

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 951 027

②1 N° d'enregistrement national : **09 56872**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 L 41/22** (2006.01), **H 03 H 9/15**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 01.10.09.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 08.04.11 Bulletin 11/14.

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) : **STMICROELECTRONICS SA**
Société anonyme — FR.

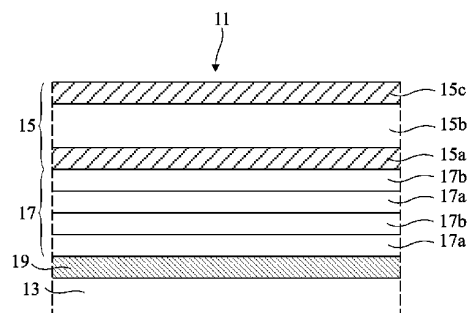
⑦2 Inventeur(s) : **BAR PIERRE, JOBLOT SYLVAIN,
PETIT DAVID et CARPENTIER JEAN-FRANCOIS.**

⑦3 Titulaire(s) : **STMICROELECTRONICS SA** Société
anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : **CABINET BEAUMONT.**

⑤4 **RESONATEUR PIEZOELECTRIQUE ISOLE DES PERTURBATIONS DU SUBSTRAT.**

⑤7 L'invention concerne un résonateur BAW (11) comportant, entre un résonateur piézoélectrique (15) et un substrat (13): un miroir de Bragg (17) comprenant une alternance de couches de tungstène (7a) et de couches d'oxyde de silicium (7b); et du côté du substrat, au moins une couche (19) en un premier matériau absorbant pour les ondes acoustiques et présentant une impédance acoustique inférieure à celle du tungstène.



FR 2 951 027 - A1



RÉSONATEUR PIÉZOÉLECTRIQUE ISOLÉ DES PERTURBATIONS DU SUBSTRATDomaine de l'invention

La présente invention concerne un résonateur à ondes acoustiques de volume, couramment désigné dans la technique par le terme résonateur BAW, de l'anglais "Bulk Acoustic Wave".

5 Exposé de l'art antérieur

Un résonateur BAW comporte un coeur résonnant, ou résonateur piézoélectrique, constitué de deux électrodes entre lesquelles est disposée une couche en un matériau piézoélectrique. Lorsqu'un champ électrique est appliqué à la
10 couche piézoélectrique par application d'une différence de potentiels entre les électrodes, il en résulte une perturbation mécanique sous la forme d'ondes acoustiques. Ces ondes se propagent dans le résonateur. La résonance fondamentale s'établit lorsque la longueur d'onde acoustique dans le matériau
15 piézoélectrique correspond sensiblement à deux fois l'épaisseur de la couche piézoélectrique.

Les résonateurs BAW sont couramment formés au dessus d'un substrat, par exemple sur une tranche de silicium. On prévoit alors un dispositif d'isolation acoustique entre le
20 coeur résonnant et le substrat pour éviter la déperdition des ondes acoustiques dans le substrat. Il existe principalement deux types de résonateurs BAW : les résonateurs BAW suspendus

sur une membrane, et les résonateurs BAW disposant d'un réflecteur acoustique.

Les résonateurs BAW suspendus sur une membrane, plus connus sous le nom de FBAR (de l'anglais "Film Bulk Acoustic Wave Resonator") ou TFR (de l'anglais "Thin Film Resonator"), comprennent une cavité d'air entre le coeur résonnant et le substrat. Il est donc prévu une cavité dans le substrat.

Les résonateurs BAW disposant d'un réflecteur acoustique, plus connus sous le nom SMR (de l'anglais "Solidly Mounted Resonator"), sont isolés du substrat par un miroir de Bragg. Ils présentent une structure plus robuste et mieux adaptée aux procédés de fabrication traditionnels.

On s'intéresse ici aux résonateurs BAW à miroir de Bragg.

La figure 1 est une vue en coupe représentant de façon schématique un résonateur BAW 1 à miroir de Bragg formé sur un substrat 3. Bien que la figure 1 représente un résonateur unique, dans la pratique, de nombreux résonateurs sont formés simultanément sur une même tranche de substrat.

Le résonateur 1 comprend un résonateur piézoélectrique 5 constitué de l'empilement d'une électrode inférieure 5a, d'une couche 5b d'un matériau piézoélectrique et d'une électrode supérieure 5c. A titre d'exemple, le matériau piézoélectrique peut être du nitrure d'aluminium, du titano zirconate de plomb (PZT) ou de l'oxyde de zinc, et les électrodes 5a et 5c peuvent être en molybdène, en tungstène ou en aluminium.

