



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**01.06.2005 Bulletin 2005/22**

(51) Int Cl.7: **H01P 1/19, H01P 1/23**

(21) Numéro de dépôt: **04106045.0**

(22) Date de dépôt: **24.11.2004**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL HR LT LV MK YU**

(72) Inventeurs:  
• **MAAS, Olivier, Intellectual Property Thales  
94117 CX ARCUEIL (FR)**  
• **LEBOURGEOIS, Richard,  
Intellectual Property THALES  
94117 CX ARCUEIL (FR)**

(30) Priorité: **28.11.2003 FR 0314015**

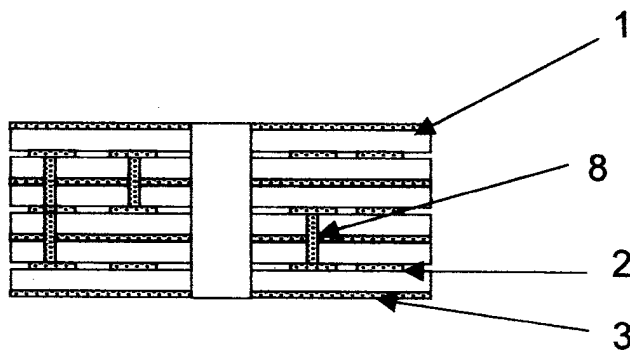
(74) Mandataire: **Dudouit, Isabelle  
THALES Intellectual Property,  
31-33 avenue Aristide Briand  
94117 Arcueil Cedex (FR)**

(71) Demandeur: **Thales  
92200 Neuilly Sur Seine (FR)**

(54) **Dispositif permettant la variation des paramètres d'une onde électromagnétique**

(57) Dispositif permettant de faire varier un ou plusieurs paramètres d'une onde hyperfréquence, le dispositif comprenant au moins deux couches de ferrite,

au moins un circuit de magnétisation et une ligne de propagation des ondes hyperfréquences, ladite ligne étant déployée dans la totalité ou la quasi-totalité du volume du dispositif.



**FIG.4**

## Description

**[0001]** L'invention concerne un dispositif permettant de faire varier au moins une composante ou paramètre d'une onde électromagnétique.

**[0002]** Elle concerne, par exemple, un déphaseur à ferrite, ou encore un atténuateur d'ondes hyperfréquences.

**[0003]** Le frittage des grenats ou spinelles à des températures relativement basses, vers 1000°C, rend possible la réalisation de circuits multicouches en ferrite. Dans de telles structures, il est possible de métalliser des plans de masse et des lignes de façon à constituer des lignes hyperfréquence triplaque adaptées, faibles pertes et dont certains caractéristiques peuvent être liées à l'état magnétique du matériau ferrite.

**[0004]** Le brevet US 5 774 025 divulgue une méthode de fabrication d'un déphaseur planaire composé de plusieurs couches de ferrite. Les couches sont métallisées en appliquant une quantité de métal conducteur selon un diagramme sélectionné. Des orifices métallisés assurent la connexion des couches entre elles. L'ensemble est ensuite porté à une température comprise entre 800°C et 1000°C afin d'obtenir une structure intégrée.

**[0005]** La présente invention met notamment en oeuvre une ligne triplaque qui se déploie à l'intérieur du volume du matériau afin d'obtenir une longueur suffisante grâce à laquelle il est possible de faire varier une composante de l'onde électromagnétique un déphasage spécifique peut être réalisable. Sous la désignation « ligne triplaque », on entend une ligne qui se compose d'un ruban central placé entre deux plans de masse.

**[0006]** L'objet de l'invention concerne un dispositif permettant de faire varier un ou plusieurs paramètres d'une onde hyperfréquence, le dispositif comprenant au moins deux couches de ferrite caractérisé en ce qu'il comporte au moins un circuit de magnétisation et une ligne de propagation des ondes hyperfréquences, ladite ligne étant déployée dans la totalité ou la quasi-totalité du volume du dispositif.

**[0007]** L'invention offre notamment la possibilité de réaliser un déphaseur extrêmement intégré. Elle permet aussi d'obtenir un dispositif remplissant la fonction d'atténuateur et/ou la fonction de déphaseur dans un volume restreint.

