

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

2 463 538

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 20730

(54) Oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 03 B 5/30; H 01 P 7/10.

(22) Date de dépôt..... 14 août 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 8 du 20-2-1981.

(71) Déposant : Société dite : MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD., résidant au Japon.

(72) Invention de : Yoshikazu Yoshimura.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Chereau et cabinet Rodes réunis,
107, bd Pereire, 75017 Paris.

La présente invention concerne un oscillateur à semi-conducteur destiné à être utilisé dans un circuit à micro-ondes.

L'un des problèmes les plus gênants rencontrés dans les dispositifs oscillants à micro-ondes ou à ondes millimétriques 5 qui utilisent un oscillateur à semi-conducteur tel qu'une diode Gunn et une diode IMPATT est celui de la stabilisation de la fréquence d'oscillation de l'oscillateur par un moyen simple. Dans un moyen connu, un dispositif oscillant à semi-conducteur et un résonateur diélectrique ayant une constante diélectrique et un 10 facteur de qualité élevés (appelé ci-après facteur Q) et une grande stabilité sont couplés électromagnétiquement l'un à l'autre (l'expression grande stabilité veut dire ici qu'une fréquence de résonance du résonateur diélectrique a un coefficient de température de faible valeur).

15 Dans une telle configuration classique, le résonateur diélectrique est placé à une région de coupure d'un premier guide d'ondes rectangulaire, et un second guide d'ondes rectangulaire ou un câble coaxial est disposé près de la région de coupure. En outre, un dispositif oscillant à semi-conducteur est monté de 20 l'une ou l'autre des deux façons suivantes : en un endroit où il est couplé électromagnétiquement au résonateur diélectrique, à l'intérieur soit du second guide d'ondes rectangulaire, soit de la ligne de transmission coaxiale; ou en un endroit où le dispositif oscillant est couplé électromagnétiquement au résonateur diélectrique à l'intérieur de la région de coupure du premier guide 25 d'ondes rectangulaire.

Une puissance d'oscillation à fréquence stabilisée est prélevée par un circuit extérieur connecté à la région de coupure.

30 Dans les deux cas, le résonateur diélectrique est placé dans la région de coupure du guide d'ondes rectangulaire. La raison pour laquelle le résonateur diélectrique est placé dans la région de coupure du guide d'ondes rectangulaire est la suivante. Seul un champ électromagnétique évanescant (champ électromagnétique décroissant de façon exponentielle par rapport à la distance) 35 existe à l'intérieur de la région de coupure. Le résonateur diélectrique seul est un composant du circuit résonant capable de couplage avec le circuit externe. Le résonateur diélectrique a les caractéristiques d'un filtre passe-bande lorsqu'il est placé en 38 un endroit où le champ électromagnétique évanescant n'est pas

entièrement réduit. En disposant le résonateur diélectrique entre le dispositif d'oscillation à semi-conducteur et le circuit externe, une puissance électromagnétique d'une fréquence d'oscillation presque uniquement commandée par le résonateur diélectrique peut être prélevée dans le circuit extérieur.

Un exemple de configurations classiques d'oscillateurs à micro-ondes à semi-conducteur est représenté dans les figures 1(a) et 1(b). La figure 1(a) représente une vue avant d'un oscillateur à micro-ondes à semi-conducteur et la figure 1(b) une coupe prise le long du plan passant par la ligne A-A de la figure 1(a). Un conducteur 5 en forme de colonne est placé en un endroit situé à l'intérieur d'une région de coupure 4 d'un guide d'ondes rectangulaire et est perpendiculaire au plan H du guide d'ondes rectangulaire. Un dispositif oscillant à semi-conducteur 1 est placé en un endroit situé entre le conducteur 5 et le plan H. Un résonateur diélectrique en forme de disque 2 ayant une constante diélectrique et un facteur Q élevés est maintenu par un support 6 d'une manière telle que sa face soit parallèle au plan E. Dans une telle configuration, le dispositif 1 et le résonateur 2 sont couplés électromagnétiquement l'un à l'autre et une puissance d'oscillation à fréquence d'oscillation stabilisée est prélevée à l'orifice de sortie 3, auquel est relié un guide d'ondes rectangulaire. Le résonateur diélectrique 2 doit permettre une stabilité élevée de la fréquence d'oscillation de l'oscillateur à micro-ondes à semi-conducteur, même dans le cas de variations de la fréquence d'oscillation du dispositif oscillant en soi.

Dans une telle configuration classique, le résonateur diélectrique est placé à l'intérieur de la cavité définie par la région de coupure, et par conséquent, il est nécessaire que le résonateur diélectrique 2 soit placé à une certaine distance de l'orifice de sortie 3, et du dispositif 1 et, d'autre part, que le dispositif 1 soit maintenu à une certaine distance du plan de court-circuit raccordé. Par exemple, dans le cas où une région de coupure est formée de façon à avoir une largeur égale à la moitié du côté le plus long de l'ouverture rectangulaire du guide-d'ondes rectangulaire, une distance d'environ $\lambda_g/2$ est nécessaire entre le dispositif 1 et le plan de court-circuit raccordé, où λ_g est une longueur d'onde du guide d'ondes rectangulaire.

Une telle distance a pour effet de donner à l'ensemble de l'oscillateur une dimension aussi grande qu'environ $\lambda/2$. D'autre part, il existe une limite au raccourcissement du côté le plus long de l'ouverture rectangulaire pour réduire les dimensions du dispositif, car le facteur Q non chargé effectif diminue par suite de l'effet de proximité de paroi du résonateur diélectrique par la paroi conductrice lorsque le côté le plus long est raccourci de moins de la moitié de la longueur d'origine et une région de coupure est formée.

D'autre part, lorsqu'une configuration à ligne de transmission coaxiale est utilisée pour une partie de montage du dispositif oscillant à semi-conducteur de façon à raccourcir la distance entre le dispositif 1 et le plan de court-circuit raccordé, les dimensions de la partie de montage deviennent alors importantes dans le sens axial de la ligne de transmission coaxiale par suite de la configuration de montage. Il est également difficile d'installer de façon précise le résonateur diélectrique et son support à l'intérieur de la région de coupure étroite et profonde.

La présente invention a pour objet de prévoir un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes où une fréquence d'oscillation est stabilisée par couplage électromagnétique d'un dispositif oscillant à semi-conducteur avec un résonateur diélectrique ayant une constante diélectrique et un facteur Q élevés.

