



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
24.04.1996 Bulletin 1996/17

(51) Int. Cl.⁶: H01Q 9/04

(21) Numéro de dépôt: 95116148.8

(22) Date de dépôt: 13.10.1995

(84) Etats contractants désignés:
BE CH DE GB IT LI NL SE

(30) Priorité: 19.10.1994 FR 9412480

(71) Demandeur: ASULAB S.A.
CH-2501 Bienne (CH)

(72) Inventeurs:
• Bokhari, Syed
Ottawa, Ontario K1V 0G7 (CA)

• Zürcher, Jean-François
CH-1815 Tavel/Clarens (CH)
• Mosig, Juan Ramon
CH-1020 Renens (CH)
• Gardiol, Freddy
CH-1009 Pully (CH)

(74) Mandataire: Patry, Didier Marcel Pierre et al
I C B,
Ingénieurs Conseils en Brevets S.A.
Rue des Sors 7
CH-2074 Marin (CH)

(54) Antenne à microbande notamment pour des applications horlogères

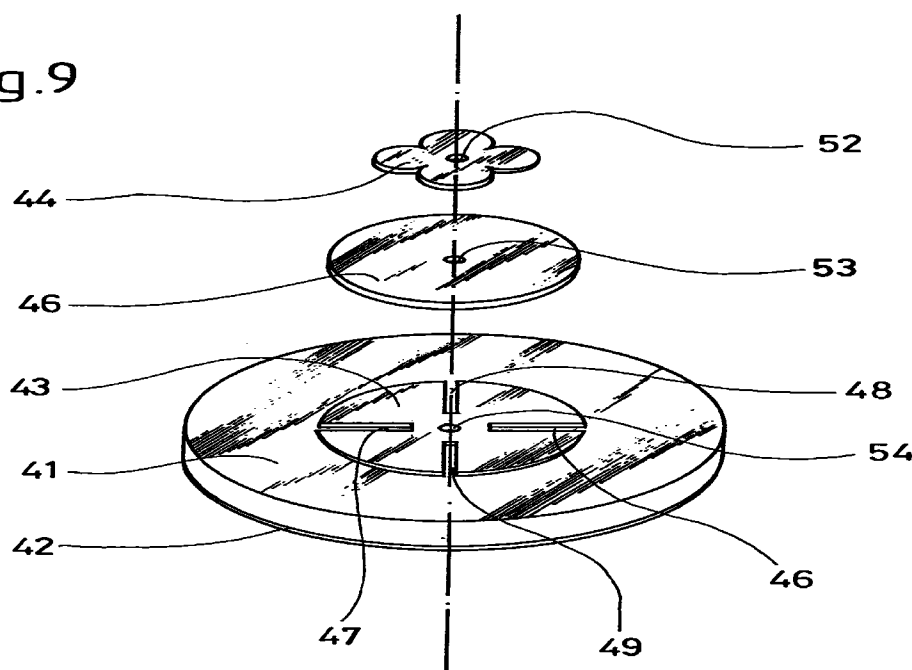
(57) L'invention concerne une antenne à polarisation linéaire ou circulaire, comprenant un substrat diélectrique (41) et un élément conducteur (43) fixé sur le substrat diélectrique et étant délimité à sa périphérie par un bord qui confère à cet élément une double symétrie planaire selon deux axes perpendiculaires.

Dans un mode de réalisation, ledit élément conducteur comporte un point d'excitation se trouvant sur un premier axe et une première paire de fentes (46,47) qui

s'étendent, sur le deuxième desdits axes, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur.

Dans un autre mode de réalisation, ledit élément conducteur comportant un point d'excitation se trouvant sur un troisième axe bissecteur de l'angle formé entre les premier et deuxième axes et respectivement sur deux paires de fentes qui s'étendent, respectivement sur le premier et le deuxième desdits axes, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur.

Fig.9



Description

La présente invention est relative aux antennes destinées à convertir une tension alternative en une micro-onde et vice-versa et, plus particulièrement, à des antennes de ce type comprenant un élément conducteur et un plan de masse séparés par un substrat diélectrique. Ces antennes sont aussi connues sous l'appellation anglaise "microstrip patch antennas". L'invention peut être utilisée pour émettre et/ou recevoir des signaux GPS ("Global Positioning System"), et, en outre, elle peut être incorporée dans des montres ou d'autres produits horlogers. On décrira donc l'invention dans le cadre de cet exemple d'application. Toutefois, on comprendra que l'invention n'est bien entendu pas limitée à cette application.

La miniaturisation des antennes du type décrit ci-dessus est généralement accomplie en utilisant un substrat d'une permittivité très grande. Ceci implique invariablement l'utilisation d'un substrat en céramique. Les coûts de fabrication d'un tel substrat sont souvent élevés.

De plus, les antennes miniaturisées de ce type possèdent une largeur de bande très étroite. Par conséquent, en vertu des tolérances de fabrication, la conception et la construction de ces antennes est une tâche difficile. L'ajustement mécanique des bords de l'élément conducteur est une technique utilisée depuis longtemps pour obtenir la fréquence de résonance de l'antenne désirée. Cependant, une telle solution est à la fois destructrice et encombrante.

La présente invention a pour but de fournir une antenne miniaturisée du type défini ci-dessus qui remédie tout au moins en partie aux inconvénients des antennes de l'état de l'art antérieur.

Un autre but de l'invention est de fournir une antenne miniaturisée du type défini ci-dessus qui soit compacte, et qui soit relativement facile et peu coûteuse à fabriquer.

Un autre but de l'invention est de fournir une antenne miniaturisée du type défini ci-dessus qui permette un réglage simple de sa fréquence de résonance.

Un autre but de l'invention est de fournir une antenne miniaturisée du type défini ci-dessus qui soit apte à être utilisée dans une montre.

A cet effet, l'invention a donc pour objet une antenne destinée à convertir une tension alternative, provenant d'un circuit d'antenne, en une onde à polarisation linéaire et vice versa, comprenant :

- un premier substrat diélectrique comportant deux côtés opposés;
- un élément conducteur fixé sur un premier côté dudit premier substrat diélectrique, ledit élément conducteur étant délimité à sa périphérie par un bord qui confère à cet élément une double symétrie planaire selon deux axes perpendiculaires; et
- un plan de masse fixé sur le deuxième côté dudit premier substrat diélectrique; ledit élément conducteur comportant un point d'excitation par lequel il est relié audit circuit d'antenne, ce dernier délivrant ladite tension alternative entre le point d'excitation et ledit plan de masse; ledit point d'excitation se trouvant sur un premier desdits axes; ladite antenne étant caractérisée en ce que ledit élément conducteur comporte:
- une première paire de fentes qui s'étendent, sur le deuxième desdits axes, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur.

L'invention a aussi pour objet une antenne destinée à convertir une tension alternative provenant d'un circuit d'antenne, en une onde à polarisation linéaire ou circulaire et vice-versa, comprenant :

- un premier substrat diélectrique comportant deux côtés opposés;
- un élément conducteur fixé sur un premier côté dudit premier substrat diélectrique, ledit élément conducteur étant délimité à sa périphérie par un bord qui confère à cet élément une double symétrie planaire selon deux axes perpendiculaires; et
- un plan de masse fixé sur le deuxième côté dudit premier substrat diélectrique; ledit élément conducteur comportant un point d'excitation par lequel il est relié audit circuit d'antenne, ce dernier délivrant ladite tension alternative entre le point d'excitation et ledit plan de masse; ledit point d'excitation se trouvant sur un troisième axe bissecteur de l'angle formé entre les premier et deuxième axes; ladite antenne étant caractérisée en ce que ledit élément conducteur comporte :
- une première paire de fentes qui s'étendent, sur le premier desdits axes, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur; et
- une seconde paire de fentes qui s'étendent, sur ledit deuxième axe, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur.

Grâce à ces caractéristiques, l'invention permet la réalisation d'une antenne miniaturisée sans exiger l'utilisation d'un substrat d'une permittivité très élevée.

Selon un mode réalisation, l'antenne selon l'invention comprend en outre une plaque de réglage de fréquence, la distance entre la périphérie et le centre de ladite plaque le long dudit deuxième axe variant en fonction de l'angle de rotation de la plaque de réglage de fréquence autour d'un axe perpendiculaire au plan de la plaque et passant par son centre par rapport audit élément conducteur.

Il en résulte que la rotation de la plaque de réglage de fréquence autour du troisième axe permet, un réglage simple et précis de la fréquence de résonance de l'antenne, et ceci sur une largeur de bande plus grande que la largeur de bande de l'élément conducteur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 est une vue en coupe d'une antenne selon la présente invention;
- la figure 2 est une vue en perspective de l'antenne de la figure 1;
- la figure 3 est une vue en plan de l'élément conducteur de l'antenne des figures 1 et 2;
- la figure 4 est une vue en plan d'une variante de réalisation de l'élément conducteur de la figure 3;
- la figure 5 est une vue en plan d'une plaque de réglage de fréquence destinée à régler la fréquence de résonance de l'antenne de la figure 1;
- la figure 6 est une première variante de réalisation de la plaque de réglage de fréquence de la figure 5;
- la figure 7 est une deuxième variante de réalisation de la plaque de réglage de fréquence de la figure 5;
- la figure 8 est une troisième variante de réalisation de la plaque de réglage de fréquence de la figure 5;
- la figure 9 est une vue éclatée et en perspective d'une autre antenne selon l'invention;
- la figure 10 est une vue en coupe de l'antenne de la figure 9;
- la figure 11 est une vue en plan d'une autre variante de réalisation de l'élément conducteur de l'invention;
- la figure 12 est une vue en plan d'une autre variante de réalisation de l'élément conducteur de l'invention;
- la figure 13 est une vue en plan d'une autre variante de réalisation de la plaque de réglage de fréquence de la figure 5;
- la figure 14 est une vue en plan d'une autre variante de réalisation de la plaque de réglage de fréquence de la figure 5;
- la figure 15 est une vue en plan d'une autre variante de la plaque de réglage de fréquence de la figure 5;
- la figure 16 est une vue en plan de l'agencement de la plaque de réglage de fréquence de la figure 13 et de l'élément conducteur de la figure 12;
- la figure 17 est une vue en plan de l'agencement de la plaque de réglage de fréquence de la figure 15 et de l'élément conducteur de la figure 11;
- la figure 18 est une vue en plan de l'agencement des plaques de réglage de fréquence des figures 7 et 8 et de l'élément conducteur de la figure 4;
- la figure 19 est une vue en plan de l'agencement de la plaque de réglage de fréquence de la figure 5 et de l'élément conducteur de la figure 3; et
- la figure 20 est une vue en coupe d'une montre comportant une antenne selon la présente invention.

