

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

3 018 958

21 N° d'enregistrement national : 14 52301

51 Int Cl<sup>8</sup> : H 01 Q 5/00 (2013.01), H 01 Q 9/04

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.03.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 25.09.15 Bulletin 15/39.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : UNIVERSITE DE RENNES I Etablissement public à caractère scientifique et culturel — FR et CNRS - CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE — FR.

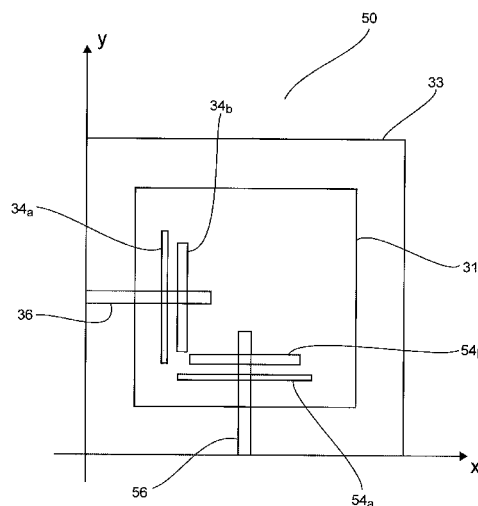
72 Inventeur(s) : TAACHOUCHE YAAKOUB et HIMDI MOHAMED.

73 Titulaire(s) : UNIVERSITE DE RENNES I Etablissement public à caractère scientifique et culturel, CNRS - CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

74 Mandataire(s) : CABINET PATRICE VIDON.

54 ANTENNE PLANAIRE ACCORDABLE EN FREQUENCE ET ALIMENTEE PAR FENTE, ET RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITES COMPRENANT UNE TELLE ANTENNE.

57 Il est proposé une antenne plane accordable en fréquence et alimentée par fente, comprenant: une pastille résonnante (31), une première couche de diélectrique, un plan de masse (33) comportant une première fente (34a, 54a) pour chaque polarisation linéaire, une deuxième couche de diélectrique, et une ligne de transmission (36, 56) comprenant, pour chaque première fente, un brin d'extrémité s'étendant sous la première fente. L'antenne est accordable en fréquence, pour chaque polarisation linéaire, grâce au(x) élément(s) capacitif(s) variable(s). L'adaptation de l'antenne varie, pour chaque polarisation linéaire, en fonction d'une tension de polarisation appliquée au(x) élément(s) capacitif(s) variable(s). L'antenne comprend, pour chaque polarisation linéaire, au moins une deuxième fente (34b, 54b) s'étendant le long de, et ayant au moins une dimension différente de, la première fente. Le brin d'extrémité de la ligne de transmission s'étend sous les première et deuxième(s) fentes. La (au moins une) deuxième fente crée une résonance supplémentaire.



FR 3 018 958 - A1



**Antenne planaire accordable en fréquence et alimentée par fente, et récepteur de positionnement par satellites comprenant une telle antenne.**

## **1. DOMAINE DE L'INVENTION**

Le domaine de l'invention est celui des antennes.

5 Plus précisément, l'invention concerne une antenne planaire accordable en fréquence et alimentée par fente.

L'invention a de nombreuses applications, telles que par exemple dans un récepteur de positionnement par satellites, permettant de recevoir et traiter des signaux provenant de différents systèmes de positionnement par satellites (GNSS, pour « Global Navigation Satellite System » en anglais).

## **2. ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE**

Plusieurs pays se sont dotés (ou vont bientôt le faire) de constellations satellitaires dédiées à la localisation dans la bande GNSS (1,16 à 2,5 GHz). Il existe donc différents systèmes GNSS et on peut citer :

- 15 • le système GPS pour les USA,
- le système GALILEO pour l'Europe,
- le système GLONASS pour la Russie,
- le système COMPASS pour la Chine, et
- le système IRNSS pour l'Inde.

20 Les systèmes GPS, GALILEO, GLONASS et COMPASS utilisent des fréquences comprises dans la bande 1,164 à 1,602 GHz. En revanche, le système IRNSS utilise des fréquences dans une bande autour de 2,49 GHz.

Le spectre de fréquences utilisé par les systèmes GNSS est très large. Les antennes doivent donc être capables de capter efficacement les signaux des différentes constellations dans une bande allant de 1,16 à 2,5 GHz (plus que l'octave), avec une polarisation circulaire et un diagramme de rayonnement directionnel.

Dans la littérature, on trouve souvent deux types d'antennes :

- 30 • les antennes double-bandes, pour couvrir deux bandes (l'une de 1,16 à 1,3 GHz et l'autre de 1,55 à 1,61 GHz (voir par exemple le document de brevet WO 2007006773, intitulé « Antenne multibandes pour système de positionnement par satellite ») ; et

- les antennes larges bandes, qui couvrent généralement toute la bande de 1,16 à 1,61 GHz (voir par exemple l'article suivant : « Hong-Lin Zhang; Xiu-Yin Zhang; Bin-Jie Hu, "Compact broad-band annular ring antenna for global navigation satellite systems," Antennas Propagation and EM Theory (ISAPE), 2010 9th International Symposium on , vol., no., pp.189,192, Nov. 29 2010-Dec. 2 2010).

Un inconvénient de ces deux types d'antennes connues est qu'elles ne couvrent pas la bande autour de 2,5 GHz. En d'autres termes, elles ne couvrent pas toute la bande GNSS (1,16 à 2,5 GHz).

On connaît également un troisième type d'antenne, à savoir les antennes à bande étroite mais accordables sur une large bande de fréquences.

Les **figures 1A, 2A et 2B** illustrent un exemple d'antenne de ce troisième type, à savoir une antenne planaire alimentée par fente et accordable en fréquence 1. La figure 1A est une vue en perspective, la figure 2A une vue de dessus, et la figure 2B une vue en coupe. Il s'agit d'une association entre une antenne planaire (aussi appelée « antenne patch ») alimentée par fente et deux éléments capacitifs variables 7 (dans cet exemple, des diodes à capacité variable, aussi appelées « diodes varicaps »). Ces derniers permettent de rendre l'antenne accordable sur une large bande de fréquences.

L'antenne planaire alimentée par fente possède une structure dans laquelle sont superposés successivement :

- une pastille résonnante (aussi appelée « patch ») 1,
- une première couche de diélectrique 2 (par exemple de l'air ou un substrat diélectrique),
- un plan de masse 3 comportant une fente 4 (fonctionnement selon une unique polarisation linéaire dans cet exemple),
- une deuxième couche de diélectrique 5 (par exemple de l'air ou un substrat diélectrique), et
- une ligne de transmission 6 (aussi appelée « ligne d'alimentation », même si l'antenne est utilisée en réception) comprenant un brin d'extrémité s'étendant sous la fente.

Dans l'implémentation particulière illustrée, la première couche de diélectrique 2 est une couche de matériau diélectrique d'épaisseur  $t$  et de permittivité  $\epsilon_{r1}$ , sur la face supérieure de laquelle est imprimée la pastille résonnante 1. La seconde couche de diélectrique 5 est une couche de matériau diélectrique d'épaisseur  $h$  et de permittivité  $\epsilon_{r2}$ , sur la face supérieure de laquelle est imprimée le plan de masse 3 (comportant la fente 6), et sur la face inférieure de laquelle est imprimée la ligne de transmission 6 (représentée en pointillés) et une ligne de polarisation continue (permettant d'amener la tension de polarisation vers la pastille résonnante 1 qui elle-même est connectée aux éléments capacitifs variables 7).

Chaque élément capacitif variable (diode varicap) 7 est connecté entre un côté rayonnant de la pastille résonnante 1 et le plan de masse 3. L'adaptation de l'antenne varie en fonction d'une tension de polarisation appliquée aux éléments capacitifs variables.

La **figure 1B** présente six courbes illustrant la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence, pour différentes valeurs de la tension de polarisation des diodes varicap. Chaque courbe correspond à une résonance distincte et est obtenue pour l'une des valeurs de la tension de polarisation (0V, 4V, 8V, 12V, 16V et 22V). L'adaptation de l'antenne varie en fonction de la tension de polarisation de la diode. La fréquence de fonctionnement de l'antenne varie entre 1,7 GHz et 2,4 GHz, pour une tension de polarisation qui varie entre 0 et 22V. Cette antenne est donc accordable sur une large bande de fréquences.

Un inconvénient majeur de cette antenne est que cette accordabilité sur une large bande de fréquences nécessite l'utilisation de valeurs de tension de polarisation très élevées, qui dépassent les 20V.

### **3. OBJECTIFS DE L'INVENTION**

L'invention, dans au moins un mode de réalisation, a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients de l'état de la technique.

Plus précisément, dans au moins un mode de réalisation de l'invention, un objectif est de fournir une antenne planaire alimentée par fente, qui soit accordable en fréquence sur une large bande de fréquences, tout en nécessitant une tension de

polarisation plus faible que dans les solutions actuelles, préférentiellement inférieure à 3V.

