

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 481 417 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **91117514.9**

(51) Int. Cl.⁵: **H01Q 9/04**, H01Q 21/24,
H01Q 21/00

(22) Date de dépôt: **14.10.91**

(30) Priorité: **18.10.90 FR 9012896**

(43) Date de publication de la demande:
22.04.92 Bulletin 92/17

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

(71) Demandeur: **ALCATEL ESPACE**
11, avenue Dubonnet
F-92407 Courbevoie Cédex(FR)
(84) **DE FR GB IT SE**

(71) Demandeur: **ALCATEL N.V.**
Strawinskylaan 341
NL-1077 XX Amsterdam(NL)
(84) **CH LI**

(72) Inventeur: **Raguenet, Gérard**
1710 Chemin de Tucaut
F-31600 Eaunes(FR)

(74) Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**
Lennéstrasse 9 Postfach 24
W-8133 Feldafing(DE)

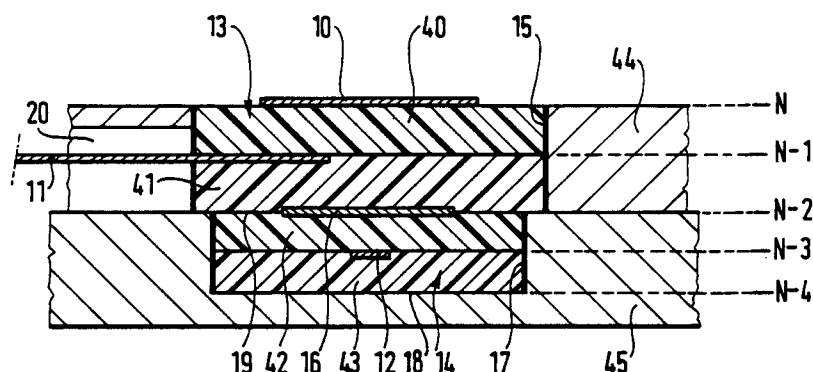
(54) **Dispositif d'alimentation d'un élément rayonnant fonctionnant en double polarisation.**

(57) La présente invention se rapporte à un dispositif d'alimentation d'un élément rayonnant fonctionnant en double polarisation, comprenant une première ligne d'alimentation (11) pénétrant dans une première cavité (13) située sous ledit élément rayonnant (10), et une seconde ligne d'alimentation (12), disposée selon une géométrie orthogonale à la première

ligne (11) pénétrant dans une seconde cavité (14) située dans le prolongement de la première, une pièce conductrice (16) formant une fente de couplage (19) entre ces deux cavités (13, 14).

Application notamment au domaine des transmissions spatiales.

FIG. 1



L'invention se rapporte à un dispositif d'alimentation d'un élément rayonnant fonctionnant en double polarisation, pouvant être du type antenne imprimée ou de type guide d'onde.

L'emploi des antennes dites imprimées : antennes "patch", dipôles, fentes annulaires etc..... va croissant dans le domaine des télécommunications.

En fonction de la mission envisagée : télécommunications fixes, télécommunications maritimes ou aéronautiques, "broadcasting", localisation, relais, etc., les choix d'un type d'élément rayonnant d'une part et d'un type de ligne de propagation d'autre part résultent d'un compromis mettant en jeu un nombre important de paramètres :

- . adéquation à la mission RF (Radiofréquence) ;
- . niveau de définition de la technologie ;
- . type d'interfaces requis, connectique ;
- . tenue en puissance ;
- . coût ;
- . encombrement, masse

L'intégration de tous ces paramètres ainsi que le développement d'antennes actives permettent de proposer les antennes imprimées comme des solutions forts attractives et compétitives sur la plupart des missions envisagées aujourd'hui.

Ceci est tout à fait courant pour des missions opérant en bande L (1,5-1,6 GHz), en bande S (2 GHz), en bande C (4-6 GHz) et tend à le devenir de plus en plus pour des missions en bande K, aujourd'hui en bande Ku (12,4-18 GHz). Toutefois la montée en fréquence ne peut se faire qu'au prix d'un grand effort technologique tant les problèmes apparaissent difficiles :

- montée vertigineuse des pertes ;
- miniaturisation des éléments rayonnants ;
- difficultés de connectique et de réalisation.

Bien des missions ne requièrent qu'une seule polarisation par fréquence (linéaire ou circulaire). Dans ce cas les spécifications de polarisation croisées ne sont pas en général très difficiles à tenir. C'est le cas des missions bande L (aéronautiques et maritimes), bande S (relais), bandes L et S (localisation). Pour ce genre d'applications, en fonction de l'élément rayonnant retenu, différents modes d'alimentation peuvent être envisagés.

Les modes d'excitation les plus courants d'une antenne imprimée sont :

- l'alimentation à partir d'une ligne coaxiale ;
- l'alimentation dans le plan à partir d'une ligne microruban ;
- l'alimentation par couplage électromagnétique à partir d'une ligne microruban ou triplaque.

Les deux premières approches ont été largement décrites et étudiées dans la mesure où elles sont d'une part de réalisations à priori aisées et présentent une similitude de comportement de pro-

pagation avec l'élément rayonnant lui-même qui peut être approximé par une ligne microruban.

Les solutions appartenant à la troisième catégorie marquent un pas dans la technique d'alimentation en découplant l'élément rayonnant de la ligne principale. L'accroissement du nombre de paramètres permet ainsi une meilleure gestion des performances de bande passante de l'ensemble.

