(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 139 484 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
06.10.2010 Bulletin 2010/40

(51) Int Cl.:
H01P 1/185 *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **01400769.4**

(22) Date de dépôt: **23.03.2001**

(54) **Déphaseur hyperfréquence, et antenne à balayage électronique comportant de tels déphaseurs**

Mikrowellenphasenschieber und phasengesteuerte Gruppenantenne mit derartigen Phasenschiebern

Microwave phase shifter and phased array antenna with such phase shifters

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(30) Priorité: **31.03.2000 FR 0004140**

(43) Date de publication de la demande:
04.10.2001 Bulletin 2001/40

(73) Titulaire: **Thales**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **Naudin, Philippe,**
  Thomson-CSF Propriété Intellectuelle
  94117 Arcueil Cedex (FR)
- **Soiron, Michel,**
  Thomson-CSF Propriété Intellectuelle
  94117 Arcueil Cedex (FR)
- **Chekroun, Claude,**
  Thomson-CSF Propriété Intellectuelle
  94117 Arcueil Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Lucas, Laurent Jacques et al**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble " Visium "
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(56) Documents cités:
US-A- 4 044 360 **US-A- 4 568 893**

- **W.W. LAM ET AL.: "MILLIMETER-WAVE DIODE-GRID PHASE SHIFTERS" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES., vol. 36, no. 5, mai 1988 (1988-05), pages 902-907, XP002151722 IEEE INC. NEW YORK., US ISSN: 0018-9480**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 139 484 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un déphaseur. Elle s'applique notamment pour une antenne à balayage électronique. L'invention s'applique aussi en particulier pour des antennes à balayage électroniques à faible coût, utilisées tant dans le domaine radar, tel que par exemple la gestion du trafic aérien des aéroports, que dans le domaine des télécommunications, par exemple civiles.

[0002] Des antennes passives à balayage électronique utilisent des déphaseurs pour assurer la mobilité de leur faisceau. Ces déphaseurs peuvent agir directement sur l'onde rayonnée constituant ce qu'il est connu d'appeler une lentille hyperfréquence. Ces déphaseurs peuvent encore agir au sein d'un dispositif de répartition d'énergie. L'amplification de l'onde à émettre est centralisée puis l'onde ainsi amplifiée est répartie vers les déphaseurs. Il existe des antennes à balayage électronique « un plan » et des antennes à balayage électronique « deux plans ». Une antenne « un plan » comporte un réseau linéaire de sources rayonnantes chacune en série avec un déphaseur. La direction du faisceau est alors commandée électroniquement selon un seul plan, comportant les sources rayonnantes et la direction de rayonnement. Pour pointer un faisceau dans une direction donnée θ, chaque déphaseur est commandé de façon à créer un plan d'onde perpendiculaire à la direction de rayonnement θ. Pour obtenir un balayage « deux plans », il est nécessaire d'étendre le réseau linéaire de sources rayonnantes selon une deuxième direction.

[0003] Les déphaseurs sont des composants élémentaires qui associent généralement des technologies hétérogènes pour réaliser les fonctions hyperfréquence et de commande. Les fonctions hyperfréquence sont notamment assurées par des guides d'onde ou des substrats céramiques. Les fonctions de commande sont notamment assurées par des circuits logiques et des circuits de puissance. Ces différentes fonctions sont dissociées et nécessitent des interconnexions. La commande d'un groupe de déphaseurs nécessite également des interconnexions. Il en résulte un coût élevé de réalisation de ces déphaseurs et donc des antennes à balayage électronique qui les comportent, et cela d'autant plus que le nombre de déphaseurs est important.

[0004] Un document US-A-4 568 893 décrit un déphaseur hyperfréquence utilisant un coupleur en guide d'onde couplé à des cellules de déphasage.

[0005] Un but de l'invention est notamment de permettre la réalisation d'une antenne à balayage électronique à faible coût. A cet effet, l'invention a pour objet un déphaseur hyperfréquence, comportant au moins un coupleur 3db en guide d'onde et une paire de cellules de déphasage, l'onde incidente E entrant dans une première entrée du coupleur pour se répartir en deux ondes E1, E2, ces deux ondes se réfléchissant chacune sur une de la paire de cellules élémentaire avec des phases identiques et se recomposant en une onde résultante déphasée sortant par la sortie du coupleur juxtaposée à la première entrée.

[0006] Pour obtenir un déphaseur plus compact et économique une cellule élémentaire de déphasage comporte un circuit de déphasage devant un plan conducteur ayant pour fonction de réfléchir l'onde incidente et disposé sensiblement parallèle au circuit de déphasage, le circuit de déphasage comportant au moins deux demi-déphaseurs, les ondes incidentes E1, E2 étant polarisées linéairement selon une première direction donnée Oy. Un demi-déphaseur comporte au moins un support diélectrique, au moins deux fils électriquement conducteurs sensiblement parallèles à la direction donnée Oy, disposés sur le support et portant au moins chacun un élément semi-conducteur à deux états D1, D2, chaque fil étant connecté à des conducteurs de commande des éléments semi-conducteurs, ces conducteurs étant sensiblement normaux aux fils, et deux zones conductrices disposées vers la périphérie de la cellule, sensiblement parallèlement aux conducteurs de commande. Les conducteurs de commande sont au moins au nombre de trois dans chaque demi-déphaseur et sont isolés électriquement d'un demi-déphaseur à l'autre pour commander l'état de tous les éléments semi-conducteurs indépendamment l'un de l'autre. Les caractéristiques géométriques et électriques des demi-déphaseurs étant telles qu'à chacun des états des éléments semi-conducteurs correspond une valeur de déphasage donnée ($d\varphi_1$, ...$d\varphi_8$) de l'onde électromagnétique qui est réfléchie par la cellule, l'état des éléments semi-conducteurs étant commandé par un circuit électronique.

[0007] Le support diélectrique peut avantageusement porter le circuit électronique de commande des semi-conducteurs et leurs interconnexions, ces semi-conducteurs étant par exemple des diodes.

[0008] L'invention a également pour objet une antenne hyperfréquence à balayage électronique comportant des déphaseurs tels que définis précédemment.

[0009] Avantageusement, les déphaseurs sont répartis en au moins un bloc, un bloc comportant un ensemble de paires de cellules de déphasage réalisées sur une même pièce et un ensemble de coupleurs formant une seule pièce. Cela permet notamment des tests collectifs des déphaseurs. En cas de défaillance d'un bloc de déphasage, ce dernier peut facilement être remplacé par un autre. Le test et la maintenance de l'antenne sont ainsi notamment simplifiés, et la fiabilité accrue.

[0010] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, par un synoptique, la structure d'une antenne à balayage électronique alimentée par un émetteur de

puissance centralisé ;
- les figures 2a et 2b, des exemples de réalisation de déphaseurs selon l'invention ;
- les figures 3a et 3b, la structure d'un circuit imprimé comportant des déphaseurs selon l'invention et leurs commandes associées ;
- la figure 4, un premier exemple de réalisation d'une cellule élémentaire d'un déphaseur selon l'invention ;
- la figure 5, un deuxième exemple de réalisation d'une cellule élémentaire d'un déphaseur selon l'invention ;
- la figure 6, un exemple de réalisation d'une antenne selon l'invention ;
- les figures 7 et 8, des exemples de réalisation de blocs de déphasage.

