(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 565 417**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 08392**

(51) Int Cl⁴ : H 01 Q 9/40, 13/00.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 29 mai 1984.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 49 du 6 décembre 1985.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *TELECOMMUNICATIONS RADIOELECTRIQUES ET TELEPHONIQUES - TRT, société anonyme.* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** Gérard Dubost et Roger Pierre Joseph Alexis.

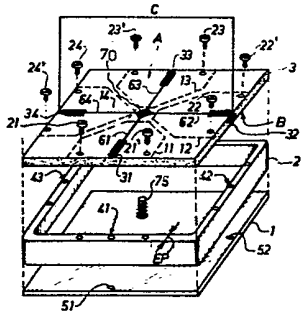
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Jacques Pyronnet, société civile SPID.

(54) Antenne formée à partir d'une cavité résonante comportant une face rayonnante.

(57) L'antenne est formée de trois parties 1, 2, 3 constituant une cavité résonante munie d'une face rayonnante 3. Selon l'invention sont disposés sur la face rayonnante 3 quatre brins de dipôle en forme de plaques 11, 12, 13, 14 qui sont court-circuités à leur extrémité située à la périphérie de l'antenne et dont la longueur est de l'ordre de $\lambda_o/4$ (où λ_o est la longueur d'onde de fonctionnement de l'antenne), et sur chaque brin est prévu un système d'excitation 31, 32, 33, 34 les reliant à l'extérieur afin que chaque brin soit excité par une onde déphasée pratiquement de : 0°, 90°, 180°, 270° respectivement au moyen d'un distributeur.

Application : antenne radio pour véhicule automobile disposée sur la plage arrière de ce dernier.



FR 2 565 417 A1

ANTENNE FORMEE A PARTIR D'UNE CAVITE RESONANTE COMPORTANT UNE FACE RAYONNANTE

La présente invention concerne une antenne formée à partir d'une cavité résonante munie d'une face rayonnante.

Une antenne de ce genre est décrite dans la demande de brevet n° 2 506 525. Cette antenne est destinée à être montée sur la plage arrière des automobiles de sorte que la face rayonnante soit dirigée vers le haut. Ainsi le rayonnement de l'antenne se réfléchit tout d'abord sur les parties métalliques de l'automobile pour être émis finalement dans toutes les directions.

Cette antenne connue assure donc les mêmes services que ceux d'une antenne fouet placée sur le toît d'une automobile sans en présenter les inconvénients de vulnérabilité et de fragilité.

Cependant, on doit bien constater que cette antenne présente un encombrement important : en effet si la face rayonnante se trouve au niveau de la plage arrière de l'automobile, le reste du corps de l'antenne se trouve alors dans la malle de celle-ci. Outre ce premier inconvénient, cette antenne connue présente un second inconvénient; cet inconvénient réside dans le fait que cette antenne ne rayonne ou ne peut recevoir qu'un rayonnement à polarisation linéaire ce qui dans le cas de la réception peut occasionner des pertes de niveau importantes pour des polarisations reçues quelconques.

L'invention que l'on propose a pour but de remédier à ces deux inconvénients. Il est à noter que, bien entendu, une antenne conforme à l'invention peut trouver d'autres applications que celle citée ci-dessus.

Pour cela, une antenne du genre mentionné dans le préambule est remarquable en ce que sur cette face rayonnante sont disposés quatre brins de dipôle en forme de plaques qui sont court-circuités à leur extrémité située à la périphérie de l'antenne et dont la longueur est de l'ordre de $\lambda_0/4$ (où λ_0 est la longueur d'onde de fonctionnement de l'antenne) et en ce que sur chaque brin est prévu un

système d'excitation les reliant à l'extérieur afin que chaque brin soit excité par une onde déphasée pratiquement de : 0°, 90°, 180°, 270° respectivement au moyen d'un distributeur.

La description suivante, faite en regard des dessins annexés, le tout donné à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 représente, en perspective, et en vue éclatée, une antenne conforme à l'invention.

La figure 2 montre une vue en A de l'antenne de la figure 1.

