



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 30550 B1** (51) Cl. internationale : **G01R 33/00**  
(43) Date de publication : **01.07.2009**

---

(21) N° Dépôt : **30519**

(22) Date de Dépôt : **27.12.2007**

(71) Demandeur(s) :  
• **EMSI-Rabat, 49, Rue Patrice Lumumba, Hassan RABAT (MA)**  
• **GRIGUER HAFID, 4, Rue Ghana, Océan RABAT (MA)**  
• **LALJ HICHAM, HAY CHABAB, BLOC 48, N°4 CYM RABAT (MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**GRIGUER HAFID ; LALJ HICHAM**

(74) Mandataire :  
**GRIGUER HAFID**

---

(54) Titre : **DISPOSITIF DE CARTOGRAPHIE DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE POUR LA CEM SERVANT D'UNE NOUVELLE GEOMETRIE DE DISPOSITIFS DE MESURE DES CHAMPS ELECTRIQUE ET MAGNETIQUE**

(57) Abrégé : Dispositif de cartographie du champ électromagnétique pour la CEM servant d'une nouvelle géométrie de dispositifs de mesure des champs électrique et Magnétique La présente invention concerne une architecture d'un dispositif de cartographie du champ électromagnétique pour les besoins de la compatibilité électromagnétique des systèmes électroniques, électriques et télécoms. Le dispositif de cartographie est doté de deux dispositifs de mesure du champ « sondes » ayant une nouvelle géométrie avec la technologie micro ruban.

## **Dispositif de cartographie du champ électromagnétique pour la CEM servant d'une nouvelle géométrie de dispositifs de mesure des champs électrique et Magnétique**

### **Abrégé :**

La présente invention concerne une architecture d'un dispositif de cartographie du champ électromagnétique pour les besoins de la compatibilité électromagnétique des systèmes électroniques, électriques et télécoms. Le dispositif de cartographie est doté de deux dispositifs de mesure du champ « sondes » ayant une nouvelle géométrie avec la technologie micro ruban.



**« Dispositif de cartographie du champ électromagnétique pour la CEM servant d'une nouvelle géométrie de dispositifs de mesure des champs électrique et Magnétique »**

La présente invention concerne une architecture d'un dispositif de cartographie du champ électromagnétique pour les besoins de la compatibilité électromagnétique des systèmes électroniques, électriques et télécoms. Le dispositif de cartographie est doté de deux dispositifs de mesure du champ « sondes » ayant une nouvelle géométrie avec la technologie micro ruban.

## **Description détaillée**

Aujourd'hui, les appareils électroniques font une partie intégrante de l'environnement personnel ou professionnel de chacun de nous. Il est parfois possible d'observer des dysfonctionnements d'origine électromagnétique de ces appareils en présence d'un phénomène naturel, comme la foudre, de décharges électrostatiques, ou simplement en présence d'un autre appareil électrique.

La multiplication de produits électriques et électroniques entraîne des problèmes de perturbation d'un dispositif par un autre, et afin de lui assurer une bonne intégration dans son environnement de fonctionnement. L'appareil ne doit pas polluer le milieu qui l'entoure par un rayonnement électromagnétique trop important. Ceci est d'autant plus vrai que les systèmes électroniques emploient de plus en plus des technologies extrêmement sensibles aux variations de signaux eux-mêmes de plus en plus rapides.

Par ailleurs, la complexité de leur agencement interne et la nécessité de faire cohabiter des circuits de natures très différentes entraîne aussi des perturbations à l'intérieur même de l'appareil. La miniaturisation des circuits et l'utilisation de signaux toujours plus rapides contribuent à poser sérieusement le problème de la susceptibilité d'un appareil face aux parasites électromagnétiques.

La prise de conscience de ces problèmes de perturbations a engendré la naissance d'une nouvelle discipline scientifique, la compatibilité électromagnétique (CEM).

Ainsi les outils classiques (analyseur de spectre, analyseur de réseau...), ne donnent que des informations globales sur le fonctionnement des circuits ou composants entre les entrées et les sorties de ces derniers et cela ne fournit aucune information sur leur fonctionnement interne à savoir la répartition des courants, distribution des puissances, rayonnements des parasites, et alors ne permettent plus la validation ou la vérification des



composants élémentaires internes du point de vue immunité et susceptibilité du rayonnement électromagnétique.

Pour remédier à ces problèmes, l'état de la technique montre qu'il existe un ensemble de méthodes pour la mesure du rayonnement électromagnétique provenant des dispositifs électrique ou électronique, néanmoins elles présentent des inconvénients.

La méthode électro-optique, directe ou indirecte, est basée sur l'effet Pockels qui traduit le fait que les propriétés d'un matériau électro-optique sont modifiées sous l'effet d'un champ électrique. Ainsi, la modification des indices de réfraction du matériau entraîne un déphasage de l'onde qui le traverse. Or, ce retard engendré est proportionnel au champ électrique. Il est donc possible de se servir de tels matériaux pour effectuer des mesures de champ proche.