L'agencement de l'antenne miniaturisée 1 selon l'invention représentée aux figures 1 et 2 comprend un substrat diélectrique 2, un élément conducteur 3 et un plan de masse 4. L'élément conducteur 3 a la forme générale d'un disque et selon la dénomination anglo-saxonne est appelé "radiating patch". L'élément conducteur 3 et le plan de masse 4 sont déposés sur des surfaces opposées du substrat diélectrique 2. L'antenne 1 a une géométrie apte à recevoir et émettre des ondes à polarisation linéaire.

L'élément conducteur 3 comporte des fentes 5 et 6 diamétralement opposées et alignées selon l'axe 7. Ces fentes 5 et 6 s'étendent à partir de la périphérie vers le centre de l'élément conducteur 3. Un point d'excitation 8 est situé dans le plan de l'élément conducteur 3, sur un axe 9 qui est perpendiculaire à l'axe 7. L'excitation est assurée au moyen d'un câble coaxial dont le conducteur central 10 traverse le substrat 2 et est soudé à l'élément conducteur 3 à l'endroit du point d'excitation 8.

La figure 3 montre plus précisément la géométrie de l'élément conducteur 3. On voit que les fentes 5 et 6 ont toutes deux une longueur r_x et que l'élément conducteur 3 a un diamètre $2R$, R étant le rayon de ce dernier.

Les fentes 5 et 6 constituent une charge capacitive pour l'antenne 1. Des considérations théoriques, qui ne seront pas reprises ici car elles dépassent le cadre de la présente demande de brevet, montrent que la fréquence de résonance de l'antenne 1 dépend fortement de la longueur r_x des fentes 5 et 6. Selon ces considérations, lorsque r_x est nul, l'antenne 1 résonne à une fréquence f_c . Mais, lorsque la valeur de r_x s'approche de R , la fréquence de résonance s'approche de $f_c/2$. On sait par ailleurs que le diamètre $2R$ de l'antenne est une fonction de l'inverse de la fréquence de résonance f_c de celle-ci. Puisque la fréquence de résonance f_c est proche de $f_c/2$ pour une certaine dimension $2R$, on peut également choisir de réduire la dimension $2R$ de moitié pour une certaine fréquence de résonance f_c . C'est-à-dire, on peut diminuer la dimension maximale de l'antenne 1 d'un facteur de 2 lorsque les fentes s'étendent sensiblement sur toute la distance séparant la périphérie du centre dudit élément conducteur. On notera à ce propos que les fentes 5 et 6 peuvent être réalisées par découpage de l'élément conducteur 3 au moyen d'un faisceau laser. Bien entendu les fentes 5 et 6 peuvent être également être réalisées par gravage ou tout autre traitement chimique ou mécanique de l'élément conducteur 3.

Il faut noter que la forme circulaire de l'élément conducteur 3 des figures 2 et 3 ne représente qu'un exemple d'une forme de l'élément conducteur de l'invention. Une forme carrée peut également être utilisée, ainsi que tout autre élément conducteur qui est délimité à sa périphérie par un bord qui confère à cet élément une double symétrie planaire selon deux axes perpendiculaires.

Dans le cas d'une antenne à polarisation linéaire, le point d'excitation se trouve sur un des deux axes de symétrie de l'élément conducteur et les fentes 5 et 6 s'étendent sur l'autre axe de symétrie.

La figure 4 montre la géométrie d'un élément conducteur 20 apte à recevoir et à émettre aussi bien des signaux à polarisation circulaire que des signaux à polarisation linéaire. L'élément conducteur 20 comporte des fentes 21 et 22 qui s'étendent à partir de sa périphérie vers le centre et qui sont alignées sur un même axe 23. En outre, l'élément conducteur 20 comporte des fentes 24 et 25 qui s'étendent à partir de sa périphérie vers le centre et qui sont alignées sur un même axe 26 perpendiculaire à l'axe 23. Un point d'excitation 27 est situé sur un axe décalé de 45° par rapport aux deux axes 23 et 24.

Pour que l'antenne ait une polarisation linéaire, les longueurs r_x des fentes 21 et 22 et r_y des fentes 24 et 25 doivent être égales. Par contre, on obtient une polarisation circulaire droite si, pour un point d'excitation 27 tel que décrit ci-dessus, r_x est supérieur à r_y selon un choix convenable. On comprendra que la forme circulaire de l'élément conducteur 20 de la figure 4 ne représente qu'une forme particulière de l'élément conducteur de l'invention. Il va de soi qu'une forme carrée peut être également utilisée ou encore tout autre forme d'élément conducteur délimitée à sa périphérie par un bord qui lui confère une double symétrie planaire selon deux axes perpendiculaires. Dans le cas d'une antenne à polarisation linéaire ou circulaire, comme, par exemple, une antenne comportant l'élément conducteur 20 de la figure 4, le point d'excitation 27 de l'élément conducteur se trouve sur un axe bissecteur de l'angle formé entre les deux axes de symétrie. Dans ce cas, les paires de fentes 21, 22 et 23, 24 s'étendent respectivement sur les deux axes de symétrie.

La fréquence de résonance de l'antenne selon l'invention varie en fonction de la distance r , si l'on considère l'élément conducteur 3 de la figure 3, ou en fonction des distances r_x et r_y , si l'on considère l'élément conducteur montré à la figure 4. Comme on le verra par la suite, en utilisant une ou plusieurs plaques de réglage de fréquence de forme particulière comme couche supérieure, on peut effectivement faire varier les dimensions r , et le cas échéant les dimensions r_x et r_y , par une simple rotation de cette plaque.

Les figures 5, 6, 7 et 8 montrent respectivement des exemples 30, 31, 32 et 33 de géométries d'une telle plaque de réglage de fréquence, la distance entre la périphérie et le centre de ladite plaque, le long d'au moins un des axes définis par les fentes de l'élément conducteur, variant en fonction de l'angle de rotation de la plaque autour d'un axe perpendiculaire A au plan de la plaque et passant par le centre de la plaque par rapport à l'élément conducteur. Les structures montrées aux figures 5 à 8 peuvent être réalisées de plusieurs manières. Par exemple, elles peuvent être imprimées sur un substrat diélectrique ou usinées à partir d'un bloc de métal. Plusieurs formes de plaques sont envisageables et le choix de celles-ci dépend de la plage d'accord nécessaire ainsi que de la finesse de l'accord.

Un contact électrique avec la surface de l'élément conducteur n'est pas nécessaire car le principe consistant à faire varier la capacité à travers les fentes fonctionne également lorsque la plaque et l'élément conducteur sont isolés l'un de l'autre. Aussi, si l'on désire conserver un contact électrique, le contact doit être uniforme sur toutes les fentes ce qui complique la conception de la plaque de réglage de fréquence. En conséquence, il est plus facile d'obtenir une isolation en utilisant une plaque diélectrique ou un entrefer entre la plaque de réglage de fréquence et les fentes de l'élément conducteur. De plus, on notera que dans ce cas la fréquence de résonance est moins sensible aux variations de r_x et r_y .

Les figures 9 et 10 montrent une antenne 40 comportant un substrat diélectrique 41, un plan de masse 42, un élément conducteur 43 et une plaque de réglage de fréquence 44, cette dernière étant séparée de l'élément conducteur 43 par un autre substrat diélectrique 45. L'élément conducteur 43 comporte des fentes orthogonales 46, 47, 48 et 49. La rotation de la plaque de réglage de fréquence 44 autour de l'axe A par rapport à l'élément conducteur 43 modifie les longueurs effectives des fentes 46 à 49 et, par conséquent, modifie la fréquence de résonance de l'antenne 40.

L'antenne 40 comporte en outre un connecteur coaxial dont le conducteur central 50 passe à travers le substrat 41. Le conducteur central 50 est soudé à l'élément conducteur 43, tandis que le conducteur externe est soudé au plan de masse 42. Les deux conducteurs du connecteur coaxial sont également reliés à un circuit d'antenne. L'antenne 40 convertit une tension alternative provenant du circuit d'antenne, entre les deux conducteurs du connecteur coaxial, en une micro-onde et vice-versa.

De plus, l'antenne 40 comporte un support central 51 qui passe par des ouvertures 52, 53 et 54 au centre de la structure montrée à la figure 9 et qui maintient l'alignement des divers éléments de l'antenne 40. Le support central 51 peut être réalisé soit en matière isolante soit en matière conductrice, la différence liée à l'utilisation de l'une ou l'autre de ces deux matières étant un faible changement de la fréquence de résonance. Cette différence peut être compensée de toute façon par une rotation de la plaque de réglage de fréquence 44.

On notera que le centre de l'élément conducteur 43 est un point de tension nul et que le fait que ce point soit en circuit ouvert ou en court-circuit avec la masse n'affecte pas les caractéristiques de l'antenne. On utilisera de préférence, un support central métallique, car dans ce cas le potentiel électrostatique de l'élément conducteur 43 et celui de la plaque de réglage de fréquence 44 sont à la masse. Ceci peut être avantageux du point de vue de la compatibilité électromagnétique de l'antenne 40.