[0011] La figure 1 illustre par un synoptique une antenne à balayage électronique « un plan ». Cette antenne comporte un réseau linéaire de déphaseurs où l'onde hyperfréquence est amplifiée par un émetteur centralisé. Le réseau comporte des sources rayonnantes 1 associées chacune à un déphaseur 23. Chaque déphaseur 23 est par exemple alimenté par des moyens de répartition, c'est-à-dire qu'il reçoit l'onde hyperfréquence fournie par ces moyens de répartition 4 à partir de l'onde hyperfréquence 5 fournie par l'émetteur. A la réception, l'onde reçue est transmise vers les circuits de réception par les moyens de répartition 4. Chaque déphaseur est commandé de façon à créer un plan d'onde 6 perpendiculaire à la direction de rayonnement θ, cet angle définissant la direction de pointage du faisceau d'antenne dans le plan des sources rayonnantes 1.

[0012] Les figures 2a et 2b illustrent un mode de réalisation possible d'une antenne selon l'invention. Plus particulièrement, ces figures illustrent la réalisation de déphaseurs 23 selon l'invention. Dans ce mode de réalisation, le coût est réduit et la mise en oeuvre des déphaseurs, et plus généralement de l'antenne, est considérablement simplifiée. A cet effet, un support ou circuit imprimé multicouche 21 formant un dispositif de déphasage, représenté dans un plan Oxy, est par exemple associé à un dispositif de couplage 22 en guide d'onde. Cela permet notamment de réaliser et de tester les déphaseurs de façon collective, donc de réduire fortement le coût et de faciliter leur intégration dans l'antenne.

[0013] La figure 2b illustre une partie 23 de la figure 2a, cette partie représentant en fait un déphaseur élémentaire selon l'invention. La figure 2b illustre en particulier un coupleur 3db en guide d'onde 24 associé à une paire de cellules de déphasage 25, 26. Le déphaseur élémentaire 23 est donc réalisé en associant le coupleur 3dB 24 à une paire de cellules 25, 26 du dispositif de déphasage 21 fonctionnant en réflexion. En particulier l'onde incidente E, passant par une première entrée 27 du coupleur 24, se répartit en deux ondes incidentes E1, E2 vers les deux cellules de déphasage 25, 26. Ces deux cellules réfléchissent les ondes incidentes avec des déphasages identiques. Les ondes réfléchies entrent dans le coupleur pour se recomposer entre elles et l'onde résultante S déphasée par rapport à E se retrouve sur la sortie 28 du coupleur, juxtaposé à la première entrée 27. Le dispositif de déphasage, constitué des deux cellules 25, 26, est équivalent à deux courts-circuits variables commandés électriquement. Ce dispositif est réalisé par exemple sur le support 21 comportant des semi-conducteurs en regard du coupleur pour assurer le déphasage. Par ailleurs, les circuits de commande 29 de ces semi-conducteurs sont par exemple implantés sur ce même support, sur sa face opposée aux semi-conducteurs, le support multicouche assurant alors les interconnexions entre les circuits de commande et les semi-conducteurs. Ces derniers sont par exemple des diodes. L'onde hyperfréquence incidente E entrant dans le coupleur est par exemple issue du circuit de répartition 4.

[0014] La figure 2a présente un exemple de dispositif de déphasage 21 où les paires de cellules élémentaires 25, 26 sont réalisées sur une même pièce, par exemple du type circuit imprimé. Les coupleurs 24 associés à chacune de ces paires peuvent former une seule pièce 22 comme l'illustre cette même figure 2a. Cette pièce 22 est alors rapportée sur le dispositif de déphasage 21. Les guides constituant les coupleurs sont par exemple usinés dans une même pièce métallique. Toutefois, il est bien sûr possible de réaliser un déphaseur selon l'invention qui ne soit pas réalisé de façon collective, comme illustré par exemple par la figure 2b. La réalisation des coupleurs, individuelle ou collective, peut notamment faire appel aux techniques de moulage, d'injection ou encore de métallisation d'une pièce plastique qui peuvent permettre de réduire les coûts.

[0015] La figure 3a montre schématiquement une partie du dispositif de déphasage représenté dans le plan Oxy, par une vue de dessus, suivant F. Ce dispositif de déphasage comporte un alignement de paires de cellules de déphasages 25, 26 formant un réseau linéaire de paires de cellules de déphasage. Il est à noter que d'autres formes d'alignement sont réalisables, notamment sur un cercle pour former une antenne cylindrique, comme le montreront les figures 7 et 8 par la suite. En association avec un coupleur 3dB, une paire forme un déphaseur élémentaire 23 tel que décrit relativement à la figure 1. Les cellules de déphasage 25, 26 sont séparées par des zones 20, utilisées notamment pour le découplage hyperfréquence de ces cellules. Ces dernières réalisent la réflexion et le déphasage des ondes qu'elles reçoivent. Une cellule élémentaire 25, 26 comporte un circuit hyperfréquence déphaseur disposé devant un plan conducteur.

[0016] La figure 3b est une vue schématique en coupe, dans le plan Oxz d'un exemple de réalisation possible du dispositif de déphasage. Le dispositif de déphasage se compose d'un circuit hyperfréquence 31 réparti dans les cellules élémentaires 25, 26 et d'un plan conducteur 32, disposé sensiblement parallèlement au circuit hyperfréquence 31, à une distance d prédéfinie. Ce circuit hyperfréquence reçoit les ondes incidentes E1 et E2 issues du coupleur 24.

[0017] Le plan conducteur 32 a notamment pour fonction de réfléchir les ondes hyperfréquences. Il peut être constitué par tout moyen connu, par exemple des fils parallèles ou un grillage, suffisamment serrés, ou un plan continu. Le circuit hyperfréquence 31 et le plan conducteur 32 sont de préférence réalisés sur deux faces d'un support diélectrique 33, par exemple du type circuit imprimé. L'ensemble 21 comporte encore, de préférence sur le même circuit imprimé 33, qui est alors un circuit multicouche, le circuit électronique nécessaire à la commande des valeurs de phase. Sur la figure 3b, on a représenté un circuit multicouche dont la face avant 34 porte le circuit hyperfréquence 31, la face arrière 35 porte des composants 36 du circuit électronique de commande précité, et les couches intermédiaires forment le plan conducteur 32 et par exemple deux plans 37 d'interconnexions des composants 36 au circuit hyperfréquence 31.

[0018] La figure 4 illustre un circuit de déphasage élémentaire 10 compris dans le circuit hyperfréquence 31. Chaque circuit de déphasage est séparé d'un autre par une zone de découplage 20 comportant par exemple une bande conductrice 48 parallèle à la direction Oy et une bande conductrice 49 parallèle à la direction Ox. Il comporte donc par exemple à sa périphérie deux bandes conductrices 48 dans la direction Oy et deux bandes conductrices dans la direction Ox. Chaque circuit de déphasage, associé avec la partie correspondante du plan conducteur 32 forme une cellule de déphasage 25, 26.