Cette méthode présente des inconvénients majeurs qui la rendent inappropriée ou difficile à mettre en place. En effet, elle ne permet pas de mesurer le champ ambiant à l'extérieur du système à tester et impose que ce dernier dispose d'un substrat particulier de type électro-optique.

Par ailleurs, l'unité de mesure optique ne peut pas se déplacer, pour effectuer une cartographie de champ à la surface du dispositif à tester. Il est donc nécessaire que ça soit l'objet sous test qui se déplace. Cette contrainte peut être majeur si le système à mesurer est relié par exemple à des câbles d'alimentation ou de commande entraînant un déplacement délicat.

La méthode de mesure par thermographie infrarouge se base sur un film photothermique résistif qui se dépose à la surface du dispositif sous test. Le champ rayonné par le dispositif est absorbé par le film et entraîne son échauffement qui peut être détecté par une caméra infrarouge. En connaissant parfaitement le comportement thermique du film, il est possible de ramener la température observée à la puissance du champ électromagnétique.

L'inconvénient de cette méthode réside dans la difficulté de décorréler le champ électrique du champ magnétique dans le cas d'ondes TEM (pour des pistes de circuit imprimé par exemple), le rapport entre les deux étant constant et égal à l'impédance du vide, il semble que dans un cas plus quelconque cette décorrélation soit beaucoup moins facile à réaliser.

La méthode fréquentielle à détection passive repose sur l'utilisation d'un dispositif servant de capteurs électromagnétiques. Le principe est de capter directement les composantes de champ électrique et magnétique.

L'inconvénient principal de cette technique de mesure réside dans le fait que les capteurs électromagnétiques à proximité du matériel à tester introduisent éventuellement des

perturbations du champ électromagnétique et par conséquent une mauvaise résolution spatiale sera établie. Par exemple, pour une carte électronique, les lignes de champ électrique peuvent se refermer sur le plan de masse de la carte, ceci est dû essentiellement à la taille de l'élément conducteur du capteur électromagnétique. A ce compromis déjà complexe à établir, se rajoutent des problèmes liés à la bande passante du capteur électromagnétique qui contribue fortement à la qualité de la résolution fréquentielle de la mesure effectuée, ceci par la réception des signaux perturbateurs parasites hors bande passante du système à mesurer.

La présente invention consiste à une réalisation d'une nouvelle architecture d'un système de cartographie du champ électromagnétique proche pour le besoin de la compatibilité électromagnétique, basée sur la méthode fréquentielle à détection passive.

La présente invention propose une nouvelle géométrie d'une sonde électrique compacte, imprimée et sélective de fréquence.

La présente invention propose une nouvelle géométrie d'une sonde magnétique compacte, imprimée et sélective de fréquence.

La présente invention a pour but d'offrir une solution pour les industriels à fin de réaliser un contrôle qualitatif de production d'équipements électronique et télécoms du point de vue CEM.

Un autre but de la présente invention est de contribuer au bon Design et au bon placement et agencement des composants élémentaires au sein d'une puce électronique, à titre d'exemple non limitatifs pour les concepteurs et designers des circuits électroniques et systèmes embarqués des télécoms.

Avantageusement, la présente invention contribuera à l'augmentation de l'efficacité des contrôles de qualité et d'agrément des appareils et produits électroniques, électriques et télécoms par les organismes habilités à l'étude des problèmes de normalisation, agrément et contrôle qualité.

Avantageusement, la présente invention comporte un aspect didactique et pédagogique pour les laboratoires et centres de recherches des écoles et universités ayant comme objectif la caractérisation électromagnétique des matériaux et circuits électroniques, électriques et télécoms.

La présente invention a pour objectif de remédier aux problèmes de la mesure électromagnétique lié à la mauvaise résolution spatiale et fréquentielle rencontré dans les dispositifs de mesure présentés dans la technique antérieur de la méthode de mesure fréquentielle directe à détection passive.

L'architecture du dispositif de mesure, selon un exemple applicatif de la présente invention **Fig 1** est constitué d'un dispositif 1 qui sert à assurer une procédure du déplacement spatial dans les trois axes de l'espace (X, Y, Z) du dispositif 2 de mesure du champs Magnétique et du dispositif 3 de mesure du champ électrique.

Selon l'exemple applicatif de la présente invention, la détection du module du champ Magnétique ou/et électrique est assurée par un dispositif 4 ayant une unité du traitement du signal servant d'un système à détection d'enveloppe en fonction de la fréquence du signal électrique ou/magnétique capté par le dispositif 2 ou/et le dispositif 3 quelque soit la phase et le module du signal détecté.

Selon un exemple de la présente invention le dispositif 4 peut disposer d'une unité de représentation graphique du champ électromagnétique sur un plan à repère cartésien et/ou sphérique.

Selon l'invention, le dispositif 1 est relié par au moins un bus industriel avec au moins un calculateur 5 ou un contrôleur numérique assurant une pluralité des commandes du dispositif 1 pour des déplacements du dispositif 2 et/ou du dispositif 3 suivant une fonction de mouvement mécanique dans un espace trois dimensionnel.

