

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

28
11 N° de publication :

2 876 180

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

04 52276

51 Int Cl⁸ : G 01 C 19/56 (2006.01), G 01 P 9/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 06.10.04.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.04.06 Bulletin 06/14.

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) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE Etablissement public à caractère scientifique
technique et industriel — FR.

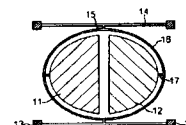
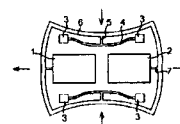
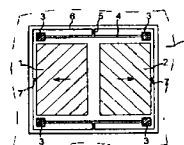
72 Inventeur(s) : DELEVOYE ELISABETH.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : BREVATOME.

54 RESONATEUR A MASSES OSCILLANTES.

57 Les poutres de suspension et de couplage (14, 15, 16,
17) de masses oscillantes (11, 12) dans un engin servant
par exemple de gyromètre et comprenant des masses (11,
12) oscillantes forment un réseau unique et continu qui per-
met une construction compacte de l'engin. De préférence,
une poutre de jonction (16) entoure les deux masses.



FR 2 876 180 - A1



RESONATEUR A MASSES OSCILLANTES

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

Le sujet de l'invention est un résonateur à
5 masses oscillantes.

Ce genre d'engin est couramment fabriqué
par des techniques de micromécanique et s'emploie dans
les accéléromètres et plus précisément les gyromètres.
Il comprend essentiellement deux masses oscillantes
10 liées à un substrat par une structure élastique ainsi
que des moyens pour mettre en oscillation les masses et
des moyens de mesure des oscillations. Si les masses
oscillent dans une direction et que l'objet sur lequel
le résonateur est placé tourne autour d'une deuxième
15 direction, les forces de Coriolis produisent un
déplacement des masses dans la troisième direction
principale, perpendiculairement aux précédentes. C'est
ce déplacement qui est mesuré. Son amplitude permet de
déduire la vitesse de rotation à laquelle le résonateur
20 est soumis.

Les déplacements dans la troisième
direction sont généralement mesurés par l'intermédiaire
du changement de capacité entre des électrodes placées
sous les masses oscillantes et sur le substrat. Dans le
25 cas apprécié en pratique d'une paire de masses dont on
commande les oscillations en opposition de phase,
c'est-à-dire dans des sens opposés, les déplacements
dans la direction de mesure et les variations de
capacité sont opposés de sorte qu'une mesure

différentielle permet de cumuler les deux variations de capacité associées à chacune des masses tout en s'affranchissant de certaines erreurs de mesure, provenant par exemple d'un déplacement d'ensemble des masses par rapport au substrat.

Le déplacement oscillant des masses est rendu possible par de fines structures, appelées poutres, par lesquelles les masses sont suspendues au substrat et qui ont la capacité de fléchir facilement de façon élastique dans la direction des oscillations. Certains résonateurs perfectionnés comprennent encore d'autres poutres de nature analogue, qui sont des poutres de couplage et relient les masses entre elles, et parfois encore au substrat. Ces poutres de couplage sont disposées de façon à se déformer facilement quand les masses oscillent dans la relation de phase souhaitée, mais à opposer une grande raideur aux oscillations dans d'autres relations de phase, afin de favoriser les oscillations dans la relation de phase souhaitée et de diminuer ainsi les conséquences d'un défaut de synchronisation des oscillations sur les mesures.

Le document US 5,635,638 A décrit un tel résonateur. Les moyens de mise en oscillation sont des excitateurs électriques placés derrière les masses oscillantes. Les poutres de suspension sont aussi disposées à l'arrière des masses oscillantes et s'étendent perpendiculairement à la direction principale d'oscillation de façon à fléchir le plus facilement dans cette direction. Les poutres de couplage comprennent des poutres en arc de cercle

joignant les faces antérieures des deux masses et reliées par leurs milieux à d'autres poutres jointes par leurs extrémités au substrat et qui s'étendent dans la direction d'oscillation. L'opposition de phase du
5 mouvement des masses produit une flexion simple des poutres en arc et des poutres reliées au substrat, alors qu'un mouvement en phase des masses produit une traction et une compression presque sans déplacement des poutres reliées au substrat et des flexions en
10 modes complexes. Le système de poutres de couplage est donc beaucoup plus rigide pour des oscillations en phase et ne les laisse pas facilement apparaître.

Certains inconvénients des systèmes connus consistent en ce que les poutres forment un dessin
15 complexe et sensible aux incertitudes de fabrication et aux autres déformations, et, malgré ce qu'on recherche, sujettes à un degré assez important à des déformations associées à des relations de phase non désirées. On peut aussi remarquer que des mouvements d'oscillation
20 importants nécessitent des poutres longues qui s'étendent donc loin des masses, notamment dans la direction perpendiculaire à la direction principale d'oscillation, et donnent un encombrement important au résonateur.

25 L'objet de l'invention est d'offrir un résonateur à la structure de poutres plus simple, moins encombrante et où le couplage entre les oscillations des masses est bien réalisé pour une relation de phase unique et déterminée.

30 D'après l'invention, les poutres de suspension sont toutes connectées aux masses par

l'intermédiaire des poutres de couplage. Cela implique qu'il existe un chemin menant de chaque point d'ancrage des poutres au substrat à chacune des masses, en empruntant le réseau de poutres alors que dans la
5 conception antérieure, les poutres de suspension proprement dites sont toujours séparées des poutres de couplage et mènent directement à une seule masse en général.

