puces les éléments obtenus après découpe du substrat sur lequel sont réalisés les dispositifs à ondes de surface et portant indifféremment un résonateur unique ou un ensemble de résonateurs réalisant la fonction de capteur. Il a déjà été envisagé de diminuer la dispersion sur la variation de fréquence, en calant chacun des résonateurs par gravure du quartz, de l'aluminium ou par gravure de la silice (couche de passivation). Cette méthode nécessite le développement d'un procédé spécifique puisque qu'il faut ajuster la fréquence des deux résonateurs sur la même puce d'une façon indépendante. Les précisions de gravure doivent par ailleurs être très élevées afin de répondre aux exigences de dispersion de fréquence (typiquement : +/- 5 kHz soit une maîtrise de l'ordre de +/- 1 Angström ce qui est un objectif difficile à atteindre).

Dans ce contexte, la présente invention propose un procédé de fabrication collective permettant d'obtenir des capteurs à ondes acoustiques de manière optimisée sans opération de calibrage.

Plus précisément l'invention a pour objet un procédé de fabrication collective de capteurs interrogeables à distance, chaque capteur comportant au moins un premier résonateur et un second résonateur, chaque résonateur comportant des transducteurs à ondes acoustiques de conception telle qu'ils présentent respectivement une première et une seconde fréquences de fonctionnement, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- la fabrication d'une première série de premiers résonateurs, lesdits premiers résonateurs comportant chacun une première fréquence de fonctionnement appartenant à un premier ensemble de fréquences centré sur une première fréquence centrale;
- la fabrication d'une seconde série de seconds résonateurs, lesdits seconds résonateurs comportant chacun une seconde fréquence de fonctionnement appartenant à un second ensemble de fréquences centré sur une seconde fréquence centrale;

- une série d'appariements d'un premier résonateur et d'un second résonateur de manière à former des couples de résonateurs présentant une différence de fréquences de fonctionnement égale à la différence des première et seconde fréquences centrales.

5

Selon une variante de l'invention, le procédé de fabrication comprend les étapes suivantes :

- la fabrication de premiers résonateurs sur un premier substrat intermédiaire et la fabrication de seconds résonateurs sur un second substrat intermédiaire ;
- des découpes unitaires de premières et de secondes puces comportant respectivement les premiers et seconds résonateurs à partir des premier et second substrats intermédiaires ;
- l'appariement d'une première et d'une seconde puces ;
- l'assemblage des paires de puces dans un boîtier.

10

15

Selon une variante de l'invention, le procédé comprend :

- la fabrication de premiers résonateurs sur un premier substrat intermédiaire et la fabrication de seconds résonateurs sur un second substrat intermédiaire ;
- des découpes unitaires de premières et de secondes puces comportant respectivement les premiers et seconds résonateurs à partir des substrats intermédiaires ;
- l'assemblage des premières puces et des secondes puces dans des boîtiers individuels ;
- l'appariement d'une première et d'une seconde puces mises au préalable en boîtier.

20

25

Selon une variante de l'invention, l'étape d'appariement est effectuée sur la base de la mesure des fréquences de résonance.

30

Selon une variante de l'invention, le procédé de fabrication comprend en outre une étape préalable de stabilisation en température des premiers et seconds résonateurs.

Selon une variante de l'invention, les résonateurs sont réalisés sur un substrat intermédiaire piézoélectrique pouvant typiquement être du quartz, ou tout autre matériau tels que LiNbO₃, LiTaO₃, la langasite et ses

35

variantes, le GaPO₄, le tétraborate de lithium, le KNbO₃, enfin de façon générique tout substrat piézoélectrique susceptible de présenter des coupes compensées et non compensées des effets à mesurer.

Avantageusement le procédé de fabrication de l'invention permet
5 d'élaborer des capteurs de température interrogeables à distance.

Selon une variante de l'invention, les premiers résonateurs sont orientés sur le premier substrat intermédiaire selon une première direction, les seconds résonateurs sont orientés sur le second substrat intermédiaire selon une seconde direction, lesdites directions correspondant aux directions
10 de propagation des ondes de surface, et ce de manière à ce que la première direction fasse un angle non nul avec la seconde direction.

Une solution alternative consiste à utiliser une coupe de quartz différente et le même angle de propagation pour chaque résonateur. On peut enfin utiliser des coupes et directions de propagation différentes pour tirer
15 parti des propriétés particulières de certaines orientations aptes à minimiser la sensibilité des caractéristiques thermiques de la fréquence à ces paramètres géométriques.