Selon l'invention le dispositif 1 est constitué de trois axes métallique 6 de déplacement offrant une multitude de positions des dispositifs 2 ou/et 3 dans l'espace, moyennant une mécanique motorisée électriquement. La métallisation constituant les axes du déplacement offrant une stabilité du mouvement des dispositifs 2 ou/et 3 dans l'espace.

Selon l'invention le dispositif 1 est doté d'un espace 7 pour l'objet sous test. Selon un mode de développement de l'invention l'espace 7 est caractérisé par un matériau isolant et rigide, offrant une stabilité mécanique de la mesure et éliminant les perturbations de la mesure provenant de la réflexion spatiale des signaux du champ électromagnétique rayonné par l'objet sous test.

Selon l'invention, les axes métalliques 6 et tous les éléments métalliques qui constituent le dispositif 1 seront protégés par un élément 23 de type matériau diélectrique pour réaliser une structure à bande interdite électromagnétique BIE **Fig 2**, afin d'interdire la propagation des ondes électromagnétiques rayonnés par l'objet sous test qui peuvent être réfléchis par la métallisation qui constitue les éléments du dispositif 1.

Selon une des caractéristiques de l'invention, l'utilisation du matériau BIE assurera une meilleure résolution spatiale de la lecture des modules du champ électromagnétique capté par les dispositifs 2 et/ou 3.



Selon l'invention le dispositif 2 et une sonde miniature de type antenne imprimée caractérisée par une géométrie hybride entre la technologie micro ruban et la technologie coplanaire.

Selon l'invention le dispositif 2 est constitué d'un élément rectangulaire 8 de type matériau diélectrique doté d'une seule surface de conducteur. L'élément rectangulaire 8 sert à réaliser un substrat de diélectrique ayant une permittivité effective différente de celle de l'air.

Selon l'invention **Fig 3** sur une des deux faces de l'élément diélectrique 8, est imprimé un élément rectangulaire conducteur 9 réalisant la fonction de guide d'onde entre le connecteur 10 et l'élément conducteur de type boucle imprimée 11.

Selon l'invention l'élément 8 comporte deux éléments rectangulaires conducteurs 12 et 13 agencés d'une manière symétrique par rapport à un axe médiane formé par l'élément 9, les éléments 12 et 13 forment un plan de masse coplanaire.

Selon l'invention sur l'une des côtés transversales des éléments 12 et 13 est insérée d'une manière perpendiculaire à l'élément 8 une tige miniature métallique 14 assurant la fonction d'adaptation d'impédance caractéristique de la sonde par stub.

Selon la géométrie proposée du dispositif 2 de la présente invention, l'élément 11 est une boucle miniature, conductrice et imprimée, assurant la mesure des composantes tangentes du champ magnétique provenant de l'objet sous test. En effet, quand le champ magnétique traverse une boucle magnétique 11, un courant proportionnel à la valeur du champ magnétique  $H$  est induit dans la boucle 11. Afin de mesurer les différentes composantes du champ  $H$ , il faut placer la normale de la boucle 11 de manière colinéaire à la composante du champ  $H$  recherchée.

Selon la géométrie proposée dans cette invention la taille de la boucle 11 est petite pour que le champ électrique  $E$  induit soit négligeable. Le résonnement théorique présenté ci avant est assuré car la tension disponible est proportionnelle à la composante du champ magnétique dans le plan de la boucle 11, mais aussi aux fluctuations parasites du champ électrique sur la boucle 11. Donc, plus la taille de la boucle 11 est petite, plus les parasites induits sont négligeables. Utiliser ce type de sonde permet également de mesurer la distribution du courant, puisque :

$$\nabla \wedge \vec{H} = \vec{J} + j\omega\epsilon \cdot \vec{E}$$

Ou, si nous l'écrivons sous la forme intégrale:

$$\int_{\underline{L}} \vec{H} \cdot d\vec{L} = \iint_S n_j \cdot \vec{J} ds + j\omega\epsilon \cdot \iint n_j \cdot \vec{E} \cdot ds$$

Et, lorsque le plan de contour est perpendiculaire à l'axe de courant, on obtient la relation :

$$2\pi r \cdot H_\varphi = I - j\omega\epsilon \cdot \iint_S E_z \cdot ds$$

Très près de la partie conductrice,  $0 \rightarrow E_z$ , donc :

$$2\pi r \cdot H_\varphi = I.$$

On a également :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -j\omega\mu \cdot \vec{H}$$

Qui peut s'écrire sous la forme intégrale de la manière suivante :

$$V = \int_{\underline{L}} \vec{E} \cdot d\vec{L} = -j\omega\mu \cdot \iint_S n_\varphi \cdot \vec{H} \cdot ds$$

Ce qui conduit à :

$$V = -j\omega\mu \cdot \iint_S H_\varphi \cdot ds$$

Si la boucle 11 est très petite alors la variation de champ  $H$  est négligeable dans son plan :

$$V = -j\omega\mu \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot H_\varphi = j\omega\mu \cdot \frac{\pi D^2}{8\pi r} \cdot I$$

Où  $D$  est le diamètre de la boucle 11.

La dernière équation permet de mesurer la distribution du courant via la tension disponible.

Le meilleur gain pour ces antennes est obtenu lorsque le périmètre des boucles équivaut à

$\lambda_g/4$ .