Le réseau de poutres ainsi obtenu présente
10 généralement deux axes de symétrie, dans la direction principale des oscillations et dans une direction perpendiculaire à la précédente, mais elle aussi parallèle au substrat. Dans la réalisation principalement envisagée, le réseau de poutres de
15 suspension et de poutres de couplage est unique et continu et comprend des poutres d'attache au substrat, des poutres d'attache aux masses, et, de façon plus particulièrement remarquable, une poutre de jonction s'étendant sur une ligne fermée à laquelle toutes les
20 poutres d'attache se raccordent. Les déformations élastiques produites aux oscillations se concentrent essentiellement sur la poutre de jonction ; elle est favorablement courbe afin de ne pas produire de concentration de contraintes. Dans des réalisations
25 avantageuses, elle est disposée autour des deux masses ; si celles-ci ont une forme de demi-lune, avec des côtés opposés rectilignes et des côtés courbes opposés à la poutre de jonction, un résonateur d'une grande compacité est obtenu.

30 Les poutres d'attache au substrat peuvent comprendre des poutres d'ancrage, s'étendant

globalement dans la direction d'alignement des masses entre deux régions d'attache au substrat, et des poutres de liaison perpendiculaires aux poutres d'ancrage et se joignant aux poutres d'ancrage à mi-distance des régions d'attache. Cette disposition tend à diminuer les oscillations produites dans la direction perpendiculaire à la direction principale.

Les éléments de mise en oscillation peuvent être placés entre la poutre de jonction entourant les masses et les masses elles-mêmes, ce qui concourt à la compacité recherchée.

Le substrat peut comporter un cadre de découplage entourant les masses, les moyens de mise en oscillation et les poutres, qui est fixé à une portion sous-jacente du substrat par deux régions d'ancrage de cadre alignées dans une direction principale d'oscillation des masses. Si les poutres d'attache aux masses sont alors situées en alignement avec les régions d'ancrage du cadre, le cadre et la poutre de jonction peuvent être conçus pour former des butées devant les régions d'ancrage de cadre ; et si les masses oscillantes possèdent des côtés opposés conçus pour former une butée mutuelle, les mouvements d'oscillation des masses peuvent être limités de cette façon.

Selon d'autres variantes avantageuses de réalisation, les masses s'étendent entre les éléments de mise en oscillation et possèdent des côtés opposés entre eux qui sont munis de peignes électriques imbriqués. On verra que cette disposition renforce la stabilité du mouvement oscillant.

Selon d'autres considérations, les masses peuvent être chacune composées de deux sous-masses placées symétriquement à une direction principale d'oscillation des masses, et les poutres de couplage comprennent pour chacune des masses un sous-ensemble de poutres s'étendant entre les sous-masses et comprenant deux poutres reliées respectivement aux sous-masses et à une poutre d'interconnexion, les poutres reliées aux sous-masses s'étendant dans une direction d'oscillation principale des masses. Les sous-masses peuvent alors osciller mutuellement dans une direction se mouvoir perpendiculaire à la direction principale d'oscillation et fournir un accéléromètre à deux axes de mesure. Les poutres de couplage peuvent avantageusement s'étendre le long de poutres rigides (au moins dans la gamme de fréquences considérées) s'étendant chacune autour d'une masse et portant des éléments de moyens de mise en oscillation des masses. Les poutres rigides peuvent avantageusement s'étendre sur des lignes fermées et posséder des portions opposées entre elles munies de peignes électrostatiques imbriqués, communs aux deux masses au lieu que ces derniers soient placés autour des masses elles-mêmes comme dans d'autres réalisations moins compactes.

La mesure des oscillations dans la deuxième direction peut être effectuée avec des électrodes de mesure de capacité avec les masses, les électrodes étant fixées au substrat et disposées dans des logements des masses et ayant une forme dissymétrique dans une direction d'oscillation des masses. La forme

dissymétrique renforce la variation de capacité consécutive aux oscillations.

L'invention sera maintenant décrite en rapport aux figures suivantes qui illustrent certains modes de réalisation particuliers et préférés :

- la figure 1 est une vue d'une réalisation de l'invention,
- la figure 2 illustre les déformations de cette réalisation quand les masses oscillent,
- 10 - les figures 3, 4, 5, 6 et 7 illustrent d'autres réalisations de l'invention,
- la figure 8 est un agrandissement d'une partie de la figure 7,
- et la figure 9 illustre une autre façon
15 de conception électrodes de mesure.

La figure 1 représente ainsi un mode de réalisation particulièrement simple, où deux masses 1 et 2 disposées côte à côte sont reliées à des points d'ancrage 3 à un substrat 9 sous-jacent, non représenté
20 en détail et qui s'étend sous tout le dispositif. Les points d'ancrage 3 sont disposés en quadrilatère aux coins extérieurs des masses 1 et 2 par un réseau unique de poutres comprenant des poutres d'ancrage 4, au nombre de deux et reliées chacune à deux points
25 d'ancrage 3 respectifs en s'étendant parallèlement à l'alignement des masses 1 et 2, deux poutres d'attache 5 courtes, perpendiculaires aux précédentes et reliées à leurs milieux respectifs, une poutre de jonction 6 en forme de rectangle s'étendant autour des masses 1 et 2
30 et des points d'ancrage 3 et 4, et deux poutres d'attache aux masses 7 s'étendant entre la poutre de