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 illustre un exemple de couple de résonateurs utilisés dans un capteur de température selon l'art connu ;
- la figure 2 illustre les dispersions en fréquences de résonance en fonction de la température dues à la fabrication pour un
25 premier résonateur et un second résonateur utilisés dans un capteur selon l'invention ;
- la figure 3 illustre la dispersion en fréquence pour un ensemble de premiers résonateurs et un ensemble de seconds résonateurs utilisés dans un capteur de température SAW
30 obtenu selon le procédé de l'invention ;
- la figure 4 illustre deux substrats intermédiaires utilisés dans le procédé de fabrication collective de l'invention et comportant des directions de propagation des ondes de surface selon des directions différentes ;
35

- la figure 5 illustre le rendement d'appariement de couples de résonateurs utilisés dans l'invention, en fonction du nombre de pièces fabriquées ;
- la figure 6 illustre l'appariement de deux résonateurs, selon une première variante de l'invention dans laquelle les deux résonateurs sont assemblés dans un seul boîtier
- la figure 7 montre l'appariement de deux résonateurs, selon une seconde variante de l'invention dans laquelle les deux résonateurs sont assemblés dans deux boîtiers indépendants.

De manière générale, le procédé de fabrication selon l'invention utilise la dispersion naturelle de fabrication, de façon à apparier un premier résonateur réalisé sur un premier substrat intermédiaire avec un second résonateur réalisé sur un second substrat intermédiaire et ce de façon à conserver une différence de fréquence constante entre les deux résonateurs.

La figure 3 schématise des exemples de dispersion obtenus avec deux substrats intermédiaires sur lesquels ont été réalisés un ensemble de résonateurs.

Plus précisément, F_1 et F_2 étant les fréquences de résonance des deux résonateurs, il existe deux distributions de fréquence associées à une certaine quantité de pièces fabriquées (N_1 pièces de premiers résonateurs RT_{1i} et N_2 pièces de seconds résonateurs RT_{2j}). Chaque distribution est caractérisée par une valeur moyenne F_{1moy} et F_{2moy} qui correspond au maximum de la distribution si on considère pour plus de simplicité une distribution normale.

Si les résonateurs RT_{1i} et RT_{2j} sont fabriqués avec les mêmes caractéristiques technologiques respectivement sur des substrats intermédiaires RT_1 et RT_2 , l'équation suivante est vérifiée :

$$F_{2moy} - F_{1moy} = \Delta Fg \quad (10)$$

Dans ce cas l'écart de fréquence moyen entre les deux distributions dépend uniquement de la différence entre les périodes de métallisation des deux résonateurs qui sont fixées par le dessin du masque. Cet écart est égal à l'écart de fréquence objectif ΔFg .

L'étendue des distributions de fréquence F_1 et F_2 étant sensiblement la même, il est alors possible d'apparier la quasi totalité des

premiers résonateurs de fréquence F_1 avec les seconds résonateurs de fréquence F_2 de sorte que toute paire ainsi formée vérifie la relation suivante :

$$(F_{2j} - F_{1i}) \in [\Delta F_g - \delta, \Delta F_g + \delta] \quad (11)$$

5 et δ représente la tolérance allouée sur l'écart de fréquence et est limité par la précision de la mesure électrique utilisée pour l'appariement. Une tolérance typique de $\delta=5\text{kHz}$ est atteignable.

10 Selon une première variante de l'invention, il est proposé d'apparier les deux types de résonateurs avant de procéder à l'assemblage dans un boîtier unique.

Pour cela, des séries de deux résonateurs différents sont réalisées sur des substrats intermédiaires piézoélectriques. Avantageusement, les puces de la première série et celles de la seconde série présentent la même taille.

15 Typiquement, les résonateurs peuvent être conçus avec un taux de métallisation, c'est à dire un rapport de la largeur d'électrode à la période de métallisation, optimisé de façon à ce que la fréquence de résonance ne dépende que de l'épaisseur de métal déposée et d'une façon non significative des variations de la largeur d'électrode. Avantageusement on cherche à minimiser la sensibilité de la fréquence aux paramètres technologiques, soit le rapport de métallisation par période et le cas échéant l'épaisseur de métallisation. Pour le quartz coupe $(YXl)/36^\circ$ et une épaisseur de métallisation relative (définie comme le rapport de l'épaisseur de l'électrode sur deux fois la période du réseau qui correspond ainsi à la longueur d'onde acoustique) comprise entre 1 et 5%, un rapport de métallisation compris entre 0,55 et 0,75 s'avère le plus avantageux en ce sens.