Un autre objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de fournir une telle antenne qui couvre toute la bande de fréquences GNSS (y compris autour de 2,5 GHz), avec une faible tension de polarisation compatible avec les tensions disponibles sur les appareils portables.

Un autre objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de fournir une telle antenne qui, dans la bande de fréquences GNSS, permette de sélectionner la bande de réception d'une constellation en filtrant efficacement et naturellement les bandes de réception des autres constellations.

Un autre objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de fournir une telle antenne qui soit peu coûteuse et peu encombrante.

#### **4. EXPOSÉ DE L'INVENTION**

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, il est proposé une antenne planaire accordable en fréquence et alimentée par fente, possédant une structure dans laquelle sont superposés successivement une pastille résonnante, une première couche de diélectrique, un plan de masse comportant une première fente pour chaque polarisation linéaire, une deuxième couche de diélectrique, et une ligne de transmission comprenant, pour chaque première fente, un brin d'extrémité s'étendant sous ladite première fente, ladite antenne étant accordable en fréquence, pour chaque polarisation linéaire, grâce à au moins un élément capacitif variable connecté entre un côté rayonnant de la pastille résonnante et le plan de masse, l'adaptation de ladite antenne variant, pour chaque polarisation linéaire, en fonction d'une tension de polarisation appliquée audit au moins un élément capacitif variable. L'antenne comprend, pour chaque polarisation linéaire, au moins une deuxième fente s'étendant le long de, et ayant au moins une dimension différente de, la première fente, ledit brin d'extrémité de la ligne de transmission s'étendant sous ladite première fente et ladite au moins une deuxième fente, ladite au moins une deuxième fente créant une résonance supplémentaire.

Le principe général de l'invention consiste donc, pour chaque polarisation linéaire, à utiliser non pas une mais plusieurs fentes (deux ou plus) alimentées en série par un même brin d'extrémité de la ligne de transmission. Ainsi, tout en ayant une

solution compacte avec une interaction entre les fentes (puisqu'elles sont alimentées en série), chaque fente supplémentaire (c'est-à-dire autre que la première) crée une autre résonance. Comparée à la solution connue illustrée sur la figure 1B, la présente solution permet une augmentation du nombre de résonances avec une plage limitée de variation de la tension de polarisation. Ainsi, pour accorder l'antenne sur une bande de fréquence donnée, il y a besoin d'une tension de polarisation variant dans une plage plus faible (par exemple 0V à 5V, et préférentiellement 0V à 3V) que dans les solutions actuelles (0V à 22V, ou plus).

Selon une caractéristique particulière, pour chaque polarisation linéaire, ladite au moins une deuxième fente et ladite première fente sont de même forme.

Selon une caractéristique particulière, pour chaque polarisation linéaire, ladite au moins une deuxième fente et ladite première fente possèdent des axes longitudinaux parallèles.

Selon une caractéristique particulière, ladite tension de polarisation varie entre 0V et 5V.

Ainsi, on utilise une faible tension de polarisation, compatible avec les tensions disponibles sur les appareils portables.

Selon une caractéristique particulière, pour une première valeur de la tension de polarisation, l'antenne couvre une première sous-bande résultant d'une résonance créée par la première fente, et, pour une pluralité de deuxièmes valeurs successives de la tension de polarisation, l'antenne couvre une pluralité de deuxièmes sous-bandes successives distinctes de la première sous-bande et résultant chacune d'une résonance créée par ladite au moins une deuxième fente.

Du fait que toutes les sous-bandes ne sont pas couvertes par des résonances résultant d'une même fente, l'antenne est accordable sur une pluralité de sous-bandes avec une faible plage de variation de la tension de polarisation.

Selon une caractéristique particulière, la première sous-bande est autour de 2,5 GHz, et la pluralité de deuxièmes sous-bandes successives forment une bande comprise entre 1,1 GHz et 1,6 GHz.

Ainsi, l'antenne couvre (c'est-à-dire est accordable dans) toute la bande de fréquences GNSS (y compris autour de 2,5 GHz). Dans cette bande de fréquences

GNSS, elle permet de sélectionner une sous-bande (c'est-à-dire la bande de réception d'une constellation) en filtrant efficacement et naturellement les autres sous-bandes (c'est-à-dire les bandes de réception des autres constellations).

5 Selon une caractéristique particulière, la première valeur est 0V, et la pluralité de deuxièmes valeurs successives sont comprises entre 1,5V et 3V.

Ainsi, l'antenne proposée nécessite une tension de polarisation plus faible que dans les solutions actuelles.

Selon une mise en œuvre particulière, la pastille résonnante est de forme carrée, de longueur de côté  $l_p$  égale à  $55 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ , et, pour chaque polarisation linéaire :

- 10 - ladite première fente est de forme rectangulaire, de longueur  $l_3$  égale à  $40 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  et de largeur  $w_3$  égale à  $1 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$  ; et
- ladite au moins une deuxième fente est de forme rectangulaire, de longueur  $l_2$  égale à  $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  et de largeur  $w_2$  égale à  $2 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ .

15 Dans cette mise en œuvre particulière, l'antenne est peu coûteuse, compacte et est accordable toute la bande de fréquences GNSS (y compris autour de 2,5 GHz).

Dans une première implémentation, l'antenne fonctionne selon une unique polarisation linéaire.

20 Dans une seconde implémentation, l'antenne fonctionne selon des première et deuxième polarisations linéaires orthogonales, dont la combinaison fournit une polarisation circulaire, et la première fente et ladite au moins une deuxième fente pour la première polarisation linéaire sont orthogonales respectivement à la première fente et ladite au moins une deuxième fente pour la deuxième polarisation linéaire.

Ainsi, l'antenne fonctionne avec une polarisation circulaire, qui correspond à celle utilisée actuellement par les systèmes de navigation par satellites (GNSS).

25 Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, il est proposé un récepteur de positionnement par satellites, permettant de recevoir et traiter des signaux provenant de différents systèmes de positionnement par satellites, ce récepteur comprenant ou coopérant avec une antenne selon l'un quelconque des modes de réalisation ci-dessus.

30 **5. LISTE DES FIGURES**

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée à titre d'exemple indicatif et non limitatif, et des dessins annexés, dans lesquels :

- 5 - les figures 1A, 1B, 2A et 2B, déjà décrites en relation avec l'art antérieur, illustrent la structure et les performances d'un exemple d'antenne planaire, alimentée par fente et accordable en fréquence, selon l'art antérieur ;
- les figures 3A et 3B sont des vues de dessus présentant respectivement la structure et les dimensions d'une antenne selon un premier mode de réalisation particulier de l'invention, fonctionnant selon une unique polarisation linéaire ;
- 10 - les figures 4A et 4B sont des vues en coupe présentant respectivement la structure et les dimensions de l'antenne selon ledit premier mode de réalisation particulier de l'invention, fonctionnant selon une unique polarisation linéaire ;
- la figure 5 est une vue de dessus présentant la structure d'une antenne selon un deuxième mode de réalisation particulier de l'invention, fonctionnant selon une  
15 polarisation circulaire ;
- la figure 6 illustre les performances de l'antenne planaire, alimentée par fente et accordable en fréquence, dans une implémentation particulière dudit troisième mode de réalisation particulier de l'invention ;
- la figure 7 illustre diverses formes possibles pour les fentes des antennes selon  
20 l'invention ;
- la figure 8 illustre diverses formes possibles pour la pastille résonnante (patch) des antennes selon l'invention ; et
- les figures 9 à 13 présentent la structure d'une antenne selon un troisième mode de réalisation particulier de l'invention, fonctionnant  
25 selon une polarisation circulaire.

## **6. DESCRIPTION DÉTAILLÉE**

Sur toutes les figures du présent document, les éléments identiques sont désignés par une même référence numérique.

30 On présente maintenant, en relation avec les **figures 3A, 3B, 4A et 4B** une antenne 30 selon un premier mode de réalisation particulier de l'invention, fonctionnant selon une unique polarisation linéaire.

Dans un seul souci de simplification, les vues de dessus (figures 3A et 3B) et en coupe (figures 4A et 4B) sont partielles. N'y ont pas été représentés les éléments capacitifs variables (par exemple, des diodes varicaps), qui permettent de rendre l'antenne 30 accordable sur une large bande de fréquences. Comme dans la technique de l'art antérieur illustrée sur la figure 1A, l'antenne 30 comprend par exemple un élément capacitif variable (diode varicap) connecté entre chaque côté rayonnant de la pastille résonnante et le plan de masse.

L'antenne 30 possède une structure dans laquelle sont superposés successivement :

- 10 • une pastille résonnante (aussi appelée « patch ») 31,
- une première couche de diélectrique 32 (par exemple de l'air ou un substrat diélectrique),
- un plan de masse 33 comportant des première et deuxième fentes 34a, 34b (fonctionnement selon une unique polarisation linéaire dans cet exemple),
- 15 • une deuxième couche de diélectrique 35 (par exemple de l'air ou un substrat diélectrique), et
- une ligne de transmission 36 comprenant un brin d'extrémité s'étendant sous les deux fentes 34a, 34b.