**[0008]** D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui représentent :

- La figure 1 le principe mis en oeuvre dans le dispositif selon l'invention,
- La figure 2 une vue externe d'un exemple de déphaseur,
- Les figures 3A à 3D, la structure détaillée du déphaseur de la figure 2,
- La figure 4 une vue en coupe du déphaseur de la

figure 2,

- La figure 5 un exemple de dispositif selon l'invention ayant en plus une fonction d'atténuateur.

5 **[0009]** La figure 1 schématise le principe utilisé dans le dispositif selon l'invention où la ligne de propagation 2 des ondes hyperfréquences est une ligne triplaque dont le substrat 1 est un matériau ferrite. La largeur de la ligne et l'épaisseur du circuit ainsi formé sont ajustés par exemple de manière à obtenir une impédance de 50 ohms. La référence 3 désigne la métallisation. Dans une magnétisation longitudinale du substrat ferrite, on obtient par exemple un effet de déphasage réciproque dans la ligne. Ce déphasage est lié à l'intensité de la magnétisation.

10 **[0010]** Selon d'autres variantes de réalisation, on fera varier un ou plusieurs paramètres de l'onde, par exemple pour obtenir un effet d'atténuation de l'onde.

15 **[0011]** L'utilisation d'une ligne triplaque permet notamment la réalisation d'une multicouche par empilement des lignes triplaques les unes sur les autres. Il suffit de réaliser une interconnexion entre les lignes au moyen de trous métallisés qui relient les conducteurs centraux entre eux. En employant ce procédé, il est possible d'empiler plusieurs lignes triplaques les unes sur les autres et obtenir ainsi une longueur électrique significative disposée dans un circuit volumique. De même, sur une même couche de circuit, la ligne triplaque peut être enroulée de façon à maximiser sa longueur pour une surface de ferrite donnée.

20 **[0012]** La structure d'enroulement de la ligne triplaque peut être un enroulement en spirale, ou tout autre géométrie d'enroulement permettant de faire varier, par exemple, la phase, l'amplitude, ou tout autre paramètre de l'onde hyperfréquence.

25 **[0013]** La figure 2 représente une vue externe d'un circuit déphaseur selon l'invention. Il comporte plusieurs couches de substrat 1 ( $1_1, 1_2, \dots, 1_i, \dots$ ) empilées les unes sur les autres. Ces couches sont par exemple constituées de ferrite. Au centre du circuit ainsi formé, se trouve un orifice 4 permettant l'enroulement d'un solénoïde 5 ayant notamment pour fonction de magnétisation du circuit déphaseur. Les lignes du solénoïdes sont enroulées autour d'un des côtés du dispositif, et comprennent deux accès 6, 7 respectivement pour le courant de magnétisation entrant et pour le courant de magnétisation sortant.

30 **[0014]** Un des éléments attractifs de cette structure est le caractère volumique du circuit qui peut être exploité pour servir de circuit de magnétisation basse fréquence. En effet, le ferrite qui sert de substrat diélectrique à la ligne triplaque, peut également servir de ferrite basse fréquence pour le circuit de magnétisation. On peut également construire le circuit multicouche afin que le circuit basse fréquence ait la forme d'un tore magnétique fermé et ainsi le déphaseur, pourra fonctionner par une magnétisation du ferrite à la rémanence (déphaseur latché).

[0015] En métallisant la surface externe du circuit multicouche on réalise, par exemple, les spires du solénoïde qui constitue le circuit de magnétisation. La métallisation est réalisée en utilisant une technique connue de l'Homme du métier.

[0016] La figure 3A est une vue de dessus de la couche supérieure du circuit. Cette couche est formée d'un substrat de ferrite 1. Sur un des côtés du substrat 1, viennent s'enrouler les spires du solénoïde 5.

[0017] La figure 3B schématise la deuxième couche comprenant un conducteur central de la ligne triplaque. Cette ligne est par exemple distribuée en spirale autour de l'orifice 4. Une entrée 9 de cette ligne est l'entrée du signal hyperfréquence. La deuxième couche comprend un trou métallisé 8 permettant la propagation de l'onde hyperfréquence entre les différents niveaux. L'écartement entre les parties constituant la ligne triplaque est choisi de façon à minimiser les phénomènes de couplage. La longueur totale de la ligne est par exemple fixée en fonction de la valeur de déphasage que l'on souhaite obtenir.

[0018] La figure 3C représente l'avant dernière couche de substrat qui comporte le conducteur central de la ligne triplaque. Elle comprend une sortie 10 pour le signal hyperfréquence et un trou métallisé 8 permettant le passage du signal vers les autres niveaux.