30 Selon cette première variante, on fabrique un lot typique de fabrication (par exemple 25 tranches) en utilisant les procédés standard de dépôt de couches métalliques et de photolithographie utilisés pour les résonateurs SAW. Les tranches de type S_1 et S_2 sont fabriquées autant que faire se peut dans les mêmes conditions, et sont illustrées en figure 4, qui met en évidence, la réalisation des deux types résonateurs. Chaque

35

résonateur présente une direction de propagation différente par rapport à l'axe X (axe horizontal sur la figure 4 perpendiculaire au méplat). Les traits correspondent aux frontières de chaque puce.

Les tranches utilisées pour les deux types de résonateurs proviennent en particulier du même bloc de quartz d'où sont extraits les tranches suite à une opération de découpe afin de minimiser les variations de fréquence liées aux tolérances sur les angles de coupe et de propagation.

Le dépôt métallique pour réaliser les peignes d'électrodes pour les deux types de résonateurs est effectué dans le cadre du même lot de fabrication (alternance de premiers substrats intermédiaires S_1 et de seconds S_2).

L'ensemble de ces conditions conduit à minimiser l'écart :

$$F_{2\text{moy}} - F_{1\text{moy}} - \Delta F_g$$

Si l'on évalue le rendement d'appariement en fonction du nombre de pièces fabriquées tel qu'illustré en figure 5, on constate que la courbe est asymptotique et que plus les nombres de pièces à appairer N_1 , N_2 sont importants, plus le rendement attendu est élevé.

On constate par ailleurs que plus la tolérance allouée sur l'écart de fréquence δ est faible plus le rendement d'appariement est faible. Les 2 courbes de la figure 2 montrent un exemple d'appariement pour $\delta = \sigma/100$ et

$\delta = \sigma / 1000$ où σ est l'écart type des distributions de fréquence F_1 et F_2 supposées gaussiennes.

Cette constatation suggère d'augmenter le nombre de pièces à appairer au-delà de la taille d'un lot unique de fabrication et par conséquent d'appairer des résonateurs de lots de fabrication différents.

Dans le cadre des applications capteur sans calibrage, la tolérance allouée sur l'écart de fréquence δ est très faible (de l'ordre de quelques kHz).

Une différence de variation de quelques parties par million (ppm) entre les deux fréquences de résonance après appariement (vieillessement naturel de la puce, variations engendrées par l'assemblage,..) peut par conséquent compromettre le résultat de cet appariement.

Il est donc judicieux d'effectuer l'appariement le plus tard possible dans la fabrication du composant et d'essayer de stabiliser autant que faire se peut le composant avant appariement.

- Dans le cadre de cette première variante de l'invention, les étapes de fabrication sont avantageusement effectuées dans l'ordre suivant :
- 5 - la fabrication des tranches S_1 et S_2
 - la découpe unitaire des puces correspondant à des résonateurs unitaires à partir desdites tranches
 - 10 - la stabilisation des puces découpées par voie thermique majoritairement basée sur un étuvage à température constante
 - l'appariement sur la base d'une mesure électrique sous pointes
 - l'assemblage des paires dans un boîtier unique avec un procédé de collage normalisé et reproductible de façon à minimiser la dispersion de sensibilité ($\text{kHz}/^\circ\text{C}$)
 - 15 - la fermeture du boîtier renfermant les paires de résonateurs
 - la stabilisation du composant final par voie thermique basée sur des phases de cyclage en température et d'étuvage à température constante.

20 La figure 6 illustre cette première variante de l'invention, dans laquelle le procédé conduit à assembler des paires de résonateurs RT_{i1} et RT_{j2} dans un même boîtier B_{i-j} .

25 Selon une seconde variante de l'invention, il est également proposé de procéder dans un premier temps à la réalisation de l'ensemble des puces unitaires, d'assembler chacune des puces dans un boîtier unitaire, puis de réaliser l'opération d'appariement. On obtient ainsi une série de couples de premier et second résonateurs.

30 La figure 7 illustre cette seconde variante de l'invention dans laquelle les résonateurs RT_{i1} et RT_{j2} sont appariés dans deux boîtiers différents B_{1i} et B_{2j} .