Lorsque la longueur r_x des fentes 21 et 22 et la longueur r_y des fentes 24 et 25 de la figure 4 sont égales, l'élément conducteur 20 est polarisé linéairement le long d'une ligne passant par le centre de l'élément conducteur 20 et par le point d'excitation 27. En utilisant une plaque de réglage de fréquence comme cela est représenté à la figure 7 ou à la figure 9, on peut régler cette polarisation linéaire.

Cependant, une polarisation circulaire de l'antenne ayant un seul point d'excitation exige l'introduction d'une asymétrie dans l'élément conducteur 20 afin que deux modes orthogonaux de résonance soient établis. Une manière de le faire consiste à introduire des segments de perturbations dans l'élément conducteur 20. Divers exemples de la forme de ces segments de perturbations sont représentés par les références 60, 61, 62 et 63 des éléments conducteurs 64 et 65 aux figures 11 et 12. Ensuite, ces segments de perturbations 60 à 63 peuvent être coupés pour introduire l'asymétrie désirée.

Dans certaines applications, le réglage de la fréquence de résonance d'une antenne n'est requis que pour surmonter l'incertitude de la valeur de la permittivité du substrat. Dans ces cas, l'antenne peut être réglée en utilisant les segments de perturbations qui viennent d'être décrits. Des plaques de réglage de fréquence simples à bande étroite peuvent être utilisées pour que l'antenne puisse être accordée sur une fréquence désirée. Les figures 13, 14 et 15 montrent des exemples de forme des plaques 70, 71 et 72. La figure 16 montre l'agencement de la plaque de réglage de fréquence 70 de la figure 13 et de l'élément conducteur 65 de la figure 12. La figure 17 montre l'agencement de la plaque de réglage de fréquence 72 de la figure 15 et de l'élément conducteur 64 de la figure 11. On remarquera que la forme et la taille des plaques de réglage de fréquence 70, 71 et 72 par rapport aux éléments conducteurs correspondants sont telles que la distance entre la périphérie et le centre des plaques 70, 71 et 72 varie peu en fonction de l'angle de rotation.

Cette asymétrie peut être également introduite, dans le cas où la structure de l'antenne est telle que les longueurs des fentes r_x et r_y ont la même valeur, en utilisant une combinaison de deux plaques de réglage de fréquence. La figure 18 montre un exemple d'une telle combinaison de plaques. Dans cet exemple, les plaques de réglage de fréquence 32 et 33, respectivement montrées aux figures 7 et 8, sont supportées au-dessus de l'élément conducteur 20 de la figure 4. On peut tout d'abord faire tourner la plaque de réglage de fréquence 32 pour établir une polarisation linéaire à une fréquence désirée. Ensuite, la plaque de réglage de fréquence 33 peut être tournée pour introduire un décalage contrôlé entre les dimensions r_x et r_y , ce qui conduit l'antenne à un fonctionnement à polarisation circulaire. Avantageusement, l'utilisation de deux plaques de réglage de fréquence permet de pouvoir prévoir des tolérances de fabrication de l'antenne plus larges.

Cette description va maintenant être complétée en se référant à des exemples pratiques de construction d'une antenne selon l'invention. Puisque les antennes étaient conçues en utilisant un plan numérique qui divise la surface de l'élément conducteur en cellules carrées, les dimensions exprimées dans ces exemples sont dans les termes de "taille de cellule Δ ".

Exemple 1 : Polarisation linéaire et réglage à large bande

Un élément conducteur ayant la forme représentée à la figure 3 est gravé à partir d'un substrat en un matériau vendu sous la désignation commerciale ULTRALAM®. Les dimensions initiales du substrat étaient de 144 x 1,5 mm³ et sa permittivité relative est de 2,5. Un trou circulaire d'un diamètre de 1 mm est percé au centre du substrat. L'antenne est excitée au moyen d'un signal appliqué sur l'élément conducteur 3 via un câble coaxial standard 50 Ω SMA. Les dimensions de l'élément conducteur sont les suivantes :

$$\Delta = 40/61 \text{ mm}, 2R = 30,5 \Delta, r = 19 \Delta, w = 0,5 \Delta, yf = 7 \Delta.$$

En outre, un trou d'un diamètre égal à 3Δ est formé au centre de l'élément conducteur.

On a utilisé une plaque de réglage de fréquence ayant la forme représentée à la figure 5. L'agencement de l'antenne est représenté à la figure 19. La plaque de réglage de fréquence est gravée à partir d'un disque circulaire en époxy. On a choisi cette matière dans ce cas en raison de sa grande rigidité. Le disque circulaire a une épaisseur de 0,8 mm et un diamètre de 60 mm. On a également utilisé un autre disque en époxy tel que celui référencé 45 à la figure 9. Ce disque sert de plaque d'espacement entre l'élément conducteur et la plaque de réglage de fréquence. La plaque d'espacement a une épaisseur de 0,1 mm et un diamètre de 25 mm.

On a mesuré la fréquence de résonance de l'antenne et on a constaté que cette fréquence variait entre 2,118 GHz (lorsque l'angle $\phi_1 = 90^\circ$) et 2,448 GHz (lorsque l'angle $\phi_1 = 0^\circ$). Cette variation correspond à une plage de réglage de la fréquence de 14,5%. Le rapport d'ondes stationnaires en tension, mesuré à la fréquence de résonance, est meilleur que 2 sur la totalité de la bande. Les diagrammes de rayonnement ont été mesurés dans une enceinte anechoïque à trois fréquences différentes, à savoir, 2,118, 2,296 et 2,448 GHz, ces trois fréquences correspondant respectivement à trois positions angulaires différentes de la structure de réglage de fréquence. Les diagrammes de co-polarisation sont dans ces cas sensiblement les mêmes que les diagrammes de co-polarisation pour un élément conducteur circulaire. De plus, les niveaux de polarisation croisée sont inférieurs à -20 dB, ce qui indique que la structure de réglage de fréquence n'introduit aucun niveau de rayonnement à polarisation croisée inacceptable.

On notera que l'angle de rotation de la plaque de réglage de fréquence 33 de l'antenne représentée à la figure 19 est limité à une valeur de 90°. Cependant, l'utilisation de la plaque de réglage de fréquence représentée à la figure 6 autorise une rotation d'un angle de 180° et par conséquent un réglage plus fin de la fréquence dans la même plage de fréquence.

Exemple 2 : Polarisation circulaire et réglage à bande large

On a fabriqué une antenne ayant un agencement tel que celui représenté à la figure 18. Cette antenne a été excitée en un seul point situé sur un axe bissecteur de l'angle formé entre les deux axes orthogonaux des fentes de l'élément conducteur. On sait que cette technique d'excitation est assez sensible par rapport aux autres techniques connues et qu'elle exige une séparation précise entre les deux modes dégénérés de l'antenne. En particulier, les deux fréquences de résonance doivent être séparées d'une fréquence α où

$$\alpha = \frac{2\beta f}{(\beta + f\sqrt{2})}$$

et où β est la largeur de bande de l'élément conducteur à la fréquence de résonance f_c lors du traitement d'un signal à polarisation circulaire dans le cas où le rapport d'ondes stationnaires en tension est égale à 2. La géométrie de l'élément conducteur représenté à la figure 4 peut être adaptée à cette fin en utilisant une structure de réglage de fréquence asymétrique. Une excitation à polarisation circulaire nécessite une asymétrie dans les dimensions des fentes de l'élément conducteur. En particulier, dans le cas d'un élément conducteur qui est excité en un point situé dans le troisième cadran, comme cela est le cas à la figure 18, le fait que la longueur r_x soit plus grande que la longueur r_y conduit à une polarisation circulaire à droite.

Des expériences pratiques ont montré que la largeur de bande de l'antenne varie en fonction du réglage de la fréquence. Cette variation peut compliquer la conception d'une simple plaque de réglage de fréquence car une connaissance précise de son effet est requise. L'utilisation de deux plaques de réglage de fréquence, comme les deux plaques représentées à la figure 18, peut pallier ce problème. En outre, l'utilisation de deux plaques de réglage de fréquence permet de pouvoir prévoir des tolérances de fabrication de l'antenne plus larges.

Dans cet exemple, l'élément conducteur est gravé à partir d'un substrat en un matériau vendu sous la désignation commerciale ULTRALAM®. Les dimensions initiales du substrat étaient de 144 x 144 x 1,5 mm³ et sa permittivité relative est de 2,5. Un trou circulaire d'un diamètre de 1 mm est percé au centre du substrat. L'antenne est excitée au moyen d'un signal appliqué sur l'élément conducteur 3 via un câble coaxial standard 50 Ω SMA. Les dimensions de l'élément conducteur sont les suivantes :

$$\Delta = 40/61 \text{ mm}, 2R = 30,5 \Delta, r_x = r_y = 19 \Delta, w = 0,5 \Delta, x_f = y_f = 7 \Delta.$$

En outre, un trou d'un diamètre égal à 3 Δ est prévu au centre de l'élément conducteur.

Des plaques de réglage de fréquence ayant la forme représentée aux figures 7 et 8 sont utilisées. L'agencement de l'antenne est représenté à la figure 18. La plaque de réglage de fréquence de la figure 7 est gravée à partir d'un disque circulaire en époxy. Le disque circulaire a une épaisseur de 0,1 mm et un diamètre de 60 mm. La plaque de réglage de fréquence de la figure 8 est également gravée à partir d'un disque circulaire en époxy. Le disque circulaire a une épaisseur de 0,8 mm et un diamètre de 50 mm. Un autre disque en époxy, comme celui désigné par la référence numérique 45 à la figure 9, est utilisé comme plaque d'espacement et est disposé entre l'élément conducteur et la plaque de réglage de fréquence. La plaque d'espacement a une épaisseur de 0,1 mm et un diamètre de 25 mm. Aucun disque d'espacement n'est utilisé entre les deux plaques de réglage de fréquence.