Une structure d'isolation 7, par exemple un miroir de Bragg, fait interface entre le résonateur piézoélectrique 5 et le substrat 3. Le réflecteur 7 consiste en un empilement alterné de couches 7a en un matériau à haute impédance acoustique et de couches 7b en un matériau à faible impédance acoustique.

L'épaisseur de chaque couche 7a, 7b, est choisie sensiblement égale au quart de la longueur d'onde acoustique de résonance dans le matériau qui la compose. La qualité de l'isolation acoustique augmente avec le nombre de couches 7a, 7b

de l'empilement alterné. Dans la pratique, on utilise fréquemment des réflecteurs à 4 couches.

On a proposé de réaliser les couches 7a en nitrure de silicium et les couches 7b en oxycarbure de silicium. Toutefois, un inconvénient de ce couple de matériaux est que l'oxycarbure de silicium est absorbant pour les ondes acoustiques. Il en résulte une forte atténuation acoustique due à la présence de ce matériau sur le chemin des ondes acoustiques, ce qui contribue à altérer les performances électriques du résonateur.

Un autre choix, largement répandu, consiste à réaliser les couches 7a en tungstène et les couches 7b en oxyde de silicium. Un tel miroir de Bragg offre de bonnes propriétés réfléchissantes (le contraste d'impédances acoustiques entre les matériaux est élevé) et n'entraîne que peu de pertes par absorption.

Dans la pratique, l'isolation acoustique réalisée par un miroir de Bragg n'est pas parfaite. Une partie de l'énergie portée par les ondes acoustiques traverse le miroir de Bragg et génère sur la réponse électrique du résonateur des résonances acoustiques parasites réfléchies par la face arrière du substrat.

Cette fuite d'ondes vers le substrat résulte du fait que le miroir de Bragg n'est inévitablement pas un miroir idéal. Notamment, en raison des dimensions latérales limitées, il s'y développe des modes transverses. On a alors recours à divers compromis pour minimiser ces modes transverses et les épaisseurs des couches 7a, 7b ne correspondent plus exactement au quart de la longueur d'onde de résonance du mode longitudinal (perpendiculaire au plan des couches du miroir). De même, l'optimisation du comportement en température du résonateur peut conduire à modifier l'épaisseur de certaines couches. Ces ajustements des couches du miroir de Bragg se font au détriment de l'efficacité du miroir pour isoler le mode longitudinal.

Un inconvénient majeur de cette fuite d'ondes vers le substrat est qu'elle entraîne des phénomènes de résonances

parasites dans le substrat. Ces résonances parasites influent sur la réponse électrique du résonateur et notamment sur son facteur de qualité et sa dérive en température.

Les fréquences de résonance de ces phénomènes parasites sont fortement dépendantes de l'épaisseur du substrat et varient à l'échelle d'une tranche semiconductrice. A une fréquence donnée, les facteurs de qualité impactés par ces phénomènes ne sont donc pas les mêmes pour tous les résonateurs BAW fabriqués à partir d'une même tranche. A titre d'exemple, pour des fréquences de résonance de l'ordre de 2,5 GHz, les fuites d'ondes vers le substrat peuvent entraîner une déviation de la fréquence de résonance (parallèle) de l'ordre de 1 MHz entre des résonateurs BAW fabriqués à partir d'une même tranche et a fortiori à partir de tranches différentes.

Par ailleurs, les phénomènes de résonances parasites dans le substrat sont fortement dépendants de la température. Il en résulte d'une part que le comportement en température du résonateur est influencé par ces phénomènes et, d'autre part, que le comportement en température diffère d'un résonateur à un autre pour des résonateurs BAW fabriqués à partir d'une même tranche de substrat. De telles dispersions sont notamment critiques pour la réalisation d'oscillateurs de référence à base de résonateur BAW.

Résumé

Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients des résonateurs BAW à miroir de Bragg classiques.

Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer un résonateur BAW à miroir de Bragg ne présentant pas ou peu de fuites d'ondes acoustiques dans le substrat.

Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer un résonateur BAW à miroir de Bragg présentant un bon facteur de qualité.

Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer un résonateur BAW à miroir de Bragg comportant une réponse électrique et un facteur de qualité isolés des effets des résonances parasites du substrat.

5 Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer un résonateur BAW à miroir de Bragg comportant une réponse électrique et une dérive en température peu dispersées à l'échelle d'une même tranche de substrat.

10 Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer un tel résonateur facile à réaliser.