[0019] Un circuit de déphasage 10 comporte plusieurs fils conducteurs 42 sensiblement parallèles à la direction Oy et portant chacun un élément semi-conducteur D1, D2 à deux états, par exemple une diode. Le circuit de déphasage comporte par ailleurs des zones conductrices reliant les diodes à des potentiels de référence et des circuits de commande. Plus particulièrement, un circuit de déphasage est constitué de deux circuits 50 appelés par la suite demi-déphaseur. On décrit donc dans un premier temps un demi-déphaseur.

[0020] Un demi-déphaseur 50 comporte un support diélectrique 33, deux fils 42 portant chacun une diode D1, D2. Les deux fils sont reliés au potentiel de masse, ou à tout autre potentiel de référence, par l'intermédiaire d'une ligne conductrice 43. Cette ligne 43 est par exemple du type microruban réalisée par dépôt métallique sur la face avant du support diélectrique 33, par exemple par une technique de sérigraphie. Les diodes D1 et D2 sont ainsi câblées en opposition de sorte que par exemple leurs anodes soient reliées au potentiel de masse par cette ligne 43. A cet effet, cette dernière est par exemple reliée à une bande conductrice 48 des moyens de découplage 20. La tension d'alimentation des diodes D1 et D2 est amenée par des conducteurs de commande 44. L'anode des diodes étant reliée au potentiel de masse, les conducteurs de commande sont alors reliés à la cathode des diodes. La tension d'alimentation amenée par ces conducteurs est par exemple de l'ordre de -15 volts. Les conducteurs de commande sont commandés de façon à présenter au moins deux états de tension. Dans un premier état, leur tension est par exemple à la tension d'alimentation, ce qui rend la diode passante, ou en d'autres termes polarisée en direct. Dans un deuxième état, leur tension est telle que la diode est bloquée, ou en d'autres termes polarisée en inverse. Les commandes des deux conducteurs de commande 44, 45 sont indépendantes l'une de l'autre de façon à assurer la commandes des diodes indépendamment l'une de l'autre. Les conducteurs de commande 44, 45 et le conducteur relié de masse 43 sont sensiblement parallèles à la direction Ox et donc perpendiculaires aux fils 42. Sur la figure 4 le conducteur de masse 43 est commun aux deux fils notamment pour des gains d'encombrement et de matière, on pourrait cependant prévoir un conducteur spécifique pour chaque fil. On pourrait par ailleurs prévoir de relier non pas directement ces conducteurs directement à un potentiel de référence mais par l'intermédiaire d'un circuit de commande.

[0021] Les conducteurs de commande 44, 45 sont reliés au circuit électronique de commande porté par le réflecteur, par l'intermédiaire de trous métallisés 46 réalisés par exemple au niveau de la zone de découplage 20, notamment pour des raisons d'encombrement, mais aussi pour ne pas perturber le fonctionnement des cellules élémentaires. Les trous métallisés 46 sont bien sûr isolés électriquement des bandes conductrices de la zone de découplage. A cet effet, il est prévu une interruption de la bande 20 autour des extrémités des conducteurs de commande directement reliées aux trous métallisés 46.

[0022] Un demi-déphaseur 50 peut présenter quatre valeurs différentes pour sa susceptance B_D, ces valeurs étant notées B_{D1}, B_{D2}, B_{D3} et B_{D4}, selon la commande (polarisation directe ou inverse) appliquée à chacune des diodes D1, D2. Les valeurs des susceptances B_{D1}, B_{D2}, B_{D3} et B_{D4} sont fonction des paramètres du circuit, c'est-à-dire des valeurs choisies pour les paramètres géométriques, notamment en ce qui concerne les dimensions, formes et espacements des différentes surfaces conductrices 43, 44, 45, et électriques du déphaseur, notamment en ce qui concerne les caractéristiques électriques des diodes. En particulier, il est nécessaire de tenir compte de la contrainte de définition de la bande conductrice de la zone de découplage 20 évoquée précédemment lors de la détermination des différents paramètres pour la fixation des déphasages $d\varphi_1$ - $d\varphi_4$.

[0023] Si, maintenant, on étudie le comportement de l'ensemble du demi-déphaseur 50 en association avec le plan conducteur 32, on doit tenir compte de la susceptance due à ce plan 32, ramenée dans le plan du demi-déphaseur et notée B_{CC}, qui s'écrit :

$$B_{cc} = -\cot g \frac{2\pi d}{\lambda} \quad (1)$$

où λ est la longueur d'onde correspondant à la pulsation ω précédente.

[0024] La susceptance B_C de la cellule est alors donnée par :

$$B_C = B_D + B_{CC} \quad (2)$$

[0025] Il suit que la susceptance B_C peut prendre quatre valeurs distinctes (notées B_{C1}, B_{C2}, B_{C3}, et B_{C4}) correspondant respectivement aux quatre valeurs de B_D, la distance d représentant un paramètre supplémentaire pour la détermination des valeurs B_{C1} - B_{C4}.

[0026] On sait par ailleurs que le déphasage $d\varphi$ imprimé par une admittance Y à une onde hyperfréquence est de la forme :

$$d\varphi = 2 \text{ arctg } Y \quad (3)$$

[0027] Il apparaît ainsi que, en négligeant la partie réelle de l'admittance d'une cellule, on a :

$$d\varphi \cong 2 \text{ arctg } B_C \quad (4)$$

et qu'on obtient quatre valeurs possibles $d\varphi_1$ - $d\varphi_4$ de déphasage par demi-déphaseur 50, selon la commande appliquée à chacune des diodes D_1 et D_2. Les différents paramètres sont choisis pour que les quatre valeurs $d\varphi_1$ - $d\varphi_4$ soient équiréparties, par exemple mais non obligatoirement : 0°, 90°, 180°, 270°. Ces quatre états correspondent à une commande numérique codée sur deux bits.

[0028] Il est à noter qu'on a décrit ci-dessus le cas dans lequel on choisit les paramètres du circuit pour que les susceptances nulles (ou sensiblement nulles) soient telles qu'elles correspondent aux diodes polarisées dans le sens direct, mais qu'on peut bien entendu choisir un fonctionnement symétrique ; plus généralement, il n'est pas nécessaire que l'une des susceptances B_d ou B_r soit nulle, ces valeurs étant déterminées pour que la condition d'équirépartition des déphasages $d\varphi_1$-$d\varphi_4$ soit remplie.

[0029] Pour montrer comment une cellule élémentaire 25, 26 permet huit déphasages possibles, c'est-à-dire une commande des déphasages sur trois bits, on considère maintenant l'ensemble de deux demi-déphaseurs 50. En faisant fonctionner les deux demi-déphaseurs 50 indépendamment l'un de l'autre, on peut obtenir deux fois plus d'états, c'est-à-dire de déphasages, que dans le cas d'un seul demi-déphaseur. Il faut néanmoins pour cela prévoir une isolation électrique entre les deux demi-déphaseurs. Ces deux derniers étant par exemple juxtaposés, les conducteurs de commande 44, 45 sont isolés par exemple par une ligne 47 de diélectrique, correspondant en fait à une ligne de coupure dans la métallisation des conducteurs 44, 45. Cette première isolation permet en fait une isolation des commandes électriques des diodes.