Ainsi l'alimentation d'une antenne imprimée peut être réalisée à l'aide d'une ligne coaxiale orthogonale. La configuration de base consiste à connecter l'âme centrale du coaxial à un point d'impédance sous le "patch" correspondant à l'impédance du coaxial. Cette technique est bien souvent insuffisante dans le cadre de mission à bande importante ($\geq 1\%$) en raison de l'effet de sonde dû au diamètre non nul du conducteur. Aussi afin d'accroître les performances d'une telle transition, ont été couramment développés des dispositifs compensateurs de la self de sonde à savoir :

- attaque par une jupe capacitive réalisée à l'aide d'une gaine de conducteur coaxial extérieur ;
- attaque par une pastille capacitive sur ou sous le "patch".

Ces dispositifs sont largement connus et décrits : par exemple dans un article intitulé "Conformal microstrip antennas" de Robert E. MUNSON (Microwave journal ; mars 1988) qui décrit plusieurs types d'antennes microstrip, leurs applications et leurs performances.

L'alimentation d'une antenne imprimée ("patch" ou dipole) peut, également, être réalisée à partir d'une ligne microruban. Là encore ces types d'alimentation sont largement connus. Ce mode d'alimentation est largement utilisé et ne nécessite aucun procédé particulier autre que celui de la gravure du "patch" lui-même. On peut ainsi alimenter les éléments rayonnants et réaliser les éléments de répartition selon la même surface.

L'alimentation d'une antenne imprimée peut, enfin, être réalisée par technique de couplage électromagnétique. Ce mode d'alimentation permet de transférer l'énergie RE à partir d'une ligne principale sans aucun contact ou liaison mécanique entre les conducteurs. De plus par l'introduction de paramètres elles permettent une meilleure gestion des capacités d'adaptation des aériens. A partir de lignes microruban il est possible de réaliser l'alimentation d'un dipole ou d'une antenne de type "patch". On peut aussi alimenter un élément rayonnant à partir d'une ligne triplaque. Ce qui peut offrir certains aspects intéressants en comparaison de la situation électrique du microruban qui est une ligne ouverte.

Toutes ces réalisations largement connues deviennent cependant difficiles à mettre en oeuvre pour des missions nécessitant une utilisation en

double polarisation. En effet pour ce genre d'application les problèmes vont croissants ; Bien souvent l'élément rayonnant de base n'est pas seul, mais constitue un sous-réseau et le problème posé dans sa globalité consiste à :

- alimenter les éléments rayonnants selon deux polarisations orthogonales ;
 - intégrer les circuits BFN ("Beam Forming Networks") dans la maille physique du réseau ;
- de façon à réaliser un module permettant de tenir les objectifs de pureté de polarisation, bande passante, efficacité, qualité de rayonnement et... moyennant une technologie et des coûts acceptables.

Les solutions du type utilisant deux attaques coaxiales orthogonales conduisent à des architectures compliquées pour alimenter l'élément rayonnant et pour accéder à chacun des circuits BFN. Quelle que soit la configuration celle-ci nécessite au moins une transition coaxiale/triplaque simple étage ainsi qu'une transition à double étage ; ce qui se traduit par une complexité technologique accrue par rapport à la simple polarisation, associée en outre à de faibles performances intrinsèques. Le couplage entre les deux sondes coaxiales est typiquement de 20 dB pour ce type d'excitation entraînant ainsi des problèmes de re-rayonnement en polarisation croisée à résoudre par des artifices de mise en sous-réseaux particuliers (rotations séquentielles par exemple).

De toute façon la mise au point n'est pas aisée, du fait de phénomènes parasites. De plus la solution requiert un gros effort d'ingénierie électrique et technologique.

L'objet de la présente invention consiste à répondre au problème ainsi défini

L'invention propose à cet effet un dispositif original d'alimentation d'un élément rayonnant fonctionnant en double polarisation, caractérisé en ce qu'il comprend une première ligne d'alimentation pénétrant dans une première cavité située sous ledit élément rayonnant, et une seconde ligne d'alimentation, disposée selon une géométrie orthogonale à la première ligne, pénétrant dans une seconde cavité située dans le prolongement de la première, une pièce conductrice formant une fente de couplage entre ces deux cavités.

Avantageusement ce dispositif permet d'assurer simultanément en une seule unité, et sans nécessiter de liaison mécanique (connectique) :

- l'alimentation d'un élément rayonnant selon deux polarisations orthogonales ;
- la sortie de chacune des polarisations sur des niveaux séparés, permettant ainsi une gestion indépendante des circuits BFN et une intégration complète de l'ensemble de ces répartiteurs sous le réseau de l'élément

rayonnant sans nécessiter d'éléments de connexion autres que ceux existant entre le dispositif d'alimentation et l'élément rayonnant lui-même.

De plus le dispositif de l'invention permet de simplifier considérablement l'architecture de distribution, la technologie de réalisation, et le coût des sous-réseaux des éléments rayonnants.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre, à titre d'exemple non limitatif, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- les figures 1 et 2 illustrent le dispositif de l'invention respectivement en vue en coupe et en vue de dessus ;
- les figures 3 à 6 illustrent respectivement une réalisation du dispositif de l'invention et plusieurs courbes de fonctionnement ;
- Les figures 7 et 8 illustrent une application du dispositif de l'invention à un sous-réseau à quatre éléments.

L'excitation de l'élément rayonnant 10, de technologie composite ou non, représenté sur la figure 1, se fait en utilisant une structure multifentes et multicavités. Une telle structure permet d'effectuer en une seule opération :

- l'alimentation d'un élément rayonnant selon deux modes orthogonaux avec un haut découplage entre les accès (≥ 30 dB) ;
- les changements de plan nécessaires à l'implantation de circuits formateurs de faisceaux (BFN) de chacune des polarisations.

Typiquement deux lignes d'alimentation 11 et 12 correspondant aux terminaisons de deux formateurs de faisceaux sont implantées à des niveaux différents sous un élément rayonnant 10.