La figure 3 montre une vue en B de l'antenne de la figure 1.

La figure 4 montre une vue en coupe de l'antenne de la figure 1.

La figure 5 montre une autre façon de réaliser une antenne conforme à l'invention.

La figure 6 montre une vue en coupe de l'antenne de la figure 5.

La figure 7 montre un exemple de réalisation d'un distributeur particulièrement bien adapté à une antenne conforme à l'invention.

La figure 8 montre une vue en coupe de l'antenne des figures 1 à 4 munie d'un distributeur à sa face inférieure.

La figure 9 montre la façon de disposer des antennes conformes à l'invention sur la plage arrière d'une automobile.

L'antenne montrée à la figure 1 est formée de trois parties 1, 2 et 3. Les parties 1 et 2 sont entièrement métalliques. La partie 1 de forme carrée sert de fond à l'antenne. Cette partie vient en contact sur le pourtour de la partie 2 se présentant sous la forme d'un cylindre de section carrée d'épaisseur EP. La partie 3 est un circuit imprimé double face. Une face A étant orientée vers l'extérieur de l'antenne et une face B étant orientée vers l'intérieur c'est-à-dire vers le fond 1. Cette partie 3 vient aussi en contact sur le pourtour de la partie 2 et constitue la face rayonnante de l'antenne.

Conformément à l'invention, l'antenne comporte quatre brins de dipôle 11, 12, 13 et 14 représentés en pointillé à la figure 1 car disposés intérieurement sur la face B, non directement visible, de la partie 3; ces quatre brins sont mis en court-circuit à une de leur extrémité avec la partie 2 au moyen de vis qui les serrent contre la partie 2. Ces vis portent les références 21 et 21' pour le brin 11, 22 et 22' pour le brin 12, 23 et 23' pour le brin 13 et 24 et 24' pour le brin 14. Ces brins sont alimentés en quadrature de phase; pour cela on a prévu des points d'alimentations 31, 32, 33 et 34 où le signal électrique présente respectivement des déphasages de 0°, 90°, 180° et 270°. Ces points d'alimentations sont reliés à l'extérieur de l'antenne par un fil non représenté sur la figure, glissé dans des trous de passage 41, 42, 43 et 44 qui sont pratiqués dans la paroi du pourtour de la partie 2. Ces trous de passage correspondent à des trous de la partie 1, 51, 52 ...

A partir des points d'excitation 31, 32, 33 et 34 on réalise l'excitation des différents brins de dipôle 11, 12, 13 et 14 par une ligne 61, 62, 63 et 64 du type microruban formée sur la face A de la partie 3. L'emplacement de ces lignes est situé sur les médianes du carré que forme la face avant. Ces différentes lignes partant des différents points 41, 42, 43 et 44 se rejoignent en un point commun 70 mis à la masse au moyen d'un pion 75 dressé sur le fond 1 par son extrémité inférieure et mis en contact avec le point 70 par son extrémité supérieure (un espace étant ménagé à cet effet dans le support diélectrique constituant la plaque du circuit imprimé de la partie 3).

Les points d'excitation 31 à 34 peuvent être reliés à n'importe quel distributeur connu procurant les déphasages respectifs 0°, 90°, 180° et 270°.

La figure 2 montre bien comment sont réalisées les lignes d'excitation placées sur la face A. Ces lignes identiques entre-elles sont constituées par deux tronçons 61a, 61b; 62a, 62b; 63a, 63b et 64a, 64b présentant des largeurs différentes "la" et "lb" et des longueur "La" et "Lb".

La figure 3 montre bien la forme des brins de dipôle

11, 12, 13 et 14. Ces brins sont constitués par une première et deuxième partie. La première partie présente une largeur constante égale à W sur une longueur HD à laquelle on doit déduire l'épaisseur EP de la partie 2 pour avoir la longueur participant effectivement au rayonnement. La deuxième partie des brins présente une largeur diminuant progressivement à partir de LD pour aboutir à une largeur lD. La longueur totale du brin est égale à LLD.