La gamme de réglage de la fréquence de résonance de l'antenne est légèrement inférieure à la gamme de réglage de l'exemple précédent en raison du décalage entre les deux modes dégénérés de l'antenne dans le deuxième exemple. Cette variation est de l'ordre de 10%. Le rapport d'ondes stationnaires en tension, mesuré à la résonance, est meilleur que 2 à une fréquence de 2,306 MHz.

Alors que l'agencement montré à la figure 18 engendre une polarisation circulaire à droite, on notera que la rotation de la plaque 33 d'un angle de 90° engendre une polarisation circulaire à gauche.

Exemple 3 : Polarisation circulaire et réglage à bande étroite

On grave à partir d'un substrat en un matériau vendu sous la désignation commerciale TMM-10® un élément conducteur ayant la forme représentée à la figure 11, cet élément conducteur comportant des segments de perturbations permettant un fonctionnement à polarisation circulaire à droite. Le substrat est circulaire et a un diamètre de 34,5 mm. L'épaisseur du substrat est de 0,635 mm et sa permittivité relative est de 9,2. Un trou circulaire d'un diamètre de 1,4 mm est percé au centre du substrat. L'antenne est excitée au moyen d'un signal appliqué sur l'élément conducteur via un câble coaxial standard 50 Ω SMA. Les dimensions de l'élément conducteur sont les suivantes :

$$2R = 14,75 \text{ mm}, r_x = r_y = 9,5 \text{ mm}, W = 0,25 \text{ mm}, x_f = y_f = 3,5 \text{ mm}.$$

En outre, un trou d'un diamètre égal à 1,693 mm est percé au centre de l'élément conducteur.

On a utilisé une plaque de réglage de fréquence ayant la forme représentée à la figure 15. L'agencement de l'antenne est représenté à la figure 17. La plaque de réglage de fréquence est gravée à partir d'un disque circulaire en époxy. Cette matière est préférée ici en raison de sa grande rigidité. Le disque circulaire a une épaisseur de 0,8 mm et un diamètre de 25 mm. Un disque diélectrique en TEFLON® est utilisé comme plaque d'espacement et est disposé entre l'élément conducteur et la plaque de réglage de fréquence. La plaque d'espacement a une épaisseur de 0,254 mm et un diamètre de 25 mm. Cette structure permet d'obtenir une gamme de réglage de fréquence de l'ordre de 2 %.

L'antenne est réglée à la fréquence des signaux GPS (1,57542 GHz) par la rotation de la plaque de réglage de fréquence. Le rapport axial mesuré est de 2,54 dB et la largeur de bande, avec un rapport d'ondes stationnaires en tension égale à 2, est de 12 MHz. Le gain mesuré est de -6 dBi.

Exemple 4 : Polarisation circulaire et réglage à bande étroite.

Cet exemple utilise un élément conducteur comprenant des segments de perturbations pour un fonctionnement à polarisation circulaire à droite. Un élément conducteur ayant la forme représentée à la figure 12 est gravé à partir d'un substrat en TMM-10®. Le substrat est circulaire et a un diamètre de 34,5 mm. L'épaisseur du substrat est de 1,27 mm et sa permittivité relative est de 9,2. Un trou circulaire d'un diamètre de 1,4 mm est percé au centre du substrat. L'antenne est excitée au moyen d'un signal appliqué sur l'élément conducteur via un câble coaxial standard 50 Ω SMA. Les dimensions de l'élément conducteur sont les suivantes :

$$2R = 14,7 \text{ mm}, r_x = r_y = 10,12 \text{ mm}, w = 0,25, \text{ et } x_f = y_f = 1,93 \text{ mm}.$$

En outre, un trou d'un diamètre égal à 1,631 mm est percé au centre de l'élément conducteur.

Une plaque de réglage de fréquence ayant la forme représentée à la figure 13 est usinée à partir d'un bloc de cuivre. Aucun disque d'espacement n'est utilisé, mais un entrefer est créé en supportant la plaque de réglage de fréquence à 0,2 mm au-dessus de l'élément conducteur au moyen d'un élément de support central. L'agencement de l'antenne est illustré à la figure 16.

Dans cet exemple, on peut faire tourner la plaque de réglage de fréquence de 90° pour obtenir une gamme de réglage de fréquence de 6%. La géométrie de la plaque de réglage de fréquence 70 est telle que la distance entre sa périphérie et son origine varie linéairement entre 4,5 mm et 8,75 mm en fonction de l'angle de rotation de celle-ci.

L'antenne de cet exemple est montée dans un boîtier en plastique et est réglée à la fréquence des signaux GPS (1,57542 GHz) par rotation de la plaque de réglage de fréquence. Le rapport axial mesuré, avec le boîtier fixé au plan de masse de l'antenne, est de 1,78 dB et la largeur de bande lorsque le rapport d'ondes stationnaires en tension est égale à 2 est de 11 MHz. Le gain mesuré est de -4,0 dB.

Selon une variante de cet exemple de réalisation, la plaque de réglage de fréquence 70 peut être remplacée par la plaque de réglage de fréquence 71 de la figure 14. Cette plaque de réglage de fréquence est plus facile à fabriquer car elle peut être réalisée à partir de barres parallélépipédiques actuellement disponibles dans le commerce. La gamme de réglage dans ce cas est de l'ordre de 3 % et l'angle de rotation maximale est de 45°.

L'invention permet un certain nombre d'applications intéressantes. D'abord, la géométrie de l'élément conducteur permet un contrôle convenable de sa taille. Des formes actuelles telles que des formes circulaires ou rectangulaires ont une taille fixe selon la fréquence de résonance désirée et selon les caractéristiques du substrat utilisé. En utilisant une longueur de fente variable, on peut modifier les dimensions de l'antenne d'un facteur 2. En outre, la forme de l'élément conducteur permet une utilisation optimale de la surface disponible, car il y a peu de surface non métallisée. En conséquence, l'invention permet une miniaturisation de l'antenne tout en gardant un rapport gain/taille optimal.

Les exemples 3 et 4 ci-dessus décrivent des antennes qui sont destinées à recevoir, des ondes de signaux GPS transmis par satellite. Les dimensions de l'antenne sont telles qu'elle peut être montée dans une boîte de montre. Dans une montre, l'antenne peut être par exemple disposée entre le moteur et les aiguilles.

La figure 20 est une vue en coupe d'une montre 80 comportant une boîte 81, un fond 82 et un verre 83. La montre 80 comporte un substrat diélectrique 85, un plan de masse 86 relié à la boîte 81, un élément conducteur 87 et une plaque de réglage de fréquence 88, cette dernière étant séparée de l'élément conducteur 87 par un autre substrat diélectrique 89. L'élément conducteur comporte deux paires de fentes orthogonales. La longueur d'une des paires de fentes est plus grande que la longueur de l'autre paire, afin d'assurer une polarisation circulaire de l'antenne 87. La rotation d'une plaque de réglage de fréquence 88 par rapport à l'élément conducteur 87 modifie les longueurs des deux paires de fentes orthogonales et, par conséquent, modifie la fréquence de résonance de l'antenne 84.

La montre 80 comporte en outre un câble coaxial 90 dont le conducteur central traverse le substrat diélectrique 85. Ce conducteur central est soudé à l'élément conducteur 87, tandis que le conducteur externe est soudé au plan de

masse 86. Les deux conducteurs du câble coaxial sont également reliés à un circuit d'antenne 91, disposé dans la montre 80, entre le fond 82 et le plan de masse 86.

De plus, la montre 80 comporte un support central 92 sur lequel sont montées les aiguilles d'heures, de minutes et de secondes, respectivement 93, 94 et 95. Le support central 92 est relié à un mouvement d'horlogerie 96 qui est également disposé entre le fond 82 et le plan de masse 86. Le mouvement d'horlogerie 96 fait tourner les aiguilles 93 à 95 de la montre 80 par l'intermédiaire du support central 92 afin d'indiquer l'heure standard. En outre, le support central 92 sert à maintenir l'alignement des divers éléments 85 à 88 de l'antenne 80.

L'environnement proche de l'antenne 80 a un certain effet sur la fréquence de résonance de l'antenne. A cet égard, les positions angulaires des aiguilles 93 à 95 par rapport aux fentes de l'élément conducteur 87 ont un certain effet sur la fréquence de résonance de l'antenne. Pour compenser cet effet, lors de la réception ou de la transmission d'un signal par l'antenne 80, les aiguilles 93 à 95 sont amenées par le mouvement d'horlogerie 96 dans des positions angulaires qui ont peu d'influence sur la fréquence de résonance de l'antenne 80.

De préférence, ces positions angulaires sont telles qu'aucune des aiguilles 93 à 95 ne sont superposées aux fentes de l'élément conducteur 87. En outre, les aiguilles 93 à 95 peuvent être amenées dans les mêmes positions angulaires lors de chaque réception/transmission, afin que l'influence des aiguilles 93 à 95 sur la fréquence de résonance de l'antenne 80 soit toujours la même.

Les structures de réglage de la fréquence de résonance de l'antenne qui viennent d'être décrites, permettent d'une part, une compensation de la non homogénéité des caractéristiques du matériau du substrat, et, d'autre part, un réglage de fréquence sur une bande large. De plus, les dimensions de l'antenne restent minimum car les structures de réglage de fréquence n'augmentent que très légèrement l'épaisseur de l'antenne.