20 Dans cet exemple, la pastille résonnante 31 est de forme carrée. Il est cependant possible d'utiliser différentes formes de pastille, et notamment mais non exclusivement celles illustrées sur la **figure 8** ((a) carrée, (b) rectangulaire, (c) dipôle, (d) circulaire, (e) elliptique, (f) triangulaire, (g) secteur de disque, (h) anneau circulaire, (i) secteur d'anneau).

25 La deuxième fente 34b s'étend le long de la première fente 34a. Elles diffèrent par au moins une dimension. Dans cet exemple, les deux fentes 34a, 34b sont de même forme, à savoir rectangulaire, et possèdent des axes longitudinaux parallèles. Il est cependant possible d'utiliser d'autres formes de fente, et notamment mais non exclusivement celles illustrées sur la **figure 7** ((a) H, (b) os de chien, (c) nœud papillon, (d) sablier).

30

Comme indiqué sur les figures 3B et 4B, l'antenne est définies par les dimensions suivantes :

- pour la pastille résonnante 31 de forme carrée, la longueur  $l_p$  des côtés ;
- pour la première couche de diélectrique 32, épaisseur  $h_2$  et permittivité  $\epsilon_{r2}$  ;
- 5 • pour le plan de masse 33 de forme carrée, la longueur  $l_0$  des côtés ;
- pour la première fente 34a de forme rectangulaire, la longueur  $l_3$  et la largeur  $w_3$ , ainsi que l'abscisse  $x_3$  (correspondant au point obtenu par projection orthogonale selon l'axe longitudinal de la première fente) dans un repère centré sur le coin inférieur gauche du plan de masse 33;
- 10 • pour la deuxième fente 34b de forme rectangulaire, la longueur  $l_2$  et la largeur  $w_2$ , ainsi que l'abscisse  $x_2$  (correspondant au point obtenu par projection orthogonale selon l'axe longitudinal de la deuxième fente) dans le repère précité;
- pour la deuxième couche de diélectrique 35, épaisseur  $h_1$  et permittivité  $\epsilon_{r1}$  ;
- pour la ligne de transmission 36, la longueur  $l_1$ , la largeur  $w_1$ , l'ordonnée  $y_1$  dans le repère précité.
- 15

Dans un mode de réalisation particulier, l'antenne 30 possède les dimensions suivantes :

$l_0 = 105 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$l_p = 55 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$h_1 = 0,8 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$	$h_2 = 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
$l_2 = 30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$w_2 = 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$	$l_3 = 40 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$w_3 = 1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$
$w_1 = 2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$	$x_2 = 34,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$	$x_3 = 26 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$	$l_1 = 60 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$
$y_1 = 52,5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$			

On présente maintenant, en relation avec la **figure 5**, une antenne 50 selon un deuxième mode de réalisation particulier de l'invention, fonctionnant selon une polarisation circulaire, résultant de la combinaison de deux polarisations linéaires orthogonales.

- 20

L'antenne 50 comprend l'ensemble des éléments de l'antenne 30 des figures 3A, 3B, 4A et 4B (la ligne de transmission 36 et les fentes 34a, 34b étant utilisées pour la l'une des deux polarisations linéaires orthogonales).

5 L'antenne 50 comprend en outre une autre ligne de transmission 56 et deux autres fentes 54a, 54b (orthogonales aux fentes 34a, 34b) qui sont utilisées pour l'autre des deux polarisations linéaires orthogonales.

On présente maintenant, en relation avec les **figures 9 à 13** une antenne 90 selon un troisième mode de réalisation particulier de l'invention, fonctionnant selon une polarisation circulaire.

10 Comme illustré sur les figures 9 et 10 (vues en perspective et en coupe respectivement), l'antenne 90 possède une structure dans laquelle sont superposés successivement :

- un premier substrat diélectrique 91 (par exemple NELTEC NX9300) sur la face inférieure duquel est imprimée une pastille résonnante (patch) 92 (cf figure 11),
- 15 • un second substrat diélectrique 93 (par exemple NELTEC NX9300) sur la face supérieure duquel est imprimée un plan de masse 94 comportant deux paires de fentes (95a, 95b) et (96a, 96b) (cf figure 12), et sur la face inférieure duquel est imprimée une ligne de transmission 97 (cf figure 13) ;
- 20 • une plaque métallique 98 formant un plan réflecteur (second plan de masse).

L'antenne 90 comprend une couche d'air 99 (formant une couche de diélectrique) entre la pastille résonnante 92 et le plan de masse 94. Pour cela, les premier et second substrats diélectriques 91, 93 sont séparés par des premières entretoises métalliques 100 (par exemple de 6 mm de hauteur).

25

Le second substrat diélectrique 93 et la plaque métallique 98 sont séparés par des secondes entretoises métalliques 101.

Comme illustré sur la figure 11 (vue de la face inférieure du premier substrat diélectrique 91), l'antennes comprend également des diodes varicap 102 (ou tout autre élément capacitif variable) connectées chacune entre un côté rayonnant de la pastille résonnante 92 (au milieu de chaque arrête de la pastille résonnante 92) et le plan de

30

masse 93 (via les premières entretoises métalliques 100). L'alimentation des diodes varicap se fait par la pastille résonnante 92.

Comme illustré sur la figure 12 (vue de la face supérieure du second substrat diélectrique 93), les deux fentes 95a, 95b sont de même forme, à savoir rectangulaire, et possèdent des axes longitudinaux parallèles. De même, les deux fentes 96a, 96b sont de même forme, à savoir rectangulaire, et possèdent des axes longitudinaux parallèles. Les fentes 95a, 95b sont orthogonales aux fentes 96a, 96b.

Comme illustré sur la figure 13 (vue de la face inférieure du second substrat diélectrique 93), la ligne de transmission 97 comprenant un premier brin d'extrémité 97a s'étendant sous la paire de fentes (95a, 95b) et un second brin d'extrémité 97b s'étendant sous la paire de fentes (96a, 96b). L'antenne comprend un coupleur 105 pour combiner les deux polarisations orthogonales (en quadrature de phase). La tension de polarisation des diodes varicap 102 est par exemple envoyée par un port 103 et par la ligne de transmission 97 (utilisés aussi pour les signaux RF reçus par l'antenne ; dans une variante, la tension de polarisation arrive sur un port séparé et est transmise par une ligne séparée). Puis, elle est acheminée vers la pastille résonnante 92, via un circuit de polarisation 104 (DC block) de façon ne pas perturber les signaux HF. Les premières entretoises métalliques 100 permettent une liaison entre la masse des diodes à la masse des fentes.

Dans un mode de réalisation particulier, l'antenne 90 possède les dimensions suivantes (en reprenant les notations données plus haut pour l'antenne 30) :

$l_0 = 105 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$l_p = 55 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$h_1 = 0,8 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$	$h_2 = 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
$l_2 = 30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$w_2 = 2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$	$l_3 = 40 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	$w_3 = 1 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$
$w_1 = 2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$	$x_2 = 34,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$	$x_3 = 26 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$	$l_1 = 30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$

La **figure 6** illustre les performances de l'antenne planaire, alimentée par fente et accordable en fréquence, dans une implémentation particulière dudit troisième mode de réalisation particulier de l'invention (celui des figures 9 à 13).

La figure 6 présente cinq courbes illustrant la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  en fonction de la fréquence, pour différentes valeurs de la tension de polarisation des diodes varicap. Chaque courbe correspond à une résonance distincte et est obtenue pour l'une des valeurs de la tension de polarisation (1V, 1,7V, 2V, 3V et 0V). L'adaptation de l'antenne varie en fonction de la tension de polarisation de la diode. La fréquence de fonctionnement de l'antenne varie entre 1,1 GHz (pour une tension de polarisation de 1,5V) et 2,5 GHz (pour une tension de polarisation de 0V).

Cette antenne est donc accordable sur une large bande de fréquences (la bande GNSS), avec une tension de polarisation faible, variant de 0 à 3V, ce qui est compatible avec les tensions disponibles sur les appareils portables. La consommation est extrêmement faible puisqu'il s'agit par exemple de diodes varicaps polarisées en inverse.

Les antennes sont adaptées à la réception des signaux des différentes constellations GNSS, dans une bande allant de 1164 MHz à 2506 MHz (plus que l'octave), avec une polarisation circulaire et un diagramme de rayonnement directionnel. Cette solution permet donc d'utiliser une seule antenne pour toute la bande GNSS qui rassemble tous les systèmes de localisation par satellite, même celui à 2.5 GHz, et d'une manière sélective.

L'antenne proposée a une bande passante d'environ 50MHz (bande étroite), accordable sur une bande de fréquence plus large. L'antenne se distingue donc des solutions concurrentes par :

- une couverture de toute la bande dédiée au GNSS, même celle de 2.5 GHz (Signaux IRNSS) ;
- une très faible consommation avec une tension de polarisation qui ne dépasse pas 3V ;
- la sélection de la réception d'une constellation en filtrant efficacement et naturellement les autres bandes des autres constellations.