La présente invention sera bien comprise à la lecture de la description suivante faite en liaison avec les dessins ci-joints dans lesquels :

La figure 1(a) représente une vue avant d'un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes classique, utilisant un résonateur diélectrique, et la figure 1(b) est une vue en coupe prise le long du plan passant par la ligne A-A de la figure 1(a);

La figure 2(a) est une vue en élévation de côté en coupe d'un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon un premier mode de réalisation de la présente invention, et la figure 2(b) est une vue en coupe prise le long du plan passant par la ligne A-A' de la figure 2(a);

La figure 3(a) est une vue avant d'un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon un second mode de réalisation

de la présente invention, la figure 3(b) est une vue en coupe prise le long du plan passant par la ligne A-A de la figure 3(a) et la figure 3(c) est une vue en coupe prise le long du plan passant par la ligne B-B de la figure 3(a);

5 Les figures 4(a) et 4(b) représentent une vue avant et une vue en élévation de côté en coupe de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes représenté dans la figure 3, indiquant les dimensions des parties principales;

10 La figure 5 est une vue explicative des lignes de force magnétiques, représentant schématiquement un couplage électro-magnétique entre trois éléments de circuit de la figure 3, le dispositif d'oscillation à semi-conducteur, le résonateur diélectrique et le circuit extérieur;

15 La figure 6 est une vue représentant un circuit équivalent à l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes de la figure 5;

20 La figure 7(a) est une vue en plan d'un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon un troisième mode de réalisation de la présente invention, et la figure 7(b) est une vue de côté de cet oscillateur;

25 La figure 8(b) est une vue de dessus d'un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon un quatrième mode de réalisation de la présente invention; et la figure 8(a) est une vue en élévation en coupe prise le long du plan passant par la ligne A-A de la figure 8(b); et

La figure 9 est une vue de côté d'un exemple réel du second mode de réalisation de la présente invention.

30 Un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon la présente invention comprend un résonateur à cavité ayant une fenêtre de couplage à un circuit extérieur, un dispositif oscillant à semi-conducteur et un résonateur diélectrique ayant une constante diélectrique et un facteur Q élevés et est caractérisé en ce que le dispositif oscillant à semi-conducteur est monté dans un évidement formé dans la paroi intérieure du résonateur 35 à cavité et comportant une ouverture sensiblement plus petite que la cote interne du résonateur à cavité et en ce que le résonateur diélectrique est placé dans le résonateur à cavité de manière à être en face et à proximité de l'ouverture de l'évidement.

L'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon la présente invention peut produire une certaine puissance avec des micro-ondes dont la fréquence est hautement stabilisée grâce à l'utilisation d'un résonateur à cavité de structure simple sans qu'il y ait formation d'une région de coupure. Par conséquent, 5 la fabrication de l'oscillateur devient simple, et en outre il est possible de le construire sous de petites dimensions, ce qui lui confère un poids plus faible.

La présente invention sera maintenant décrite en détail 10 en liaison avec les figures. La figure 2(a) est une vue en élévation de côté en coupe d'un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon un premier mode de réalisation de la présente invention, et la figure 2(b) est une vue en coupe prise dans le plan passant par la ligne A-A de la ligne 2(a). Un évidemment 9 comportant une ouverture 11 sensiblement plus petite que la cote 15 intérieure d'un résonateur à cavité 8 est formé en un endroit prédéterminé spécifié dans la paroi intérieure du résonateur 8. Le résonateur 8 comprend une fenêtre de couplage 7 pour le couplage à un circuit extérieur. L'évidemment 9 est un espace étroit 20 qui est entouré par des parois conductrices à l'exception de l'ouverture 11, et un dispositif oscillant à semi-conducteur 10 est placé à l'intérieur. Un résonateur diélectrique 12 ayant la forme d'un disque plat, et ayant une constante diélectrique et un facteur Q élevés est placé à proximité de l'ouverture 11 de 25 l'évidemment 9, et en face de celle-ci, de façon à coupler électromagnétiquement le résonateur diélectrique 12 au dispositif 10. Une puissance d'oscillation ayant une fréquence stabilisée qui est déterminée par une fréquence de résonance du résonateur diélectrique 12 est prélevée dans la fenêtre de couplage 7 30 et injectée dans le circuit extérieur. Bien que la force du résonateur à cavité 8 soit sphérique dans les figures 2(a) et 2(b) pour simplifier, le résonateur 8 de ce mode de réalisation peut avoir d'autres formes. Il est également possible que l'ouverture 11 ait une autre forme que la fente représentée dans les figures 35 2(a) et 2(b) dans la mesure où ses dimensions sont suffisamment petites par rapport au diamètre intérieur du résonateur 8, et le résonateur diélectrique 12 est couplé électromagnétiquement au dispositif 10 par l'intermédiaire de l'ouverture 11. Le résonateur à cavité 8 peut comprendre en outre un moyen de régla- 38

ge 13 de la fréquence d'oscillation et/ou un absorbeur d'ondes électromagnétiques 14 en ferrite. Le moyen de réglage 13 est utilisé pour un réglage fin de la fréquence. L'absorbeur 14 est placé au moins en un endroit des parois intérieures de la fenêtre de couplage 7, du résonateur à cavité 8 et de l'évidement 9. L'absorbeur 14 évite un phénomène de saut indésirable des fréquences d'oscillation particulières au dispositif 10 et évite également le phénomène indésirable suivant lequel l'oscillation ne sera probablement pas excitée lorsqu'une source de puissance est connectée au dispositif 10.

Le présent oscillateur fonctionne de la façon suivante. L'évidement 9 formé dans la paroi intérieure du résonateur 8 sert à concentrer une énergie électromagnétique provenant du dispositif oscillant à semi-conducteur 10 dans l'espace étroit entouré par les parois latérales conductrices, ce qui assure une oscillation sûre. Le résonateur diélectrique 12 dont la constante diélectrique et le facteur Q sont élevés concentre également l'énergie électromagnétique dans un espace étroit. Par conséquent, il est facile de coupler électromagnétiquement le résonateur 12 au dispositif 10 en disposant la face du disque plat du résonateur 12 de façon qu'elle soit adjacente à l'ouverture 11 de l'évidement 9 et en regard de celle-ci. Une raison supposée pour laquelle le résonateur diélectrique 12 est disposé d'une manière telle que sa face en forme de disque plat soit en regard de l'ouverture 11 de l'évidement 9 est la suivante.