Ainsi, un mode de réalisation de la présente invention prévoit un résonateur BAW comportant, entre un résonateur piézoélectrique et un substrat, un miroir de Bragg comprenant une alternance de couches de tungstène et de couches d'oxyde de
15 silicium et, du côté du substrat, au moins une couche en un premier matériau absorbant pour les ondes acoustiques et présentant une impédance acoustique inférieure à celle du tungstène.

20 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le premier matériau absorbant est un matériau diélectrique.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le premier matériau absorbant est de l'oxycarbure de silicium.

25 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le résonateur BAW comprend, entre le substrat et la couche en un premier matériau absorbant, une couche en un second matériau absorbant présentant une forte impédance acoustique par rapport au premier matériau absorbant.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le second matériau absorbant est de l'aluminium.

30 Selon un mode de réalisation de la présente invention, les épaisseurs de la couche en un premier matériau absorbant et de la couche en un second matériau absorbant présentant une forte impédance acoustique par rapport à la couche en un matériau absorbant sont sensiblement égales au quart de la

longueur d'onde de résonance acoustique dudit résonateur BAW dans les matériaux qui les composent.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le premier matériau absorbant est un polymère absorbant.

5 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le premier matériau absorbant est un matériau poreux.

Brève description des dessins

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, précédemment décrite, est une vue en coupe représentant de façon schématique un résonateur BAW à miroir de Bragg ;

15 la figure 2 est une vue en coupe dans le même plan que la figure 1 représentant de façon schématique un exemple d'un résonateur BAW disposant d'une forte isolation acoustique ; et

la figure 3 est une vue en coupe dans le même plan que la figure 2 représentant un autre exemple d'un résonateur BAW à miroir de Bragg disposant d'une forte isolation acoustique.

Description détaillée

Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, comme cela est habituel dans la représentation des microcomposants, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle.

La figure 2 est une vue en coupe dans le même plan que la figure 1 représentant de façon schématique un exemple de réalisation d'un résonateur BAW 11 à miroir de Bragg formé sur un substrat 13.

Le résonateur 11 comprend un résonateur piézoélectrique 15 constitué de l'empilement d'une électrode inférieure 15a, d'une couche 15b d'un matériau piézoélectrique, et d'une électrode supérieure 15c.

Un miroir de Bragg 17 est disposé entre le résonateur piézoélectrique 15 et le substrat 13. Le miroir de Bragg 17 consiste en un empilement alterné de couches 17a en un matériau à haute impédance acoustique et de couches 17b en un matériau à faible impédance acoustique. Selon un mode de réalisation préféré, les couches 17a et 17b du miroir de Bragg sont respectivement en tungstène et en oxyde de silicium.

On prévoit, entre le substrat 13 et le miroir de Bragg 17, une couche 19 en un matériau absorbant pour les ondes acoustiques, par exemple un matériau poreux, de l'oxycarbure de silicium ou silicium poreux, ou un polymère absorbant tel que le benzocyclobutène (BCB), si la technologie le permet, ou SiLK. On choisira de préférence pour la couche 19 un matériau présentant une faible impédance acoustique par rapport au matériau des couches 17a (par exemple le tungstène). Ceci permet d'obtenir une bonne réflexion des ondes acoustiques à l'interface avec le miroir de Bragg 17. L'épaisseur de la couche 19 est choisie sensiblement égale au quart de la longueur d'onde de la résonance acoustique du résonateur dans le matériau qui la compose.

Selon un avantage du mode de réalisation proposé, les fuites d'ondes vers le substrat sont diminuées par rapport aux résonateurs BAW à miroir de Bragg classiques. En effet, l'énergie de l'onde acoustique qui traverse le miroir de Bragg 17 est en grande partie atténuée par la couche 19. Ainsi, cette couche contribue à limiter l'amplitude des résonances du substrat.

Selon un avantage du mode de réalisation proposé, la prévision d'un miroir de Bragg en tungstène et en oxyde de silicium permet que la majeure partie de l'énergie acoustique soit maintenue au sein du résonateur sans atténuation. Par contre, les modes latéraux non réfléchis par le miroir de Bragg sont en grande partie absorbés par la couche 19.

La figure 3 est une vue en coupe dans le même plan que la figure 2 représentant de façon schématique un autre exemple de réalisation d'un résonateur BAW 21 à miroir de Bragg.