La première ligne 11 microruban ou triplaque, symétrique ou non, pénètre dans une première cavité 13 cylindrique. Cette cavité "ouverte" est réalisée par l'ensemble d'un cylindre conducteur 15, par exemple métallique, de diamètre $\varnothing a$ et de deux pistes métalliques 10 au niveau N, et 16 au niveau N-2, qui réalisent ainsi les "couvercles" dudit cylindre. La fenêtre d'accès 20 de la ligne 11 à la cavité 13 est dimensionnée selon des règles connues de l'homme de l'art conformément à la distribution des champs le long de la ligne 11.

De la même manière la seconde ligne 12 du second répartiteur, disposée selon une géométrie orthogonale à la première ligne 11, pénètre dans une seconde cavité cylindrique 14 de diamètre $\varnothing b$ située à un niveau N-3 inférieur à celui de la première cavité 13 et concentrique avec celle-ci. Cette seconde cavité 14 est réalisée par l'ensemble des parois électriques 17 cylindriques, d'un fond métallisé 18 ainsi que de la pièce métallique 16 qui constitue aussi le fond de la première cavité 13.

Les deux cavités 13 et 14 sont donc implantées l'une au dessus de l'autre et présentent une partie commune 16 qui a un rôle capital dans le fonctionnement du dispositif à double étage qui est décrit ci-après. Elles contiennent, dans l'exemple représenté, des dispositifs espaceurs en diélectrique 40, 41 et 42, 43 permettant le positionnement des deux lignes 11 et 12, disposés dans deux blocs 44 et 45 par exemple en laiton.

Une onde électromagnétique est véhiculée par la première ligne 11 à l'intérieur de la première cavité 13. L'ensemble de cette cavité agit comme un hexapole directif adapté ; ce qui nécessite donc :

- d'une part une géométrie des conducteurs en présence optimisée de façon à réaliser l'adaptation d'impédance de l'élément rayonnant 10 à chaque ligne d'alimentation ;
- d'autre part un soin extrême apporté à la géométrie de la pièce 16 et conséquemment à la nature de la fente de couplage 19 : Cette pièce 16 joue en quelque sorte un rôle de séparateur de polarisation, qui agit comme un court-circuit pour l'onde véhiculée par la première ligne 11, de sorte que l'on a une condition de fermeture vis-à-vis des étages inférieurs. Typiquement la géométrie du conducteur 16 et de la fente 19 peut comporter une ou plusieurs fentes rectangulaires parallèles au conducteur 11.

Ainsi la cavité 13 agit comme un coupleur directif vis-à-vis des étages inférieurs de sorte qu'aucun transfert d'énergie n'a lieu de la première ligne 11 vers la seconde ligne 12 qui présente de ce fait un haut degré de couplage. L'énergie véhiculée par la première ligne 11 est donc transférée totalement à l'élément rayonnant 10 sans couplage à la ligne 12.

La seconde ligne 12 qui se trouve au niveau N-3 présente une configuration de lignes de champ compatible de la ou des fentes 19. De ce fait, celles-ci permettent de coupler l'énergie RF contenue dans la seconde cavité 14 à la première cavité 13. A ce niveau la seule sortie adaptée que présente l'ensemble est l'élément rayonnant 10 de sorte qu'aucune énergie initialement véhiculée par la ligne 12 ne puisse se coupler à la ligne 11, en raison des conditions d'orthogonalité imposées des lignes de champ par rapport à la ligne 11. L'excitation de l'élément rayonnant 10 selon la polarisation de la seconde ligne 12 met donc en jeu les deux cavités 13 et 14 ainsi qu'un dispositif de couplage 16 et 19 sélectif en polarisation. L'adaptation de l'élément rayonnant 10 à la ligne 12 met donc en jeu l'ensemble des caractéristiques des conducteurs et leur géométries respectives.

Dans une variante de réalisation la cavité 14 a une forme plus élaborée mettant en jeu une troisième

me cavité de diamètre ϕc , implantée sous les deux premières et dans le prolongement de celles-ci avec :

$\phi c \leq \phi b \leq \phi a$; Elle a pour objet d'augmenter le nombre de paramètres permettant de réaliser l'adaptation de l'ensemble à la ligne 12. Ainsi une succession de n cavités superposées peut être utilisée de façon à dégager des paramètres d'optimisation.

La figure 3 présente la géométrie d'un élément rayonnant à double polarisations orthogonales, réalisé en bande KU, qui correspond aux principes décrits précédemment.

Les performances typiques d'un tel dispositif sont présentées sur les figures 4 à 6.

Ce dispositif présente les caractéristiques suivantes :

- un élément rayonnant 10 à double étage comprenant :
 - . un patch carré 21 en cuivre de longueur 6 mm, et d'épaisseur 0,2 mm qui est actif pour l'accès supérieur ;
 - . une couche 22 en Nida ("Nid d'Abeille") de hauteur 4,2 mm ;
 - . une couche 23 de scotch Kapton ;
 - . un patch 24 circulaire en laiton collé sur la surface inférieure du scotch Kapton de diamètre 6,8 mm, et d'épaisseur 0,3 mm ;
- une plaque 25 en laiton d'épaisseur 0,4 mm ;
- une fente 26 de largeur 14 mm ;
- un triplaque 27 d'épaisseur 0,8 mm ;
- une ligne 100 ohms 28 d'épaisseur environ 0,01 mm, de longueur débouchante 5 mm ;
- une feuille de quartz polyamide 29 d'épaisseur environ 0,1 mm ;
- une première cavité 30 de diamètre 14 mm, de hauteur 5,8 mm réalisée dans un premier bloc de laiton 36 ;
- une feuille de quartz polyamide 31 d'épaisseur environ 0,1 mm sur laquelle est disposée un "patch" en laiton de diamètre 7 mm et d'épaisseur 0,3 mm réalisant un court-circuit dans le sens de la polarisation supérieure ;
- un triplaque 32 d'épaisseur 0,8 mm ;
- une ligne 100 ohms 35 d'épaisseur environ 0,01 mm, de longueur débouchante 5 mm ;
- une feuille de quartz polyamide 33 d'épaisseur environ 0,1 mm ;
- une seconde cavité 34 de diamètre 14 mm et de hauteur 5,8 mm réalisée dans un second bloc de laiton 37 ;