Selon l'invention le dispositif 3 et une sonde miniature de type antenne imprimée caractérisée par une géométrie hybride entre la technologie micro ruban et la technologie coplanaire.

Selon l'invention le dispositif 3 est constitué d'un élément rectangulaire 15 de type matériau diélectrique doté d'une seule surface de conducteur, L'élément rectangulaire 15 sert à réaliser un substrat de diélectrique ayant une permittivité effective différente de celle de l'air.

Selon l'invention Fig 4 sur une des deux faces de l'élément diélectrique 15, est imprimé un élément rectangulaire conducteur 16 réalisant la fonction de guide d'onde entre le connecteur 17 et l'élément conducteur de type monopole imprimé 18.





Selon l'invention l'élément 15 comporte deux éléments rectangulaires conducteurs 19 et 20 agencés d'une manière symétrique par rapport à un axe médiane formé par l'élément 16, les éléments 19 et 20 forment un plan de masse coplanaire.

Selon l'invention sur l'une des côtés transversales des éléments 19 et 20 est inséré d'une manière perpendiculaire à l'élément 15 une tige miniature métallique 21 assurant la fonction d'adaptation d'impédance caractéristique de la sonde par stub.

Selon la géométrie proposée du dispositif 3 de la présente invention, l'élément 18 est un monopole, conducteur et imprimé, assurant la mesure de la composante normale du champ électrique provenant de l'objet sous test.

Selon la géométrie proposée dans cette invention la taille du monopole 18 est petite pour que le champ magnétique  $H$  induit soit négligeable. Le résonnement théorique présenté ci avant est assuré car le courant disponible est proportionnel à la composante du champ électrique dans le plan du monopole 18, mais aussi aux fluctuations parasites du champ magnétique sur le monopole 18. Donc, plus la taille du monopole 18 est petite, plus les parasites induits sont négligeables.

Selon l'invention le dispositif 3 doit être placé perpendiculairement au matériel à tester, il se comporte comme une sonde capacitive, la différence de tension entre le monopole 18 et le matériel à tester produit un courant induit  $i$  dans le monopole 18 qui s'exprime comme suit :

$$i(\omega) = j.C\omega.v(\omega)$$

Où :

$C$  est la capacité entre le monopole 18 et le matériel à tester ;

$v(\omega)$  est la tension entre le monopole 18 et le matériel à tester.

La tension  $v(\omega)$  est directement proportionnelle à l'intensité du champ électrique  $E$  :

$$v(\omega) = k.\|E(\omega)\|$$

Où  $k$  est une constante dépendante du système de mesure.

Le champ  $E(\omega)$  se décompose spatialement de la manière suivante :

$$\vec{E}(\omega) = E_x.\vec{u}_x + E_y.\vec{u}_y + E_z.\vec{u}_z$$

Comme le courant induit dans le monopole 18 est essentiellement dû à la contribution de la composante normale  $E_z$  du champ électrique, nous avons :

$$\|E(\omega)\| = \sqrt{E_x^2(t) + E_y^2(t) + E_z^2(t)} \approx E_z(t)$$

Et :

$$\|E(\omega)\| = \alpha(\omega).E_{\max}$$



Où :

$$\alpha(\omega) < 1$$

Alors :

$$\|i(\omega)\| \approx C \omega \cdot k \cdot \alpha(\omega) \cdot E_{z \text{ max}}$$

Le courant induit dans le monopole 18 est donc approximativement proportionnel à la composante normale  $E_z$ . Si le rapport de proportion est connu, il est alors possible, en mesurant ce courant, de connaître le champ électrique suivant sa composante normale.

Selon un parmi les modes de réalisation de la présente invention FIG 5, l'objet sous test 22 est une ligne microruban adapté à une impédance caractéristique de 50 ohm parcourue par un signal hyperfréquence d'une fréquence d'un 1GHz.

Selon le même mode de réalisation de la présente invention, le dispositif 2 est typiquement réalisé avec un substrat de diélectrique 8 FR4 ayant une permittivité relative de l'ordre 4 avec une tangente de perte de l'ordre de 0,001 et d'une épaisseur de 1,6mm, une telle variante permet de réduire l'encombrement tout en conservant les performances radioélectriques souhaitées et ceci selon l'équation régissant le dimensionnement des éléments microruban :

$$f_{mn0} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{w}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2}$$

Avec :

c : Vitesse de la lumière,

$\epsilon_r$  : Permittivité relative du substrat,

m,n : les indices du mode de propagation,

w : Largeur de ligne microruban,

l : Longueur de ligne microruban.

Selon le même mode de réalisation de la présente invention, le type de métallisation utilisé pour réaliser les éléments 9,11, 12, 13 et 14 est le cuivre.

Typiquement l'élément 9 est une ligne de longueur de 35,5mm et de largeur de 18,5 mm, les éléments 13 et 14 sont des rectangles identiques en terme de dimensions avec 7,8 mm et une longueur de 35,5mm.

L'espacement entre les éléments 13 ,14 et l'élément 9 est de l'ordre de 1mm. La boucle rectangulaire à une largeur de 6 mm et une longueur de 9 mm et un diamètre de 3mm.