Le résonateur BAW 21 est identique au résonateur BAW 11 de la figure 2, à la différence qu'à la place de la couche absorbante 19, il est prévu, entre le miroir de Bragg 17 et le substrat 13, un étage absorbant et réfléchissant 29 comportant deux couches 29a et 29b. La couche 29b, disposée du côté du miroir de Bragg 17, est réalisée en un matériau absorbant pour les ondes acoustiques, par exemple de l'oxycarbure de silicium. La couche 29a, disposée du côté du substrat 13, est réalisée en un matériau présentant une forte atténuation acoustique et une impédance acoustique supérieure à celle de la couche 29b, par exemple de l'aluminium. L'épaisseur des couches 29a et 29b est choisie sensiblement égale au quart de la longueur d'onde acoustique de résonance du résonateur dans le matériau qui les compose.

Selon un avantage de cette variante de réalisation, la réflexion de l'onde acoustique vers le coeur résonant est sensiblement améliorée.

De plus, grâce au fort contraste d'impédance acoustique entre les couches 29a et 29b et au choix adapté des épaisseurs des couches 29a et 29b, la faible partie de la puissance acoustique qui traverse la couche 29b est réfléchie vers l'intérieur du résonateur.

Selon un avantage des modes de réalisation décrits en relation avec les figures 2 et 3, les propriétés électriques et notamment le facteur de qualité des résonateurs BAW ne sont pas dégradées par rapport aux résonateurs BAW classiques.

De plus, les résonateurs BAW proposés peuvent être réalisés en utilisant les procédés de fabrication usuels des résonateurs BAW.

Des modes de réalisation particuliers de la présente invention ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, l'invention ne

se limite pas à l'utilisation de l'oxycarbure de silicium pour réaliser la couche absorbante entre le miroir de Bragg et le substrat. L'homme de l'art saura utiliser d'autres matériaux absorbant pour les ondes acoustiques et présentant une impédance
5 acoustique adaptée.

Par ailleurs, le fonctionnement des résonateurs BAW a été décrit ci-dessus de façon très simplifiée. La présente invention ne se limite pas à cette description. En particulier, d'autres couches pourront être prévues dans l'empilement de
10 couches formant le résonateur BAW. On pourra notamment prévoir une couche adaptée à compenser les variations de la fréquence de résonance liées aux variations de la température.

REVENDICATIONS

1. Résonateur BAW (11 ; 21) comportant, entre un résonateur piézoélectrique (15) et un substrat (13) :

un miroir de Bragg (17) comprenant une alternance de couches de tungstène (7a) et de couches d'oxyde de silicium (7b)

5 ; et

du côté du substrat, au moins une couche (19 ; 29b) en un premier matériau absorbant pour les ondes acoustiques et présentant une impédance acoustique inférieure à celle du tungstène.

10 2. Résonateur BAW selon la revendication 1, dans lequel le premier matériau absorbant est un matériau diélectrique.

3. Résonateur BAW selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier matériau absorbant est de l'oxycarbure de
15 silicium.

4. Résonateur BAW selon la revendication 3, comprenant, entre le substrat (13) et ladite au moins une couche en un premier matériau absorbant (29b), une couche (29a) en un second matériau absorbant présentant une forte impédance
20 acoustique par rapport au premier matériau absorbant.

5. Résonateur BAW selon la revendication 4, dans lequel le second matériau absorbant est de l'aluminium.

6. Résonateur BAW selon la revendication 4 ou 5, dans lequel les épaisseurs de ladite couche (29b) en un premier
25 matériau absorbant et de ladite couche (29a) en un second matériau absorbant présentant une forte impédance acoustique par rapport à la couche en un matériau absorbant, sont sensiblement égales au quart de la longueur d'onde de résonance acoustique dudit résonateur BAW dans les matériaux qui les composent.

30 7. Résonateur BAW selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier matériau absorbant est un polymère absorbant.