Les figures 4 et 5 représentent des courbes illustrant l'adaptation des polarisations en fonction de la fréquence, soient respectivement :

- R.O.S. accès supérieur (figure 4) : -20 dB de 10.50 GHz à 12,75 GHz soit environ 20% de

bande passante à R.O.S. = 1,22 ;

- R.O.S. accès inférieur (figure 5) performance similaire traduisant 20% de bande passante à R.O.S. = 1,22.

La figure 6 est une courbe illustrant le découplage entre accès en fonction de la fréquence. Le dispositif présente un découplage dans toute la bande supérieure à 30 dB et en moyenne voisin de 33 dB entre les accès supérieur et inférieur.

Après étude des diagrammes de rayonnement mesurés sur chacun des accès à fréquence centrale, il apparaît qu'en raison de l'absence de couplage entre les accès, une excellente pureté de polarisation est obtenue en tout point conforme aux résultats concernant le même type d'élément rayonnant utilisé en monopolarisation.

Dans une réalisation d'un sous-réseau de 32 éléments rayonnants, On voit clairement pour un niveau de BFN que :

- d'une part l'alimentation des sous-réseaux 1 par 4 est facilement réalisée sous la maille des éléments rayonnants.
- d'autre part l'alimentation de chacune des polarisations, réalisées séparément en deux plans distincts, permet de pousser très loin l'intégration du répartiteur associé à chaque polarisation. A titre d'exemple il est possible de réaliser un circuit 1 par 32 implanté en totalité sur le même niveau sans qu'il soit nécessaire d'effectuer une opération de changement de plan autre que celle du dispositif d'excitation de l'élément rayonnant.

Un répartiteur similaire pour l'autre polarisation peut être intégré de façon totalement indépendante au niveau correspondant.

Ainsi l'approche proposée au niveau de l'élément rayonnant : excitateur à changement de niveau intégré a donc des répercussions très intéressantes au niveau des sous réseaux dont il simplifie considérablement l'architecture de distribution, la technologie de réalisation, et donc, au niveau industriel, le coût.

Dans une technologie en version "tout planaire", il apparaît des problèmes fondamentaux d'implantation même au niveau d'un sous-réseau de quatre éléments :

- quasi-impossibilité de loger les circuits BFN ("Beam Forming Networks") dans la maille du réseau ;
- nécessiter de prévoir des opérations de changement de plan.

Alors qu'en utilisant le dispositif de l'invention on résout tous ces problèmes. Ainsi la figure 7 représente le détail des circuits et des cavités situés sous les éléments rayonnants pour un premier répartiteur. La figure 8 représente le détail des circuits et cavités pour un second répartiteur implanté à un second niveau. Les dessins sont les

mêmes, seule la topologie a tournée de 90°.

Il est bien entendu que la présente invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et que l'on pourra remplacer ses éléments constitutifs par des éléments équivalents sans, pour autant, sortir du cadre de l'invention.

Ainsi l'élément rayonnant 10 peut exciter un résonateur passif de façon à réaliser un élément rayonnant large bande.

De la même manière, le dispositif ainsi décrit, utilisant ou non un résonateur passif, peut servir à alimenter, de manière connue de l'homme de l'art, un élément hyperfréquence de type guide d'onde ou cornet rayonnant (corrugué, bimode, etc....).

Revendications

1. Dispositif d'alimentation d'un élément rayonnant fonctionnant en double polarisation, caractérisé en ce qu'il comprend une première ligne d'alimentation (11) pénétrant dans une première cavité (13) située sous ledit élément rayonnant (10), et une seconde ligne d'alimentation (12), disposée selon une géométrie orthogonale à la première ligne (11) pénétrant dans une seconde cavité (14) située dans le prolongement de la première, une pièce conductrice (16) formant une fente de couplage (19) entre ces deux cavités (13, 14).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce conductrice (16) a un rôle de séparateur de polarisation qui agit comme un court-circuit pour l'onde véhiculée par la première ligne (11).
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les deux cavités (13, 14) sont cylindriques et concentriques, la seconde cavité (14) ayant un diamètre ($\varnothing b$) inférieur ou égal à celui ($\varnothing a$) de la première cavité (13).
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la première cavité (13) est réalisée par un cylindre métallique (17) situé entre l'élément rayonnant (10) et la pièce conductrice (16).
5. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la deuxième cavité (14) est réalisée par un cylindre conducteur (17), un fond métallisé (18) et la pièce (16).
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comprend une troisième cavité concentrique avec les deux premières, située dans le prolongement de la première.

ment de celles-ci et de diamètre ($\varnothing c$) inférieur ou égal à celui des deux autres ($\varnothing a$, $\varnothing b$).

7. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des dispositifs espaceurs (40, 41 ; 42, 43) permettant le positionnement des deux lignes (11, 12) dans les deux premières cavités (13, 14). 5
8. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux lignes (11, 12) sont des lignes microruban ou triplaque. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

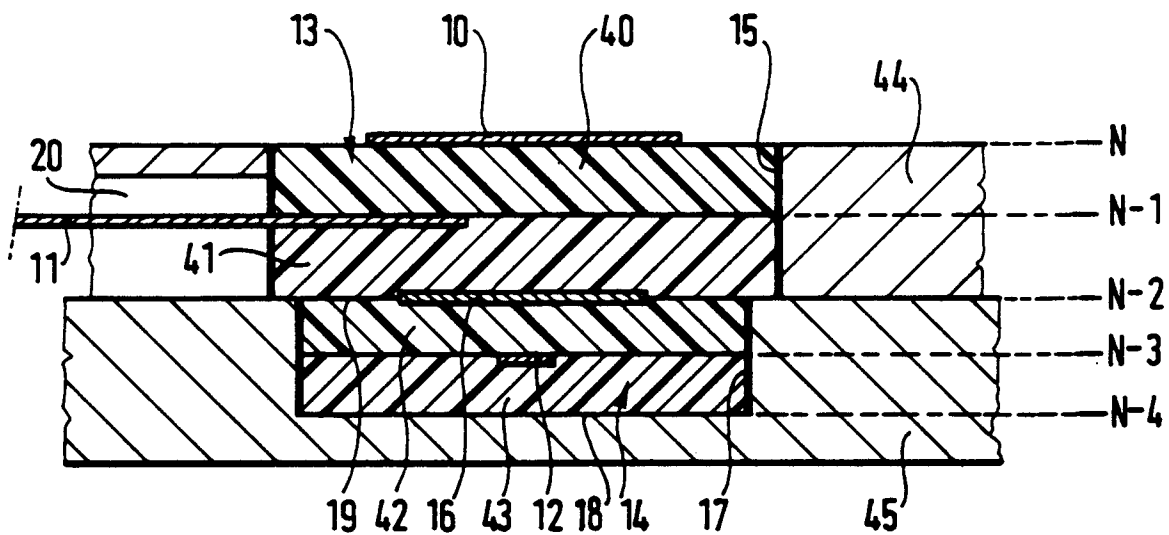


FIG. 2

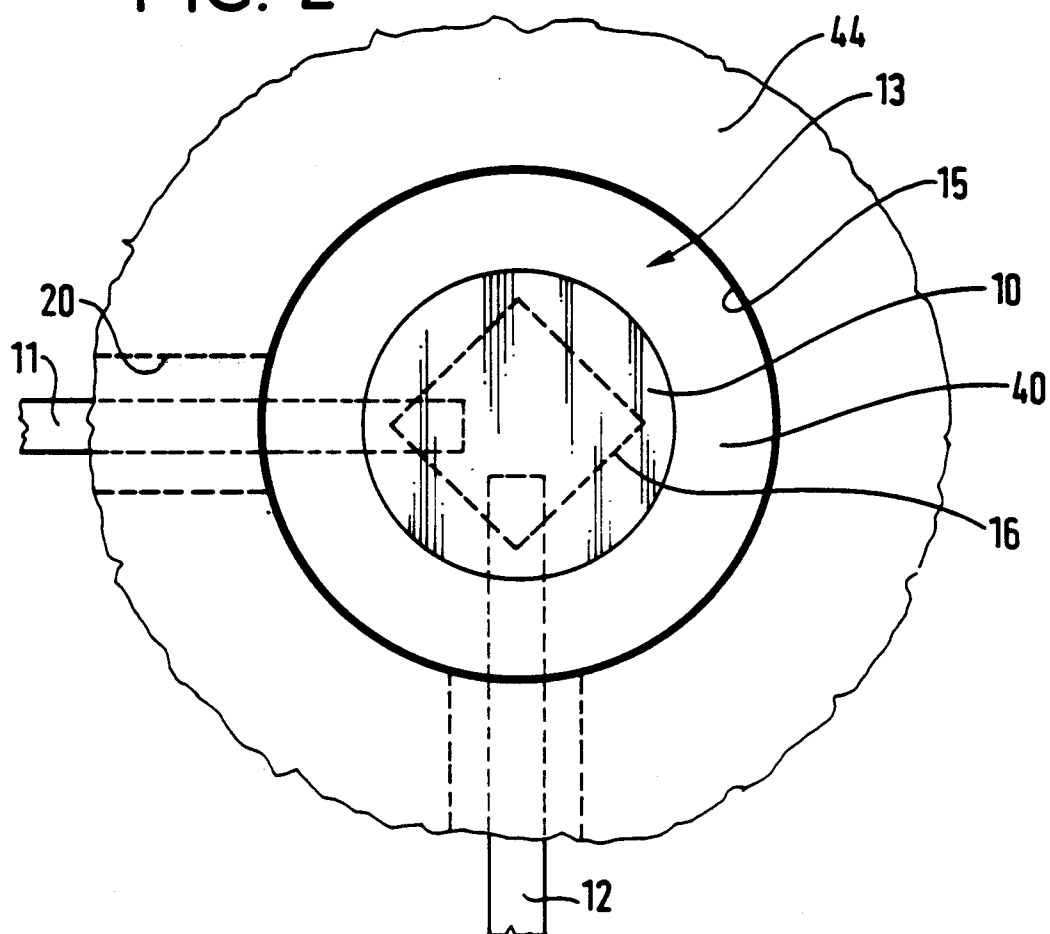