[0019] La figure 3D représente la couche inférieure du circuit selon l'invention.

[0020] Les spires de solénoïde de magnétisation s'enroulant autour d'un côté du circuit ainsi formé.

[0021] Selon ce mode de réalisation, le signal hyperfréquence se propage ainsi dans le volume du circuit au travers de la ligne triplaque.

[0022] La figure 4 est une vue en coupe d'un déphaseur selon l'invention. Cette vue montre l'empilement des différentes couches de ferrites ( $1_1, 1_2, \dots, 1_n$ ), les trous métallisés 8 permettant la liaison entre les différents niveaux ou couches, le conducteur central 2 et la métallisation 3.

[0023] L'épaisseur d'une couche de ferrite est par exemple de 0.15 mm en standard (procédé de coffritage). Une ligne triplaque requiert par exemple 2 couches de ferrite ce qui fait une épaisseur de 0.33 mm avec la métallisation. Sur un substrat de 10mm par 10mm, on peut enrouler la ligne en plusieurs spires sur une longueur totale de 45mm. En bande S, cette longueur correspond au minimum à une longueur électrique de 2 longueurs d'onde. Ainsi on dispose d'une ligne de  $2\lambda$ , par couche de triplaque. On considère qu'il faut entre 5 et  $10\lambda$ , de longueur totale pour créer un déphasage de  $360^\circ$  ( $1\lambda$ ), par variation de la magnétisation. On obtient alors une structure de circuit multicouche ferrite qui contient 6 à 10 couches de ferrite, pour une épaisseur totale de 3.3 mm et une surface de 10mm par 10 mm.

[0024] Le courant de magnétisation à faire passer dans le solénoïde est estimé à quelques 100 mA, pendant un temps de l'ordre de la ms ( $5\mu\text{s}$ , soit  $5.10^{-6}$  s), par une commutation de phase.

[0025] Les pertes hyperfréquences sont dépendantes notamment de la technologie mise en oeuvre, de l'épaisseur des couches de ferrite et de la largeur des conducteurs centraux et de la qualité de la magnétisation.

[0026] Dans cet exemple de réalisation de déphaseur, le ferrite a été utilisé pour constituer le tore de magnétisation basse fréquence du déphaseur.

[0027] La figure 5 représente une variante de réalisation où le dispositif est un atténuateur.

[0028] Dans cet exemple de mise en oeuvre, le ferrite est utilisé pour réaliser un autre type de magnétisation qui pourrait déplacer la résonance gyromagnétique à proximité de la bande de fréquence et produire une atténuation commandable. Il devient possible de faire varier les pertes du circuit et de réaliser la fonction atténuateur. L'intérêt d'une telle structure consiste notamment dans le fait qu'une même structure de lignes hyperfréquences disposées dans le volume du multicouche ferrite peut être, selon la disposition du circuit métallique de magnétisation, utilisé comme un déphaseur ou comme un atténuateur.

[0029] Sur un même dispositif en intégrant 2 types de conducteurs différents pour le courant de magnétisation, il est possible d'actionner ces deux fonctions, déphasage et atténuation.

[0030] Le dispositif de la figure 5 comporte une ligne permettant la propagation des ondes hyperfréquences à l'intérieur du dispositif, la ligne étant répartie sur les différentes couches de ferrite constituant le circuit atténuateur/déphaseur comme il a été décrit aux figures 3A à 3D. Il comprend aussi un solénoïde 5 enroulé autour d'un côté du circuit permettant la commande de magnétisation déphaseur et une métallisation 11 par exemple une ligne de commande de magnétisation pour la fonction atténuateur.

[0031] Une telle structure présente notamment les avantages suivants. Dans des dimensions relativement modestes, il est possible d'obtenir les fonctions de déphaseur et d'atténuateur d'un module actif, avec des pertes bien inférieures à celles des déphaseurs ou atténuateurs de technologie MMIC. Un autre avantage de cette solution réside dans la relativement forte tenue en puissance de cette structure, que l'on estime à 10 W crêtes.

## Revendications

1. Dispositif permettant de faire varier un ou plusieurs paramètres d'une onde hyperfréquence, le dispositif comprenant au moins deux couches de ferrite caractérisé en ce qu'il comporte au moins un circuit de magnétisation (5) et une ligne de propagation (2) des ondes hyperfréquences, ladite ligne étant déployée dans la totalité ou la quasi-totalité du volume du dispositif.