jonction 6 et les masses 1 et 2, courtes, dont la direction coïncide avec l'alignement des masses 1 et 2 et qui s'étendent jusqu'aux faces postérieures des masses 1 et 2. Ce réseau de poutres assure à la fois la
5 suspension des masses 1 et 2 au substrat par des points d'ancrage 3, et le couplage des masses 1 et 2 entre elles : quand les masses 1 et 2 oscillent dans la direction principale d'oscillation (correspondant à la direction de l'alignement des masses) et en opposition
10 de phase, en s'approchant ou s'éloignant l'une de l'autre, le réseau de poutres se déforme comme représenté à la figure 2 : le rectangle de la poutre de jonction se déforme, deux côtés devenant convexes et les deux autres concaves, et les poutres d'ancrage 4 se
15 déforment sensiblement comme les côtés de la poutre de jonction 6 qui leur sont parallèles et adjacents. Les poutres d'attache 5 et 7 ne subissent presque pas de déformation. Ce système est souple pour les déformations représentées en opposition de phase, mais
20 beaucoup plus rigide pour des mouvements des masses en phase, dans le même sens, car les mouvements d'ensemble de la poutre de jonction 6 qui seraient proposés dans la direction d'oscillation sont rendus presque impossibles aux jonctions aux poutres d'attache 5.

25 Le réseau de poutres assure ainsi le couplage des masses 1 et 2 qui favorise la relation de phases d'oscillation qu'on souhaite.

La forme rectangulaire de la poutre de jonction 6 présente des angles dans lesquels des
30 concentrations de contraintes ou des déformations complexes peuvent se produire. Il est possible de lui

préférer une poutre de jonction courbe, comme celle de la figure 3, qui est disposée autour de deux masses 11 et 12 en demi-lune et qui présente une forme ovale, à volonté elliptique ou circulaire à volonté. Les points d'ancrage 13, les poutres d'ancrage 14, les poutres d'attache au substrat 15 et les poutres d'attache aux masses 17 ne sont pas modifiées par rapport à la réalisation précédente. Toutefois, les poutres d'ancrage 14 s'étendent ici à l'extérieur de la poutre de jonction 16, qui est donc proche des masses 11 et 12, qu'on façonne en forme de demi-lune pour améliorer la compacité de l'ensemble. Les côtés antérieurs des demi-lunes, opposés l'un à l'autre, sont plats, et leurs côtés postérieurs, opposés à la poutre de jonction 16 et reliés aux poutres d'attache 17 respectives, sont courbes et suivent le profil de la poutre de jonction 16 à peu de distance d'elle.

La figure 4 illustre une réalisation semblable à la figure 3, si ce n'est qu'on ne trouve pas à proprement parler de points d'ancrage 13 mais un cadre de découplage 18 qui est relié à un substrat sous-jacent 19 par des points d'ancrage 20 opposés et situés dans l'alignement des masses 11 et 12, à peu de distance de la poutre de jonction 16 et des poutres d'attache aux masses 17. Les masses 11 et 12 et les poutres sont logées dans un creux du cadre de découplage 18. Cette structure présente l'avantage d'un découplage plus grand entre le substrat 19 et le système oscillant.

Une variante de réalisation différente est représentée à la figure 5. La poutre de jonction 16 est

remplacée par une poutre 26 de jonction disposée entre les masses 21 et 22, qui peuvent sans inconvénient reprendre une forme de parallélépipède comme les masses 1 et 2 rencontrées au début. On retrouve le même réseau
5 de poutres d'ancrage et de poutres d'attache que précédemment, si ce n'est que les poutres d'attache aux masses, ici 27, se raccordent aux côtés antérieurs des masses 21 et 22. Ce système convient bien pour les fréquences élevées et les amplitudes de déplacement
10 faibles. La poutre de jonction 26 est arrondie, ovale, circulaire, elliptique, etc. comme la poutre de jonction 16.

Une description plus complète d'une réalisation simple de l'invention est faite au moyen de
15 la figure 6. On reconnaît les caractéristiques de la réalisation de la figure 4, avec notamment le cadre de découplage 18, la poutre de jonction courbe 16 et les masses en demi-lune 11 et 12. On a représenté les moyens de mise en oscillation, qui sont formés de façon
20 classique de peignes aux dents ou extensions 28 et 29 imbriquées, ou "interdigitées" d'après un terme courant dans l'art, et qui sont le siège de forces électriques d'attraction. Certaines des dents 28 sont placées sur la face postérieure des masses en demi-lune 11 et 12 et
25 les dents 29 complémentaires sont placées sur des éléments fixes 30 en forme d'arc, s'étendant entre les masses 11 et 12 et la poutre de jonction 16 jusqu'aux poutres d'attache aux masses 17 et retenues sur le substrat 19 par des points d'ancrage 31. Cette
30 disposition particulière permet de n'utiliser que peu de volume supplémentaire pour les éléments de mise en

oscillation et ne nuit donc pas à la compacité de l'engin. Les masses 11 et 12 sont munies d'autres extensions en forme de dents de peigne imbriquées les unes dans les autres à leurs faces antérieures. Elles
5 portent la référence 32. Les imbrications de ces peignes produisent des forces électrostatiques de stabilisation qui contrarient les mouvements non voulus des masses 11 et 12 perpendiculairement à la direction principale d'oscillation x, dans l'axe vertical y de la
10 figure. Les masses 11 et 12 sont strictement équilibrées de façon que leur axe principal d'inertie soit sur la ligne centrale d'alignement. Les extensions 28 et 32 sont notamment placées symétriquement de chaque côté de cette ligne. On préconise aussi que,
15 pour chaque masse 11 ou 12, les extensions 32 des côtés antérieurs soient dans le prolongement des extensions 28 des côtés postérieurs ; la somme des masse des éléments 28 et 17 en extension sur le côté postérieur des masses 11 et 12 oscillantes donne la même masse que
20 l'ensemble des extensions 32 situées sur le côté antérieur.