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication collective de capteurs interrogeables à distance, chaque capteur comportant au moins un premier résonateur et un second résonateur, chaque résonateur comportant des transducteurs à ondes acoustiques et de conception telle qu'ils présentent respectivement
5 une première et une seconde fréquences de fonctionnement, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- 10 - la fabrication d'une première série de premiers résonateurs (RT_{1i}), lesdits premiers résonateurs comportant chacun une première fréquence de fonctionnement appartenant à un premier ensemble de fréquences centré sur une première fréquence centrale;
- 15 - la fabrication d'une seconde série de seconds résonateurs (RT_{2j}), lesdits seconds résonateurs comportant chacun une seconde fréquence de fonctionnement appartenant à un second ensemble de fréquences centré sur une seconde fréquence centrale;
- 20 - une série d'appariements d'un premier résonateur (RT_{1i}) et d'un second résonateur (RT_{2j}) de manière à former des couples de résonateurs présentant une différence de fréquences de fonctionnement égale à la différence des première et seconde fréquences centrales.

2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 25 - la fabrication de premiers résonateurs (RT_{1i}) sur un premier substrat intermédiaire (S_1) et la fabrication de seconds résonateurs (RT_{2j}) sur un second substrat intermédiaire (S_2) ;
- des découpes unitaires de premières et de secondes puces comportant respectivement les premiers et seconds résonateurs à partir desdits substrats intermédiaires ;
- 30 - l'appariement d'une première et d'une seconde puces ;
- l'assemblage des paires de puces dans un boîtier.

3. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - la fabrication de premiers résonateurs (RT_{i1}) sur un premier substrat intermédiaire et la fabrication de seconds résonateurs (RT_{i2}) sur un second substrat intermédiaire ;
- des découpes unitaires de premières et de secondes puces comportant respectivement les premiers et seconds résonateurs à partir desdits substrats intermédiaires
- 10 - l'assemblage en boîtier individuel des premières puces et des secondes puces dans des boîtiers individuels
- l'appariement d'une première et d'une seconde puces mises au préalable en boîtier.

4. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, 15 caractérisé en ce que l'étape d'appariement est effectuée par mesure des fréquences de résonance.

5. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de stabilisation en température des 20 premiers et seconds résonateurs.

6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les résonateurs sont réalisés sur un substrat intermédiaire en quartz. 25

7. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le capteur est un capteur de température.

8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 30 précédentes, caractérisé en ce que les premiers résonateurs sont orientés sur le premier substrat intermédiaire selon une première direction, les seconds résonateurs sont orientés sur le second substrat intermédiaire selon une seconde direction, lesdites directions correspondant aux directions de propagation des ondes de surface, et ce de manière à ce que la première 35 direction fasse un angle non nul avec la seconde direction.

9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les premiers résonateurs et seconds résonateurs sont réalisés à la surface d'un premier et d'un second substrats intermédiaires de coupe cristalline différente, les directions de propagation des ondes de surface étant identiques sur les deux substrats intermédiaires.

10. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les résonateurs sont de type résonateurs à ondes de surface

11. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les résonateurs sont de type résonateurs à ondes de volume