On notera que pour obtenir une telle taille avec une antenne circulaire connue, il est nécessaire d'utiliser un substrat ayant une permittivité relative de l'ordre de 15. Une telle permittivité nécessite l'utilisation d'un substrat en céramique et conduit à des frais de fabrication plus élevés. A noter en outre que ces substrats en céramique présentent des caractéristiques thermiques insuffisantes dans de nombreuses applications. Par exemple, l'environnement proche de l'antenne a un certain effet sur la fréquence de résonance de l'antenne. Cet effet peut être compensé par une simple rotation de la plaque de réglage de fréquence de l'antenne. A cet égard, les aiguilles d'une montre comportant l'antenne de l'invention sont, de préférence, réalisées en plastique, ou en toute autre matière non métallique, pour diminuer cet effet.

Enfin, il est à noter que plusieurs modifications peuvent être apportées à l'antenne selon l'invention sans sortir du cadre de celle-ci.

Revendications

1. Antenne destinée à convertir une tension alternative, provenant d'un circuit d'antenne, en une micro-onde à polarisation linéaire et vice versa, comprenant :

- un premier substrat diélectrique comportant deux côtés opposés;
- un élément conducteur fixé sur un premier côté dudit premier substrat diélectrique et étant délimité à sa périphérie par un bord qui confère à cet élément une double symétrie planaire selon deux axes perpendiculaires; et
- un plan de masse fixé sur le deuxième côté dudit premier substrat diélectrique; ledit élément conducteur comportant un point d'excitation par lequel il est relié audit circuit d'antenne, ce dernier délivrant ladite tension alternative entre le point d'excitation et ledit plan de masse; ledit point d'excitation se trouvant sur un premier desdits axes; ladite antenne étant caractérisée en ce que ledit élément conducteur comporte:
- une première paire de fentes qui s'étendent, sur le deuxième desdits axes, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdites fentes s'étendent sur sensiblement la totalité de la distance séparant la périphérie du centre dudit élément conducteur.

3. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre

- une première plaque de réglage de fréquence, la distance entre la périphérie et le centre de ladite plaque le long dudit deuxième axe variant en fonction de l'angle de rotation de la plaque autour d'un axe perpendiculaire au plan de la plaque et passant par son centre par rapport audit élément conducteur.

4. Antenne selon la revendication 3, caractérisée en ce que ladite plaque de réglage de fréquence est usinée à partir d'un bloc en métal.

5. Antenne selon l'une quelconque des revendications 2 à 3, caractérisée en ce que ladite plaque de réglage de fréquence est imprimée sur un deuxième substrat diélectrique.
6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre
 - un disque d'espacement qui sépare ledit premier élément conducteur de ladite plaque de réglage de fréquence.
7. Antenne selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisée en ce que ladite plaque de réglage de fréquence et ledit élément conducteur sont séparés par un entrefer.
8. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre
 - un support central qui traverse le premier substrat diélectrique et ladite plaque de réglage de fréquence, et sur lequel ces éléments sont montés.
9. Antenne selon la revendication 8, caractérisée en ce que ledit support central est fabriqué en une matière conductrice.
10. Antenne destinée à convertir une tension alternative, provenant d'un circuit d'antenne, en une micro-onde à polarisation linéaire ou circulaire et vice-versa, comprenant :
 - un premier substrat diélectrique comportant deux côtés opposés;
 - un élément conducteur fixé sur un premier côté dudit premier substrat diélectrique, ledit élément conducteur étant délimité à sa périphérie par un bord qui confère à cet élément une double symétrie planaire selon deux axes perpendiculaires; et
 - un plan de masse fixé sur le deuxième côté dudit premier substrat diélectrique; ledit élément conducteur comportant un point d'excitation par lequel il est relié audit circuit d'antenne, ce dernier délivrant ladite tension alternative entre le point d'excitation et ledit plan de masse; ledit point d'excitation se trouvant sur un troisième axe bissecteur de l'angle formé entre les premier et deuxième axes; ladite antenne étant caractérisée en ce que ledit élément conducteur comporte :
 - une première paire des fentes qui s'étendent, sur le premier desdits axes, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur; et
 - une seconde paire de fentes qui s'étendent, sur ledit deuxième axe, à partir de la périphérie vers le centre dudit élément conducteur.
11. Antenne selon la revendication 10, caractérisée en ce que lesdites fentes s'étendent sur sensiblement la totalité de la distance séparant ladite périphérie du centre dudit élément conducteur.
12. Antenne selon l'une quelconque des revendications 10 à 11, caractérisée en ce que la longueur de ladite première paire de fentes est supérieure à la longueur de ladite deuxième paire de fentes pour engendrer lesdites micro-ondes à polarisation circulaire.
13. Antenne selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre
 - une première plaque de réglage de fréquence, la distance entre la périphérie et le centre de ladite plaque le long dudit deuxième axe variant en fonction de l'angle de rotation de ladite première plaque de réglage de fréquence autour d'un axe perpendiculaire au plan de la première plaque et passant par son centre par rapport audit élément conducteur.
14. Antenne selon la revendication 13, caractérisée en ce que la distance entre la périphérie et le centre de ladite première plaque de réglage de fréquence le long dudit deuxième axe varie en fonction de l'angle de rotation de ladite plaque de réglage de fréquence par rapport audit élément conducteur.
15. Antenne selon la revendication 14, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre
 - une deuxième plaque de réglage de fréquence, la distance entre la périphérie et le centre de ladite deuxième plaque le long dudit premier axe varie en fonction de l'angle de rotation de ladite deuxième plaque autour d'un axe par rapport audit élément conducteur.

16. Antenne selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisée en ce qu'au moins une desdites plaques de réglage de fréquence est usinée à partir d'un bloc en métal.

17. Antenne selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisée en ce qu'au moins une desdites plaques de réglage de fréquence est imprimée sur un deuxième substrat diélectrique.

18. Antenne selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre

- un disque d'espacement qui sépare ledit élément conducteur et d'au moins une desdites plaques de réglage de fréquence.

19. Antenne selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, caractérisée en ce qu'au moins une desdites plaques de fréquence et ledit élément conducteur sont séparés par un entrefer.

20. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre

- un support central qui traverse le premier substrat diélectrique et au moins une desdites plaques de réglage de fréquence, et sur lequel ces éléments sont montés.

21. Antenne selon la revendication 20, caractérisée en ce que ledit support central est réalisé en une matière conductrice.

22. Montre comportant une antenne selon l'une quelconque des revendications 8 à 9 et 20 à 21, ladite montre comprenant

- des aiguilles;
 - une boîte;
 - un moteur; et
 - un arbre pour relier ledit moteur auxdites aiguilles;
- ladite montre étant caractérisée en ce que ladite antenne est disposée entre ledit moteur et lesdites aiguilles, en ce que ledit support central est creusé le long de son axe longitudinal, et en ce que ledit arbre s'étend à l'intérieur dudit support central.