[0030] Aux quatre valeurs de susceptances B_{D1}, B_{D2}, B_{D3}, B_{D4} obtenue par l'influence d'un demi-déphaseur, on obtient donc quatre nouvelles valeurs B'_{D1}, B'_{D2}, B'_{D3}, B'_{D4} obtenues par l'influence du deuxième déphaseur.

[0031] Les paramètres géométriques et électriques du déphaseur sont par exemple définis pour obtenir huit déphasages équirépartis entre 0° et 360°.

[0032] En fonction des déphasages souhaités, on définit des valeurs de susceptance B_C et donc des valeurs de susceptance B_D selon les relations (1) et (2), la distance d étant connue. Les paramètres géométriques et électriques du déphaseur peuvent ensuite être obtenus par des moyens de simulation classique.

[0033] Un circuit de déphasage tel qu'illustré par la figure 4 est simple à mettre en oeuvre, il permet en effet d'obtenir huit déphasages en jouant simplement sur des paramètres géométriques de conducteurs et sur le choix de diodes. Le dispositif de déphasage 21 qui comporte un réseau de paires de cellules de déphasages peut donc être obtenu de façon économique. Le circuit imprimé supportant les circuits hyperfréquence et les circuits électroniques de commande est par ailleurs peu épais.

[0034] Comme il a été indiqué précédemment, le dispositif de déphasage comporte des moyens de découplage 20 entre les cellules 25, 26. L'onde hyperfréquence E reçue par les cellules est polarisée linéairement, parallèlement à la direction Oy. Il est souhaitable que cette onde ne se propage pas d'une cellule à l'autre, dans la direction Ox. Pour éviter une telle propagation les moyens de découplage comportent au moins la zone conductrice 48. On prévoit donc de disposer cette zone conductrice 48 sensiblement en forme de bande, réalisée par dépôt métallique sur la surface 34 par exemple, entre les cellules, parallèlement à la direction Oy. Cette bande 48 forme, avec le plan réflecteur 32 qui est en dessous, un espace du type guide d'onde dont la largeur est la distance d. On choisit la distance d pour qu'elle soit inférieure à $\lambda/2$, λ étant la longueur de l'onde hyperfréquence, sachant qu'une onde dont la polarisation est parallèle aux bandes ne peut pas se propager dans un tel espace. En pratique, le réflecteur selon l'invention fonctionne dans une certaine bande de fréquences et on choisit d pour qu'elle soit inférieure à la moitié de la plus petite des longueurs d'onde de la bande. Bien entendu, il est nécessaire de tenir compte de cette contrainte lors de la détermination des différents paramètres pour la fixation des déphasages $d\varphi_1$, ... $d\varphi_8$. En outre, la bande 48 doit avoir une largeur, selon la direction Ox, suffisante pour que l'effet décrit précédemment soit sensible. En pratique, la largeur peut être de l'ordre de $\lambda/5$.

[0035] Par ailleurs, il peut être créé de façon parasite dans une cellule, une onde dont la polarisation serait dirigée selon la direction Oz, perpendiculaire au plan formé par les directions Ox et Oy contenant un circuit de déphasage. Il est également souhaitable d'éviter sa propagation vers les cellules voisines.

[0036] Pour ce qui est des cellules voisines dans la direction Ox, on peut utiliser comme représenté sur la figure 4 les trous métallisés 46 de connexion des conducteurs de commande aux circuits électroniques. En effet, ceux-ci étant parallèles à la polarisation de l'onde parasite, ils sont équivalents à un plan conducteur formant blindage s'ils sont suffisamment rapprochés (à une distance l'un de l'autre très inférieure à la longueur d'onde de fonctionnement du réflecteur), donc nombreux, pour les longueurs d'onde de fonctionnement du réflecteur. Si cette condition n'est pas remplie, on peut former des trous métallisés supplémentaires, n'ayant pas de fonction de connexion. Il est à noter que les trous métallisés de connexion 46 sont de préférence réalisés au niveau des bandes 48 afin de ne pas perturber le fonctionnement des cellules. Cette disposition apporte par ailleurs un gain d'encombrement.

[0037] Enfin, pour ce qui est de deux cellules voisines dans la direction Oy, on peut utiliser des trous métallisés 40 analogues aux trous de connexion 46 mais alignés selon la direction Ox débouchant dans la bande conductrice 49. Ces trous métallisés 40 comme les trous métallisés de connexion 46 sont réalisés selon une direction Oz sensiblement perpendiculaire au plan Oxy. On peut encore prévoir par exemple une surface conductrice continue dans le plan xOz.

[0038] La figure 5 illustre un déphaseur selon l'invention permettant de commander les déphasages sur 4 bits, donc sur un bit supplémentaire par rapport au circuit illustré par la figure 4. Le circuit de déphasage comporte toujours deux demi-déphaseurs 50 réalisés comme décrit précédemment. Cependant, les deux demi-déphaseurs ne sont plus séparés par une ligne 47 isolant les commandes des diodes, mais par deux zones conductrices 71, 72 reliée par une diode D3, ou tous autres semi-conducteurs à deux états. Ces deux zones 71, 72 sont par exemple réalisées par dépôt métallique sur la face avant 34 du diélectrique. Ces zones forment des conducteurs de commande de la diode D3. A cet effet, une zone conductrice 71 est par exemple reliée aux circuits électroniques de commande par un trou métallisé 46. Selon l'état de la commande électronique, cette zone 71 se trouve à un potentiel d'alimentation, par exemple -15 volts ou à un autre potentiel, par exemple le potentiel de masse. L'autre zone conductrice 72 est par exemple reliée au potentiel de masse. A cet effet, elle est par exemple reliée à la bande conductrice 48 parallèle à la direction Oy des moyens de découplage 20.

[0039] Lorsque la zone conductrice 71 est commandée pour être au potentiel de masse, ou plus généralement pour rendre la diode D3 bloquée, c'est-à-dire en polarisation inverse, le circuit de déphasage est analogue à celui de la figure 4, il présente dans cet état huit déphasages possibles. Il est bien sûr nécessaire de redéfinir ses paramètres géométriques et électriques en raison de l'introduction des zones supplémentaires 71, 72. Lorsque la zone conductrice 71 présente un potentiel qui rend la diode D3 passante, c'est-à-dire en polarisation directe, les paramètres électriques du circuit de déphasage se trouvent modifiés par rapport à l'état précédent. En particulier, la capacité formée de l'espace entre les deux zones conductrices 71, 72 devient court-circuitée par les diodes D3. Les huit susceptances possibles de l'état précédent, commandées sur trois bits, sont alors modifiées par la mise en conduction de la diode D3. Les huit nouvelles susceptances ainsi obtenues permettent d'obtenir huit déphasages supplémentaires. Au total seize déphasages sont donc possibles. Les caractéristiques géométriques et électriques des deux demi-déphaseurs 50 mais aussi des zones conductrices supplémentaires 71, 72 et de leur diode D3 doivent être définis de façon à obtenir les seize déphasages souhaités pour chacun des états des diodes.