2. Dispositif selon la revendication 1 **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins deux couches de substrat, chaque couche comprenant au moins un conducteur central (2) formant avec les couches de substrat la ligne de propagation des ondes, la ligne ayant une forme de spirale, les couches communiquant entre elles au moyen de trous métallisés (8), et **en ce que** le circuit de magnétisation (5) est constitué d'un solénoïde enroulé sur au moins un des côtés du dispositif. 5 10
3. Dispositif selon la revendication 2 **caractérisé en ce que** la longueur de la ligne triplaque est choisie en fonction de la valeur de déphasage de l'onde hyperfréquence. 15
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce qu'il** comporte un deuxième circuit de magnétisation adapté à atténuer l'amplitude de l'onde hyperfréquence. 20

25

30

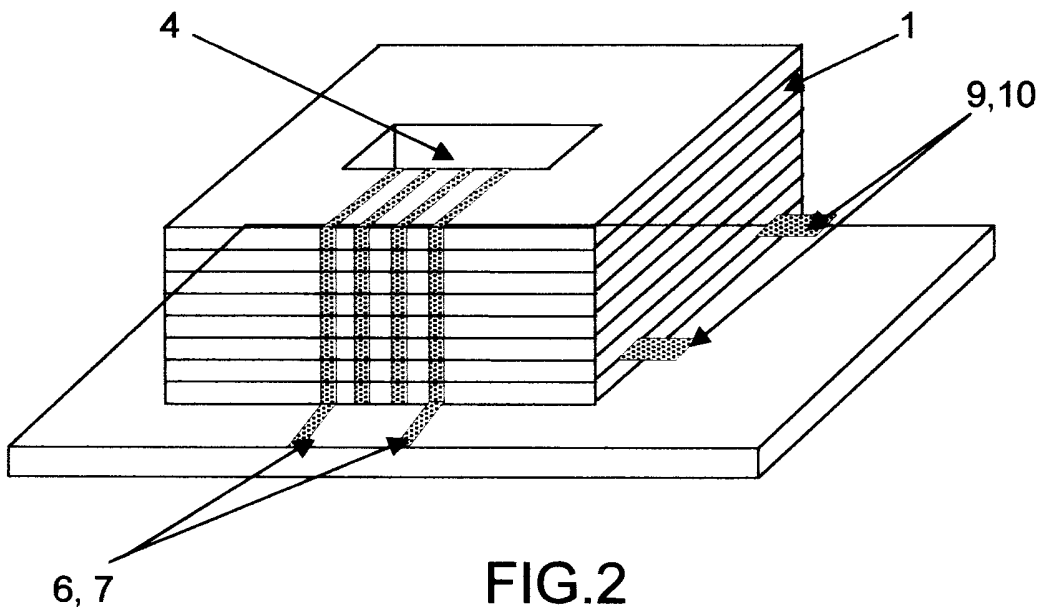
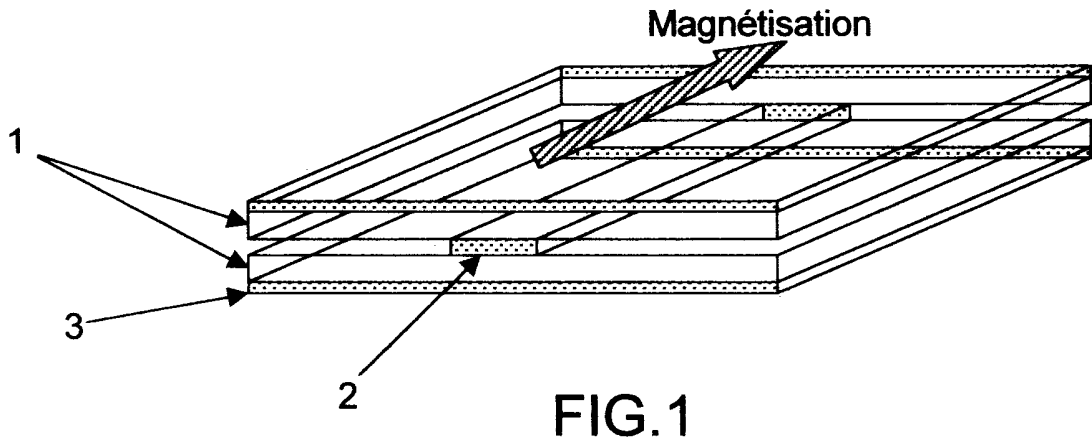
35