Si ces conditions sont appliquées, on observe que les masses oscillantes sont beaucoup moins sujettes à se déplacer perpendiculairement à la
25 direction d'oscillation par suite d'imperfections de fabrication et de contraintes externes ou internes.

Les poutres d'attache 15 et 17 sont ici dédoublées en deux éléments de poutres parallèles afin d'offrir une résistance meilleure à la torsion. On a
30 déjà remarqué que les poutres d'attache ne sont pas beaucoup déformables en raison de leur faible longueur,

et on souhaite d'ailleurs d'éviter leurs déformations, en particulier celles s'exprimant en dehors du plan de la figure, dans la troisième direction Z qui ne pourrait produire que des mouvements oscillatoires supplémentaires, nuisibles aux mesures.

Des butées de limitation du mouvement des masses 11 et 12 sont offertes par le contact des dents 32 avec la masse opposée, et, dans l'autre sens, par le contact de la poutre de jonction 16 se déformant contre le cadre de découplage 18 aux points d'ancrage 20. Ces mises en butée impliquent toujours des pièces au même potentiel électrique et ne perturbent donc pas le fonctionnement de l'engin.

On passe maintenant à la réalisation plus complexe de la figure 7. Les masses 11 et 12 monolithiques sont remplacées ici par des masses complexes 41 et 42 en forme générale de demi-lune. Toutefois, ces éléments oscillants sont ici composés de sous-masses 43 en quart de lune, au nombre de deux pour chacune des masses 41 et 42. Les masses 41 et 42 complexes sont entourées par des éléments de support 44 s'étendant sur une ligne fermée composée d'un diamètre et d'un demi-périmètre d'un cercle. Ces poutres comportent des dents 28 et 32 imbriquées semblables à celles de la réalisation précédente. Les poutres d'attache 17 s'étendent en se raccordant aux éléments de support 44 et ne sont plus attachées qu'indirectement aux masses 41 et 42. Les éléments de support 44 ressemblent à des poutres à contour fermé et peuvent être considérés comme des poutres de couplage,

mais sont sensiblement plus épaisses que les autres poutres, au point qu'elles ne se déforment presque pas.

Les poutres de support 44 appartiennent donc au réseau de poutres reliant les masses 41 et 42 oscillantes au substrat. Le réseau comprend encore des poutres s'étendant entre les sous-masses 43 en quart de lune, et plus précisément : deux poutres fléchissantes 45 dont les extrémités de chacune sont reliées à une sous-masse 43 respective et qui s'étendent dans la direction principale d'oscillation des masses 41 et 42, une poutre de liaison 46 joignant deux points opposés de l'élément de support 44 et s'étendant dans le prolongement des poutres d'attache 17, dans la direction principale d'oscillation entre une paire des poutres fléchissantes 45, et une poutre d'interconnexion 47, courte, orientée perpendiculairement à la direction principale d'oscillation et reliant la paire des poutres fléchissantes 45 à la poutre de connexion 46.

Un tel système peut être utilisé comme gyromètre à deux axes. Il comprend les possibilités des réalisations antérieures et permet en plus de mesurer les accélérations des forces de Coriolis s'exerçant dans la direction Y de l'engin et produisant une flexion des poutres fléchissantes 45.

Le dispositif de mesure est composé d'électrodes fixes 48 disposées dans des logements des sous-masses 43. Les électrodes fixes 48 permettent de mesurer les capacités électriques entre elles et les sous-masses 43. Quand les sous-masses 43 se déplacent, les électrodes fixes 48 s'approchent de certaines

portions de leur logement et s'éloignent d'autres, la capacité totale est modifiée en fonction des mouvements de sous-masses 43. Une mesure sensible peut être obtenue si les électrodes fixes 48 sont dissymétriques, par exemple crénelées d'un côté et lisses de l'autre. Dans le cas présent, le côté crénelé est orienté dans la direction perpendiculaire à la direction principale d'oscillation pour mesurer les mouvements des quarts de lune dans cette direction perpendiculaire.

10 Les électrodes fixes 48 sont disposées symétriquement au centre d'inertie des quarts de lune par rapport aux deux directions d'oscillation.

Les créneaux peuvent être de forme et d'ouverture variées. Un autre mode de réalisation des électrodes fixes consisterait à disposer deux électrodes plates 49 et 50 jumelées d'après la figure 9, et dont la capacité par rapport au logement 51 serait mesurée indépendamment. Le mouvement de la sous-masse 43 provoquerait une diminution d'une des capacités et une augmentation corrélative de l'autre. Une mesure des capacités par soustraction donnerait une évaluation sensible du mouvement.