Selon ce mode d'application de l'invention et selon le dimensionnement de la géométrie du dispositif 2, les résultats du coefficient de réflexion et du taux d'ondes stationnaires **Fig6** montrent une bonne adaptation avec une bande passante étroite autour de la fréquence de résonance 1GHz.

Selon le même mode de réalisation de la présente invention, le dispositif 3 est typiquement réalisé avec un substrat de diélectrique 15 de type FR4 ayant une permittivité relative de l'ordre 4 avec une tangente de perte de l'ordre de 0,001 et d'une épaisseur de 1,6mm. Une telle variante permet de réduire l'encombrement tout en conservant les performances radioélectriques.

Selon le même mode de réalisation de la présente invention, le type de métallisation utilisé pour réaliser les éléments 16,18, 19, 20 et 21 est le cuivre.

Typiquement l'élément 16 est une ligne de longueur de 35,5mm et de largeur de 17 mm, les éléments 20 et 21 sont des rectangles identiques en terme de dimension avec 7 mm et une longueur de 35,5mm.

L'espacement entre les éléments 20, 21 et l'élément 16 est de l'ordre de 1mm. Le monopole a une longueur de 7,5 mm.

Selon ce mode d'application de l'invention et selon le dimensionnement de la géométrie du dispositif 3, les résultats du coefficient de réflexion et de taux d'ondes stationnaires **Fig7** montrent une bonne adaptation avec une bande passante étroite autour de la fréquence de résonance 1GHz.

Selon le mode applicatif de la présente invention voici les figures appropriées :

**Fig 1 Architecture synoptique de l'invention**

**Fig 2 Représentation de la protection BIE des éléments 6 du dispositif 1**

**Fig 3.1 Vue en 3D de la géométrie du dispositif 2 de l'invention**

**Fig 3.2 Vue en haut de la géométrie du dispositif 2 de l'invention**

**Fig 4.1 Vue en 3D de la géométrie du dispositif 3 de l'invention**

**Fig 4.2 Vue en haut de la géométrie du dispositif 3 de l'invention**

**Fig 5 Vue en haut de l'élément microruban sous test 22**

**Fig 6 Représentation du coefficient de réflexion et TOS du dispositif 2**

**Fig 7 Représentation du coefficient de réflexion et TOS du dispositif 3**

## Revendications

1. Dispositif de cartographie électromagnétique pour la caractérisation de la compatibilité électromagnétique des systèmes électroniques embarqués, électriques et télécoms comprenant au moins un dispositif 2 de mesure du champ magnétique et d'au moins un dispositif 3 de mesure du champs électrique.

2. selon la revendication 1 le dispositif de cartographie électromagnétique, est caractérisé en ce qu'il contient un dispositif 1 de déplacement des dispositifs 2 ou/et 3 dans les trois axes de l'espace.

3. selon les revendications 1 et 2 le dispositif 1 contient trois axes métalliques de déplacements 6 caractérisés en ce qu'ils sont protégés par un matériau à bande interdite électromagnétique, interdisant la réflexion du champ rayonné et favorisant une bonne résolution spatiale de la mesure.

4. Selon la revendication 1 le dispositif 2 est caractérisé en ce qu'il est une sonde à boucle imprimée miniature sensible au champ magnétique proche.

5. Selon les revendications 1 et 4 le dispositif 2 comportant une structure basée sur :

- Une ligne 9 métallique imprimée formant le guide d'onde miniature entre le connecteur 10 et l'élément 11 ;
- Une boucle 11 métallique imprimée formant la sonde magnétique miniature ;
- Deux rectangles métallique imprimés 12 et 13 superposés d'une manière symétrique par rapport à l'axe médiane formé par la ligne 9 ;
- une tige miniature métallique 14 insérée d'une manière perpendiculaire sur l'une des côtés transversale des éléments 12 et 13.

6. Selon les revendications 4 et 5 le dispositif 2 est caractérisé en ce qu'il a une bande passante étroite interdisant et filtrant les fréquences des perturbations hors bande passante de l'objet sous test 22 assurant une bonne résolution fréquentielle et spatiale.

7. Selon la revendication 1 le dispositif 3 est caractérisé en ce qu'il est une sonde monopole imprimée miniature sensible au champ électrique proche.

8. Selon les revendications 1 et 7 le dispositif 3 comportant une structure basée sur :

- Une ligne 16 métallique imprimée formant le guide d'onde miniature entre le connecteur 17 et l'élément 18 ;