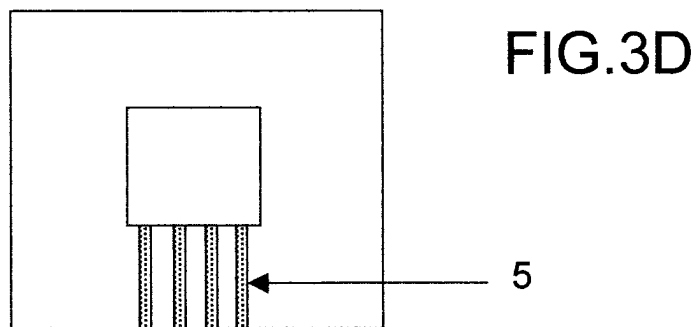
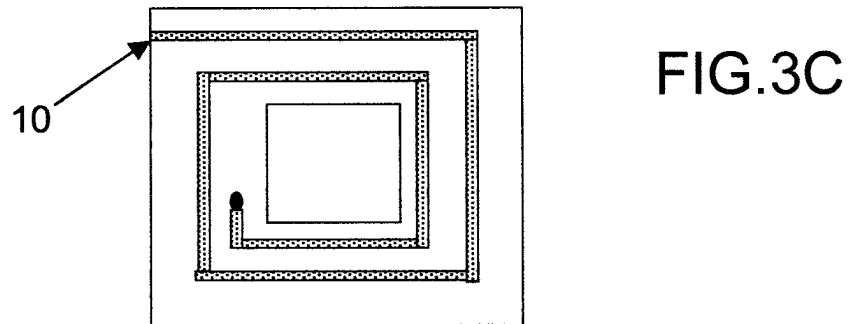
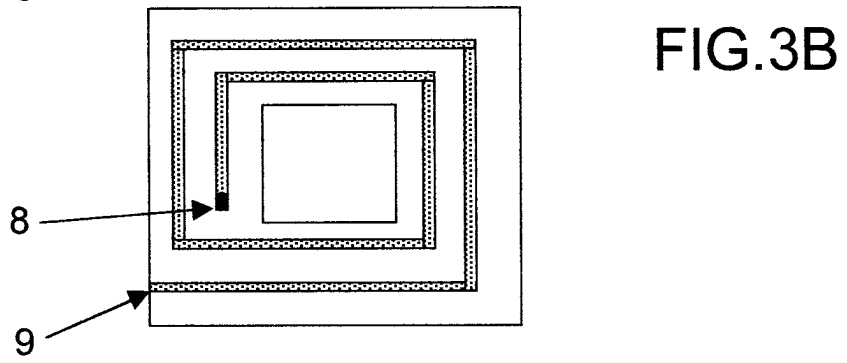
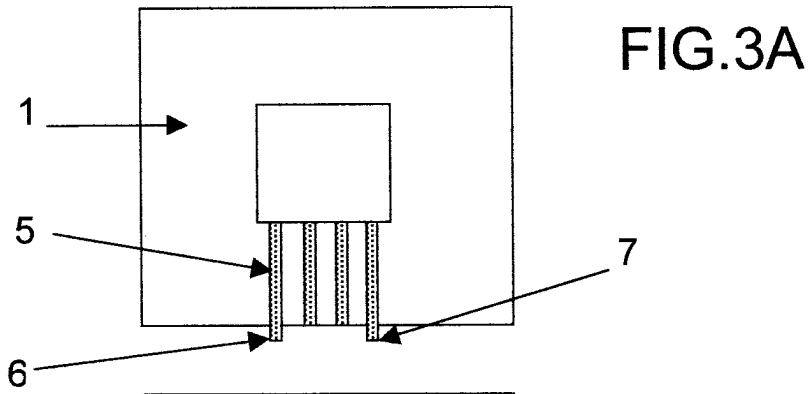
40