Voici plus en détail la façon dont on peut se servir de la réalisation complexe des figures 7 et 8. Outre la détection habituelle de l'accélération angulaire dans la direction Y, elle se prête à la direction de l'accélération angulaire dans la troisième direction Z, encore au moyen des oscillations des masses dans la direction X. C'est alors le mouvement des masses 41 et 42 dans la direction Y qui est mesuré, en réponse aux forces de Coriolis engendrées dans cette

même direction. Pour chacune des masses 41 et 42, les variations totales de capacité enregistrées aux électrodes fixes 48 de chaque sous-masses totales 43 sont mesurées, et soustraites l'une de l'autre pour
5 obtenir un résultat plus important et une mesure plus fine, en raison des mouvements sensiblement égaux (antisymétriques) des sous-masses 43 combinés à la disposition symétrique des électrodes fixes 49 entre les sous-masses 43 de chaque masse 41 ou 42. La mesure
10 par soustraction élimine aussi l'effet d'une oscillation nuisible des sous-masses 43 dans la direction Y l'une par rapport à l'autre. Les mesures sur chacune des masses 41 et 42 doivent aussi donner des résultats opposés. Il est possible de les corrélérer
15 par une autre mesure soustractive pour éliminer l'effet des accélérations parasites dans la direction Y.

Les peignes rencontrés dans cette invention ont des longueurs de recouvrement de dents sensiblement plus importantes que celles qu'on emploie d'ordinaire.
20 Les forces électrostatiques supplémentaires entre les peignes les maintienne à une position de centrage contre les perturbations que peut subir le système oscillant. Pour une amplitude d'oscillation de 5 μm par exemple des dents de 7 μm de longueur sont usuelles.

25 Des longueurs totales de 97 μm environ, soit 90 μm de plus, et donc une longueur de recouvrement (92 μm) supérieure à l'amplitude d'oscillation sont proposées dans cet exemple conformément à l'invention. L'encombrement plus grand des peignes est compensé par
30 une liberté beaucoup plus grande de conception des poutres, qui n'ont plus à assurer le guidage dans la

direction d'oscillation par une raideur d'ensemble plus grande dans la direction perpendiculaire. Leur réseau peut donc être très simplifié.

5 Ces résonateurs peuvent être construits par des techniques classiques de dépôt et gravure, etc. usuelles en micromécanique, de sorte qu'on n'en donnera pas de description ici.

REVENDICATIONS

1. Résonateur comprenant un substrat (9, 19), au moins deux masses oscillantes, des moyens de
5 mise en oscillation (1, 2, 11, 12, 41, 42) des masses
par des forces électriques, (28, 29) des poutres de
suspension (4, 5, 7, 14, 15, 17, 27) des masses au
substrat et des poutres de couplage (6, 16, 26) reliant
les masses entre elles, caractérisé en ce que les
10 poutres de suspension sont toutes connectées aux masses
par l'intermédiaire des poutres de couplage.

2. Résonateur selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les poutres de suspension et les
15 poutres de couplage forment un ensemble unique de
poutres en continuité comprenant des poutres d'attache
au substrat, des poutres (6, 16, 26) d'attache aux
masses, et une poutre de jonction s'étendant sur une
ligne fermée à laquelle les poutres d'attache au
20 substrat (4, 5, 14, 15) et les poutres d'attache aux
masses (7, 17, 27) sont connectées.

3. Résonateur selon la revendication 2,
caractérisé en ce que la poutre de jonction s'étend sur
25 une ligne courbe.

4. Résonateur selon la revendication 2,
caractérisé en ce que la poutre de jonction entoure les
masses, qui sont en forme de demi-lunes (11, 12, 41,
30 42) présentent des côtés rectilignes opposés entre eux
et des côtés courbes opposés à la poutre de jonction.

5. Résonateur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les poutres d'attache au substrat comprennent des poutres d'ancrage (4, 14), s'étendant globalement dans une direction d'alignement des masses entre deux régions d'attache au substrat, et des poutres de liaison (5, 15) perpendiculaires aux poutres d'ancrage et se joignant aux poutres d'ancrage à mi-distance des régions d'attache.

10

6. Résonateur selon la revendication 4, caractérisé en ce que la poutre de jonction entoure les masses, et les moyens de mise en oscillation comprennent des éléments de mise en oscillation placés entre la poutre de jonction et les masses.

15

7. Résonateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat comporte un cadre de découplage (18) entourant les masses, les moyens de mise en oscillation et les poutres, et fixé à une portion sous-jacente du substrat par deux régions d'ancrage de cadre (20) alignées dans une direction principale d'oscillation des masses.

20

8. Résonateur selon les revendications 2 et 7, caractérisé en ce que les poutres d'attache aux masses (17) sont alignées avec les régions d'ancrage de cadre.

25

9. Résonateur selon la revendication 8, caractérisé en ce que le cadre et la poutre de jonction

30

(16) sont conçus pour former des butées devant les régions d'ancrage de cadre, et les masses oscillantes possèdent des côtés opposés conçus pour former une butée mutuelle.

5

10. Résonateur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les masses s'étendent entre les éléments de mise en oscillation et possèdent des côtés opposés entre eux munis de peignes électriques
10 imbriqués (32).

11. Résonateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les masses (41, 42) sont chacune composées de deux
15 sous-masses (43) placées symétriquement à une direction principale d'oscillation de masses, et les poutres de couplage comprennent, pour chacune des masses, un sous-ensemble de poutres s'étendant entre les sous-masses et comprenant deux poutres (45) reliées
20 respectivement aux sous-masses et à une poutre d'interconnexion (47), les poutres reliées aux sous-masses s'étendant dans une direction d'oscillation principale des masses.