Les lignes de force magnétiques à haute fréquence externes (haute fréquence signifie ici fréquence dans les gammes des micro-ondes et d'ondes millimétriques) induisant le mode dominant $H_{01\delta}$ (δ est un paramètre qui est fonction de l'épaisseur du résonateur 12 diélectrique en forme de disque) du résonateur 12 sont presque perpendiculaires à la face du disque plat, excepté pour la partie périphérique. D'autre part, une paroi magnétique est formée à l'ouverture 11 de l'évidement 9 (la paroi magnétique est définie comme une paroi pour laquelle les égalités $\vec{n} \cdot \vec{E} = 0$ et $\vec{n} \times \vec{H} = 0$ sont satisfaites, où \vec{E} est un vecteur de champ électrique à haute fréquence, \vec{H} un vecteur de champ magnétique à haute fréquence et \vec{n} un vecteur normal d'unité de la paroi, respectivement).

Par conséquent, le champ magnétique à haute fréquence

induit par le dispositif 10 forme des lignes de force magnétiques qui sont presque perpendiculaires à la face ouverte de l'évidement 9, le sens des lignes de force magnétiques étant le même que celui d'un champ magnétique à haute fréquence pour induire le mode dominant H_{018} dans le résonateur diélectrique 12. En conséquence, le mode dominant H_{018} est induit dans le résonateur diélectrique 12, couplant ainsi le résonateur 12 électromagnétiquement au dispositif oscillant à semi-conducteur 10.

Les dimensions du résonateur à cavité 8 peuvent être choisies d'une manière telle qu'il ait une fréquence de résonance dans la gamme de fréquences d'utilisation. Mais il est préférable de rendre les dimensions aussi petites que possible (la limite minimum est d'environ 1/4 de la longueur d'onde correspondant à la gamme de fréquence d'utilisation) de façon à avoir une fréquence de résonance supérieure à celle de la gamme de fréquence, étant donné qu'une telle réduction des dimensions du résonateur 8 donne au corps de l'oscillateur une forme compacte. La réduction des dimensions du résonateur 8 est possible sans soulever de problème étant donné que l'effet de proximité de paroi du résonateur 12 est réduit par utilisation de la configuration suivant laquelle la face du disque plat du résonateur 12 est en regard de l'ouverture 11 de l'évidement 9.

Il y a seulement un évidement 9, un dispositif oscillant à semi-conducteur 10, un résonateur diélectrique 12, et une fenêtre de couplage 7 pour le couplage d'un circuit extérieur dans les figures 2(a) et 2(b). Cependant, de façon à augmenter la puissance de sortie, il est également possible d'utiliser d'autres configurations où plusieurs dispositifs oscillants à semi-conducteurs sont montés dans un évidement, ou en variante, où un ou plusieurs dispositifs oscillants à semi-conducteur sont montés respectivement dans plusieurs évidements. De façon à améliorer la stabilité de la fréquence d'oscillation, il est possible de disposer la pluralité de résonateurs diélectriques en forme de disque, de façon qu'ils soient adjacents à un évidement et en regard de celui-ci.

Dans la description de la présente invention, l'expression "résonateur diélectrique de grande stabilité" n'implique pas nécessairement qu'un coefficient de température de la fréquen-

cede résonance du résonateur diélectrique soit presque égal à zéro. Mais elle implique qu'un coefficient de température de la fréquence d'oscillation de l'ensemble de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes comprenant le résonateur diélectrique soit presque égal à zéro. En d'autres termes, cela veut dire que le coefficient de température de la fréquence de résonance du résonateur diélectrique a une valeur positive petite. De plus, le terme "stabilité" implique également une bonne reproductibilité de la fréquence de résonance et une grande stabilité de la fréquence de résonance par rapport à un certain laps de temps.

Un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes d'un second mode de réalisation de la présente invention est représenté dans les figures 3(a), 3(b) et 3(c). La figure 3(a) est une vue avant de l'oscillateur, la figure 3(b) une vue en coupe prise le long du plan passant par la ligne A-A de la figure 3(a), et la figure 3(c) une vue en coupe prise le long du plan passant par la ligne B-B de la figure 4(a), respectivement.

Les figures 4(a) et 4(b) sont respectivement une vue avant et une vue en élévation de côté en coupe de l'oscillateur représenté dans la figure 3, avec indication des dimensions des principales parties. Une paroi latérale dans le sens axial d'un résonateur à cavité 15 d'un guide d'ondes rectangulaire est court-circuitée par une paroi conductrice 151. En une partie médiane de la paroi 151 est formé un évidement 16 comportant une ouverture en forme de fente d'une surface de $a' \times b'$ (où a' , b' sont les longueurs du côté de grande longueur et du côté de courte longueur, respectivement) et d'une profondeur c' . L'évidement 16 est formé de manière que le côté de grande longueur de l'ouverture en forme de fente soit parallèle au plan H du guide d'ondes rectangulaire. Un dispositif oscillant à semi-conducteur 17 est disposé à l'intérieur de l'évidement 16 de façon que son axe 17 soit parallèle au côté de courte longueur de l'ouverture en forme de fente.

La cote a' du côté de grande longueur de l'ouverture en forme de fente est égale ou presque égale à la moitié d'une largeur a du guide d'ondes rectangulaire. La cote b' est égale ou presque égale à une hauteur du dispositif 17. En conséquence, l'aire $(a' \times b')$ de l'ouverture en forme de fente est suffisamment petite par rapport à l'aire $(a \times b)$ du plan de court-circuit 151,

qui est un plan de paroi intérieure du résonateur 15 du guide d'ondes rectangulaire. Par exemple, dans le cas d'un guide d'ondes rectangulaire spécifié par WRF-120 dans les normes de l'Association des Industries Electriques du Japon (E.I.A.J.), les cotes sont : $a = 19,05 \text{ mm}$ et $b = 9,525 \text{ mm}$. Cependant, dans ce mode de réalisation, les cotes sont $a' = 9,0 \text{ mm}$ et $b' = 3,0 \text{ mm}$, et par conséquent le rapport $(a'xb')/(axb) \approx 1/7$. La profondeur c' de l'évidement 16 est choisie de façon à avoir une valeur telle que le dispositif 17 soit installé avec suffisamment de place. La valeur c' doit sensiblement satisfaire l'inégalité suivante,

10 $\lambda_g/8 < c' < \lambda_g/4$. Il est par conséquent possible de disposer le dispositif 17 dans l'évidement étroit 16 en utilisant la configuration indiquée ci-dessus. Cela n'est pas possible dans le cas classique de la figure 1.