Les dimensions des deux fentes d'une même paire (95a, 95b) ou (96a, 96b) permettent d'optimiser la fréquence de résonance de l'antenne en fonction de la tension de polarisation. L'originalité est d'utiliser (au moins) deux fentes pour créer deux résonances dans la bande de fréquences GNSS. Ces deux résonances couvrent toutes les bandes de fréquences utilisées pour les applications de localisation par satellites.

Ainsi, dans l'exemple de la figure 6, le principe de fonctionnement de l'antenne est de couvrir une bande autour de 2.5 GHz avec une tension de polarisation de 0V, ensuite une bande 1,1GHz à 1,6 GHz avec une tension de polarisation qui varie entre 1,5V et 3V. Le fonctionnement dans la bande 2,5 GHz est assuré par les fentes 95b, 96b, et les fentes 95a, 96a assurent le fonctionnement dans la bande 1,1 à 1,6 GHz.

Dans la bande de fréquences GNSS (y compris autour de 2,5 GHz), l'antenne permet de sélectionner une sous-bande (c'est-à-dire la bande de réception d'une constellation) en filtrant efficacement et naturellement les autres sous-bandes (c'est-à-dire les bandes de réception des autres constellations). De cette façon l'antenne joue le rôle d'un filtre naturel des bandes de fréquences non utilisées.

La présente invention porte également sur un récepteur de positionnement par satellites (récepteur GNSS), permettant de recevoir et traiter des signaux provenant de différents systèmes de positionnement par satellites, et comprenant ou coopérant avec une antenne selon la technique décrite ci-dessus et illustrée avec différents modes de réalisation.

Il est clair que de nombreux autres modes de réalisation de l'invention peuvent être envisagés. On peut notamment envisager d'autres bandes de fréquences que la bande GNSS, comme par exemple :

- la bande GSM 900 (le GSM 900 utilise la bande 880-915 MHz pour l'envoi de la voix ou des données depuis le mobile et la bande 925-960 MHz pour la réception des informations venant du réseau) ;
- la bande de la téléphonie mobile (LTE+GSM+UMTS) qui couvre la bande 1,71-2,17 GHz ;
- la localisation ou le transfert de données par WIFI à 2,4 GHz ;
- la bande LTE (4G) qui couvre la bande 2,5-2,7GHz pour la téléphonie mobile haute débit ;
- les antennes discrètes pour les véhicules dans la bande UHF (la bande des Ultra hautes fréquences (UHF) est la bande du spectre radioélectrique comprise entre 300 MHz et 3 000 MHz).

**REVENDICATIONS**

1. Antenne planaire accordable en fréquence et alimentée par fente, possédant une structure dans laquelle sont superposés successivement une pastille résonnante (31, 92), une première couche de diélectrique (32 ; 99), un plan de masse (33 ; 94) comportant une première fente (34a, 54a ; 95a, 96a) pour chaque polarisation linéaire, une deuxième couche de diélectrique (35 ; 93), et une ligne de transmission (36, 56 ; 97) comprenant, pour chaque première fente, un brin d'extrémité s'étendant sous ladite première fente, ladite antenne étant accordable en fréquence, pour chaque polarisation linéaire, grâce à au moins un élément capacitif variable connecté entre un côté rayonnant de la pastille résonnante et le plan de masse, l'adaptation de ladite antenne variant, pour chaque polarisation linéaire, en fonction d'une tension de polarisation appliquée audit au moins un élément capacitif variable, caractérisée en ce qu'elle comprend, pour chaque polarisation linéaire, au moins une deuxième fente (34b, 54b ; 95b, 96b) s'étendant le long de, et ayant au moins une dimension différente de, la première fente, ledit brin d'extrémité de la ligne de transmission s'étendant sous ladite première fente et ladite au moins une deuxième fente, ladite au moins une deuxième fente créant une résonance supplémentaire.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que, pour chaque polarisation linéaire, ladite au moins une deuxième fente et ladite première fente sont de même forme.

3. Antenne selon la revendication 2, caractérisée en ce que, pour chaque polarisation linéaire, ladite au moins une deuxième fente et ladite première fente possèdent des axes longitudinaux parallèles.

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ladite tension de polarisation varie entre 0V et 5V.

5. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que, pour une première valeur de la tension de polarisation, l'antenne couvre une première sous-bande résultant d'une résonance créée par la première fente, et en ce que, pour une pluralité de deuxième valeurs successives de la tension de polarisation, l'antenne couvre une pluralité de deuxième sous-bandes successives distinctes de la première

sous-bande et résultant chacune d'une résonance créée par ladite au moins une deuxième fente.

5 6. Antenne selon la revendication 5, caractérisée en ce que la première sous-bande est autour de 2,5 GHz, et en ce que la pluralité de deuxièmes sous-bandes successives forment une bande comprise entre 1,1 GHz et 1,6 GHz.

7. Antenne selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisée en ce que la première valeur est 0V, et en ce que la pluralité de deuxièmes valeurs successives sont comprises entre 1,5V et 3V.

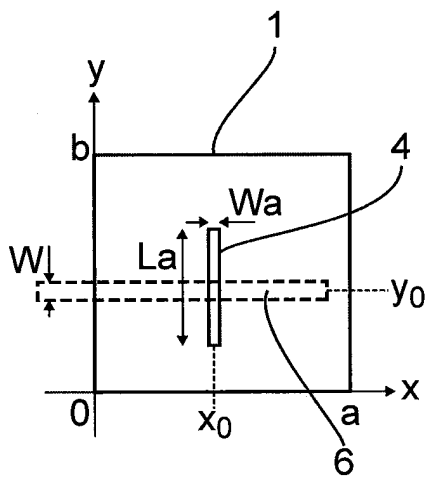
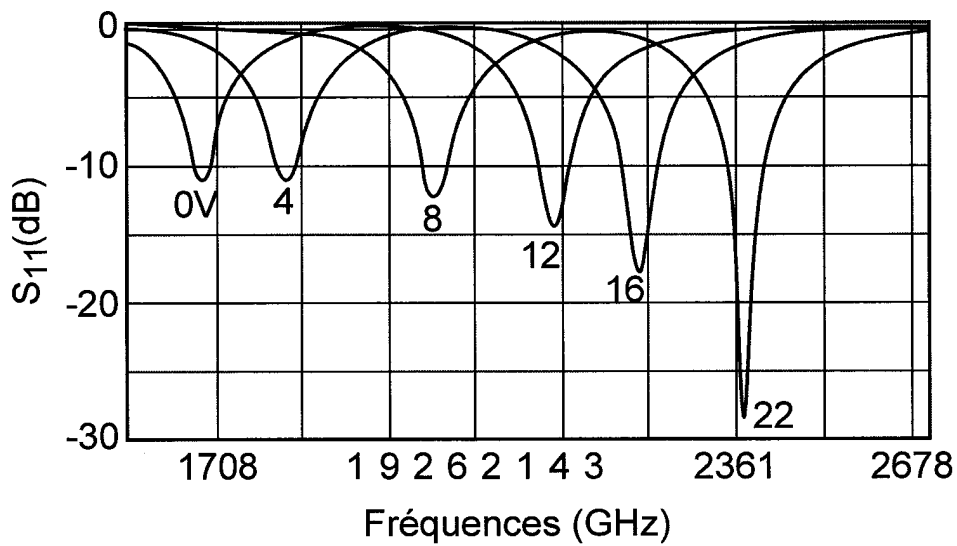
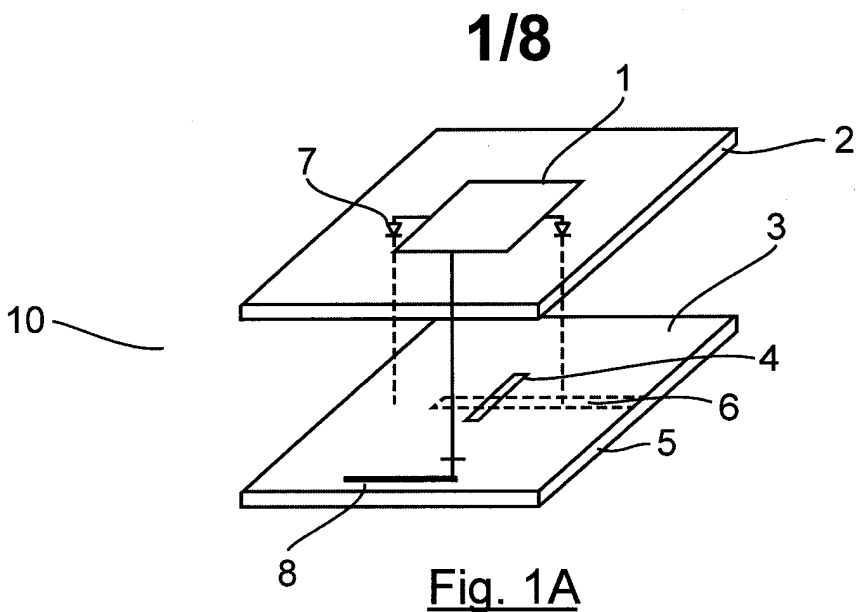
10 8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que la pastille résonnante est de forme carrée, de longueur de côté  $l_p$  égale à  $55 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ , et en ce que, pour chaque polarisation linéaire :

- ladite première fente (34a, 54a ; 95a, 96a) est de forme rectangulaire, de longueur  $l_3$  égale à  $40 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  et de largeur  $w_3$  égale à  $1 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$  ; et
- ladite au moins une deuxième fente (34b, 54b ; 95b, 96b) est de forme rectangulaire, de longueur  $l_2$  égale à  $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  et de largeur  $w_2$  égale à  $2 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ .

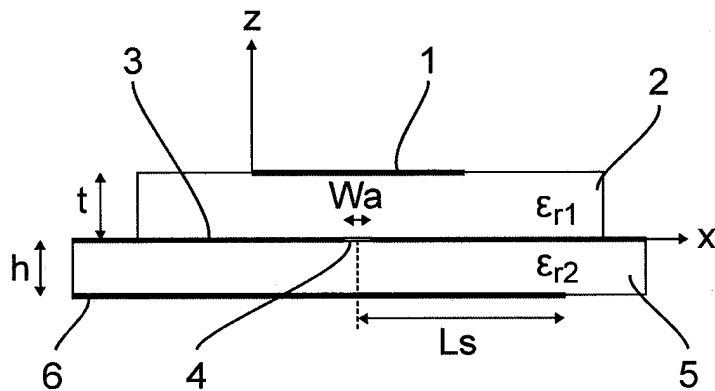
15 9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle fonctionne selon une unique polarisation linéaire.

20 10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle fonctionne selon des première et deuxième polarisations linéaires orthogonales, dont la combinaison fournit une polarisation circulaire, et en ce que la première fente et ladite au moins une deuxième fente pour la première polarisation linéaire sont orthogonales respectivement à la première fente et ladite au moins une deuxième fente pour la deuxième polarisation linéaire.

25 11. Récepteur de positionnement par satellites, permettant de recevoir et traiter des signaux provenant de différents systèmes de positionnement par satellites, caractérisé en ce qu'il comprend ou coopère avec une antenne (30, 90) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.