23. Montre selon la revendication 22, caractérisée en ce que lesdites aiguilles sont réalisées en plastique.

Fig.1

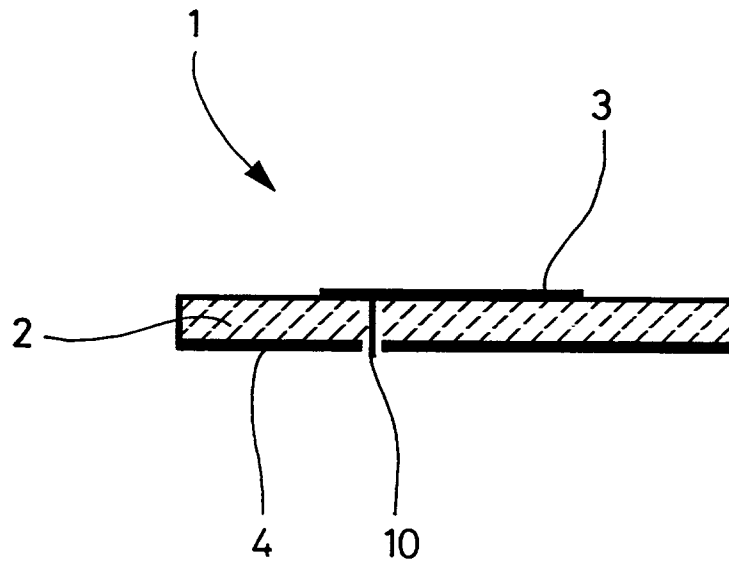


Fig.2

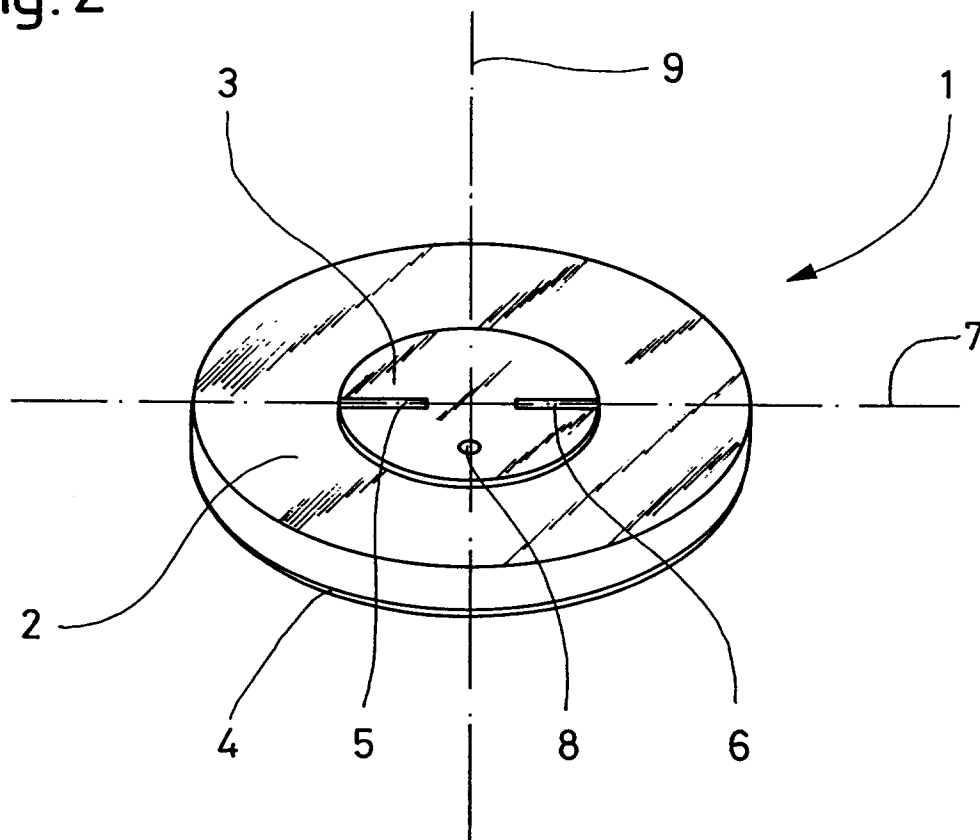


Fig. 3

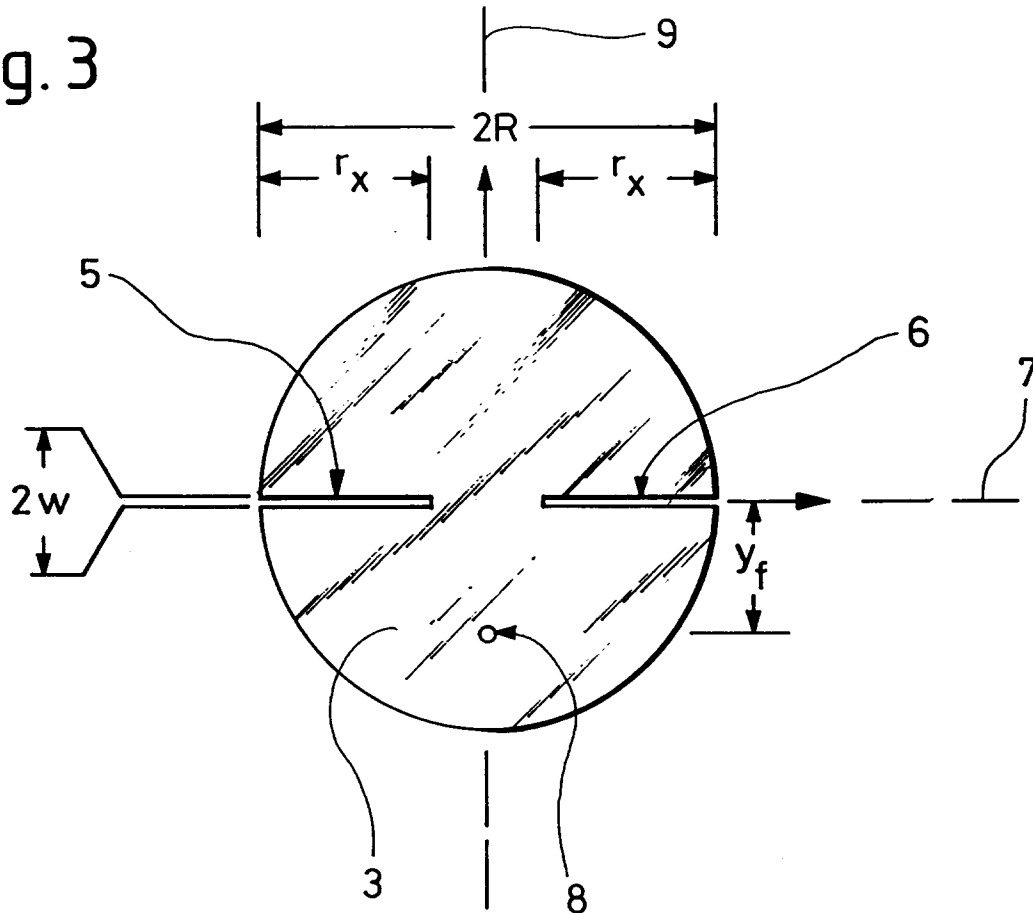
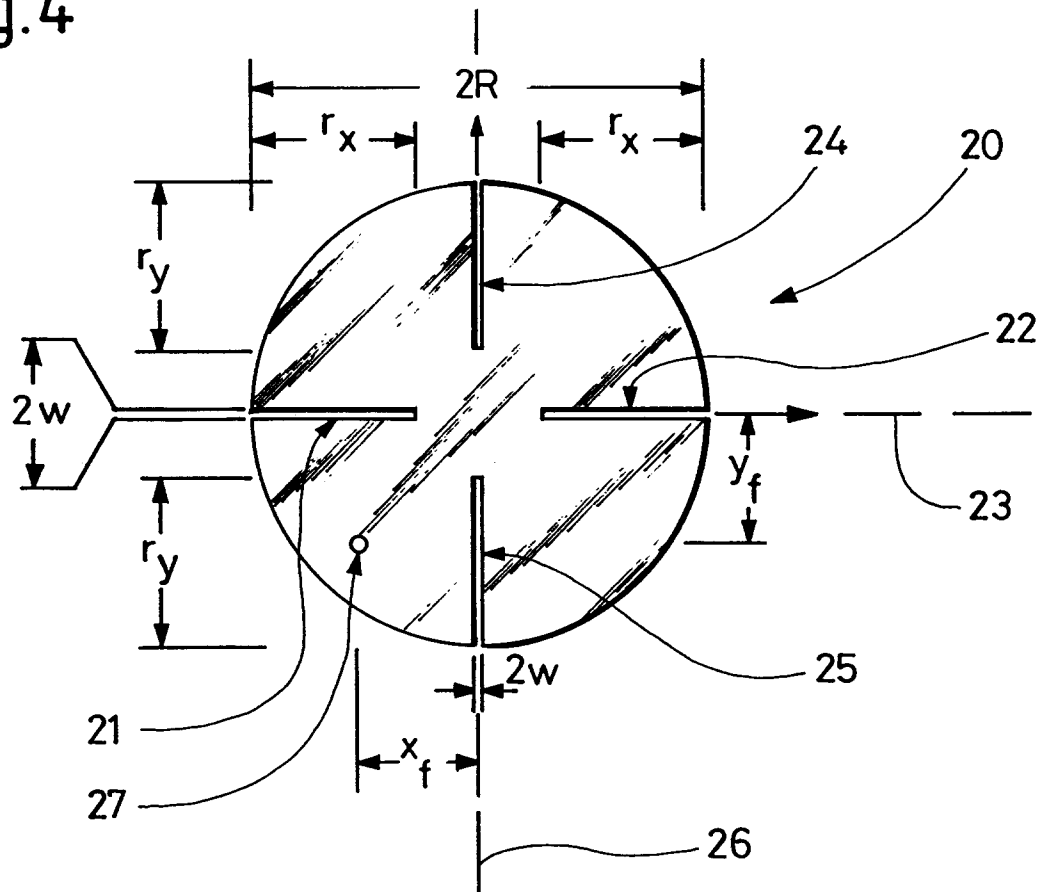