15 Comme on le décrira ci-après, il est possible de déterminer expérimentalement la longueur a' du côté de grande longueur de l'ouverture en forme de fente et une distance d définissant la position du dispositif 17 à l'intérieur de l'évidement 16. Dans les figures 3(a), 3(b) et 4(a), 4(b), le dispositif 17 est placé au centre du résonateur à cavité 15 lorsqu'on regarde celui-ci dans une coupe perpendiculaire au sens axial du guide d'ondes rectangulaire. Cette position n'est cependant pas particulièrement importante, bien qu'il soit nécessaire de changer les dimensions des différentes parties lorsque la position du dispositif 17 est légèrement modifiée.

20 D'autre part, des plaques conductrices 19 et 20 sont prévues de chaque côté du résonateur 15 du guide d'ondes rectangulaire, c'est-à-dire du côté opposé au plan 151 dans le sens axial du guide d'ondes rectangulaire. Une fenêtre inductive 18 est formée entre les plaques conductrices 19 et 20. Un moyen de support 21 du résonateur diélectrique 22 est fixé à une de ses extrémités à la plaque conductrice 19 par un adhésif (le moyen 21 n'est pas représenté dans la figure 4(b)). Le moyen de support 21 doit avoir une constante diélectrique et une perte diélectrique de faible valeur dans la gamme haute fréquence. En outre, il doit avoir un petit coefficient de dilatation. Un matériau ayant la préférence pour la constitution du moyen 21 est le verre au quartz. Le résonateur diélectrique 22 est fixé à l'extrémité op-

posée du moyen de support 21 par une colle. Un guide d'ondes rectangulaire 23 est d'autre part prévu du côté sortie de la fenêtre inductive 18 pour le raccordement d'un circuit extérieur.

5 La longueur du résonateur à cavité 15 du guide d'ondes rectangulaire dans le sens axial est choisie de façon à être égale à environ $\lambda g/4$, en tenant compte de la réduction des dimensions de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes et de l'effet de proximité de paroi du résonateur diélectrique
10 22. Mais la longueur $\lambda g/4$ peut être réduite encore, étant donné qu'elle joue un certain rôle dans l'effet de proximité de paroi. Il est naturellement possible d'augmenter la longueur du résonateur 15 lorsque la petitesse de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes n'est pas importante. La taille totale de
15 22 l'oscillateur du second mode de réalisation, atteint environ $\lambda g/2$ ou une valeur légèrement inférieure. En outre, il est également possible de former l'évidement sur une paroi latérale du plan E au lieu du plan de court-circuit 151 du résonateur à cavité 15. Cela permettra une réduction supplémentaire de la taille totale de l'oscillateur à micro-ondes.
20

25 L'aire de la surface inductive 18 a un effet sur l'amplitude du couplage électromagnétique du circuit extérieur 23 avec le résonateur diélectrique 22. Une vis conductrice 25 permettant un réglage fin de la fréquence est placée près de la fenêtre 18 et traverse le plan H et est en saillie sur celui-ci. En changeant la position d'insertion de la vis 25, il est possible de faire varier l'amplitude du couplage électromagnétique du résonateur 22 avec le dispositif 17, et en outre, l'amplitude du couplage électromagnétique du circuit extérieur 23 avec
30 35 le résonateur 22, en plus du réglage fin de la fréquence d'oscillation.

Dans le second mode de réalisation de la présente invention, la longueur du résonateur à cavité 15 du guide-d'ondes rectangulaire dans le sens axial est d'environ $\lambda g/4$, et par conséquent, le résonateur 15 ne comporte pas de fréquence de résonance dans la gamme de fréquence d'oscillation de cet oscillateur. Par conséquent, le dispositif 17 excite seulement le résonateur 22, et la partie du circuit de résonance autre que le résonateur

diélectrique 22 n'est pas excitée. Par conséquent, une oscillation très stable peut être obtenue. De façon à améliorer la stabilité d'oscillation, un absorbeur d'onde électromagnétique 24 est d'autre part prévu sur la paroi intérieure de l'évidement 16.

5 L'absorbeur 24 évite un phénomène de saut indésirable de la fréquence d'oscillation spécifique au dispositif oscillant à semi-conducteur 10 et évite également le phénomène indésirable suivant lequel l'oscillation ne sera vraisemblablement pas excitée lorsqu'une source de puissance est connectée au dispositif 17.

10 Une paroi magnétique est également formée à l'ouverture en forme de fente d'une manière similaire au cas du premier mode de réalisation de la présente invention. Un mode H dominant est induit dans le résonateur diélectrique en forme de disque 22 qui est adjacent à l'ouverture en forme de fente et en regard de celle-ci. Par conséquent, le résonateur diélectrique 22 est couplé électromagnétiquement au dispositif oscillant à semi-conducteur 17.

15 La figure 5 représente un cas de couplage électromagnétique mutuel par les lignes de force magnétiques à micro-ondes traversant le dispositif oscillant à semi-conducteur 17, le résonateur diélectrique 22 et le circuit extérieur 23.

20 D'après la description faite jusqu'ici, un circuit électrique équivalent de l'oscillateur à micro-ondes selon le second mode de réalisation de la présente invention peut être représenté sous la forme du schéma de la figure 6. Dans le circuit équivalent, Y_d désigne une admittance du dispositif oscillant à semi-conducteur 17 pendant le fonctionnement et comporte une composante de conductance négative. Y_m désigne une susceptance déterminée par les dimensions géométriques de l'évidement 16, lorsque le dispositif oscillant à semi-conducteur 17 est monté. DR désigne un circuit résonant en série ayant un facteur Q élevé qui correspond au résonateur diélectrique 22. Le couplage mutuel entre le dispositif 17 et le résonateur 22 s'exprime par un coefficient de couplage K_1 et le couplage mutuel entre le résonateur 22 et le circuit extérieur 23 par un coefficient de couplage K_2 . Z_0 représente une impédance de charge du circuit extérieur 23. Comme cela est représenté dans la figure 4, dans le cas où le dispositif 17 et le résonateur 22 sont déterminés, la cote a' du

côté le plus long de l'ouverture en forme de fente, la distance d entre le dispositif 17 et la surface intérieure de l'évidement 16, les distances (x, y_1) du résonateur diélectrique 22 au dispositif 17, la distance y_2 de la fenêtre inductive 18 à la plaque conductrice 19, et les cotes W_1 et W_2 peuvent être obtenues par des expériences répétées faites de façon à obtenir des facteurs de stabilité de cible de la fréquence d'oscillation en fonction de la température Δf_T , en fonction de la charge Δf_L , et une puissance d'oscillation P_0 ayant la valeur désirable. Sur le plan qualitatif, et en liaison avec la figure 6, le facteur de stabilité en fonction de la température Δf_T de la fréquence d'oscillation dépend principalement de chaque caractéristique de température du dispositif 17 et du résonateur 22, et du coefficient de couplage K_1 entre le dispositif 17 et le résonateur 22. Le facteur de stabilité en fonction de la charge Δf_L de l'oscillateur dépend principalement du coefficient de couplage K_2 entre le résonateur 22 et le circuit extérieur 23.