25 12. Résonateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des électrodes (48) de mesure de capacité avec les masses, les électrodes étant fixées au substrat et disposées dans des logements (51) des masses, et étant
30 dissymétriques dans une direction d'oscillation des masses.

13. Résonateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de mise en oscillation comprennent des peignes
5 aux dents imbriquées (28, 29) présentant une longueur de recouvrement supérieur à une amplitude d'oscillation des masses oscillantes.

14. Résonateur selon la revendication 10,
10 caractérisé en ce que les peignes électriques imbriqués ont des dents (32) de masse totale égale à une masse totale d'extensions (17, 28) présentes sur une face opposée auxdites dents (32) de chaque masse oscillante.

15

1 / 5

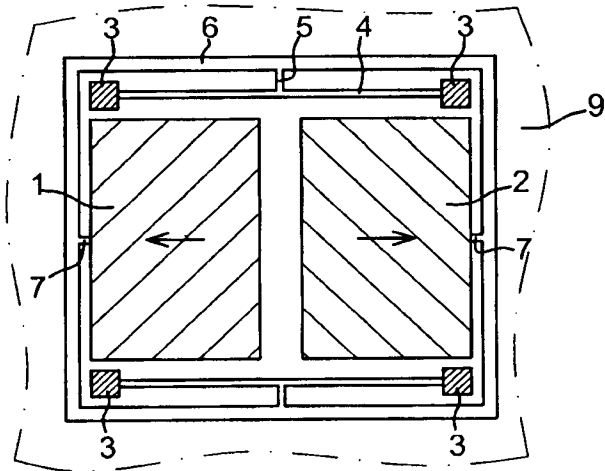


FIG. 1

FIG. 2

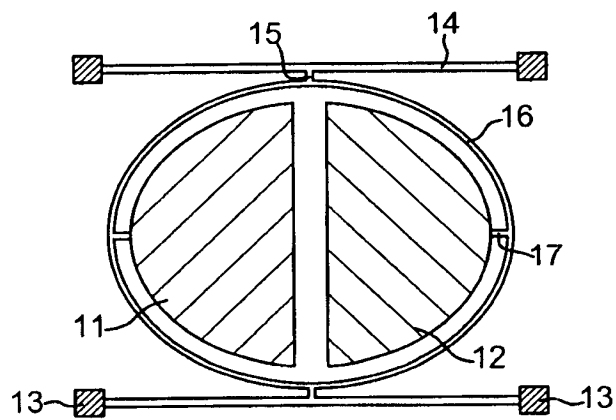
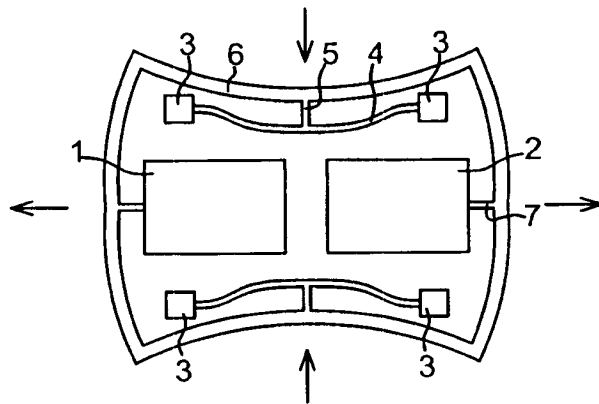