45

50

55





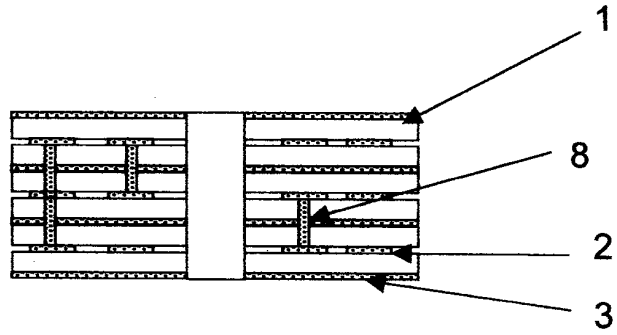


FIG.4

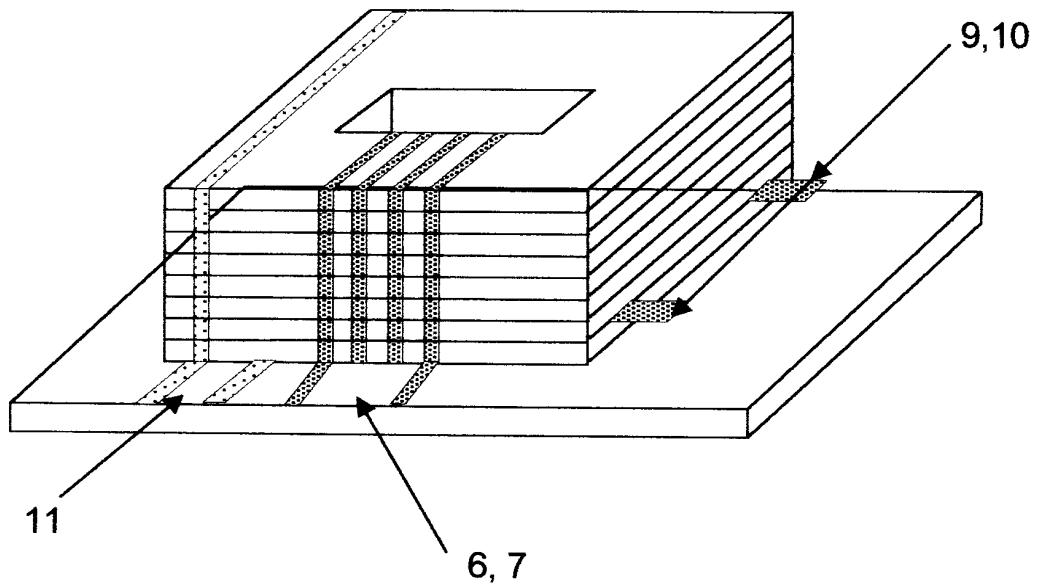


FIG.5



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.7)
X	GB 895 884 A (CSF) 9 mai 1962 (1962-05-09) * page 1, ligne 78 - page 2, ligne 2; figure 3 *	1	H01P1/19 H01P1/23
Y	-----	2,3	
Y	US 5 146 191 A (CHIGODO YOSHIKAZU ET AL) 8 septembre 1992 (1992-09-08) * colonne 7, ligne 6-13; figure 9 *	2,3	
X	US 3 478 283 A (ALVERSON WILLIAM KEITH ET AL) 11 novembre 1969 (1969-11-11) * colonne 2, ligne 66 - colonne 3, ligne 13; figure 1 *	1	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 03, 28 avril 1995 (1995-04-28) & JP 6 334462 A (UNIDEN CORP), 2 décembre 1994 (1994-12-02) * abrégé *	1	
A	US 3 051 917 A (GYORGY ERNST M ET AL) 28 août 1962 (1962-08-28) * colonne 7, ligne 38-50; figure 5 *	4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) H01P
A	US 3 332 042 A (PARRIS) 18 juillet 1967 (1967-07-18) * colonne 7, ligne 17-22; figure 1 *	4	
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13 décembre 2004	Examineur Den Otter, A
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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 04 10 6045

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

13-12-2004

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 895884	A	09-05-1962	FR 1227407 A DE 1133778 B	19-08-1960 26-07-1962
US 5146191	A	08-09-1992	JP 4046405 A DE 4119551 A1 GB 2246922 A ,B	17-02-1992 02-01-1992 12-02-1992
US 3478283	A	11-11-1969	AUCUN	
JP 6334462	A	02-12-1994	US 5416450 A	16-05-1995
US 3051917	A	28-08-1962	AUCUN	
US 3332042	A	18-07-1967	BE 669314 A DE 1268236 B FR 1456857 A GB 1090443 A	31-12-1965 16-05-1968 08-07-1966 08-11-1967

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82