D'autre part, la puissance d'oscillation dépend de ces deux coefficients de couplage K_1 et K_2 . Le facteur de stabilité en fonction de la température Δf_T peut être mesuré par une valeur de la dérive de fréquence lorsque la température change, par exemple, lorsqu'elle passe de -20°C à $+40^\circ\text{C}$. Le facteur de stabilité en fonction de la charge Δf_L peut être mesuré par la valeur de la dérive de fréquence lorsque la phase de la charge externe passe de 0 à 360° en maintenant le taux d'ondes stationnaires en fonction de la charge externe à une valeur constante, par exemple à $1,5$. De façon à obtenir le meilleur facteur de stabilité en fonction de la température Δf_T avec un dispositif oscillant à semi-conducteur, il faut effectuer les expériences précédentes en remplaçant un à un les résonateurs diélectriques ayant des coefficients de température divers. Un exemple réel de mesure du présent mode de réalisation est le suivant : Guide d'ondes rectangulaire.....WRJ-120
 Dispositif oscillant à semi-conducteur....Diode Gunn

Résonateur diélectrique : dit Resomics (marque déposée de la société dite Murata Mfg. Co., Ltd. Japon)

Diamètre du disque..... 5mm

Constante diélectrique spécifique. 37,6

5 Coefficient Q sans charge..... 4.000

Dépendance de la fréquence de

résonance à la température..... $\frac{\partial f}{\partial T} = +4,1\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$

Valeurs de la fréquence de sortie de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes

10 Fréquence de sortie f_0 11,660GHz

Puissance de sortie P_0 10mW

Facteur de stabilité en fonction

de la température Δf_T 340KHz

Facteur de stabilité en fonction

15 de la charge Δf_L 280KHz

Quant au moyen de couplage avec le circuit extérieur,

le guide d'ondes rectangulaire est utilisé comme ligne de transmission de sortie dans le second mode de réalisation de la présente invention. Cependant, une ligne de transmission coaxiale et un

20 ruban de micro-ondes peuvent être également utilisés. Les modes de réalisation les utilisant sont décrits ci-après.

Un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes d'un troisième mode de réalisation de la présente invention est représenté dans les figures 7(a) et 7(b). La figure 7(a) est une vue en plan de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes et la figure 7(b) est une vue de côté en coupe de l'oscillateur de la figure 7(a). Un câble coaxial est utilisé comme ligne de transmission de sortie dans ce mode de réalisation. Un moyen de réglage de fréquence, un absorbeur d'ondes électromagnétiques, un moyen de support d'un résonateur diélectrique et une borne d'alimentation en tension d'un dispositif oscillant à semi-conducteur ne sont pas représentés dans les figures 7(a) et 7(b). La configuration de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes est la même que celle du second mode de réalisation, à l'exception d'une partie de couplage à un circuit extérieur. Par conséquent, seule la description de la partie de couplage au circuit extérieur sera donnée ci-après. Un trou traversant 28 est formé dans le plan de court-circuit 27 d'un résonateur à cavité 26 ayant la forme d'un guide d'ondes rectangulaire à la

place de la fenêtre inductive 18 du second mode de réalisation. Un connecteur de câble coaxial 29 est fixé au trou 28 de façon à prélever une puissance de micro-ondes par une boucle 30 connectée à un fil conducteur central du câble coaxial. En variante, le 5 connecteur 29 peut être inséré au niveau du plan H du résonateur à cavité 26, prélevant ainsi la puissance grâce à une boucle ou à une sonde.

Un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes d'un quatrième mode de réalisation de la présente invention est représenté dans les figures 8(a) et 8(b). La figure 8(b) est une vue 10 de dessus de l'oscillateur et la figure 8(a) une vue en élévation en coupe prise suivant le plan passant par la ligne A-A de la figure 8(b). Un ruban de micro-ondes est utilisé comme ligne de transmission dans ce mode de réalisation. Un moyen de réglage de fréquence, un absorbeur d'ondes électro-magnétiques, un moyen 15 de support d'un résonateur diélectrique et une borne d'alimentation en tension d'un dispositif oscillant à semi-conducteur ne sont pas représentés dans les figures 8(a) et 8(b).

La configuration de l'oscillateur à semi-conducteur à 20 micro-ondes est la même que celle du second mode de réalisation sauf en ce qui concerne une partie de couplage à un circuit extérieur. Par conséquent, une description ne sera donnée ici que de la partie de couplage au circuit extérieur. Dans ce mode de réalisation, une partie correspondant à la fenêtre inductive 18 du second mode de réalisation est court-circuitée et une fente 25 32 est formée perpendiculairement au sens axial d'un guide d'ondes rectangulaire utilisé pour un résonateur à cavité 31 et dans le plan H du résonateur 31. Une fente 34 ayant les mêmes dimensions que la fente 32 est d'autre part formée à une plaque 30 à la masse de la ligne de transmission par ruban, de façon à se trouver dans une direction perpendiculaire à un conducteur en ruban 33. Deux fentes 32 et 34 sont placées l'une près de l'autre de façon à se trouver en vis-à-vis. Le conducteur 33 est 35 fixé étroitement en un endroit extérieur du plan H. Une extrémité du conducteur en ruban 33 opposée à un côté de sortie est ouverte électromagnétiquement en un endroit distant de la fente 34 d'environ $\lambda'g/4$ ($\lambda'g$: longueur d'onde de guide d'ondes 38 de la ligne de transmission de micro-ondes par ruban). La fente 32 dans le résonateur à cavité 31 peut être formée sur le plan

en court-circuit opposé à l'évidement du résonateur à cavité 31.