FIG. 3

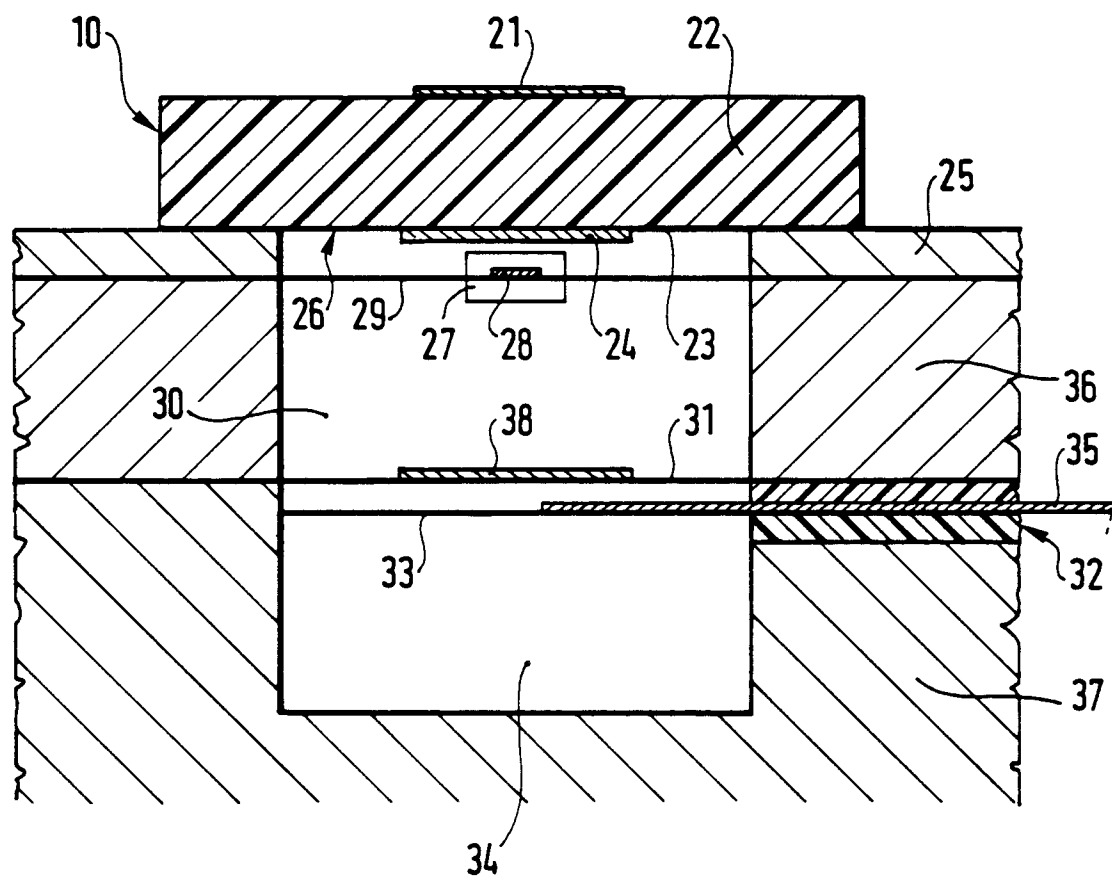


FIG. 4

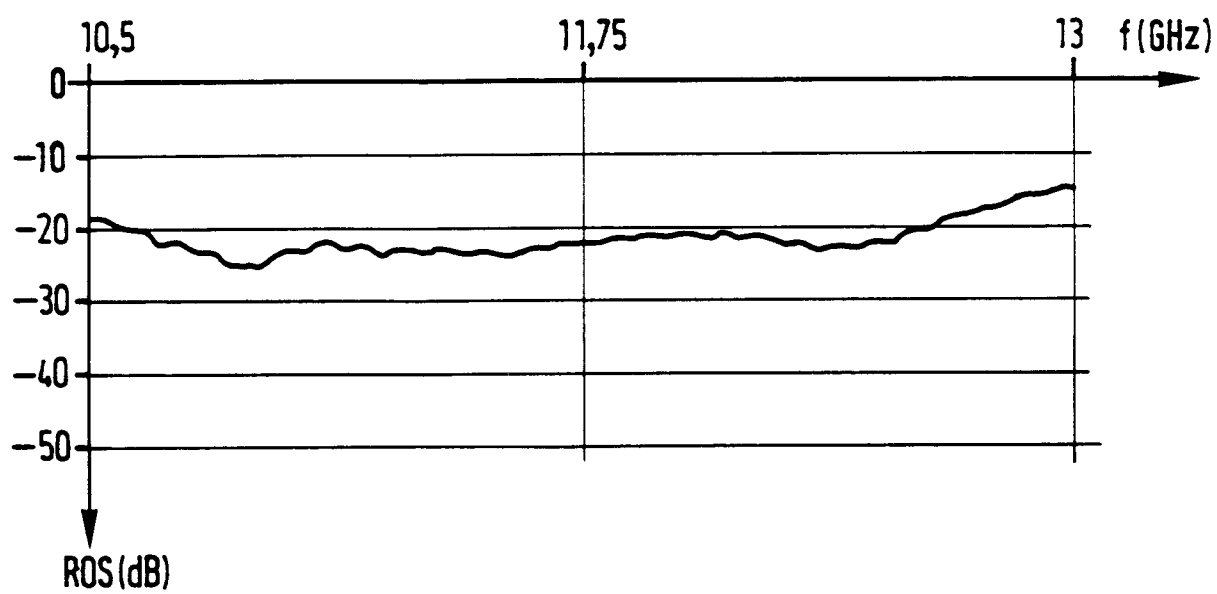


FIG. 5

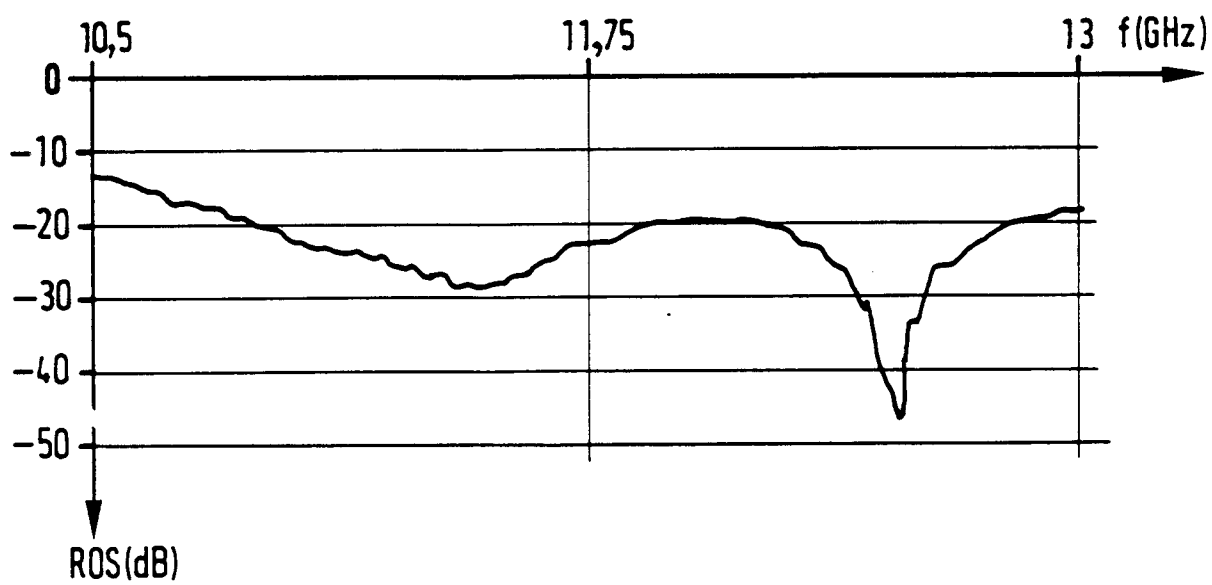


FIG. 6

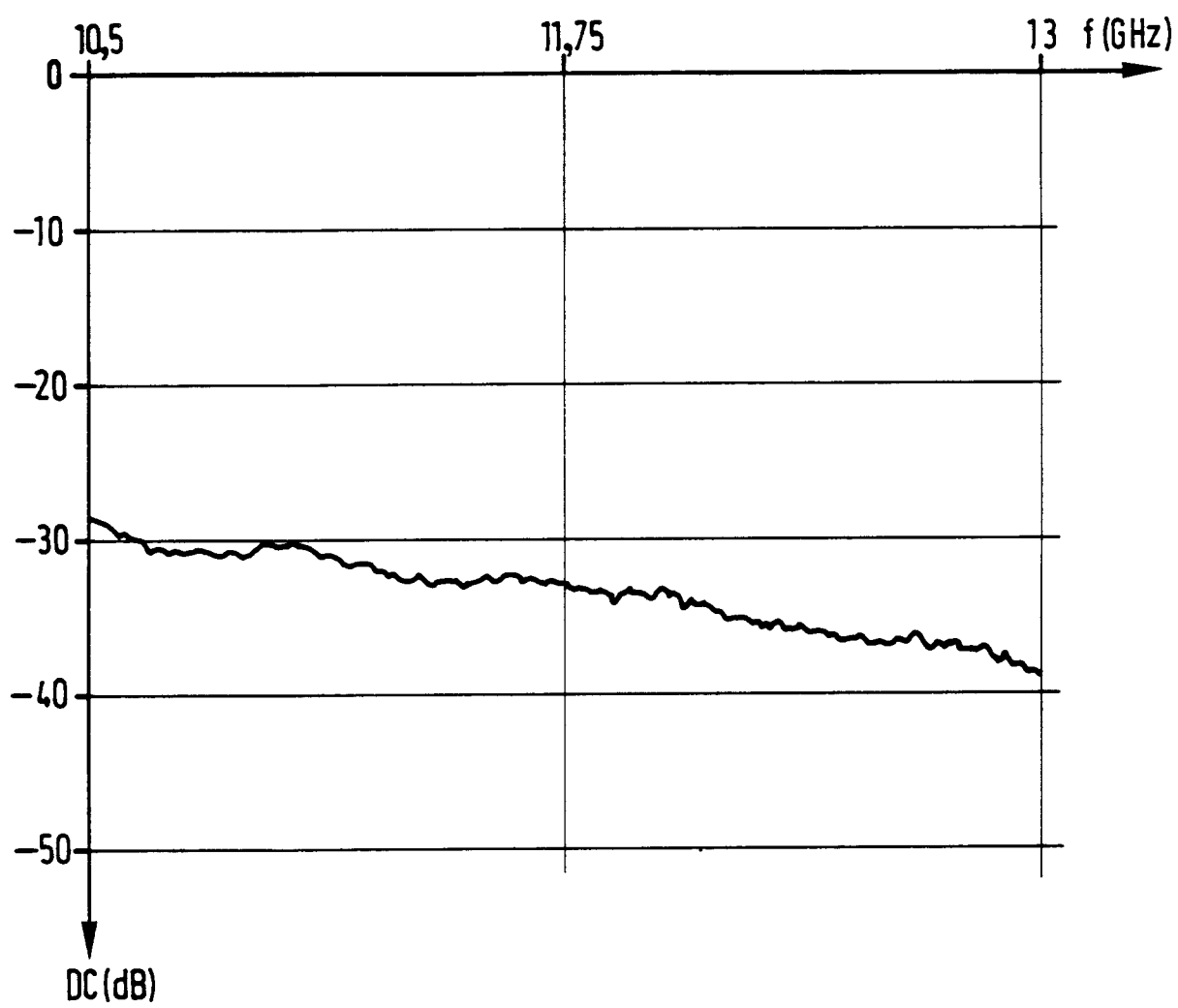


FIG. 7

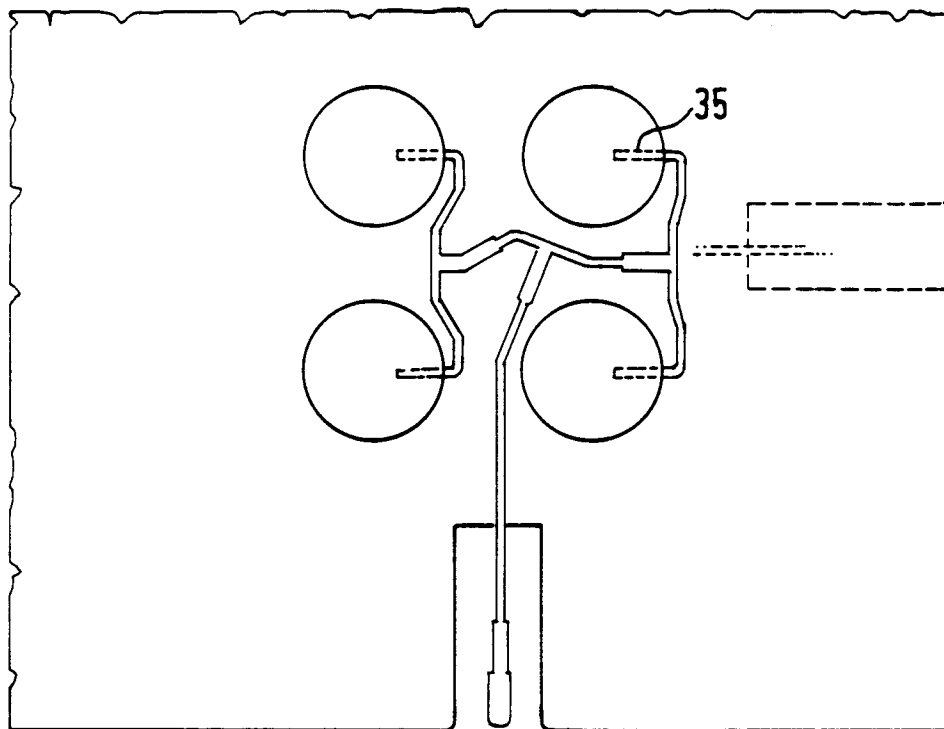
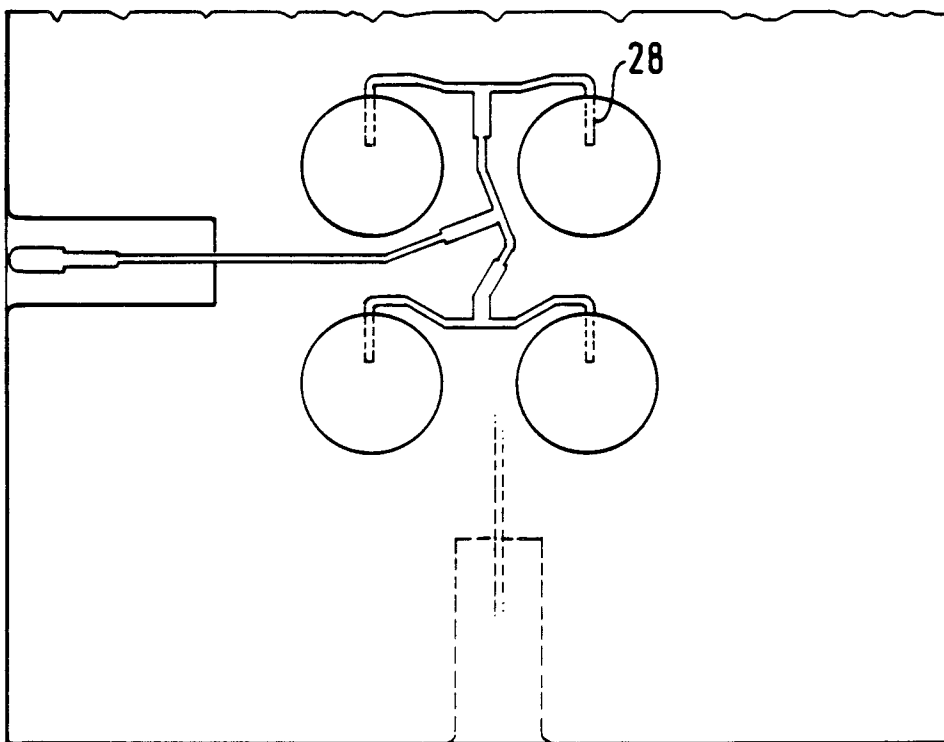


FIG. 8





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 91 11 7514

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.5)
A	EP-A-0 123 350 (L.E.P. AND PHILIPS) * page 3, ligne 34 - page 4, ligne 17 * * page 7, ligne 6 - ligne 13; figures 1A,B * * - - -	1,3,4,7,8	H 01 Q 9/04 H 01 Q 21/24 H 01 Q 21/00
A	FR-A-2 603 744 (MATSUSHITA) * abrégé; figures 2,3 * * - - -	1	
A	US-A-4 208 660 (MCOWEN,JR.) * abrégé; figures 1-5 * * - - -	1	
A	1988 INTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST ANTENNAS ANDPROPAGATION vol. 3, Juin 1988, SYRACUSE,NY pa- ges 936 - 939; TSAO ET AL.: 'Aperture-coupled Patch Antennas with Wide-bandwidth and Dual -polarization Capabi- lities' - - - - -	1	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H 01 Q
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		20 décembre 91	ANGRABEIT F.F.K.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite			
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	
T : théorie ou principe à la base de l'invention			