La plaque sur laquelle sont gravés les brins de dipôle sur une face et les lignes d'excitation sur l'autre face est un carré dont le côté a pour valeur CR ; le centre porte la référence 0.

La figure 4 qui représente la coupe suivant C (figure 1) montre que la cavité formée par les parties 1, 2 et 3 a une profondeur H comptée du fond 1 au brin de dipôle situé dessous la plaque de circuit imprimé constituant la partie 3. La dimension EI représente l'épaisseur de la plaque de circuit imprimé et la dimension SD pratiquement l'épaisseur totale de l'antenne.

Le comportement électrique des brins de dipôle constituant en fait un demi-doublet a été étudié notamment dans les références suivantes :

G. DUBOST "Flat Radiating Dipoles and Applications to Arrays". R.S.P. John Wiley and Sons LTD 1981.

G. DUBOST "Short or Open-circuited Dipole Parallel to Perfect Reflector Plane and embedded in Substrate and Acting at Resonance". Elect. Letters 26th Nov. 1981, vol. 17, n° 24, pp. 914-916.

La bande passante B (en %) de chaque demi-dipôle est donnée par l'expression :

$$B = \frac{100(R.O.S.-1)}{\sqrt{R.O.S.}} \quad \frac{64\pi^2}{3} \quad \left(\frac{W.H.}{\lambda_o^2}\right) \quad \left(\frac{1}{4} - \frac{H}{\lambda_o}\right)^2 \qquad (1)$$

où R.O.S. est le rapport d'ondes stationnaires

λ_o la longueur d'onde dans le vide.

La résistance de rayonnement R_r en ohms de chaque demi-doublet plaque est donnée par l'expression :

$$R_r = \frac{22,5}{\pi^2} \quad \frac{1}{(W/\lambda_o)^2(1/4-H/\lambda_o)^2} \qquad (2)$$

Pour une antenne fonctionnant à une fréquence de 920 MHz (λ_o = 326 mm) avec H = 9,6 mm et W = 64 mm on trouve R_R :

R_R = 1200 ohms

B = 6,8 % avec R.O.S. = 3

On voit alors qu'un transformateur quart-d'onde de résistance caractéristique voisine de 245 ohms adapte l'impédance de rayonnement de chaque demi-doublet sensiblement à 50 ohms.

Dans le plan horizontal qui s'identifie avec le plan de masse, le champ électrique est polarisé verticalement.

L'expression du champ rayonné dans ce plan est donné à un coefficient de proportionnalité près par l'expression :

$$\sin(k_o d \cos\alpha).\frac{\sin(k_o \frac{W}{2}\sin\alpha)}{k_o \frac{W}{2}\sin\alpha} + j\sin(k_o d \sin\alpha).\frac{\sin(k_o \frac{W}{2}\cos\alpha)}{k_o \frac{W}{2}\cos\alpha} \quad (3)$$

où d est la distance du court-circuit au centre 0 de l'antenne (voir figure 3);

W la largeur de chaque demi-doublet;

k_o le nombre d'onde du vide et $j = \sqrt{-1}$.

Avec d = 74 mm W = 64 mm λ_o = 326 mm

On trouve que le défaut d'omnidirectionnalité, exprimé par la variation du module de l'expression (3), reste inférieur à 2,1 dB.

Dans la direction perpendiculaire au plan de l'antenne (zénith si celle-ci est disposée horizontalement), l'onde est polarisée circulairement. Le diagramme de directivité mesuré dans le plan "E" de chaque paire de demi-doublets opposés est sensiblement constant aux effets de diffraction près.

Pour récapituler et préciser on donne ci-dessous la valeur des différentes côtes de l'antenne pour une fréquence de fonctionnement de 920 MHz.