Les caractéristiques de la présente invention auront été comprises d'après la description précédente. L'énergie électromagnétique produite dans le dispositif oscillant à semi-conducteur est concentrée dans un espace étroit de l'évidement, et la paroi magnétique est formée à l'ouverture de l'évidement. Il devient facile de coupler électromagnétiquement le résonateur diélectrique au dispositif oscillant à semi-conducteur en disposant la face plate du disque du résonateur diélectrique à constante diélectrique et facteur Q élevés de façon à être adjacente à l'ouverture de l'évidement et en regard de celle-ci. Ce couplage fort contribue beaucoup à la stabilisation élevée de la fréquence d'oscillation. En outre, la fréquence d'oscillation de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes est presque exempte de la fréquence de résonance du résonateur à cavité même, et par conséquent, un résonateur à cavité ayant une structure simple peut être utilisé. Par exemple, les guides d'ondes rectangulaires classiques sont utilisés comme résonateur à cavité dans les modes de réalisation de la présente invention, ce qui permet une simplification de la fabrication de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes.

Un exemple de simplification de la construction de l'oscillateur est représenté dans la figure 9. L'oscillateur de la figure 9 comprend des parties 35, 36, 37, 38 et 39 en forme de flasque ou d'entretoise. Elles sont d'abord fabriquées séparément, puis, après avoir disposé un dispositif oscillant à semi-conducteur dans la partie 36 et avoir fixé un résonateur diélectrique à la partie 37 au moyen d'un support, elles sont assemblées par des boulons 40 de façon à compléter l'oscillateur. L'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon la présente invention ne nécessite pas une région de coupure, et par conséquent, le problème de disposer d'un résonateur diélectrique placé avec précision en un endroit déterminé du résonateur à cavité n'est pas soulevé.

Comme la fréquence d'oscillation de l'oscillateur est presque exempte de la fréquence de résonance du résonateur à cavité, il est possible d'utiliser un résonateur à cavité de taille plus petite que le résonateur à cavité comportant une

fréquence de résonance dans la fréquence d'oscillation de l'oscillateur. La réduction de taille est encore plus possible en disposant le résonateur diélectrique très près de l'ouverture de l'évidement, étant donné que l'effet de proximité de paroi du résonateur diélectrique est réduit par la présence de l'évidement.

La diminution du facteur Q sans charge du résonateur diélectrique est évitée en disposant la face plate du disque du résonateur diélectrique à proximité de l'ouverture de l'évidement.

Il est seulement nécessaire de faire attention à l'effet de proximité de paroi dû à l'autre face plate du disque opposée à l'ouverture de l'évidement, de façon à améliorer la stabilité de la fréquence d'oscillation de l'oscillateur. La présente invention permet d'obtenir un oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes compact, de faible poids, dont les caractéristiques électriques sont supérieures et dont la fabrication est facile.

Un domaine d'application de l'oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes selon la présente invention est l'oscillateur local pour convertisseur hyperfréquence/ultra-haute fréquence d'un récepteur de télévision à hyperfréquence. Dans ce cas, une fréquence d'oscillation de l'oscillateur se trouve dans la gamme 11-12 GHz. Il existe naturellement beaucoup d'autres domaines d'application dans les bandes de fréquence des micro-ondes et des ondes millimétriques.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1 - Oscillateur à semi-conducteur à micro-ondes, constitué d'un résonateur à cavité comportant une fenêtre de couplage à un circuit extérieur, un dispositif oscillant à semi-conducteur et un résonateur diélectrique ayant une constante diélectrique et un facteur Q élevés, caractérisé en ce que le dispositif oscillant à semi-conducteur est monté dans un évidemment qui est formé dans une paroi latérale intérieure du résonateur à cavité et ayant une ouverture sensiblement plus petite que la cote intérieure du résonateur à cavité, et en ce que le résonateur diélectrique est placé dans le résonateur à cavité de façon à être en regard de l'ouverture de la cavité et à proximité de celle-ci.

2 - Oscillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un absorbeur d'ondes électromagnétiques est disposé au moins en un endroit choisi dans le groupe constitué d'une paroi intérieure du résonateur à cavité, d'une paroi intérieure de la fenêtre de couplage et d'une paroi intérieure de l'évidemment.

3 - Oscillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le résonateur à cavité a la forme d'une sphère, en ce que la fenêtre de couplage est prévue dans une paroi latérale et en ce que l'évidemment est formé dans la paroi latérale opposée à la fenêtre de couplage.

4 - Oscillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le résonateur à cavité est un résonateur rectangulaire, un guide d'ondes rectangulaire étant relié par l'intermédiaire d'une plaque conductrice qui comporte une fenêtre inductive comme fenêtre de couplage, et en ce que l'évidemment est formé dans la paroi latérale du résonateur rectangulaire opposée à la plaque conductrice.

5 - Oscillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le résonateur à cavité est un résonateur rectangulaire, un câble coaxial étant couplé comme circuit extérieur par extension d'un conducteur central en boucle du câble coaxial, et en ce que l'évidemment est formé dans une paroi latérale du résonateur rectangulaire opposée au conducteur central en boucle.

6 - Oscillateur selon la revendication 1, caractérisé

en ce que le résonateur à cavité est un résonateur rectangulaire, un guide d'onde à ruban étant relié comme circuit extérieur, et en ce que l'évidement est formé dans une paroi latérale du résonateur rectangulaire.

FIG. 1 (a)

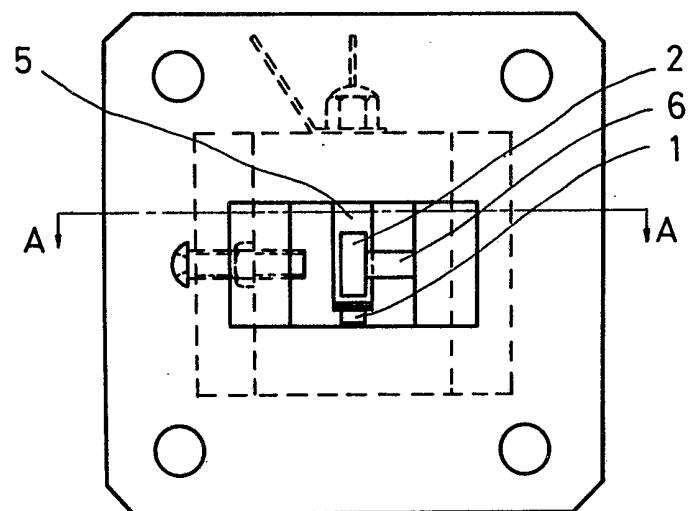


FIG. 1 (b)