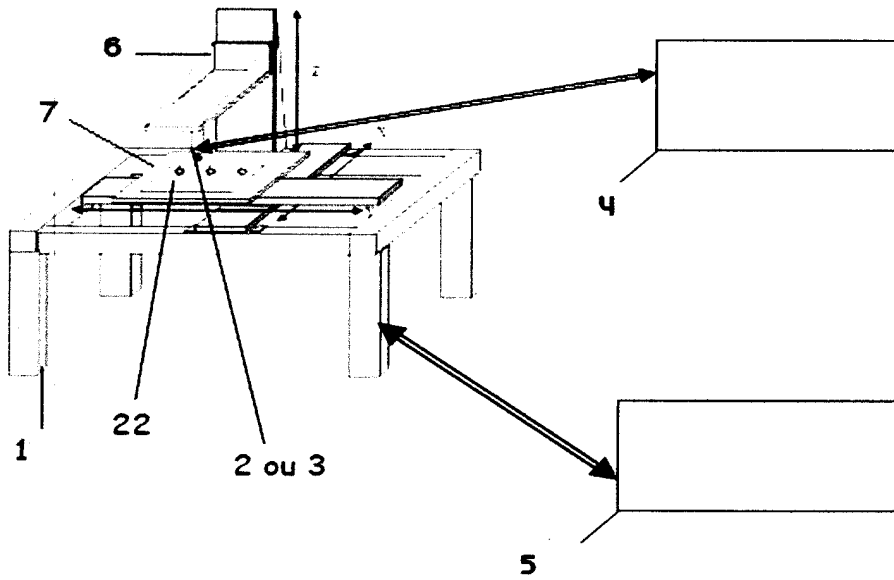


- Un monopole 18 métallique imprimé formant la sonde électrique miniature ;
- Deux rectangles métalliques imprimés 19 et 20 superposés d'une manière symétrique par rapport à l'axe médian formé par la ligne 16 ;
- une tige miniature métallique 21 insérée d'une manière perpendiculaire sur l'une des côtés transversaux des éléments 19 et 20.

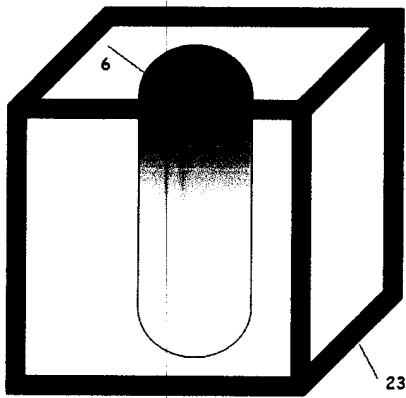
9. Selon les revendications 7 et 8 le dispositif 3 est caractérisé en ce qu'il a une bande passante étroite interdisant et filtrant les fréquences des perturbations hors bande passante de l'objet sous test 22 assurant une bonne résolution fréquentielle et spatiale.