CR =	168 mm	lD =	20 mm
SD ≃	12,5 mm	HD =	47 mm
H =	9,6 mm	La =	55 mm
EI =	1,6 mm	la ∿	0,3 mm
EP =	10 mm	Lb =	14 mm
W =	64 mm	lb =	4,8 mm
LLD =	74 mm	d =	74 mm

Pour une fréquence de fonctionnement variant autour de 920 MHz on obtient expérimentalement :

- un R.O.S. $\leqslant$ 2 de 880 MHz à 960 MHz
- un défaut d'omnidirectionnalité inférieur à 2,5 dB
- une ouverture à 3 dB du rayonnement égal à 160° dans le plan E.

La figure 5 montre une autre façon de réaliser l'excitation de chaque brin selon l'invention. Chaque brin de dipôle (seul le brin 14 est représenté sur cette figure 5) est alimenté en auto-transformation, c'est-à-dire qu'expérimentalement on déplace le point d'excitation 80 sur l'axe de symétrie du brin de dipôle jusqu'à ce qu'on trouve une impédance convenable (c'est-à-dire adaptée) entre le point et la masse prise par exemple sur le fond 1.

A la figure 6 on montre la coupe en C' de l'antenne réalisée comme indiqué à la figure 5. La partie 3 peut être réalisée à partir d'une plaque de circuit imprimé simple face dont la face isolante est dirigée vers l'extérieur.

Les différentes antennes de l'invention peuvent être excitées d'une façon avantageuse par circuit distributeur montré à la figure 7. Les dimensions hors-tout de ce distributeur sont telles qu'il peut venir se fixer sur l'arrière des antennes sans pour cela augmenter de beaucoup leur épaisseur. Bien que le distributeur soit décrit pour l'antenne montrée aux figures 1 à 4, il va de soi qu'un homme de l'art en modifiant quelques côtes pourra adapter ce distributeur à l'antenne montrée aux figures 5 et 6.

Le distributeur est réalisé en ligne triplaque et la figure 7 montre les dessins des conducteurs actifs. Les points référencés 51', 52', 53' et 54' correspondent aux passages ménagés dans la partie 1. Ces points sont reliés à la prise coaxiale 90 par l'intermédiaire d'un ensemble de lignes triplaques d'impédance caractéristique 50 ohms (largeur l5 = 2,25 mm) ou de 71 ohms (largeur l7 = 1,5 mm). La longueur de 55 mm des différents tronçons correspond au quart de longueur d'onde à la fréquence moyenne de 920 MHz pour un support dont la constante diélectrique ε_r a pour valeur 2,17. L'impédance de rayonnement de chaque demi-doublet plaque court-circuité à la résonance quart d'onde ramenée en 51', 52', 53' et 54' est égale à 50 ohms. Les li-

gnes quart d'onde d'impédance caractéristique 71 ohms transforment l'impédance de 50 ohms en 100 ohms. Les deux impédances de 100 ohms disposées en parallèles aux points M, N et O sont équivalentes à une impédance de 50 ohms. Les différences de longueurs électriques entre lignes, en partant du point O, raccordement de l'âme de l'embase coaxiale 90 vers les sorties 51', 52', 53' et 54' sont égales à 90° ou 180° à la fréquence centrale et permettent d'assurer l'excitation convenable des quatre brins de dipôle de façon à obtenir la polarisation circulaire. On a représenté sur la figure différents tronçons de lignes ll égaux, chacun, pour la fréquence centrale de 920 MHz à 55 mm. Les longueurs des autres tronçons peuvent être modifiées d'une même valeur pour pouvoir s'adapter par exemple à l'antenne représentée aux figures 5 et 6. Un tel distributeur accouplé à une antenne de l'invention et réalisé avec des plaques de circuit imprimé d'épaisseur 1,6 mm n'apporte pas une surépaisseur importante à l'antenne; celle-ci peut avoir une épaisseur totale EPP = 15,4 mm.

Du fait des faibles dimensions de l'antenne de l'invention, il est possible d'en disposer deux (référence 100 et 110) sur la plage arrière d'une automobile comme cela est représenté sur la figure 9. Ainsi ceci correspond à une réception par diversité d'espace d'ordre 2, la distance entre les centres de ces antennes doit être au moins égale à $\lambda_o/2$ (où λ_o = 326 mm).