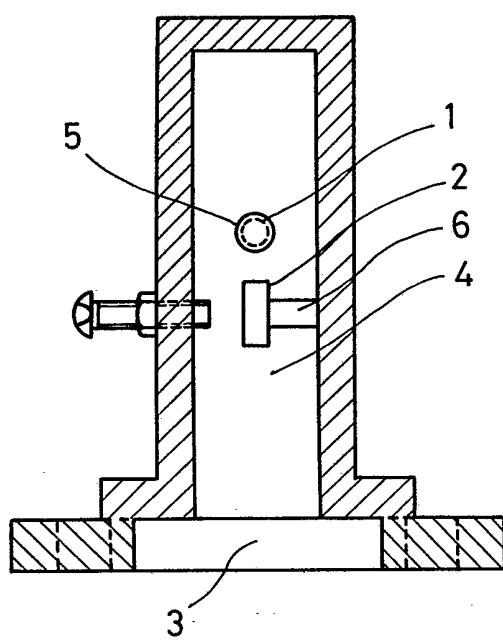


FIG. 2 (a)

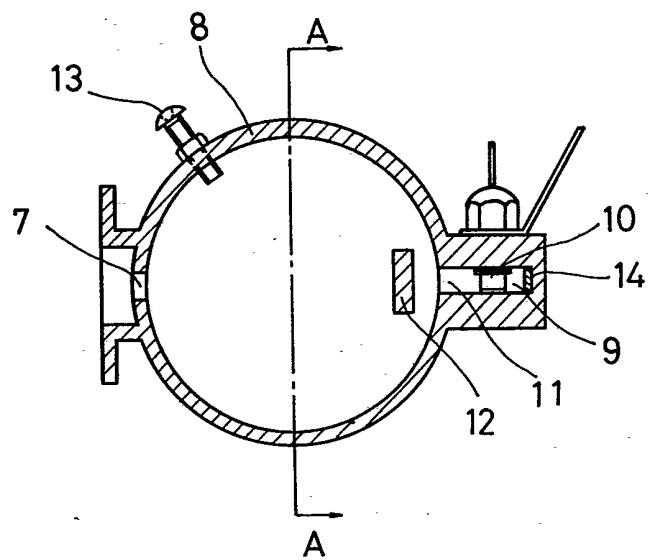


FIG. 2 (b)

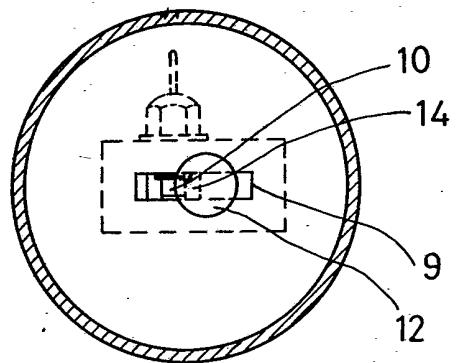


FIG.3 (a)

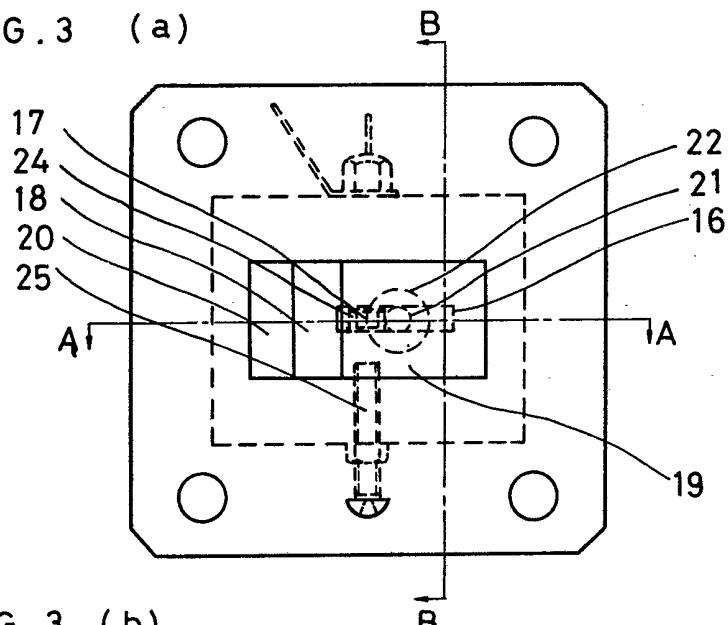


FIG.3 (b)

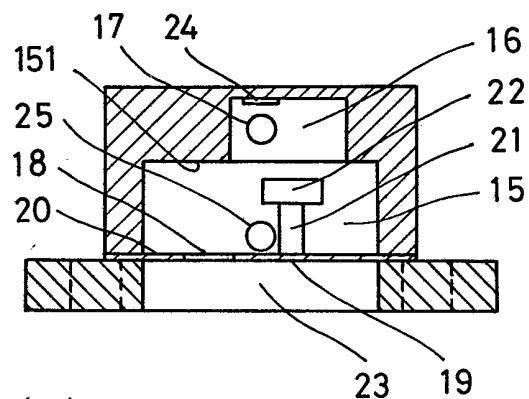


FIG.3 (c)

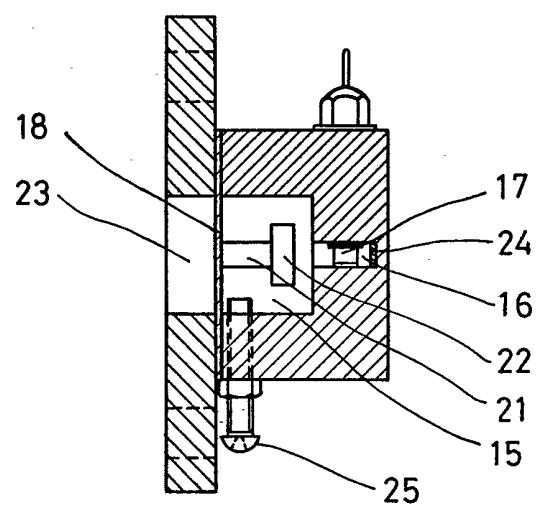


FIG.4 (a)