FIG. 3

2 / 5

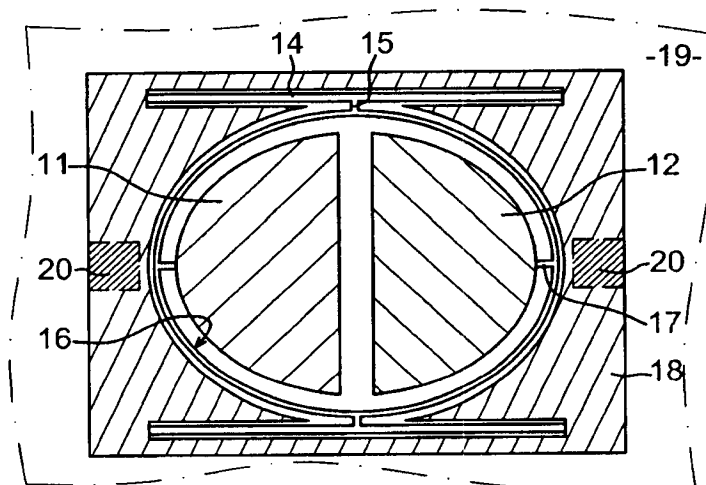


FIG. 4

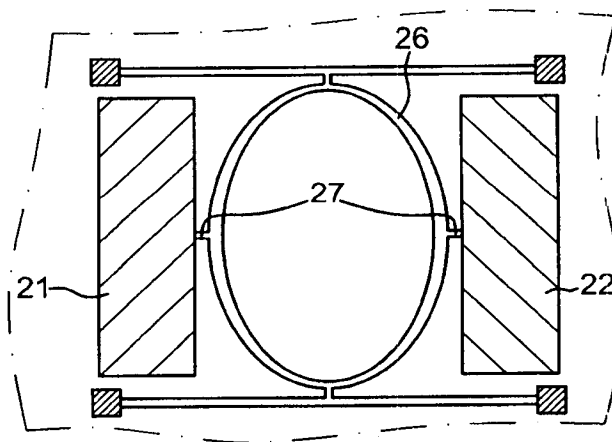


FIG. 5

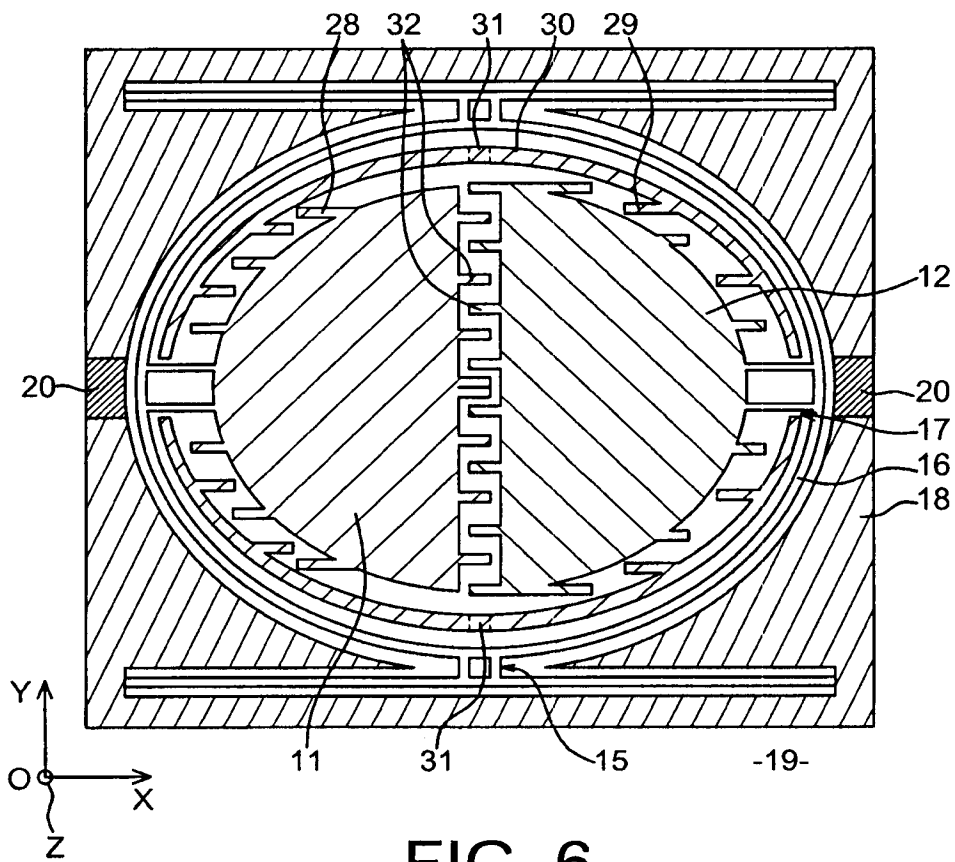
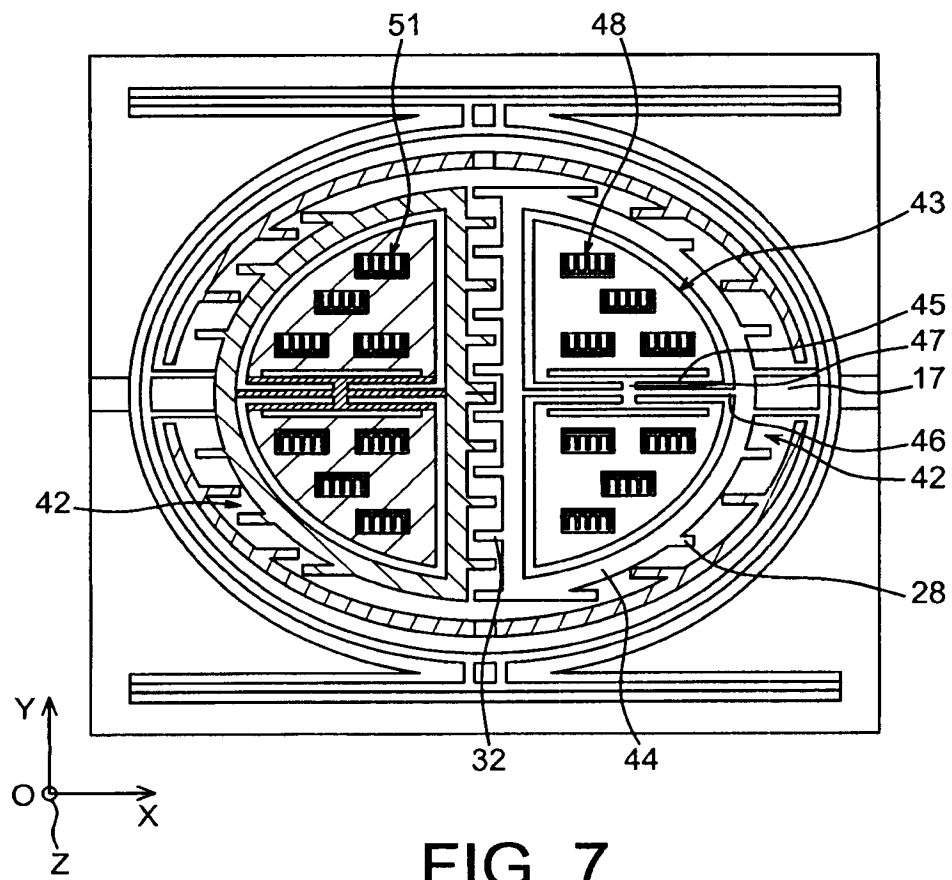