Dans le cas d'une liaison sol-sol, particulièrement à 920 MHz, les conditions de propagation sont extrêmement difficiles. Un phénomène essentiel est l'existence d'un grand nombre de trajets multiples, dont la combinaison engendre lors du mouvement du véhicule une fluctuation du niveau de signal suivant une loi normale (loi de Rayleigh), entrainant des évanouissements importants. L'emploi d'une diversité est pratiquement nécessaire pour améliorer la situation.

Si d'autre part on considère le diagramme de rayonnement de l'antenne proposée une fois installée dans le véhicule, on constate que des réflexions sur les éléments de la carosserie situés au-dessus du plan de l'antenne vont être nombreuses, si bien que ce diagramme va présenter une forme extrêmement irrégulière, sans pour autant que la valeur moyenne (sur le demi-plan supérieur) du signal reçu - ou émis - soit réduite du fait des réflexions.

Il en résulte que le niveau moyen du signal reçu par une telle antenne dans le cas de trajets multiples ne va pas être modifié, non plus que sa structure statistique, dès lors que le nombre de trajets multiples est important. Cette remarque est fondamentale pour expliquer la possibilité de fonctionnement de l'antenne dans un tel emplacement et le fait que ses performances soient comparables à celles d'une antenne de toit.

Si l'on veut encore diminuer l'épaisseur de l'antenne, il est possible de remplir la cavité constituée par la face 1 et la face rayonnante 3 par un diélectrique sans pour cela sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS :

1. Antenne formée à partir d'une cavité résonante munie d'une face rayonnante, caractérisée en ce que sur cette face rayonnante sont disposés quatre brins de dipôle en forme de plaques qui sont court-circuités à leur extrémité située à la périphérie de l'antenne et dont la longueur est de l'ordre de $\lambda_o/4$ (où λ_o est la longueur d'onde de fonctionnement de l'antenne) et en ce que sur chaque brin est prévu un système d'excitation les reliant à l'extérieur afin que chaque brin soit excité par une onde déphasée pratiquement de : 0°, 90°, 180°, 270° respectivement au moyen d'un distributeur.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que le système d'excitation est constitué pour chaque brin par une ligne microruban dont le plan de masse est constitué par le brin de dipôle destiné à être excité par cette ligne et qui comporte une première extrémité reliée à un point d'excitation placé vers la périphérie de l'antenne.

3. Antenne selon la revendication 2, caractérisée en ce que les deuxièmes extrémités desdites lignes microrubans sont reliées en un point commun relié à la masse de l'antenne.

4. Antenne selon la revendication 2 ou 3, caractérisée en ce que les brins de dipôle et leur ligne d'excitation sont disposés de part et d'autre d'une plaque de circuit imprimé.

5. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que le système d'excitation est formé par un point connecté à un fil le reliant directement à l'extérieur.

6. Antenne selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que la cavité résonante est remplie de diélectrique.

7. Antenne selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le distributeur est constitué par un réseau de ligne triplaque et en ce qu'il est disposé sur la face opposée à la face rayonnante.

8. Antenne selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisée en ce qu'elle est disposée sur la plage arrière d'un véhicule.

9. Ensemble d'antennes selon l'une des revendications 1 à 7 prévu pour fonctionner, en réception, par diversité d'espace caractérisé en ce qu'il est disposé sur la plage arrière d'un véhicule.