Fig. 4



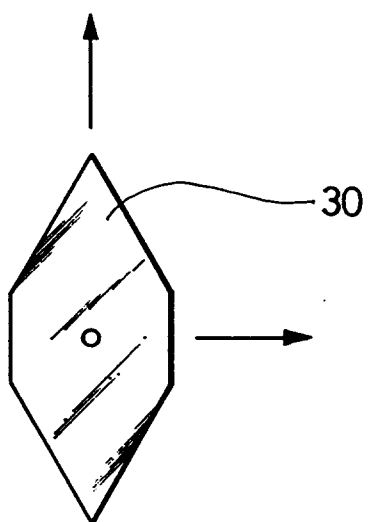


Fig. 5

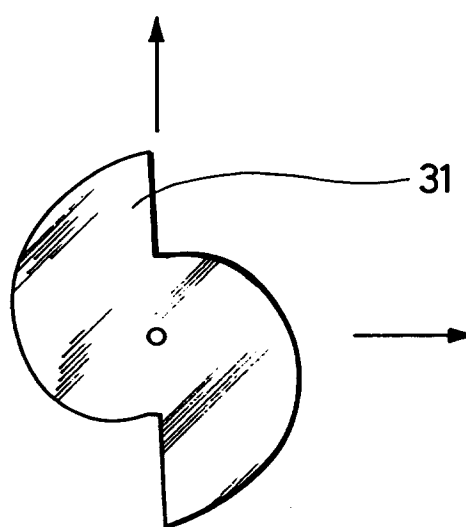


Fig. 6

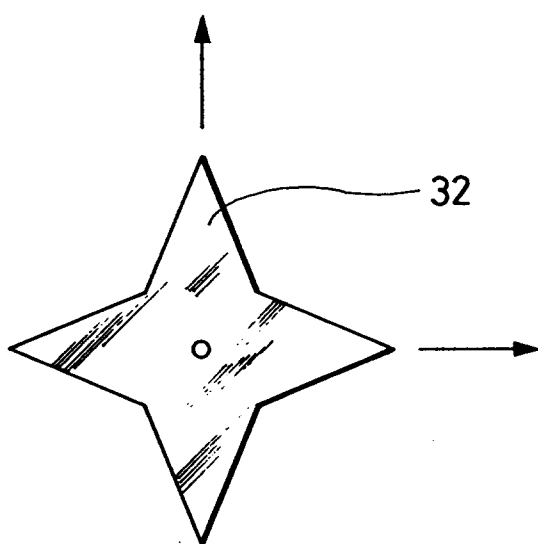


Fig. 7

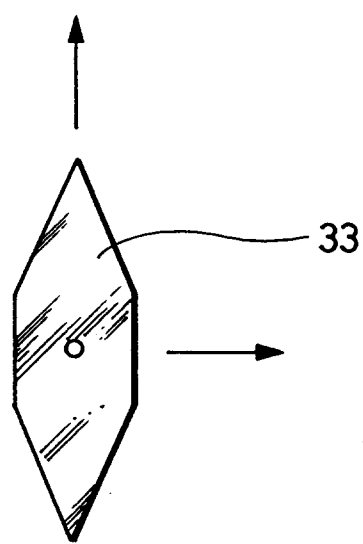


Fig. 8

Fig.9

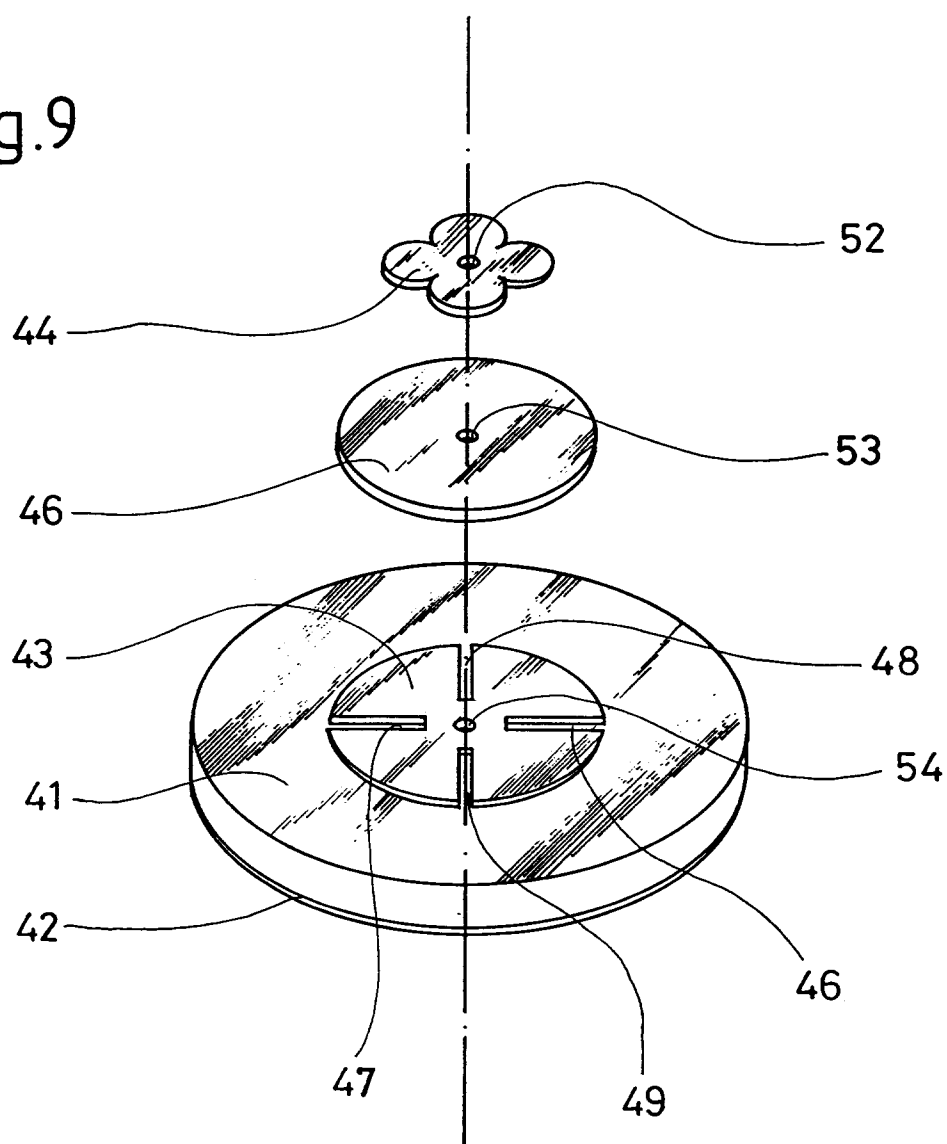


Fig.10

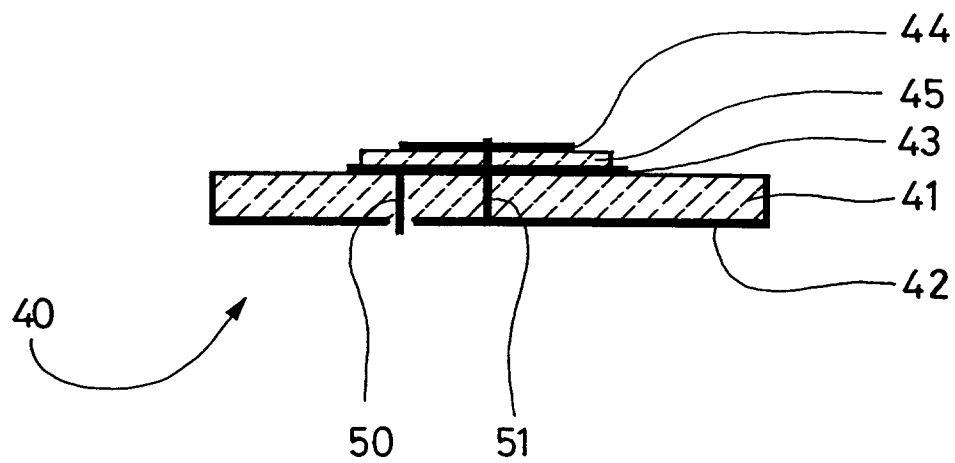


Fig. 11

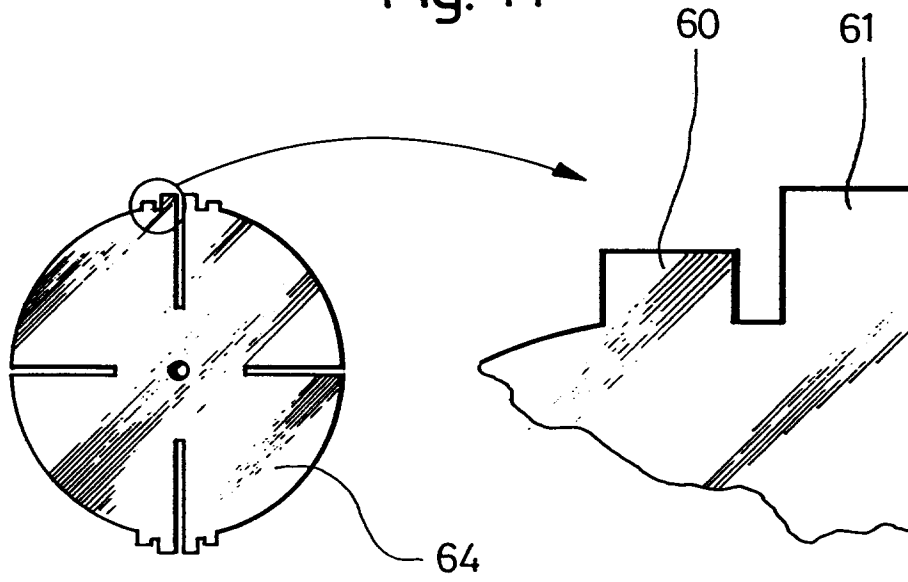
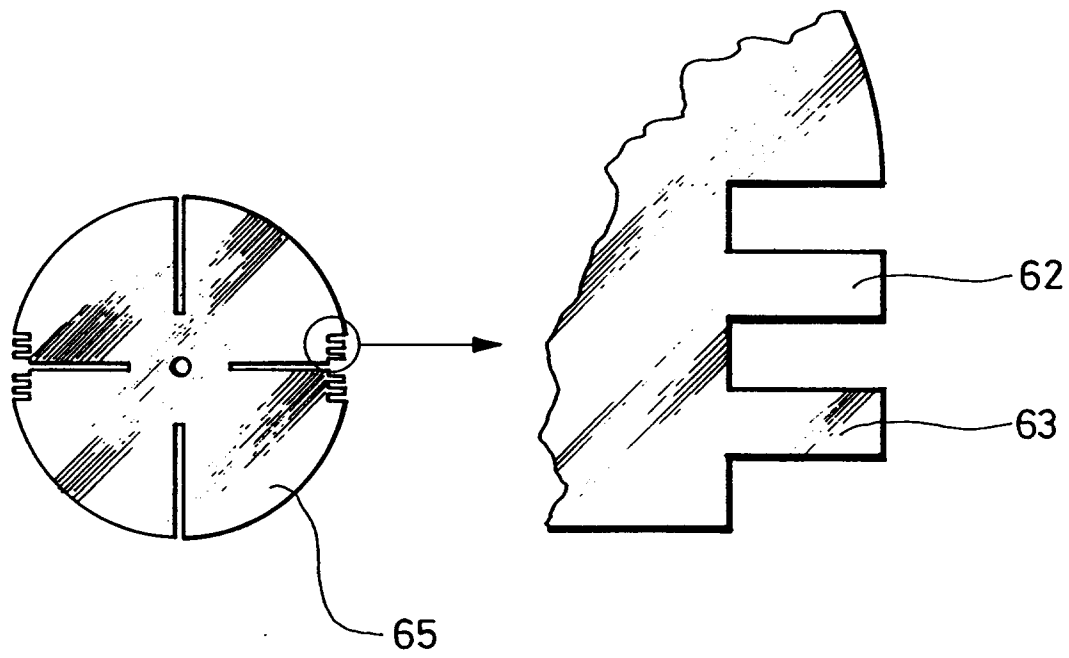