**Fig. 2A**



**Fig. 2B**

2/8

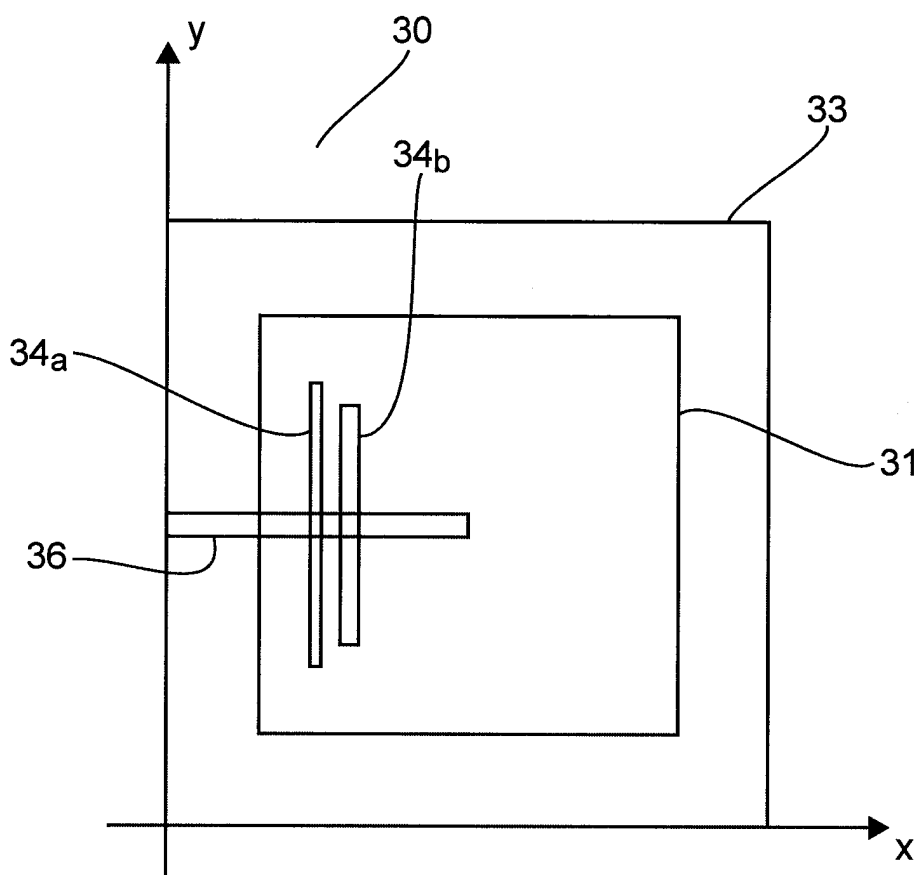


Fig. 3A

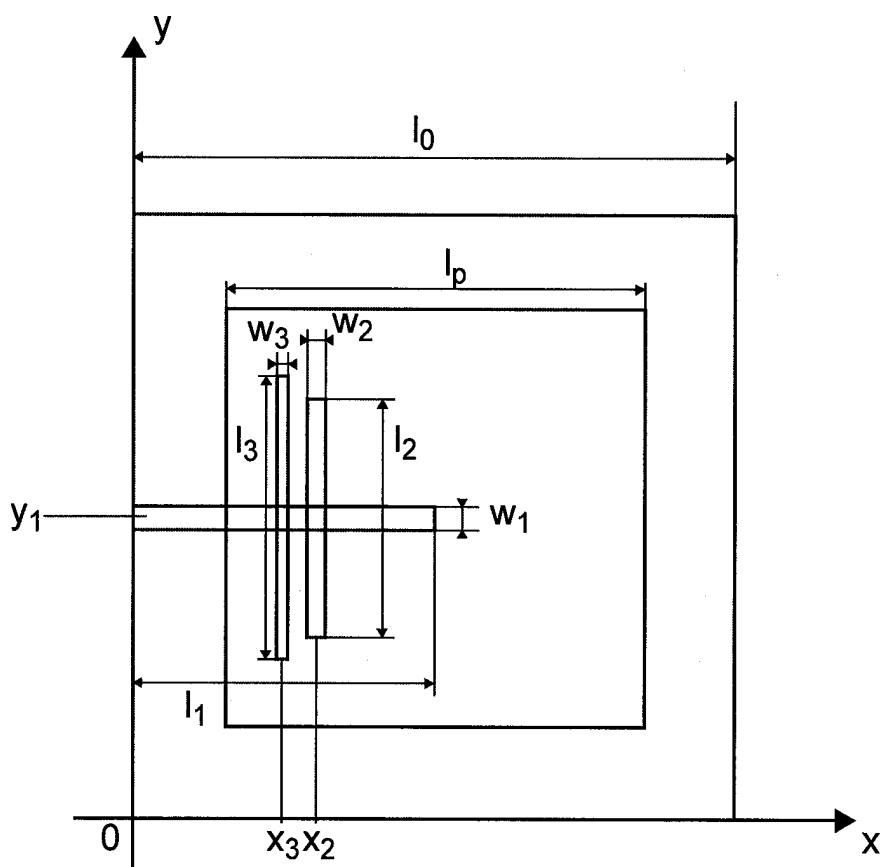


Fig. 3B

3/8

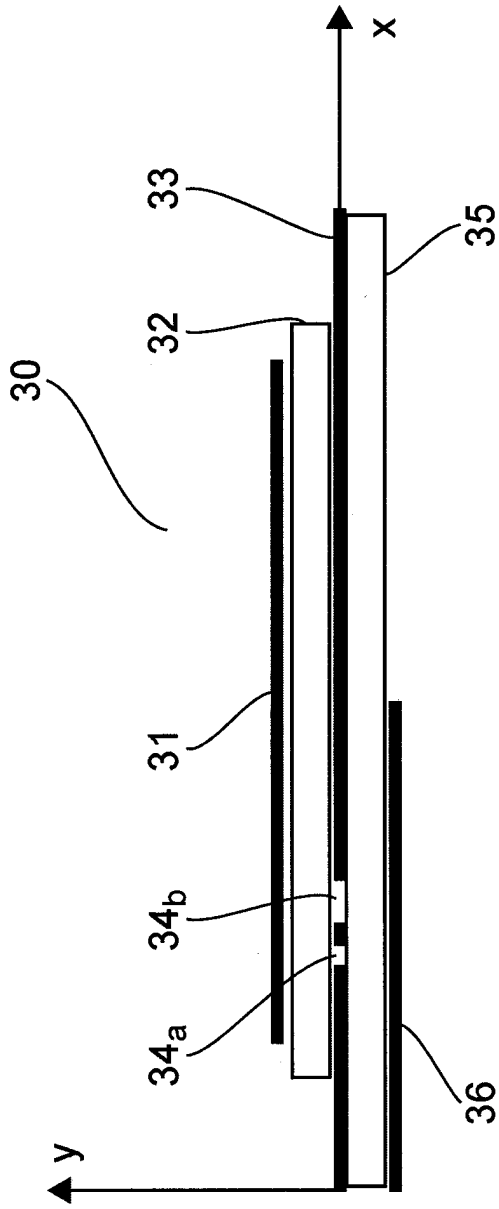


Fig. 4A

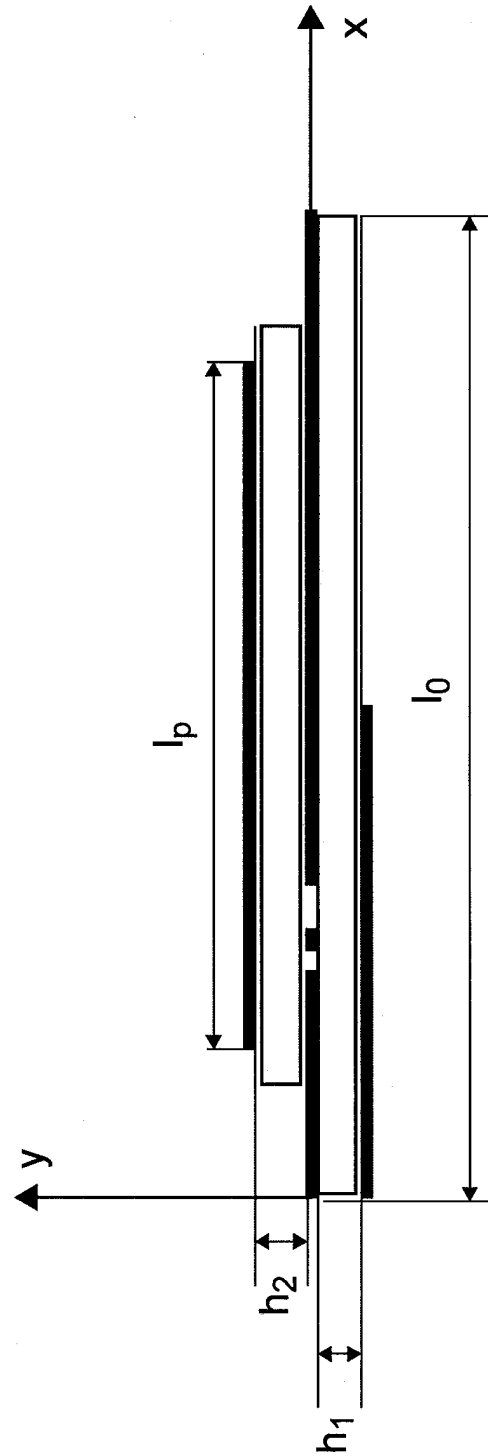


Fig. 4B

4/8

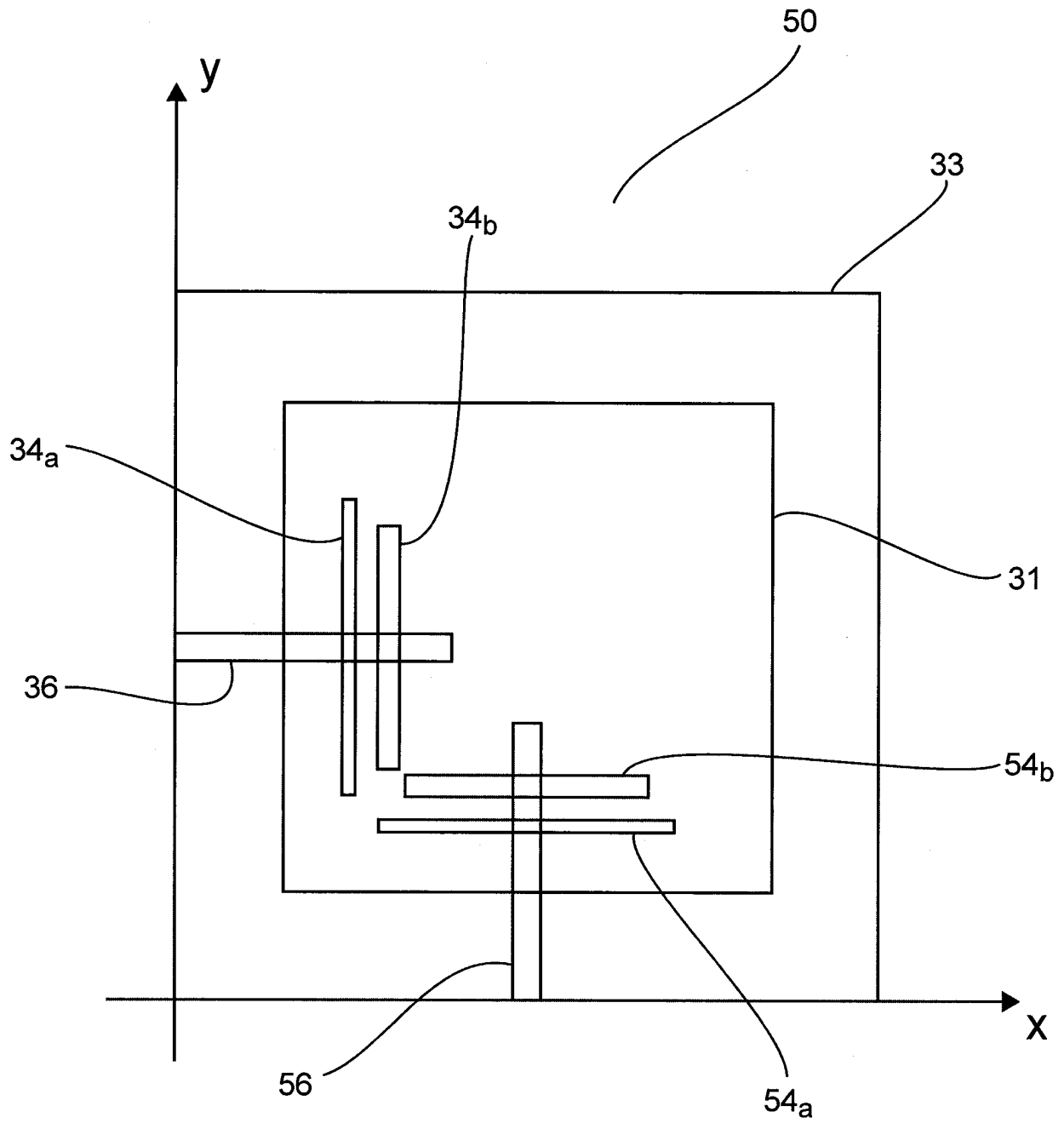


Fig. 5

5/8

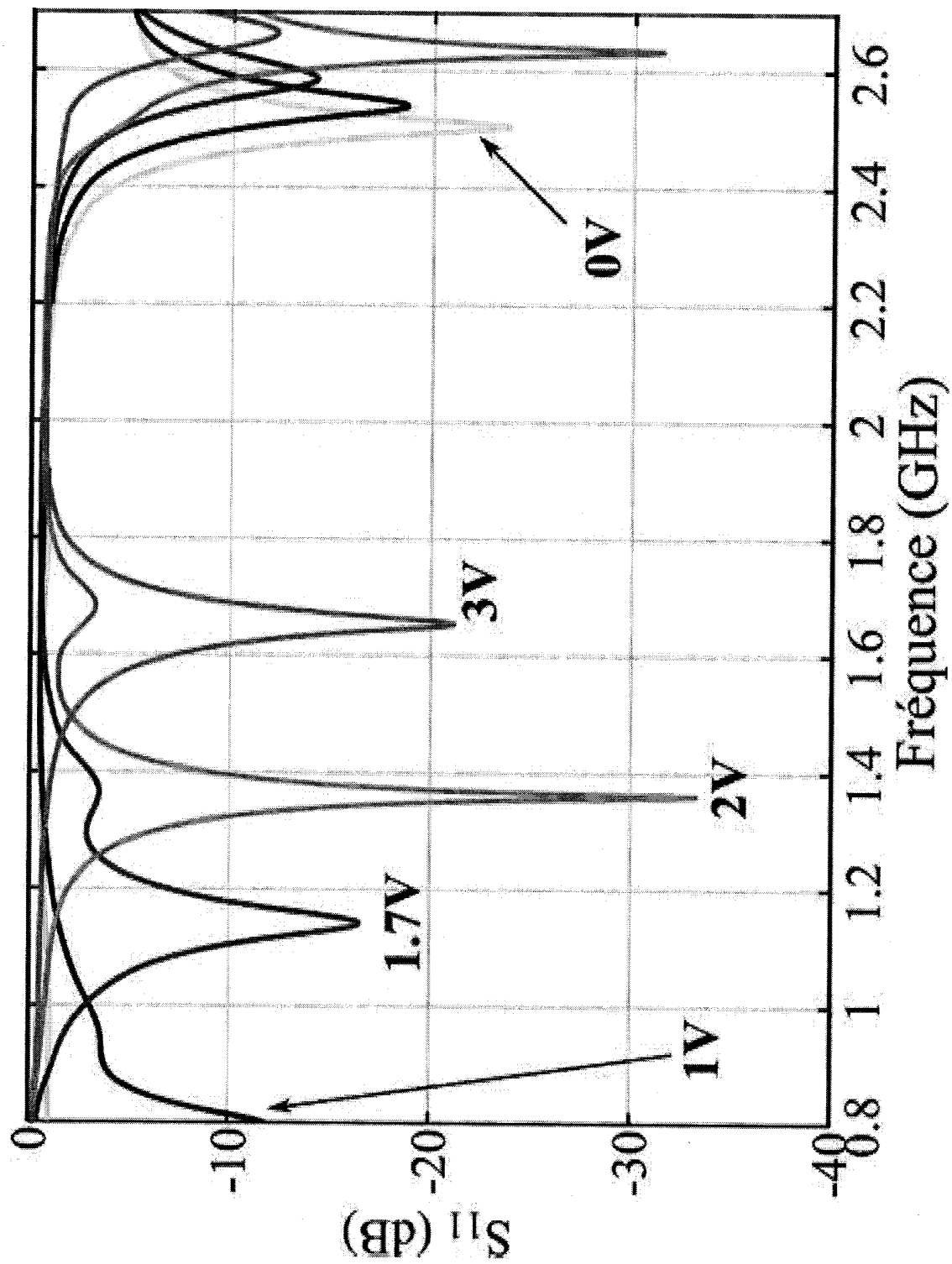


Fig. 6

6/8

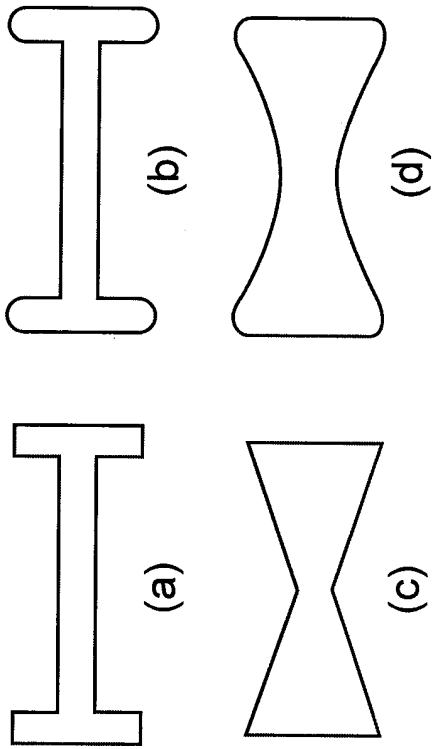


Fig. 7

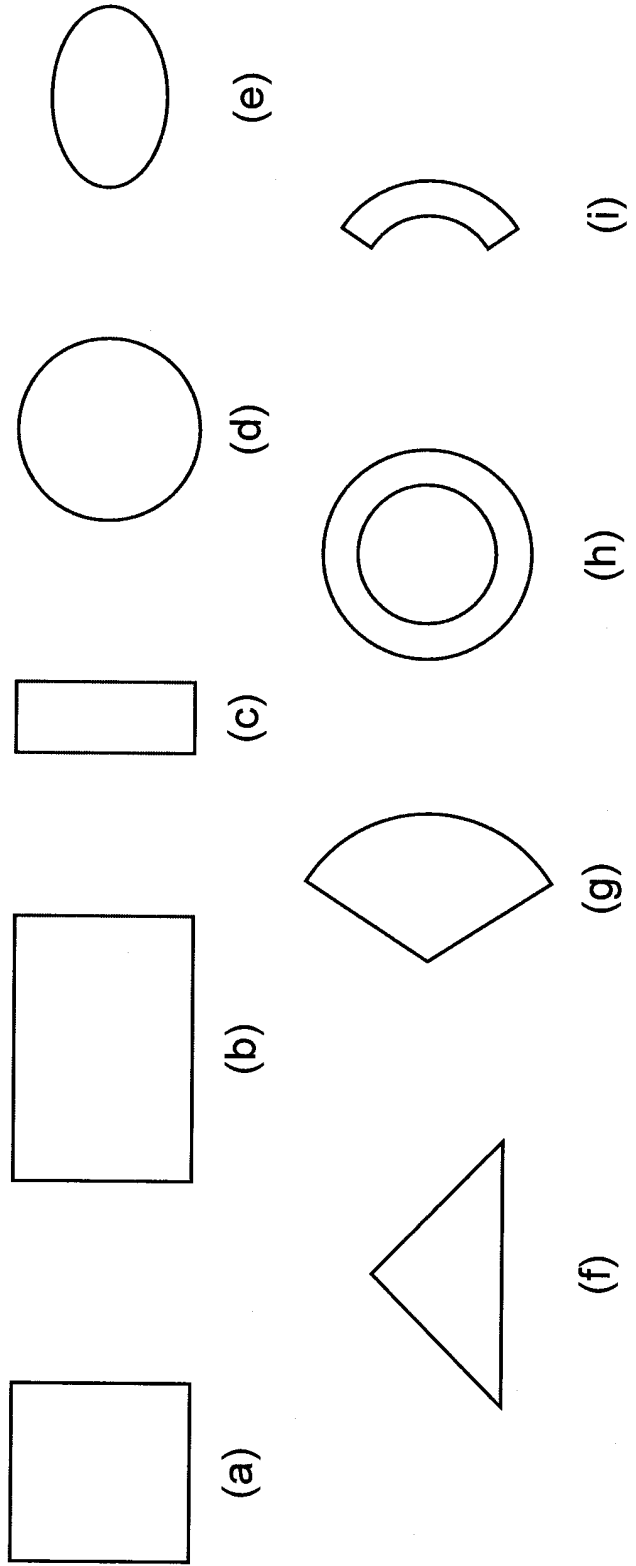


Fig. 8

7/8

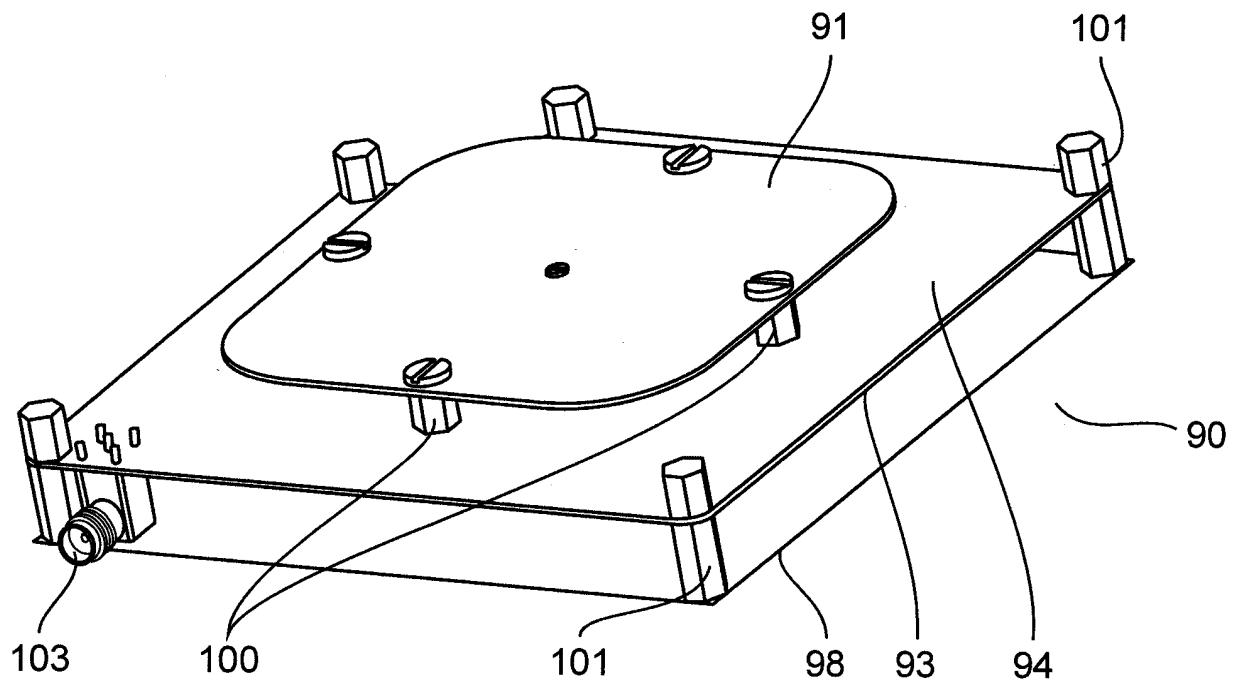


Fig. 9

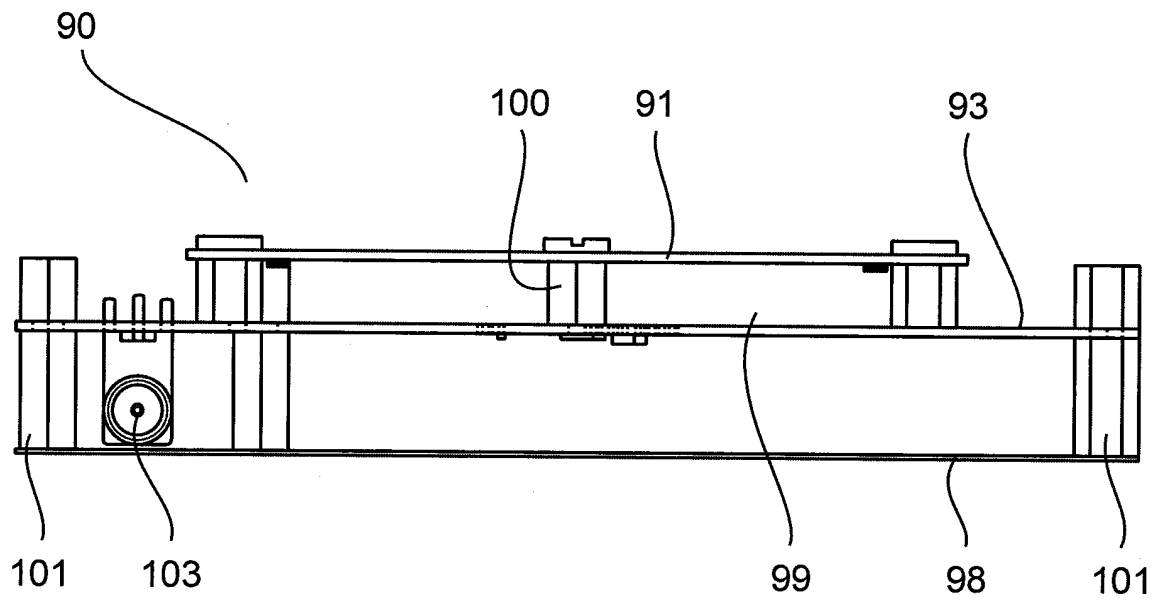


Fig. 10

8/8

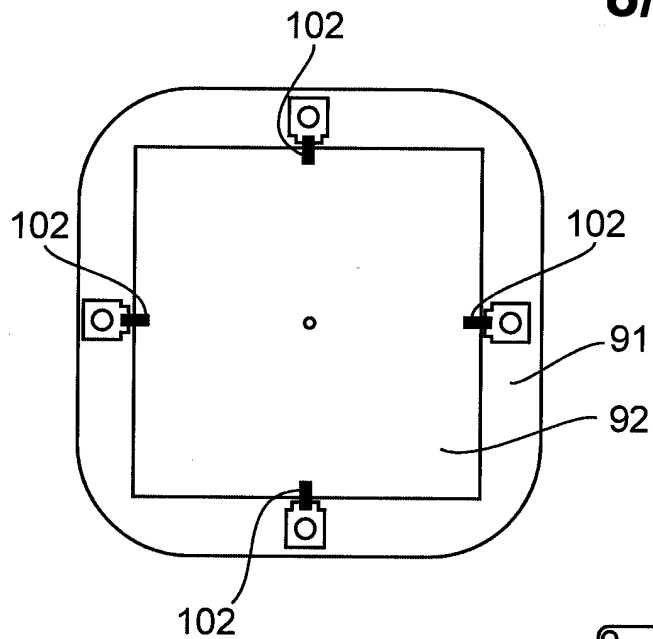


Fig. 11

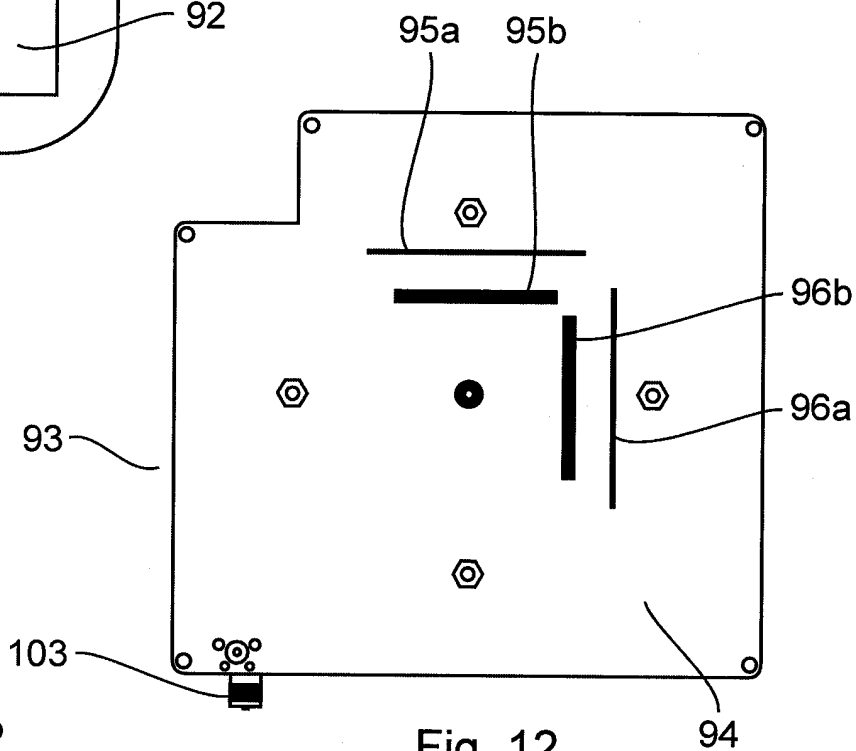


Fig. 12

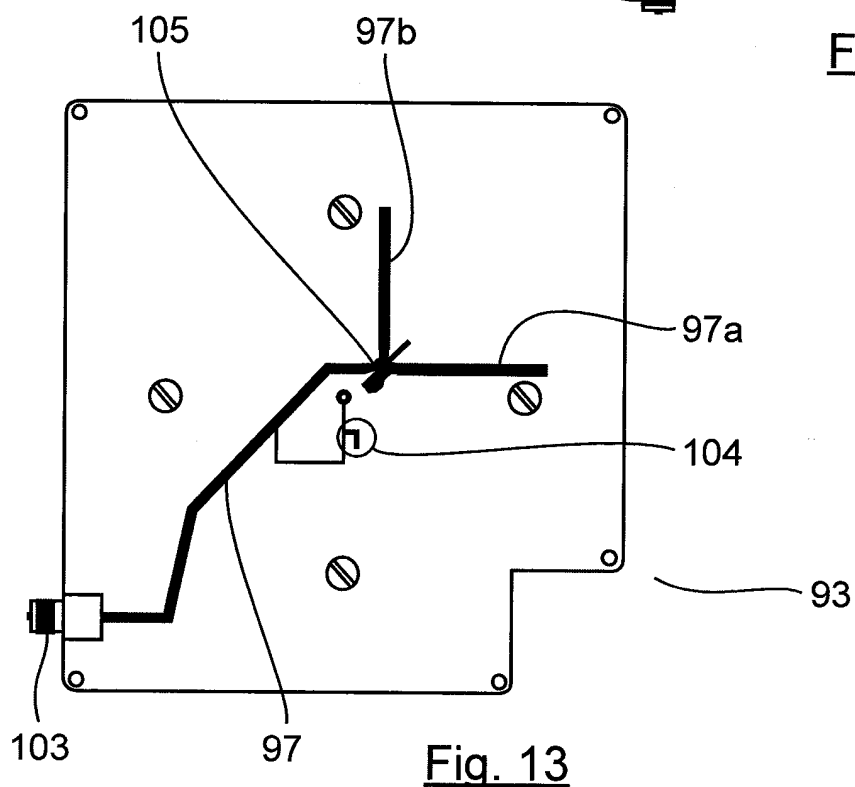


Fig. 13



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 795670  
FR 1452301