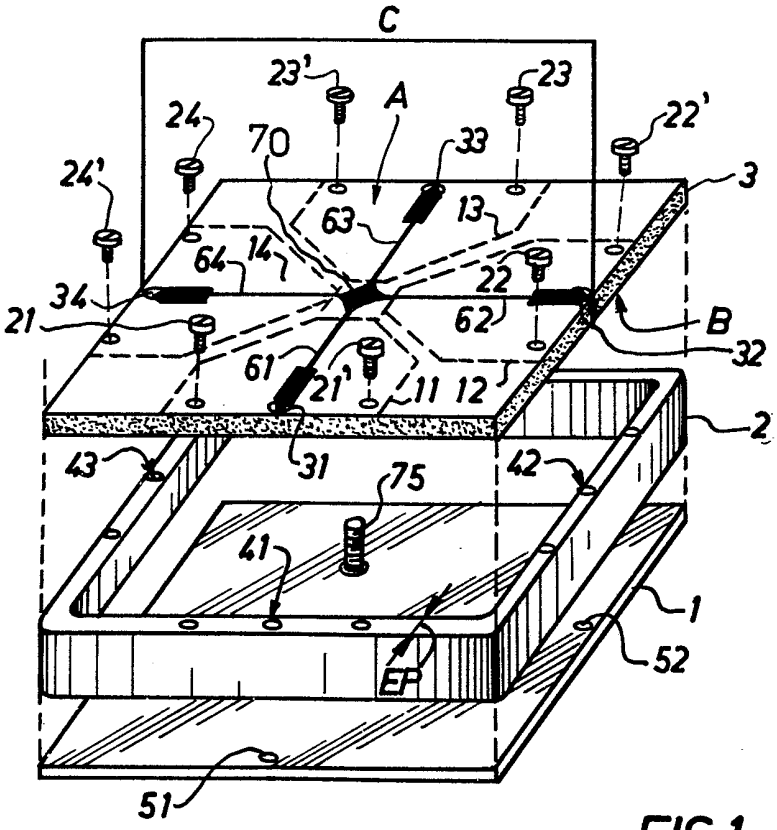

C
23'
23
A
24
70
33
22'
24'
3
63
13
64
14
22
34
62
B
21
32
61
21'
11
12
2
43
31
75
42
41
1
EP
52
51

FIG.1

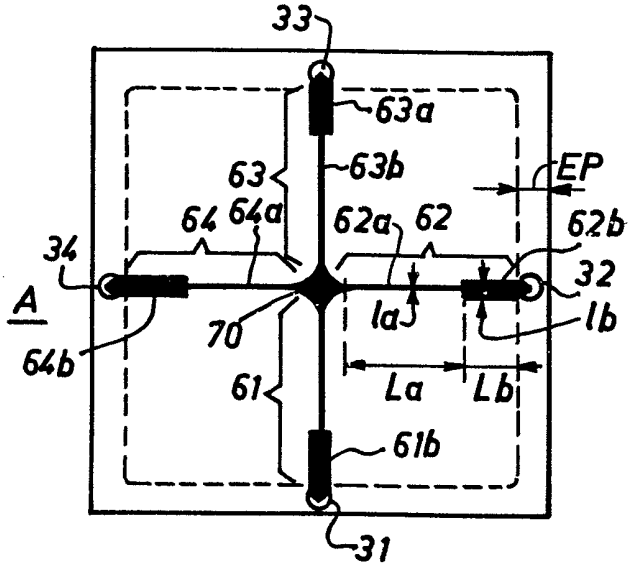

33
63a
63
63b
EP