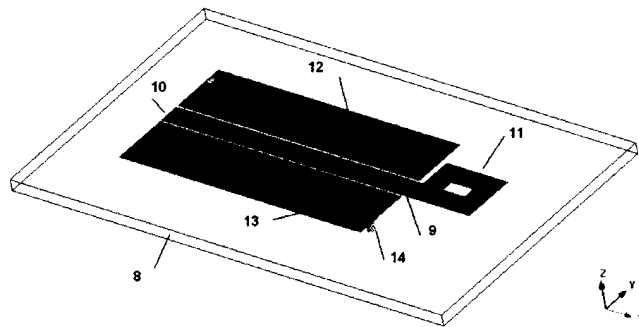
Dessins et figures de l'invention



**Fig 1**



**Fig 2**



**Fig 3.1**

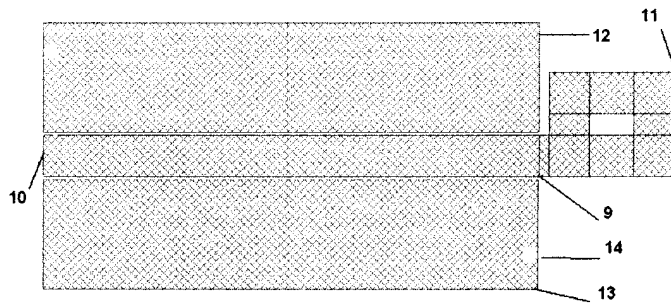


Fig 3.2

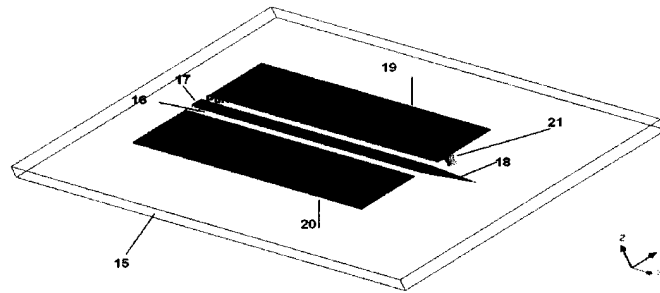


Fig 4.1

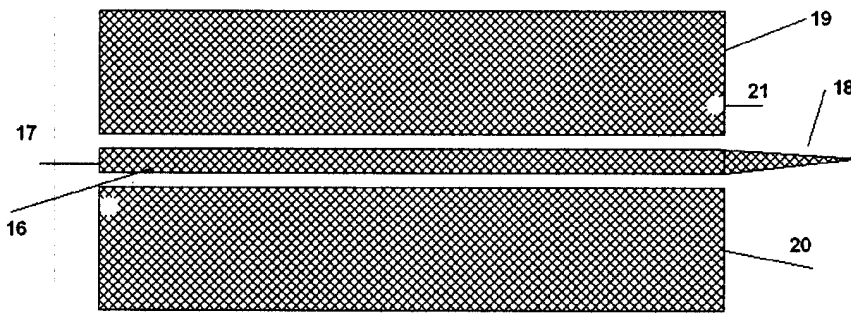


Fig 4.2

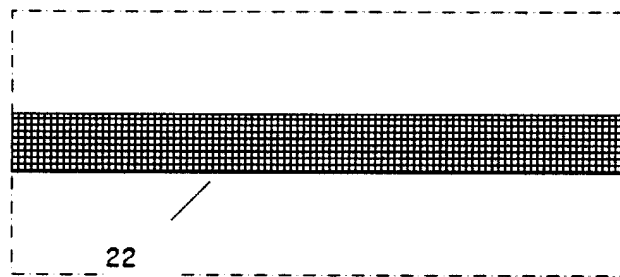
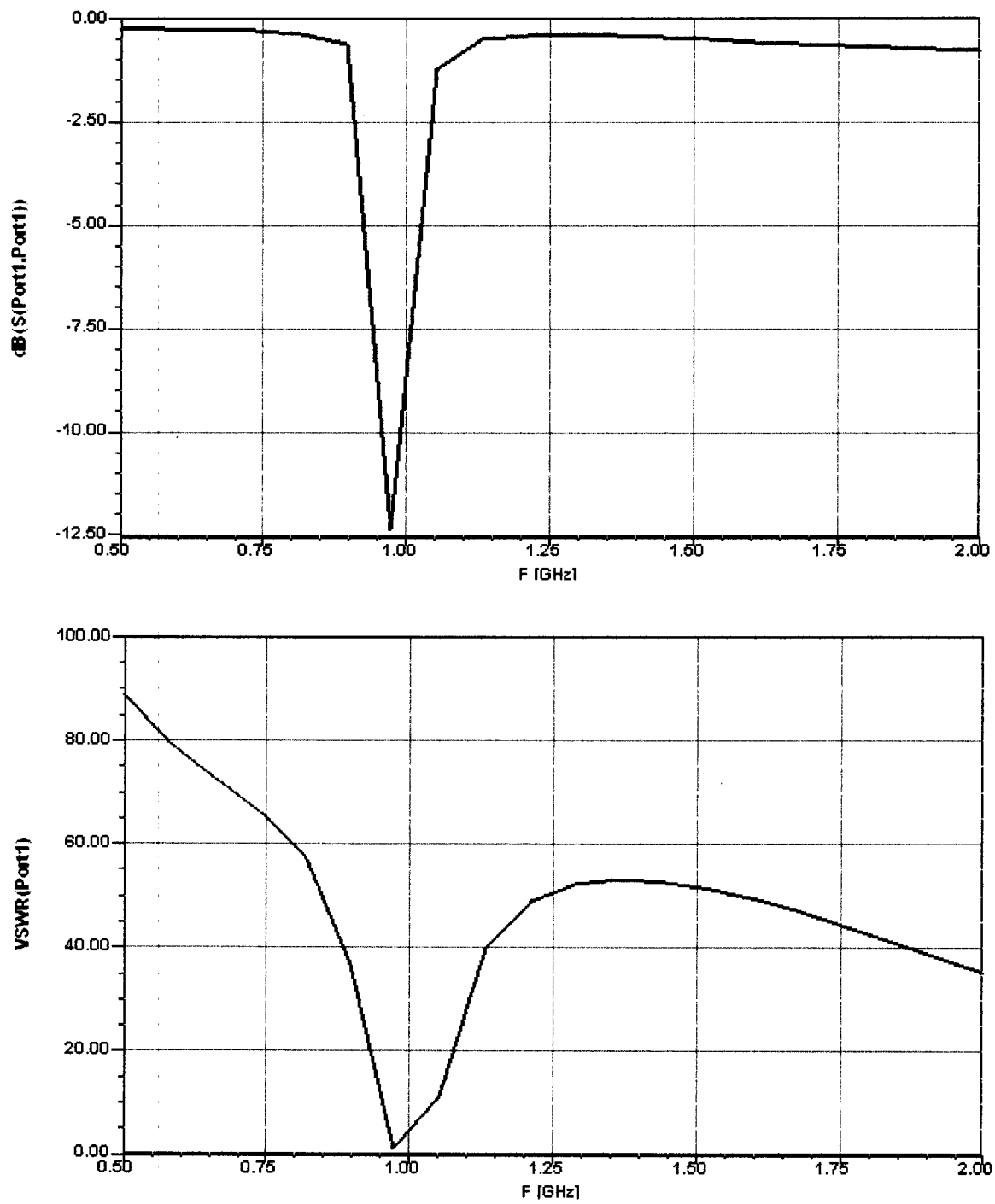


Fig 5

A handwritten signature or mark, possibly a stylized 'Y' or 'B', located in the bottom right corner of the page.