8. Résonateur BAW selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier matériau absorbant est un matériau poreux.

1/1

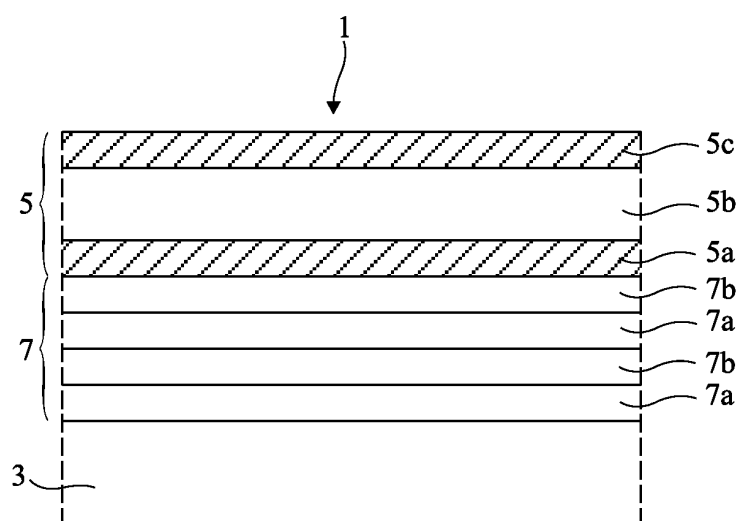


Fig 1

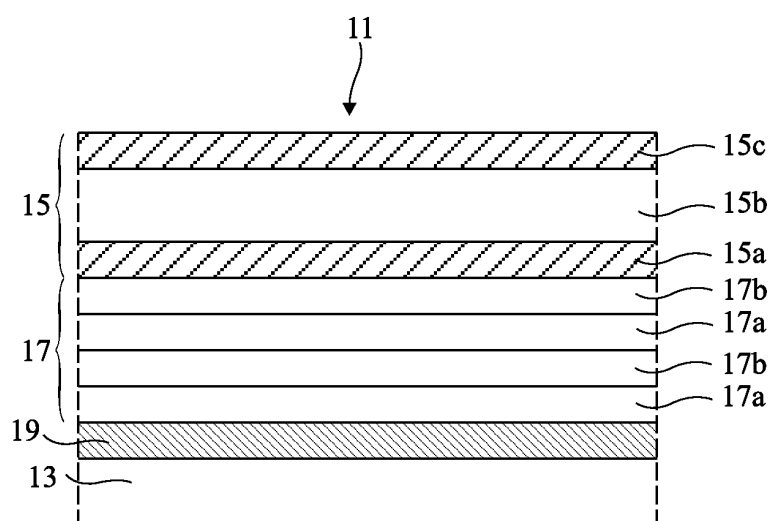


Fig 2

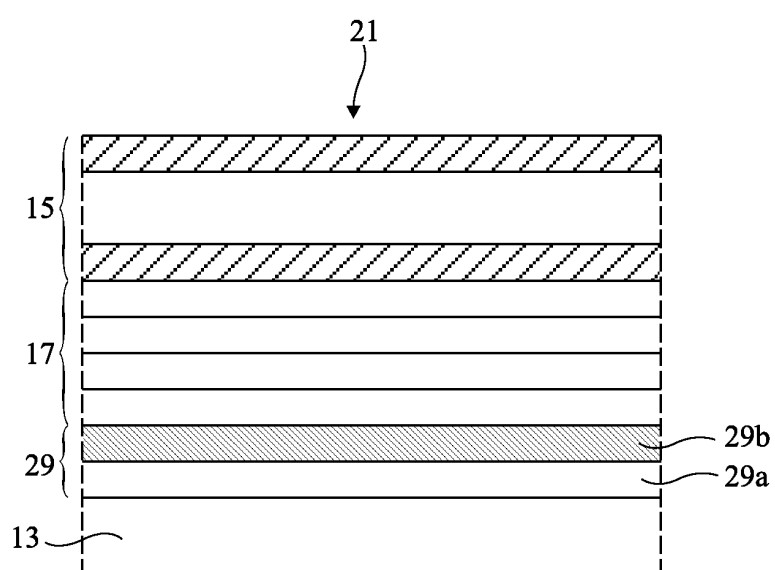


Fig 3



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 727227
FR 0956872

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 2008/204857 A1 (GODSHALK ED [US] ET AL) 28 août 2008 (2008-08-28) * alinéa [0042] - alinéa [0057]; figure 2 *	1-8	H01L41/22 H03H9/15
X	US 2002/089393 A1 (TIKKA PASI [FI] ET AL) 11 juillet 2002 (2002-07-11) * figure 4 *	1-3,7,8	
A		4-6	
A	DE 10 2005 061344 A1 (EPCOS AG [DE]) 28 juin 2007 (2007-06-28) * le document en entier *	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H03H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 juin 2010		Lecoutre, Renaud	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0956872 FA 727227

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 **04-06-2010**
 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 2008204857 A1	28-08-2008	US 2010123948 A1	20-05-2010

US 2002089393 A1	11-07-2002	AT 400085 T	15-07-2008
		EP 1225695 A2	24-07-2002
		JP 4171214 B2	22-10-2008
		JP 2002268644 A	20-09-2002

DE 102005061344 A1	28-06-2007	WO 2007071233 A1	28-06-2007
		JP 2009521141 T	28-05-2009
		US 2009002098 A1	01-01-2009