64
64a
62a
62
62b
34
32
A
la
lb
64b
70
61
La
Lb
61b
31

FIG.2

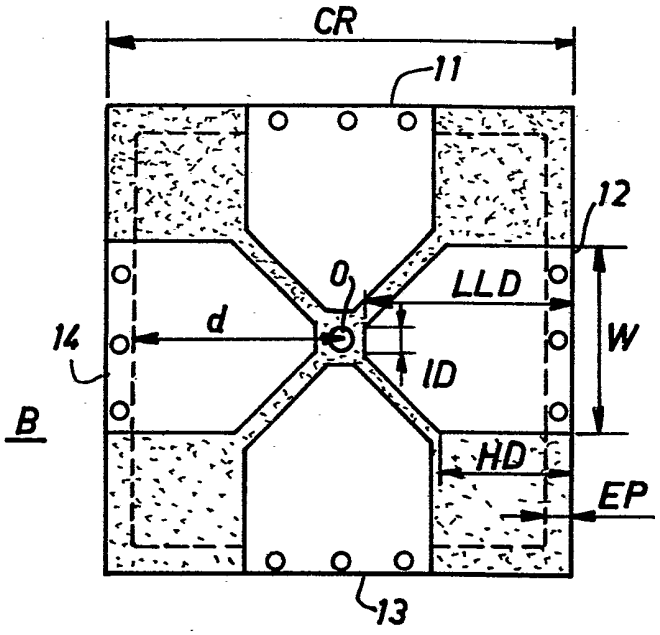


FIG.3

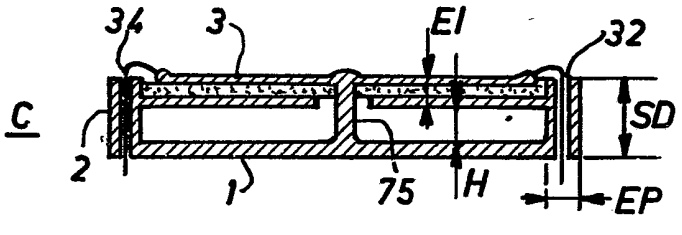


FIG.4

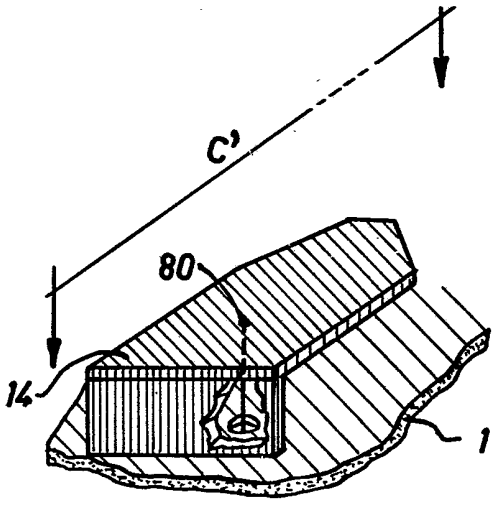