[0040] Les figures 4 et 5 présentent des exemples de réalisation possible du dispositif de déphasage 21, et plus particulièrement des cellules de déphasage 25, 26. D'autres exemples de réalisation sur support multicouche sont envisageables. D'une façon générale, les cellules de déphasage 25, 26 d'une même paire, associée à un coupleur 24, produisent le même déphasage. Elles peuvent donc par exemple être commandée par un même circuit.

[0041] La figure 6 illustre un exemple de réalisation d'une antenne selon l'invention comportant des déphaseurs tels que décrits précédemment. L'antenne comporte un réseau linéaire de déphaseurs assurant par exemple un balayage

électronique en azimut, dans le cadre par exemple d'une application de surveillance de trafic aérien. Cette antenne comporte des moyens 4 de répartition d'énergie, et plus particulièrement de l'onde hyperfréquence fournie par un émetteur de puissance. Elle comporte des éléments rayonnant 1. Enfin elle comporte un bloc de déphasage 81 composé lui-même de déphaseurs selon l'invention. Ce bloc de déphasage est par exemple celui illustré par la figure 2a. Dans ce cas, les paires de cellules de déphasage 25, 26 sont réalisées sur un même support diélectrique. Le support diélectrique 33 est alors commun à toutes les cellules. Le bloc de déphasage comporte donc un ensemble de coupleurs 22 placé sur un dispositif de déphasage 21 tel qu'illustré par les figures 3a, 3b à 5. Plus particulièrement, le bloc de déphasage 81 est par exemple constitués de plusieurs ensembles conformes à la figure 2a disposés bout à bout. Un ensemble 21, 22 comporte plusieurs déphaseurs, par exemple 16 comme l'illustre cette figure 2a. A titre d'exemple, un bloc de déphasage comportant 5 ensembles 21, 22 possède alors 80 déphaseurs. Les liaisons hyperfréquence sont telles que les sorties des moyens de répartition 4 soient reliées aux entrées 27 des coupleurs 24, qui forment aussi les entrées des déphaseurs. De même, les sorties de ces derniers, qui sont les sorties 28 des coupleurs sont reliées aux éléments rayonnant. Des guides d'onde 82, 83 conduisent l'onde hyperfréquence depuis l'émetteur jusqu'au circuit de répartition 4, et conduisent de même l'onde reçue jusqu'aux circuits de réception. Un premier guide 82 correspond par exemple à la voie somme du diagramme d'antenne et un deuxième guide 83 correspond par exemple à la voie différence, permettant ainsi des mesures d'écartométrie.

[0042] Dans l'exemple de réalisation de la figure 6, les sources rayonnantes sont disposées linéairement, c'est-à-dire de façon rectiligne. Il est possible de prévoir des exemples de réalisation où les sources rayonnantes, et aussi les déphaseurs ne sont pas alignés de façon rectiligne. D'autres exemples de réalisation sont proposés aux figures 7 et 8.

[0043] La figure 7 présente, par une vue partielle en perspective, un exemple de réalisation où le bloc de déphasage 81 est cylindrique. Il est alors notamment composé de déphaseurs élémentaires disposés côte à côte sur une surface cylindrique, en particulier le dispositif de déphasage 21 a dans ce cas une forme cylindrique. La figure 8 présente, par une vue partielle, un exemple de réalisation où le bloc de déphasage 81 est en forme d'anneau. Les déphaseurs élémentaires sont alors disposés en anneau, le dispositif de déphasage ayant par exemple dans ce cas une forme d'anneau. Il sont sur cette figure vus de dessus, c'est-à-dire par exemple du côté de l'entrée de l'onde hyperfréquence.

[0044] L'émetteur qui alimente les circuits de répartition 4 peut être à tube ou à état solide. Le choix technologique peut dépendre notamment des puissances mises en jeu.

[0045] Une antenne selon l'invention, réalisée par exemple selon la figure 6, est économique et très compacte. Elle est notamment économique en raison de la simplification considérable des connexions et de la réduction du nombre d'opérations de construction et d'assemblage. Elle est aussi économique en raison de la simplification de test, de mise au point et de maintenance. En particulier, les déphaseurs être testés collectivement, d'où un gain de temps. En cas de problème, le remplacement d'un déphaseur par un autre est très facile. En particulier, si un déphaseur d'un ensemble 21, 22 est défaillant, il est très aisé de remplacé l'ensemble comportant ce déphaseur défaillant par un autre ensemble de déphaseurs. La maintenance de l'antenne est ainsi simplifiée.

[0046] L'invention est particulièrement bien adaptée pour une antenne à balayage électronique « un plan ». Elle peut néanmoins être appliquée pour une antenne à balayage électronique « deux plans ». En particulier dans ce dernier cas, le support du dispositif de déphasage 21 contient par exemple plusieurs rangées de paires de cellules de déphasages 25, 26 au lieu d'une seule, pour obtenir notamment un réseau plan de déphaseurs. D'autres moyens d'alimentation des coupleurs 24 sont possibles. En particulier l'alimentation peut être du type dit « Rattle Snake » où les déphaseurs élémentaires 23 sont disposés sur une ligne serpentée. Dans ce type d'alimentation, le champ électrique est perpendiculaire au champ par alimentation par guide, c'est-à-dire parallèle à la direction Ox de la figure 4 au lieu la direction Oy. Il est alors nécessaire de faire une rotation de 90° des déphaseurs pour que l'orientation des fils 42 portant les diodes soient dans la direction du champ électrique. L'alimentation des coupleurs 24 peut aussi se faire par des sources actives, les deux directions de champ étant possibles. Dans ce cas, l'antenne comporte des sources hyperfréquence actives, une source élémentaire active est par exemple associée à chaque coupleur 24.

[0047] Si une économie et une compacité moindres sont suffisantes, le dispositif de déphasage 21 du type circuit imprimé peut être remplacé par des circuits à ferrite ou tout autre type de circuit de déphasage.

Revendications

1. Déphaseur hyperfréquence, comportant au moins un coupleur 3db en guide d'onde (24) et une paire de cellules de déphasage (25, 26), l'onde incidente (E) entrant dans une première entrée (27) du coupleur pour se répartir en deux ondes (E1, E2), ces deux ondes se réfléchissant chacune sur une de la paire de cellules de déphasage (25, 26) avec des phases identiques et se recomposant en une onde résultante (S) déphasée sortant par la sortie (28) du coupleur juxtaposée à la première entrée (27), une onde incidente (E1, E2) étant polarisée linéairement selon une première direction donnée (Oy), une cellule de déphasage (25, 26) comporte un circuit de déphasage (10) devant plan conducteur (32) ayant pour fonction de réfléchir l'onde incidente (E1, E2) et disposé sensiblement

parallèle au circuit de déphasage, le circuit de déphasage (10) comportant au moins deux demi-déphaseurs (50), un demi-déphaseur (50) comportant au moins un support diélectrique (33), au moins deux fils électriquement conducteurs (42) sensiblement parallèles à la direction donnée (Oy), disposés sur le support et comportant au moins chacun un élément semi-conducteur à deux états (D1, D2), chaque fil étant connecté à des conducteurs de commande (43, 44, 45) des éléments semi-conducteurs, ces conducteurs étant sensiblement normaux aux fils, et deux zones conductrices (49) disposées vers la périphérie de la cellule, sensiblement parallèlement aux conducteurs de commande,
les conducteurs de commande étant au moins au nombre de trois dans chaque demi-déphaseur et étant isolés électriquement d'un demi-déphaseur à l'autre pour commander l'état de tous les éléments semi-conducteurs indépendamment l'un de l'autre,
les caractéristiques géométriques et électriques des demi-déphaseurs étant telles qu'à chacun des états des éléments semi-conducteurs correspond une valeur de déphasage donnée ($d\varphi_1$, ...$d\varphi_8$) de l'onde électromagnétique qui est réfléchie par la cellule, l'état des éléments semi-conducteurs étant commandé par un circuit électronique (36).