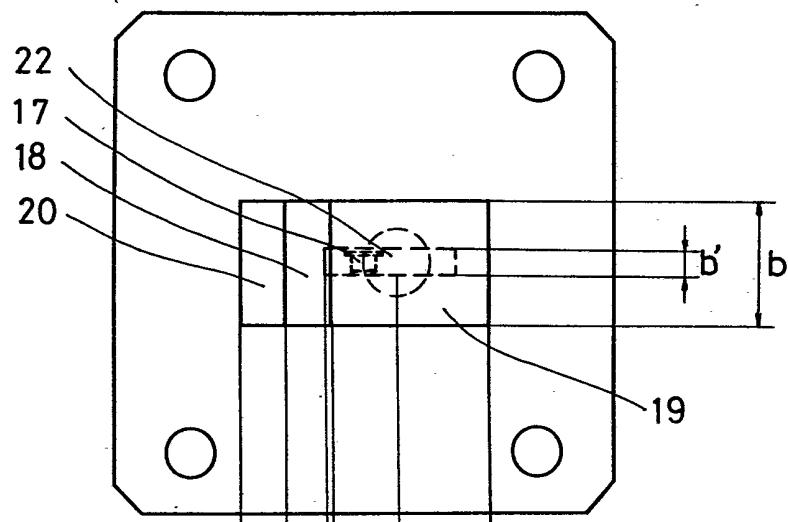


FIG.4 (b)

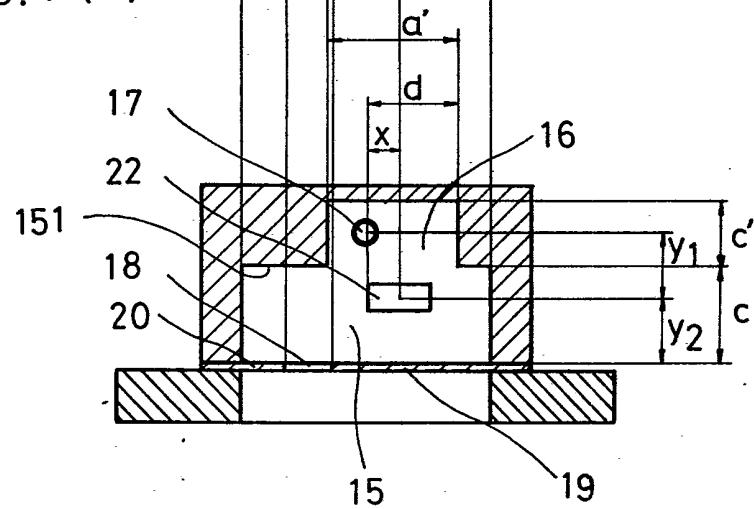


FIG. 5

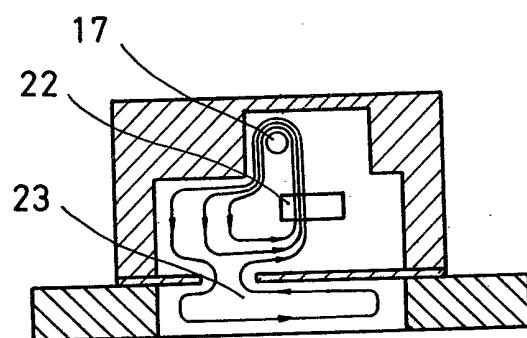


FIG. 6

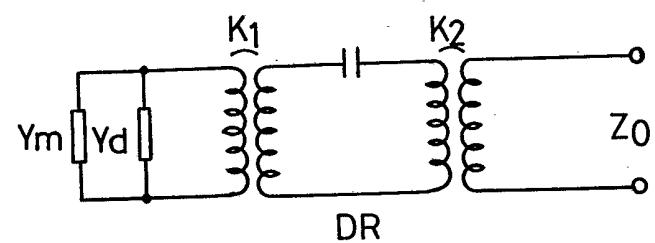


FIG. 7 (a)

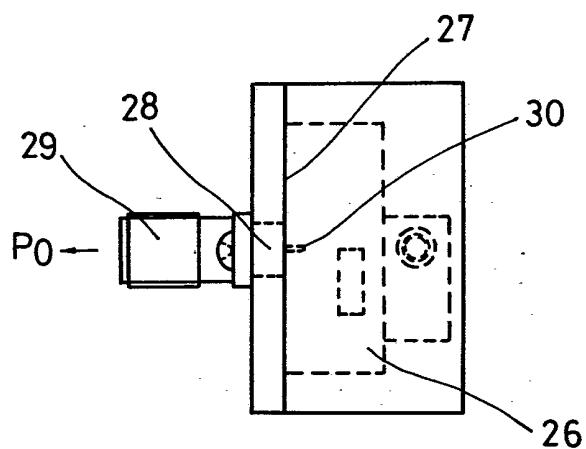


FIG. 7 (b)

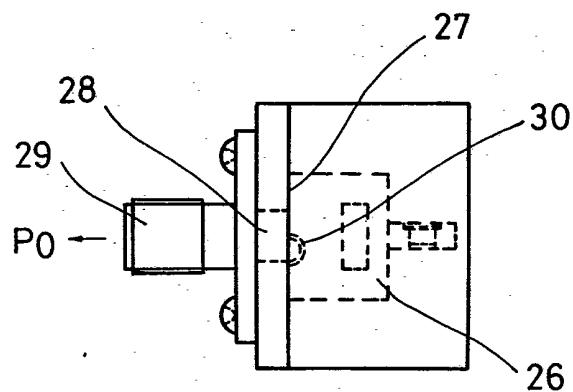


FIG. 8 (a)

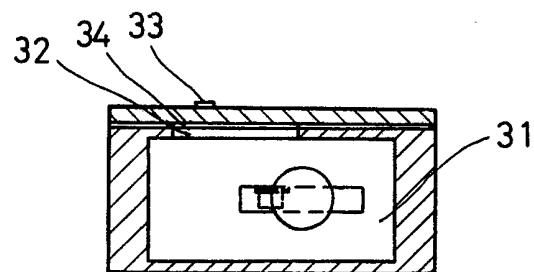


FIG. 8 (b)

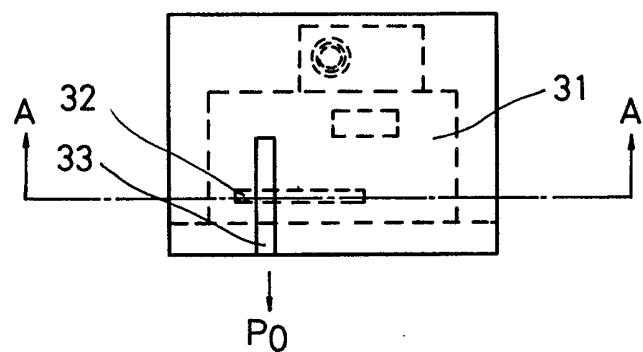


FIG. 9