FIG. 6

4 / 5



5 / 5

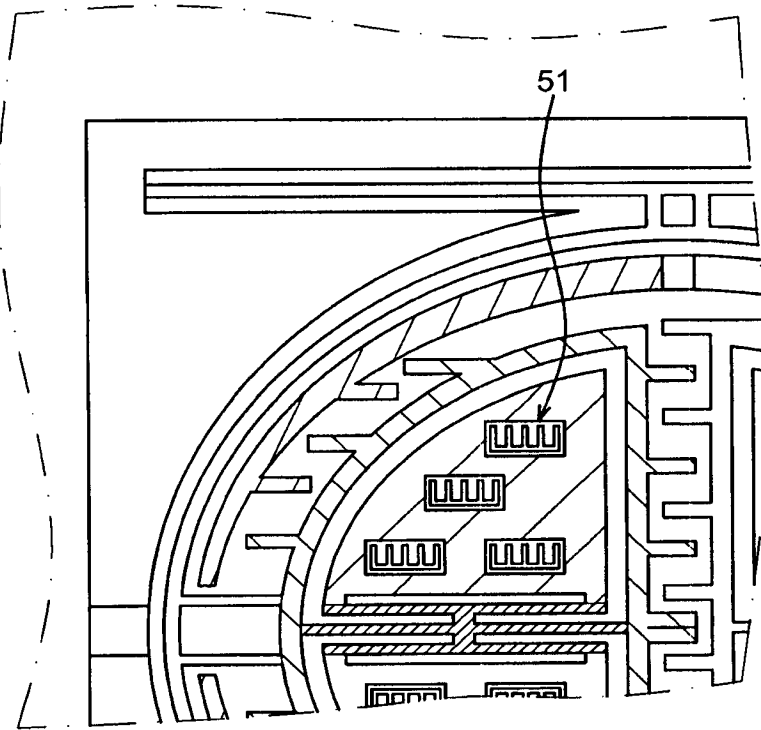


FIG. 8

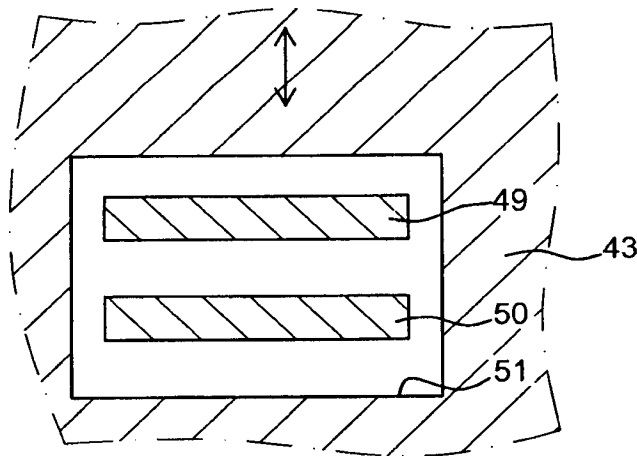


FIG. 9



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 661873
FR 0452276

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|--|----------------------------------|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X | US 5 349 855 A (BERNSTEIN ET AL) 27 septembre 1994 (1994-09-27) | 1-3,5, 8-14 | G01C19/56 G01P9/006 |
| Y | * colonne 3, ligne 15 - colonne 5, ligne 49; figures 1A,1B,1D * | 7 | |
| | ----- | | |
| X | DE 195 00 800 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE) | 1-3,8-14 | |
| | 21 décembre 1995 (1995-12-21) | | |
| Y | * page 3, ligne 55 - page 9, ligne 35; figures 1,2,5 * | 7 | |
| | ----- | | |
| Y | DE 44 42 033 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE) 30 mai 1996 (1996-05-30) | 7 | |
| A | * colonne 1, ligne 65 - colonne 3, ligne 47; figure 3 * | 1-6,8-14 | |
| | ----- | | |
| A | FR 2 846 740 A (THALES) 7 mai 2004 (2004-05-07) | 1-14 | |
| | * page 2, ligne 30 - page 4, ligne 30; figure 1 * | | |
| | ----- | | |
| A | US 5 895 850 A (BUESTGENS ET AL) 20 avril 1999 (1999-04-20) | 1-14 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) G01C G01P |
| | * colonne 2, ligne 45 - colonne 4, ligne 53; figures 6,7 * | | |
| | ----- | | |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 26 août 2005 | | Springer, O | |
| 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 0452276 FA 661873

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 26-08-2005
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 5349855 A | 27-09-1994 | US 5496436 A US 5767405 A | 05-03-1996 16-06-1998 |
| DE 19500800 A1 | 21-12-1995 | WO 9534798 A1 DE 59510685 D1 EP 0765464 A1 | 21-12-1995 18-06-2003 02-04-1997 |
| DE 4442033 A1 | 30-05-1996 | JP 8220125 A US 5604312 A | 30-08-1996 18-02-1997 |
| FR 2846740 A | 07-05-2004 | FR 2846740 A1 WO 2004042324 A1 EP 1558896 A1 | 07-05-2004 21-05-2004 03-08-2005 |
| US 5895850 A | 20-04-1999 | DE 4414237 A1 WO 9529383 A1 DE 19580372 B4 DE 19580372 D2 GB 2302177 A ,B JP 9512106 T | 26-10-1995 02-11-1995 24-06-2004 04-12-1997 08-01-1997 02-12-1997 |