2. Déphaseur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les deux demi-déphaseurs (50) sont séparés par deux zones conductrices (71, 72) reliées par un élément semi-conducteur à deux états (D3), au moins une des zones (71) étant reliée au circuit de commande électronique (36) pour commander l'état du semi-conducteur, les caractéristiques géométriques et électriques des demi-déphaseurs et des zones conductrices (71, 72) et de leurs éléments semi-conducteurs étant telles qu'à chacun des états des éléments semi-conducteurs correspond une valeur de déphasage donnée ($d\varphi_1$, ...$d\varphi_{16}$) de l'onde électromagnétique qui est réfléchie par la cellule.

3. Déphaseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une bande conductrice (48) est disposée entre chaque cellule, parallèlement à la direction donnée (Oy), qui forme avec le plan conducteur un espace guidé où l'onde ne peut pas se propager.

4. Déphaseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support diélectrique (33) est du type circuit imprimé multicouche dont une première face (34) porte le circuit hyperfréquence, une première couche intermédiaire porte le plan conducteur (32) et la deuxième face (35) porte des composants du circuit de commande.

5. Déphaseur selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le support diélectrique (33) comporte en outre au moins une deuxième couche intermédiaire (37) portant des interconnexions du circuit de commande.

6. Déphaseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comporte des trous métallisés (40, 46) réalisés dans le support diélectrique (33), dans la direction (Oz) perpendiculaire au plan (Oxy) du circuit de déphasage, à une distance l'un de l'autre très inférieure à la longueur d'onde électromagnétique, certains au moins de ces trous métallisés assurant la liaison entre le circuit de commande et les conducteurs de commande.

7. Déphaseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments semi-conducteurs sont des diodes.

8. Antenne hyperfréquence à balayage électronique, **caractérisée en ce qu'**elle comporte au moins des éléments rayonnants (1), des déphaseurs (23) selon l'une quelconque des revendications précédentes et des moyens (4, 5) d'alimentation de ces déphaseurs, les entrées des coupleurs (24) formant les entrées des déphaseurs étant reliées aux moyens d'alimentation (4), les sorties des coupleurs étant reliées aux éléments rayonnants.

9. Antenne selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** les déphaseurs sont répartis en au moins un bloc (81), un bloc comportant un ensemble (21) de paires de cellules de déphasage (25, 26) réalisées sur une même pièce et un ensemble (22) de coupleurs (24) formant une seule pièce.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, **caractérisée en ce que** les déphaseurs (23) sont répartis sur un cylindre.

11. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, **caractérisée en ce que** les déphaseurs (23) sont répartis sur un anneau.

12. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, **caractérisée en ce qu'**elle comporte un réseau plan

de déphaseurs (23).

13. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, **caractérisée en ce que** les moyens d'alimentation des déphaseurs (23) comportent des moyens de répartition (4) d'une onde hyperfréquence (5) fournie par un émetteur centralisé.

14. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, **caractérisée en ce qu'**elle comporte des sources hyperfréquence actives alimentant les déphaseurs (23).

Claims

1. A microwave phase shifter, comprising at least one 3db coupler in waveguide form (24) and a pair of phase-shifting cells (25, 26), the incident wave (E) entering into a first input (27) of the coupler in order to be divided into two waves (E1, E2), these two waves each being reflected on one of the pair of phase-shifting cells (25, 26) with identical phases and being recomposed into a resultant phase-shifted wave (S) exiting via the output (28) of the coupler juxtaposed with the first input (27), an incident wave (E1, E2) being linearly polarised in a first given direction (Oy), a phase-shifting cell (25, 26) comprises a phase-shifting circuit (10) before a conducting plane (32) having the function of reflecting the incident wave (E1, E2) and arranged substantially parallel to the phase-shifting circuit, the phase-shifting circuit (10) comprising at least two half phase shifters (50),
one half phase shifter (50) comprising at least one dielectric substrate (33), at least two electrically conductive wires (42) substantially parallel to the given direction (Oy), arranged on the substrate and each one comprising at least a two-state semiconductor element (D1, D2), each wire being connected to control conductors (43, 44, 45) for the semiconductor elements, these conductors being substantially normal to the wires, and two conductive zones (49) arranged towards the periphery of the cell, substantially in parallel to the control conductors,
the control conductors being at least three in number in each half phase shifter and being isolated electrically from one half phase shifter to the other in order to control the state of all the semiconductor elements independently of one another,
the geometric and electrical characteristics of the half phase shifters being such that a given phase-shift value ($d\varphi_1$, ... $d\varphi_8$) of the electromagnetic wave which is reflected by the cell corresponds to each of the states of the semiconductor elements, the state of the semiconductor elements being controlled by an electronic circuit (36).

2. A phase shifter according to Claim 1, **characterised in that** the two half phase shifters (50) are separated by two conductive zones (71, 72) connected by a two-state semiconductor element (D3), at least one of the zones (71) being connected to the electronic control circuit (36) for controlling the state of the semiconductor, the geometric and electrical characteristics of the half phase shifters and of the conductive zones (71, 72) and of their semiconductor elements being such that a given phase-shift value ($d\varphi_1$, ... $d\varphi_{16}$) of the electromagnetic wave which is reflected by the cell corresponds to each of the states of the semiconductor elements.

3. A phase shifter according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a conductive strip (48) is arranged between each cell, parallel to the given direction (Oy), which forms with the conducting plane a guided space where the wave cannot be propagated.

4. A phase shifter according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the dielectric substrate (33) is of the multilayer printed board type, a first face (34) of which bears the microwave circuit, a first intermediate layer of which bears the conducting plane (32) and the second face (35) of which bears components of the control circuit.

5. A phase shifter according to Claim 4, **characterised in that** the dielectric substrate (33) furthermore comprises at least a second intermediate layer (37) bearing interconnections of the control circuit.

6. A phase shifter according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises metal-coated holes (40, 46) made in the dielectric substrate (33), in the direction (Oz) perpendicular to the plane (Oxy) of the phase-shifting circuit, at a distance one from the other which is very much less than the electromagnetic wavelength, some at least of these metal-coated holes providing a link between the control circuit and the control conductors.

7. A phase shifter according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the semiconductor elements are diodes.

8. A phased-array microwave antenna, **characterised in that** it comprises at least radiating elements (1), phase shifters (23) according to any one of the preceding claims and means (4, 5) for supplying these phase shifters, the inputs of the couplers (24) which form the inputs of the phase shifters being connected to the supply means (4), the outputs of the couplers being connected to the radiating elements.