**Fig 6**



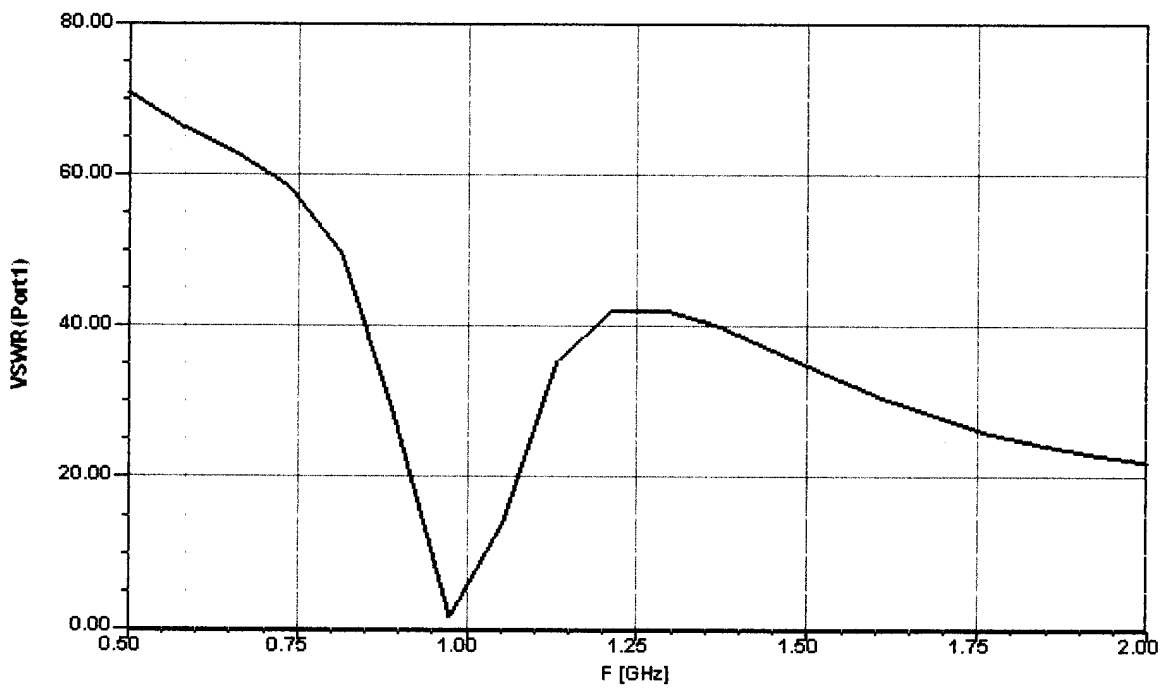
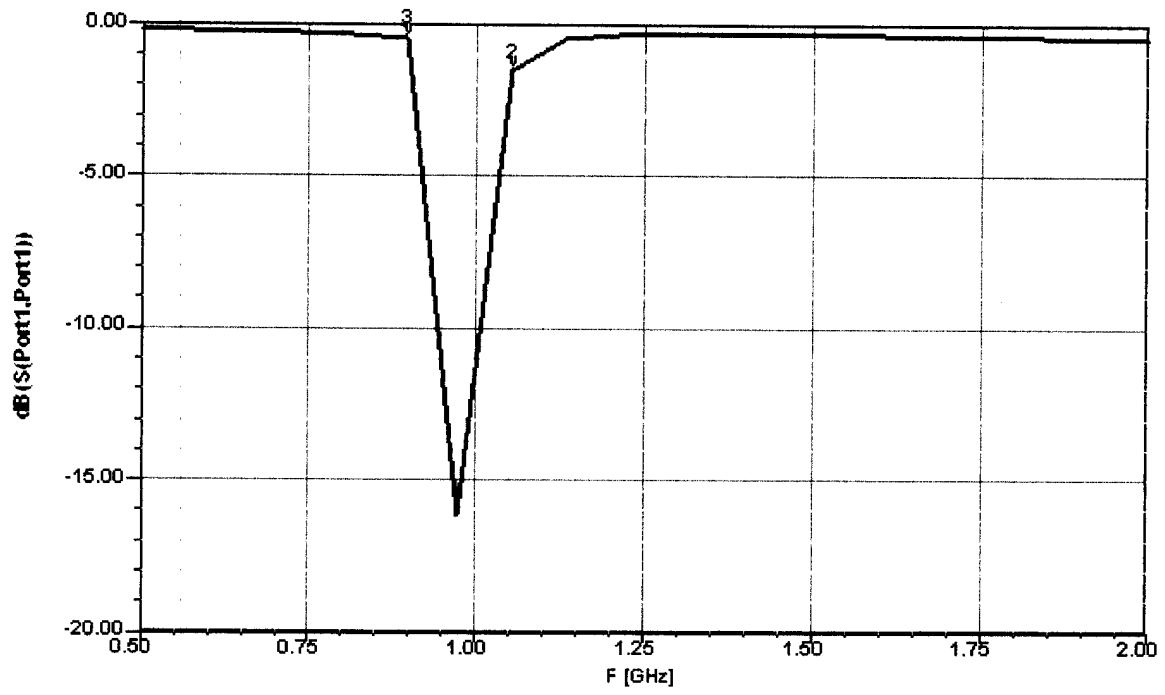


Fig 7