1/4

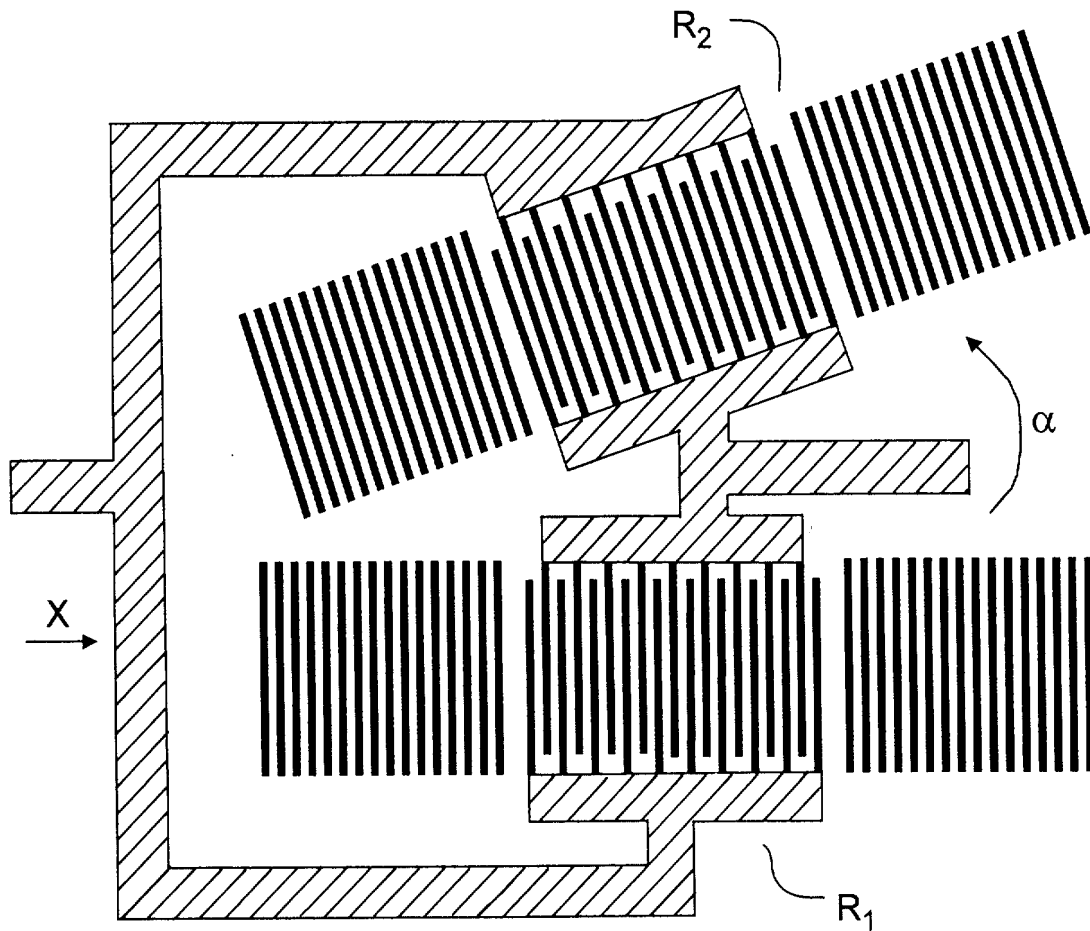


FIG.1

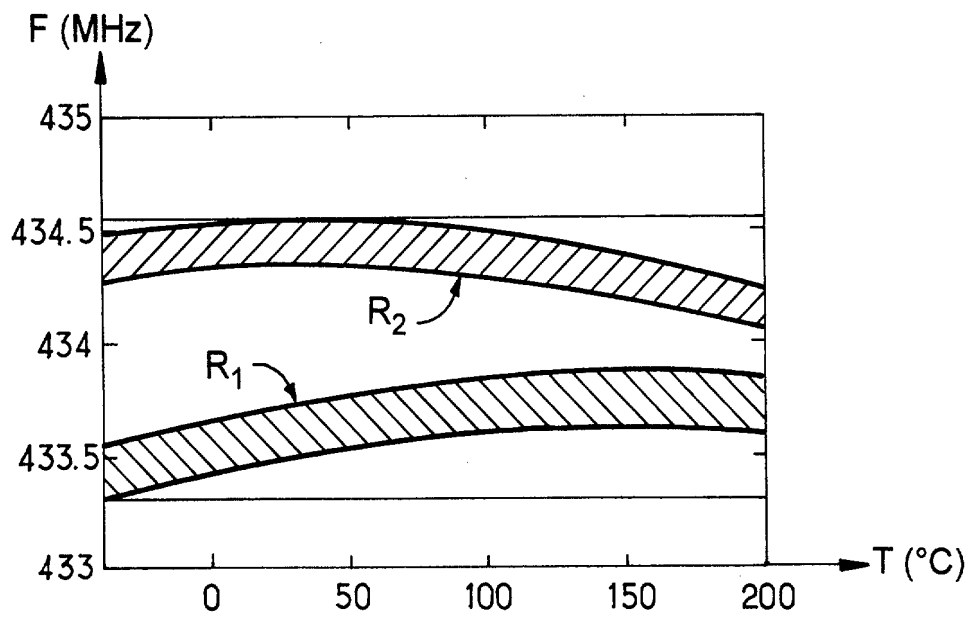


FIG.2

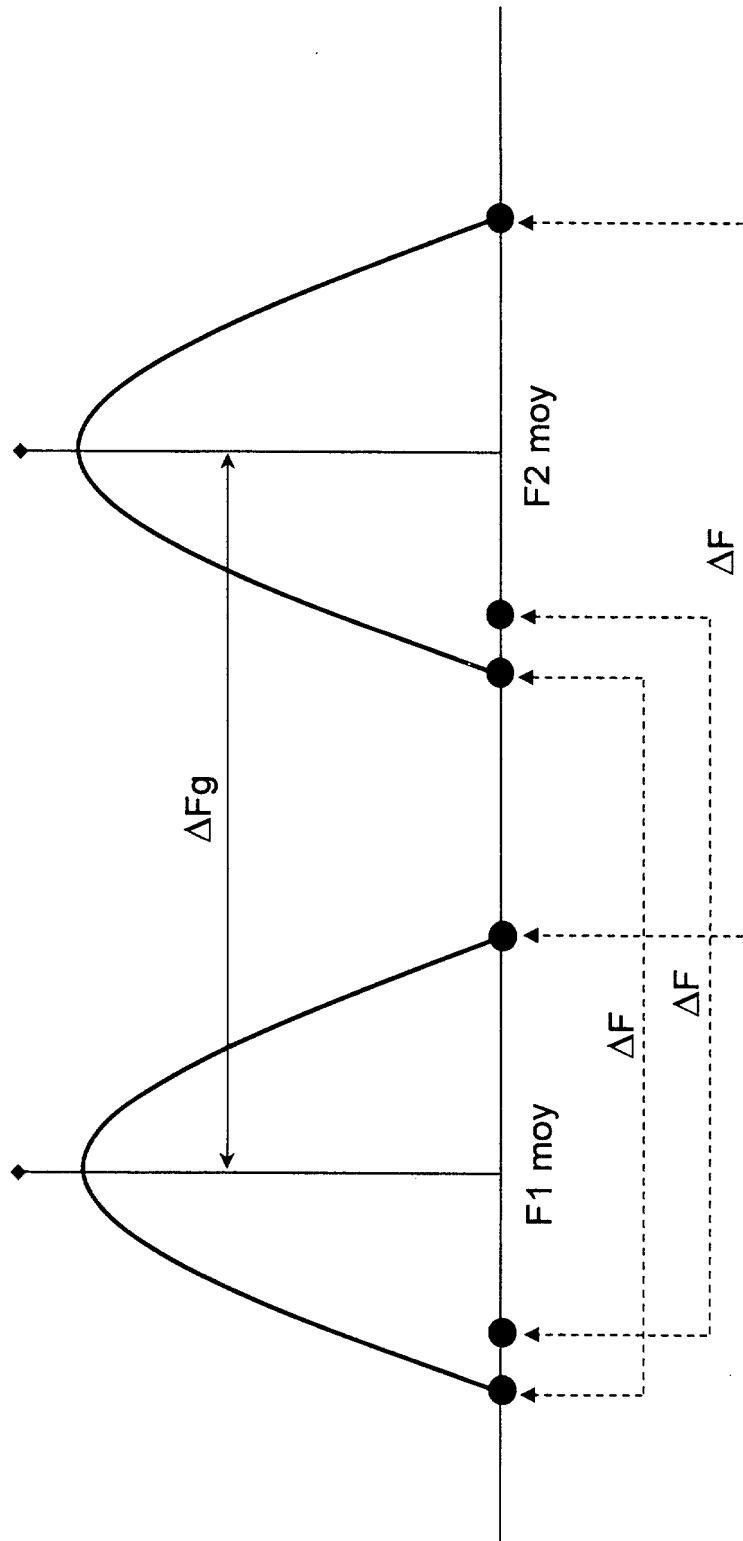


FIG.3

3/4

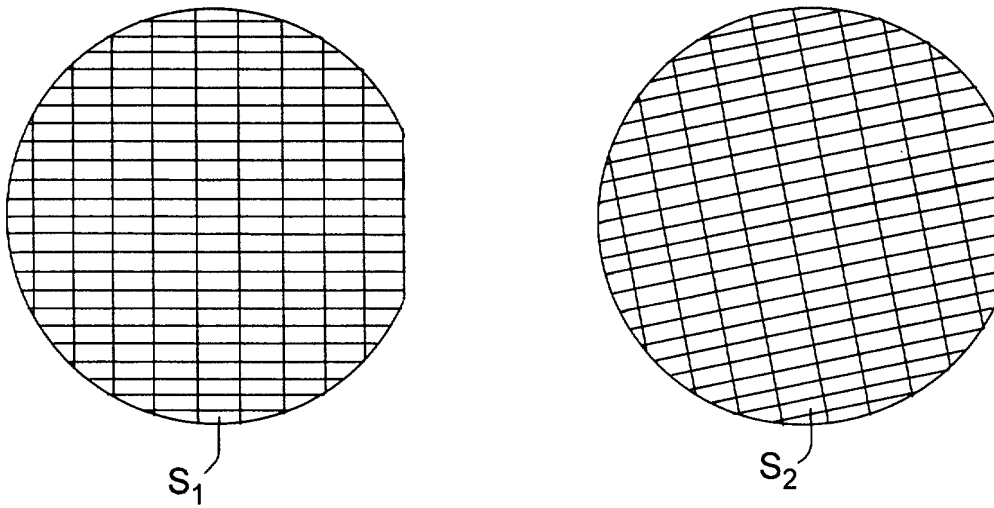


FIG.4

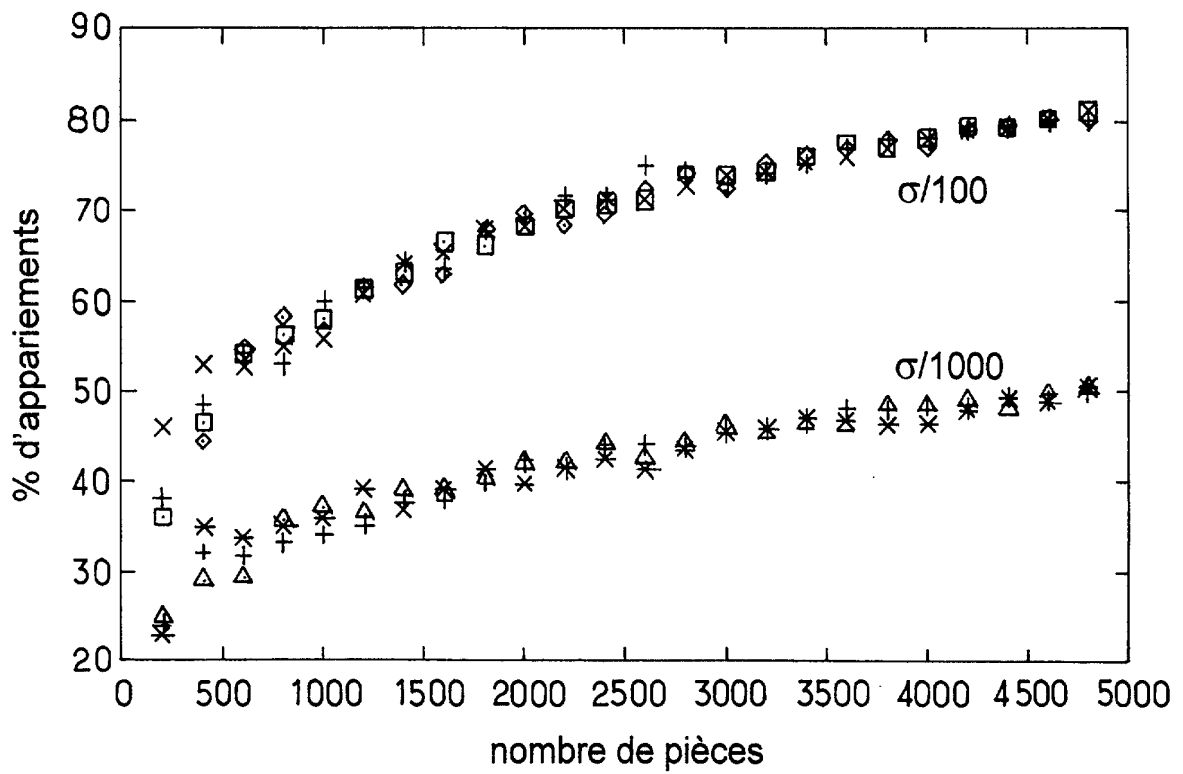


FIG.5

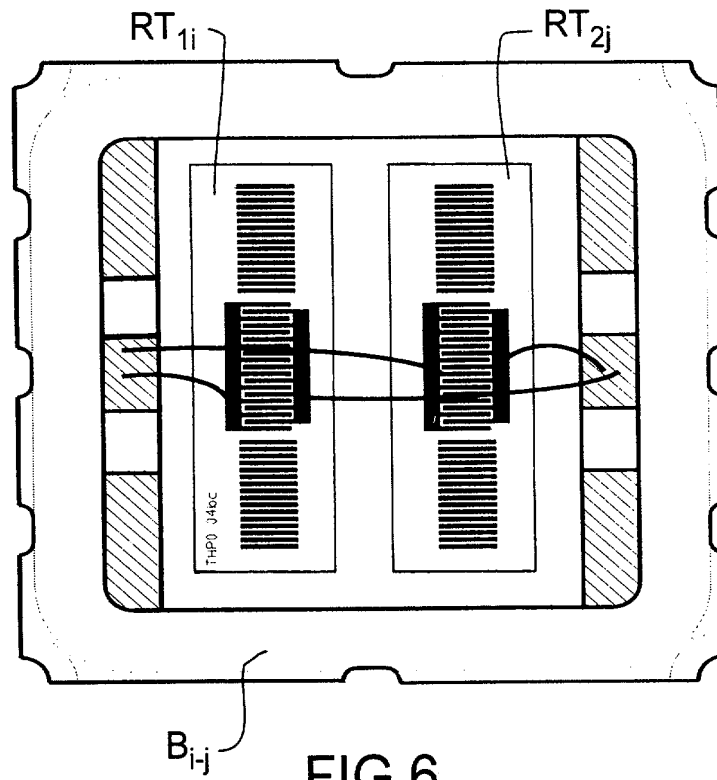


FIG. 6

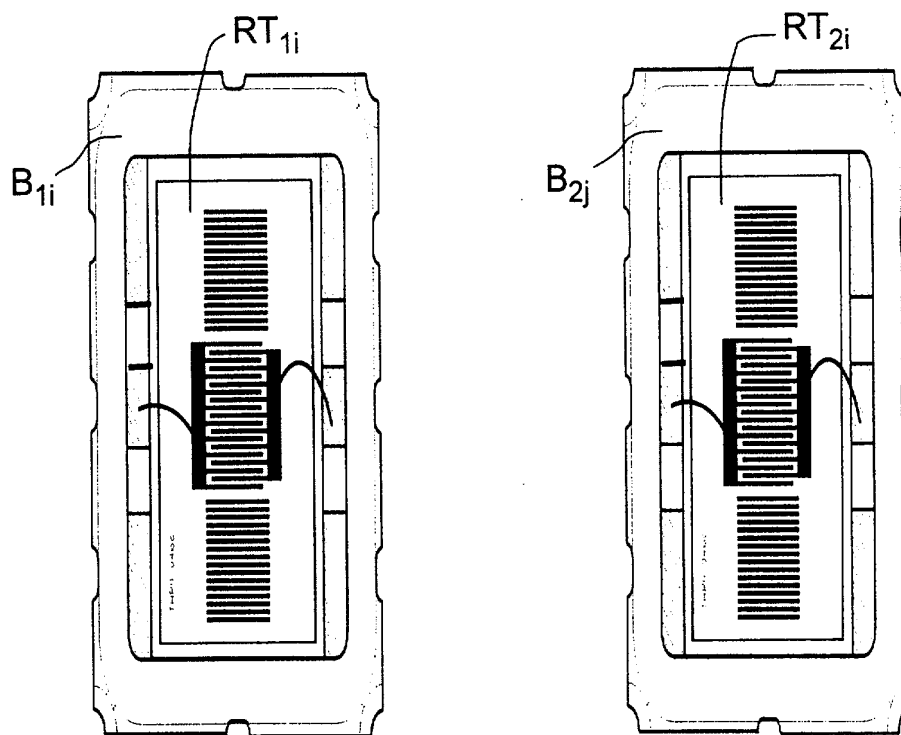


FIG. 7



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FR 687675
FR 0609076

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	WO 2005/103639 A (HONEYWELL INT INC) 3 novembre 2005 (2005-11-03) * le document en entier * -----	1-11	H03H3/08 G08C17/02 G01K7/32
A,D	BUFF W. ET AL: "Universal pressure and temperature SAW sensor for wireless applications" ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS, vol. 1, 1997, pages 359-362, XP002435990 * le document en entier * -----	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01K G01D H03H G01L
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		4 juin 2007	Barthélemy, Matthieu
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 3

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0609076 FA 687675**

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 **04-06-2007**

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
WO 2005103639 A	03-11-2005	EP 1738147 A1	03-01-2007
		US 2005231067 A1	20-10-2005