9. An antenna according to Claim 8, **characterised in that** the phase shifters are distributed in at least one block (81), a block comprising a set (21) of pairs of phase-shifting cells (25, 26) which are produced on one and the same piece and a set (22) of couplers (24) forming a single piece.

10. An antenna according to any one of Claims 8 or 9, **characterised in that** the phase shifters (23) are distributed on a cylinder.

11. An antenna according to any one of Claims 8 or 9, **characterised in that** the phase shifters (23) are distributed on a ring.

12. An antenna according to any one of Claims 8 or 9, **characterised in that** it comprises a planar array of phase shifters (23).

13. An antenna according to any one of Claims 8 to 12, **characterised in that** the supply means for the phase shifters (23) comprise means (4) for distribution of a microwave (5) provided by a centralised transmitter.

14. An antenna according to any one of Claims 8 to 12, **characterised in that** it comprises active microwave sources supplying the phase shifters (23).

Patentansprüche

1. Höchstfrequenz-Phasenschieber, der wenigstens einen 3db-Wellenleiterkoppler (24) und ein Paar Phasenverschiebungszellen (25, 26) umfasst, wobei die einfallende Welle (E) in einen ersten Eingang (27) des Kopplers eintritt und dort in zwei Wellen (E1, E2) aufgeteilt wird, wobei diese beiden Wellen jeweils auf einer Zelle des Phasenverschiebungszellenpaares (25, 26) mit identischen Phasen reflektiert und wieder zu einer resultierenden phasenverschobenen Welle (S) zusammengesetzt wird, die am Ausgang (28) des Kopplers neben dem ersten Eingang (27) ausgegeben wird, wobei eine einfallende Welle (E1, E2) linear in einer ersten gegebenen Richtung (Oy) polarisiert ist, eine Phasenverschiebungszelle (25, 26) eine Phasenverschiebungsschaltung (10) vor einer Leiterebene (32) umfasst, deren Funktion es ist, die einfallende Welle (E1, E2) zu reflektieren, und die im Wesentlichen parallel zu der Phasenverschiebungsschaltung angeordnet ist, wobei die Phasenverschiebungsschaltung (10) wenigstens zwei Halb-Phasenschieber (50) umfasst,
einen Halb-Phasenschieber (50), der Folgendes umfasst: wenigstens einen dielektrischen Träger (33), wenigstens zwei elektrische Leitungsdrähte (42) im Wesentlichen parallel zu der gegebenen Richtung (Oy), die auf dem Träger angeordnet sind und jeweils wenigstens ein Halbleiterelement mit zwei Zuständen (D1, D2) umfasst, wobei jeder Draht mit den Steuerleitungen (43, 44, 45) von Halbleiterelementen verbunden ist, wobei diese Leiter im Wesentlichen normal zu den Drähten verlaufen, und zwei Leitungszonen (49), die an der Peripherie der Zelle angeordnet sind, im Wesentlichen parallel zu den Steuerleitungen,
wobei in jedem Halb-Phasenschieber wenigstens drei Steuerleitungen vorhanden sind, die elektrisch von einem Halb-Phasenschieber zum anderen elektrisch isoliert sind, um den Zustand aller Halbleiterelemente unabhängig voneinander zu steuern,
wobei die geometrischen und elektrischen Charakteristiken der Halb-Phasenschieber derart sind, dass jedem Zustand der Halbleiterelemente ein gegebener Phasenverschiebungswert ($d\varphi_1$, ... $d\varphi_8$) der elektromagnetischen Welle entspricht, die von der Zelle reflektiert wird, wobei der Zustand der Halbleiterelemente durch eine elektronische Schaltung (36) gesteuert wird.

2. Phasenschieber nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Halb-Phasenschieber (50) durch zwei Leitungszonen (71, 72) getrennt sind, die durch ein Halbleiterelement mit zwei Zuständen (D3) verbunden sind, wobei wenigstens eine der Zonen (71) mit der elektronischen Steuerschaltung (36) verbunden sind, um den Zustand des Halbleiters zu steuern, wobei die geometrischen und elektrischen Charakteristiken der Halb-Phasenschieber und der Leitungszonen (71, 72) und deren Halberleiterelemente derart sind, dass jedem der Zustände der Halbleiterelemente ein gegebener Phasenverschiebungswert ($d\varphi_1$, ... $d\varphi_{16}$) der elektromagnetischen Welle entspricht, der von der Zelle reflektiert wird.

3. Phasenschieber nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Leitungsband (48) jeweils zwischen einzelnen Zellen parallel zu der gegebenen Richtung (Oy) angeordnet ist, das mit der Leiterebene einen geführten Raum bildet, in dem die Welle sich nicht ausbreiten kann.

4. Phasenschieber nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dielektrische Träger (33) vom gedruckten Mehrlagenschaltungstyp ist, dessen erste Fläche (34) die Höchstfrequenzschaltung trägt, eine erste Zwischenlage die Leiterebene (32) trägt und die zweite Fläche (35) Komponenten der Steuerschaltung trägt.

5. Phasenschieber nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dielektrische Träger (33) darüber hinaus wenigstens eine zweite Zwischenlage (37) umfasst, die Verbindungen der Steuerschaltung trägt.

6. Phasenschieber nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er metallisierte Löcher (40, 46) umfasst, die in dem dielektrischen Träger (33) in der Richtung (Oz) lotrecht zur Ebene (Oxy) der Phasenverschiebungsschaltung in einem Abstand voneinander ausgebildet sind, der wesentlich kleiner ist als die Länge der elektromagnetischen Welle, wobei wenigstens bestimmte dieser metallisierten Löcher die Verbindung zwischen der Steuerschaltung und den Steuerleitungen gewährleistet.

7. Phasenschieber nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbleiterelemente Dioden sind.

8. Höchstfrequenzantenne mit elektronischer Abtastung, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens Strahlungselemente (1), Phasenschieber (23) nach einem der vorherigen Ansprüche und Mittel (4, 5) zum Versorgen dieser Phasenschieber umfasst, wobei die Eingänge der Koppler (24), die die Eingänge der Phasenschieber bilden, mit Versorgungsmitteln (4) verbunden sind, wobei die Ausgänge der Koppler mit den Strahlungselementen verbunden sind.

9. Antenne nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasenschieber in wenigstens einem Block (81) verteilt sind, wobei ein Block einen Satz (21) von Phasenschieberzellenpaaren (25, 26) umfasst, die auf demselben Teil ausgeführt sind, und wobei ein Satz (22) von Kopplern (24) ein einziges Teil bildet.

10. Antenne nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasenschieber (23) auf einem Zylinder verteilt sind.

11. Antenne nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasenschieber (23) auf einem Ring verteilt sind.

12. Antenne nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein planares Phasenschiebernetzwerk (23) umfasst.

13. Antenne nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Versorgungsmittel der Phasenschieber (23) Mittel zum Verteilen (4) einer Höchstfrequenzwelle (5) umfasst, die von einem zentralisierten Emitter geliefert wird.

14. Antenne nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aktive Höchstfrequenzquellen umfasst, die die Phasenschieber (23) versorgen.