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	MARIUSZ PERGOL ET AL: "Broadband microstrip patch antenna with reduced transversal size", MICROWAVE RADAR AND WIRELESS COMMUNICATIONS (MIKON), 2010 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 14 juin 2010 (2010-06-14), pages 1-3, XP031726099, ISBN: 978-1-4244-5288-0 * le document en entier * -----	1-11	H01Q5/00 H01Q9/04
Y	LE RAY G ET AL: "Frequency agile slot-fed patch antenna", ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 32, no. 1, 4 janvier 1996 (1996-01-04), pages 2-3, XP006004551, ISSN: 0013-5194, DOI: 10.1049/EL:19960043 * le document en entier * -----	1-11	
Y	MURAKAMI Y ET AL: "MUTUAL COUPLING BETWEEN TWO PORTS OF DUAL SLOT-COUPLED CIRCULAR PATCH ANTENNAS", PROCEEDINGS OF THE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM (APGIS). ANN ARBOR, JUNE 28 - JULY 2, 1993; [PROCEEDINGS OF THE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM (APGIS)], NEW YORK, IEEE, US, vol. 3, 28 juin 1993 (1993-06-28), pages 1469-1472, XP000452549, * le document en entier * ----- -/--	10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01Q
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 décembre 2014		Kruck, Peter	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 795670  
FR 1452301

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 6 191 740 B1 (KATES RONALD M [US] ET AL) 20 février 2001 (2001-02-20) * colonne 1, ligne 35 - colonne 2, ligne 6 * * colonne 2, ligne 40 - colonne 5, ligne 16 * * figures 1-5 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		8 décembre 2014	Kruck, Peter
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1452301 FA 795670**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **08-12-2014**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6191740	B1	20-02-2001	AUCUN
-----			