FIG.5

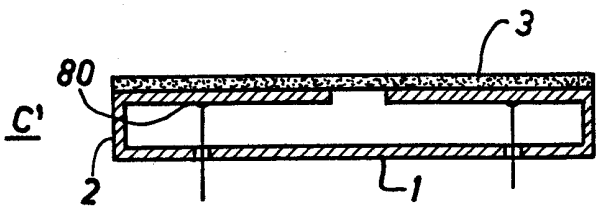


FIG. 6

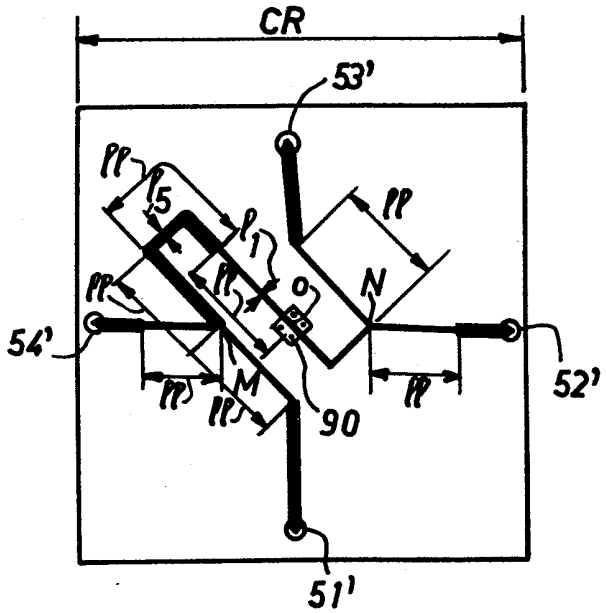


FIG. 7

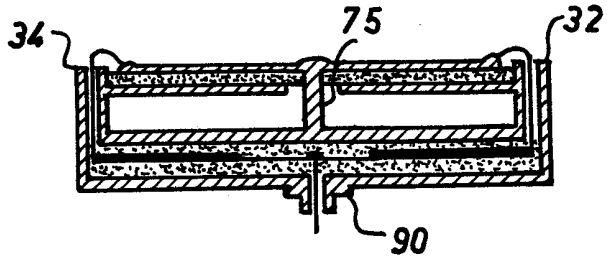


FIG. 8

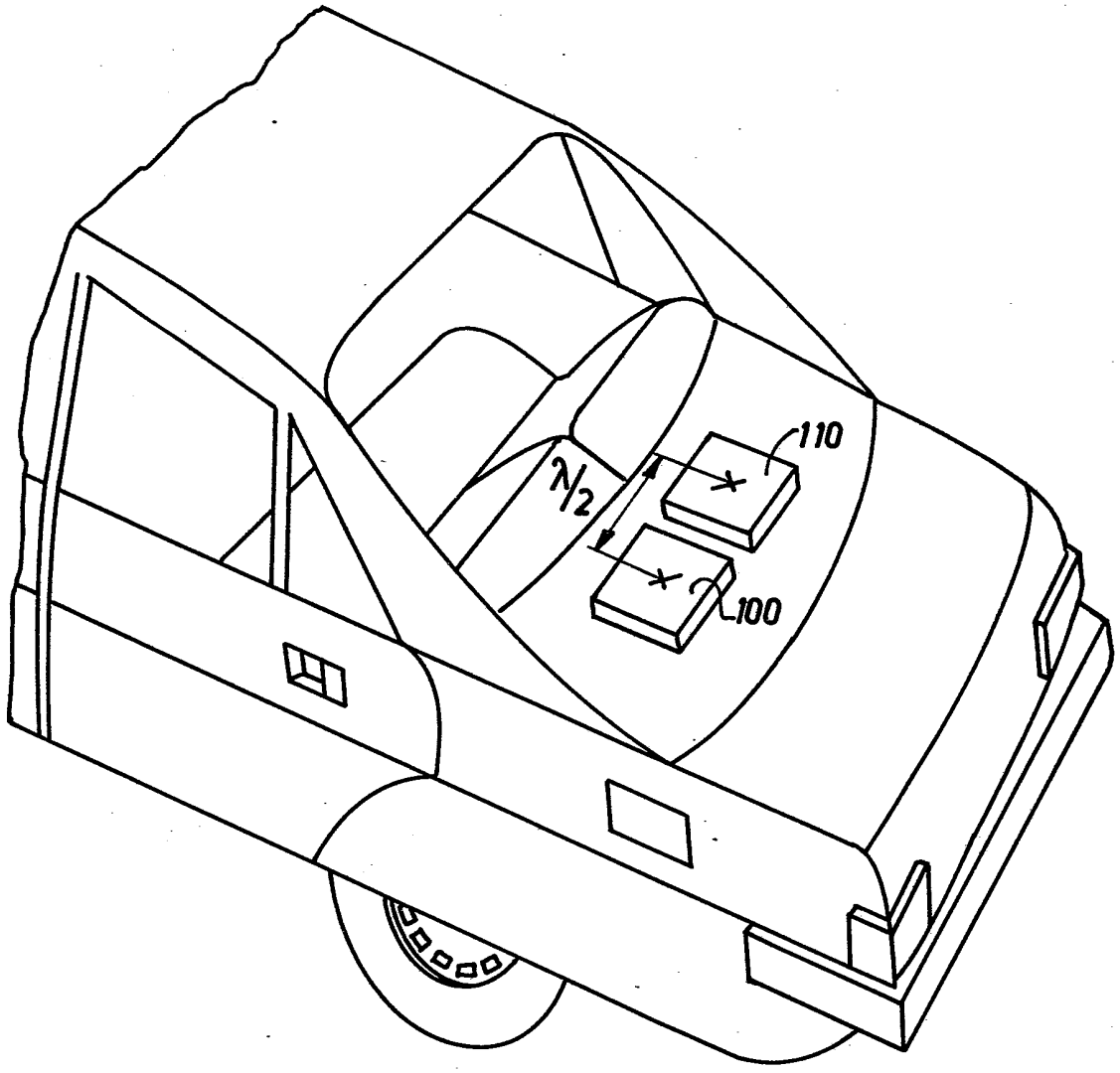


FIG.9