Fig.12



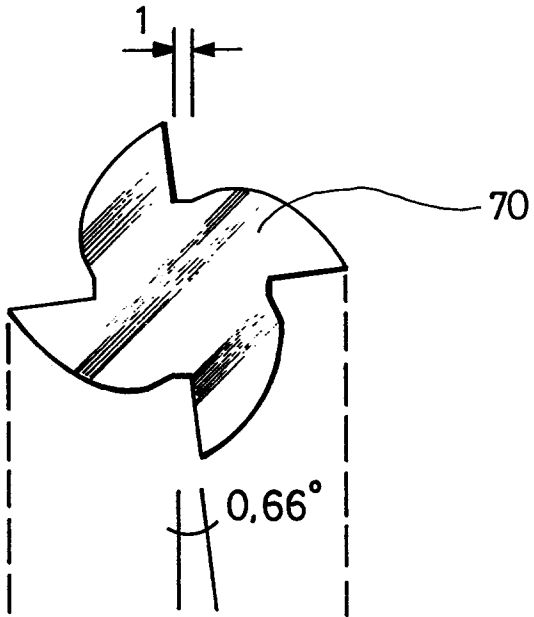


Fig.13

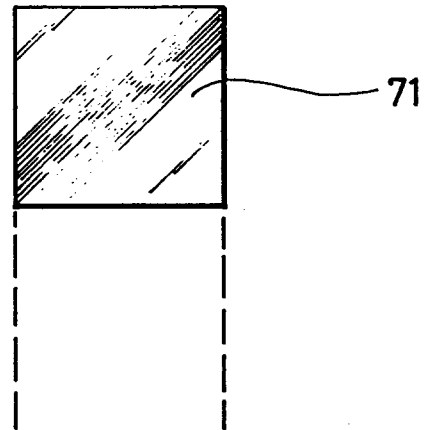


Fig.14

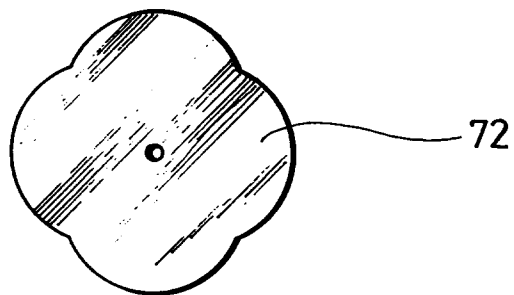


Fig.15

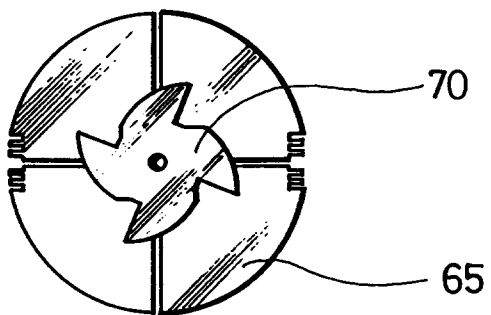


Fig.16

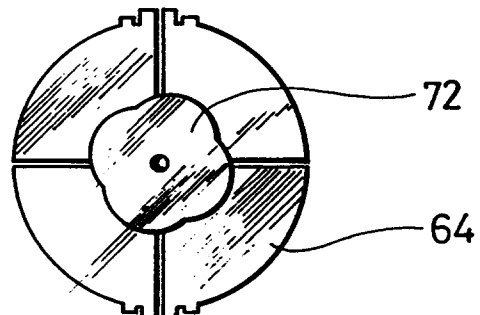


Fig.17

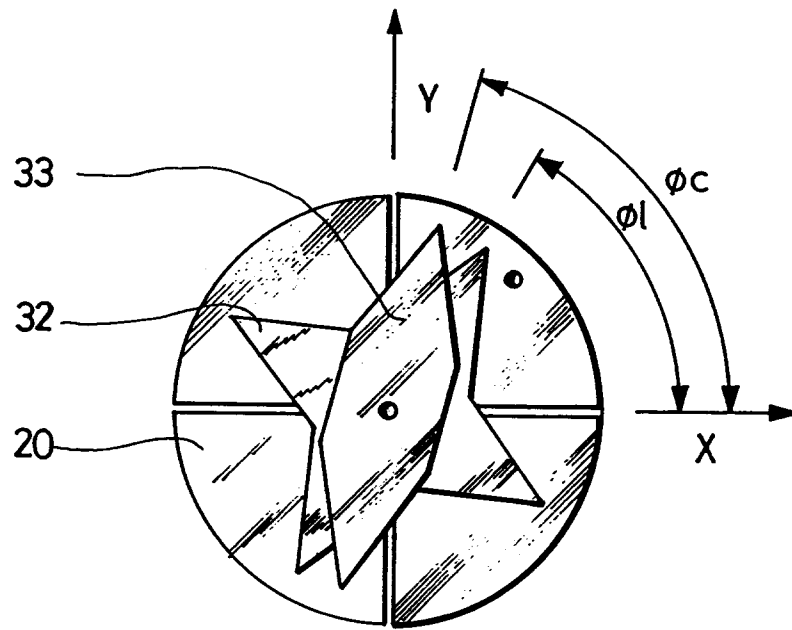


Fig.18

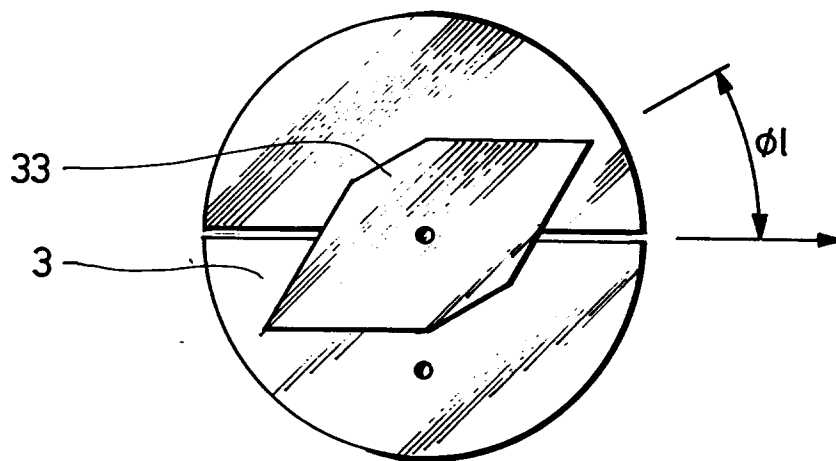
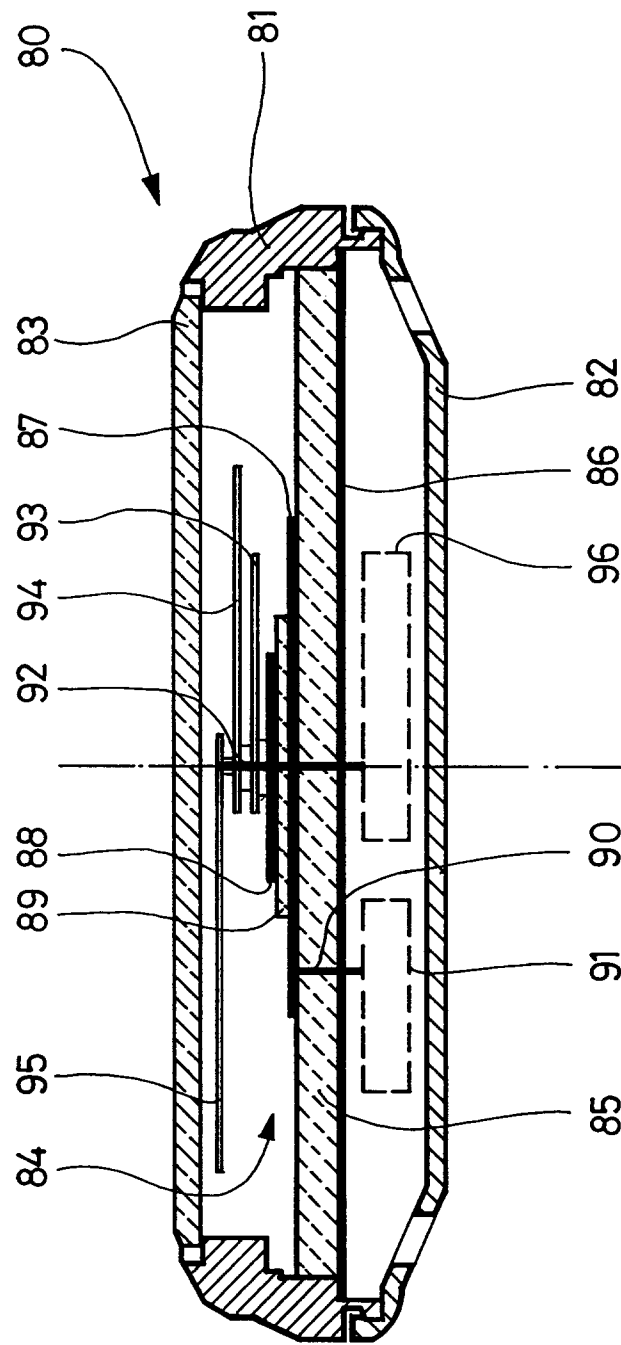


Fig.19

Fig. 20





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 11 6148

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Y	IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, vol.40, no.2, Mai 1991, NEW YORK US pages 483 - 486 HIROYUKI ARAI ET AL 'A flat energy density antenna system for mobile telephone' * page 483, colonne de droite; figure 2 * ---	1,2,10	H01Q9/04
Y	EP-A-0 525 726 (MURATA) * abrégé; figure 1 * ---	1,2,10	
Y	EP-A-0 121 722 (TOSHIBA) * page 5, ligne 13 - page 6, ligne 1; figures 1,2 * ---	3,13	
Y	EP-A-0 400 872 (HARADA INDUSTRY) * abrégé; figure 1 * ---	3,13	
A	US-A-5 307 075 (TAN D. HUYNH) * colonne 3; figure 3 * ---	3	
A	WO-A-92 01953 (SAAB-SCANIA COMBITECH) * page 13, ligne 16 - ligne 20; figures 3,4 * * page 17, ligne 23 - ligne 29 * ---	22	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	EP-A-0 188 087 (TEXAS INSTRUMENTS) * abrégé; figure 3 * -----		H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 12 Janvier 1996	Examineur Breusing, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)