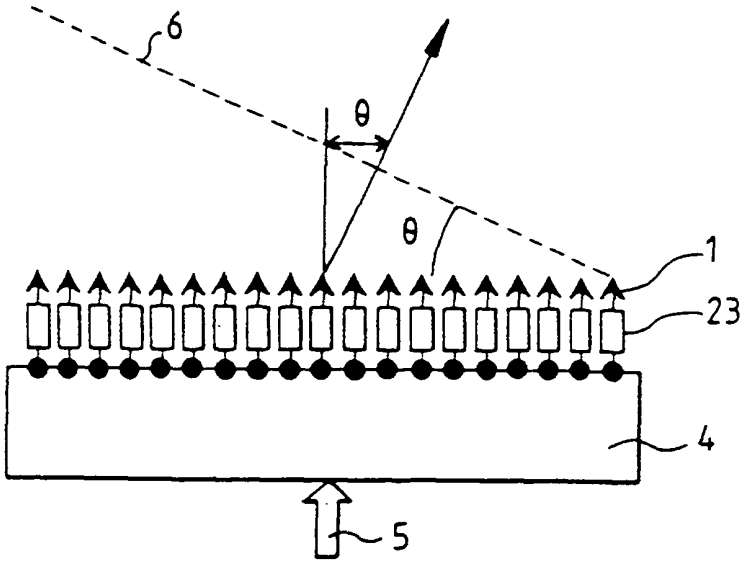


FIG. 1

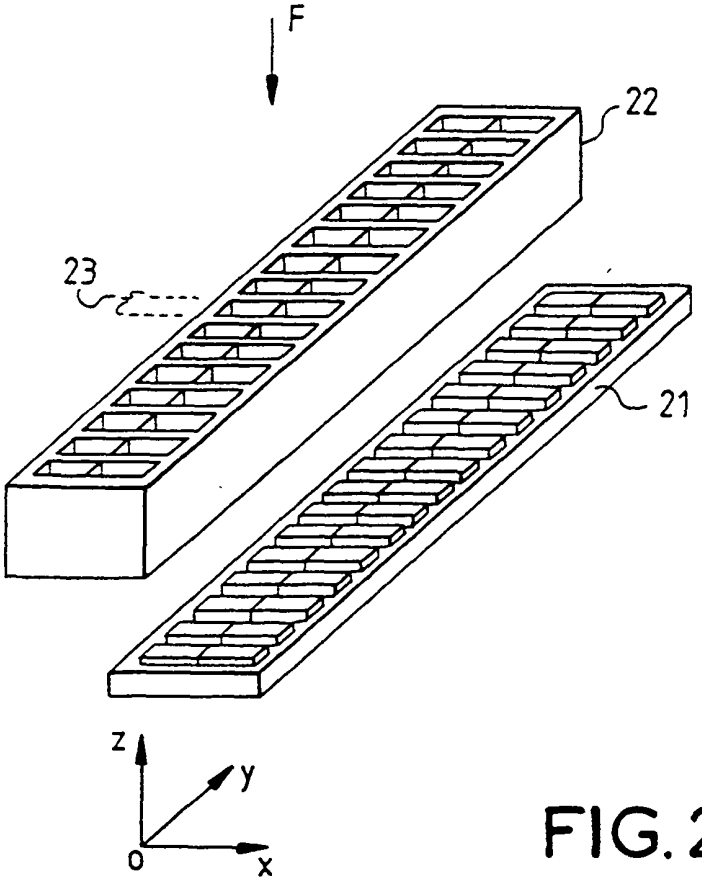


FIG. 2a

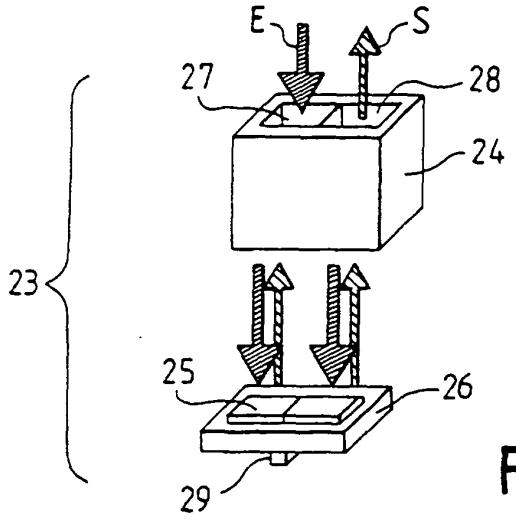


FIG.2b

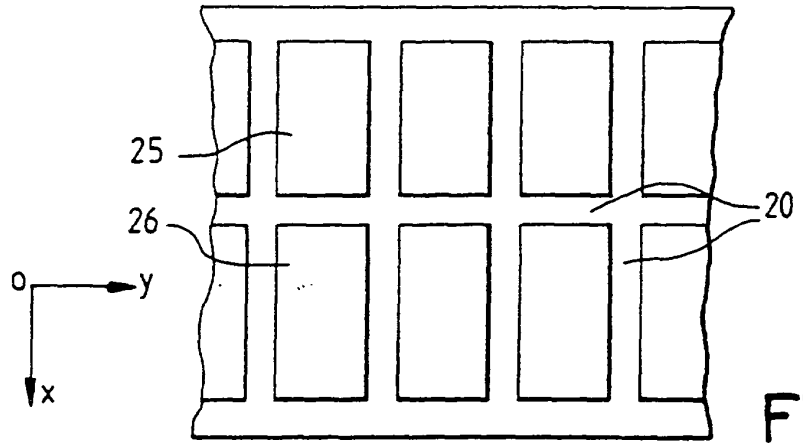


FIG.3a

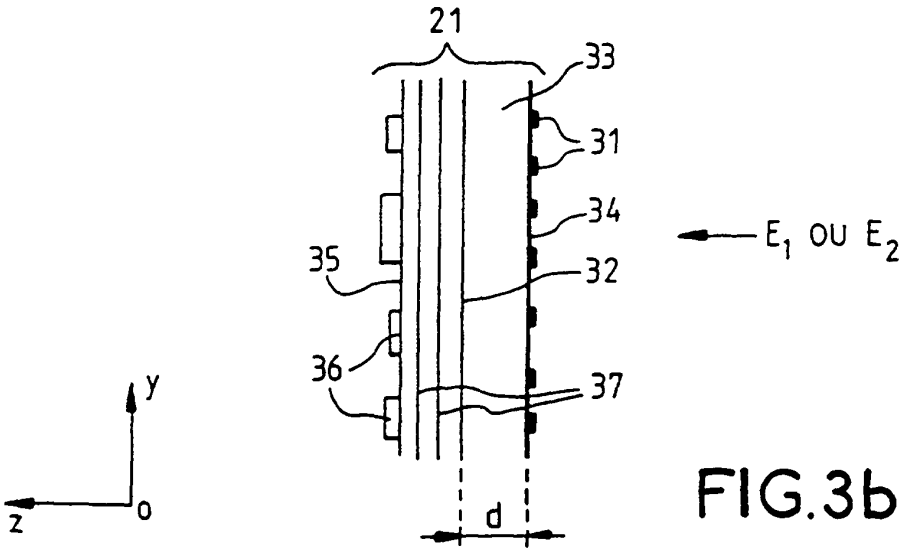


FIG.3b

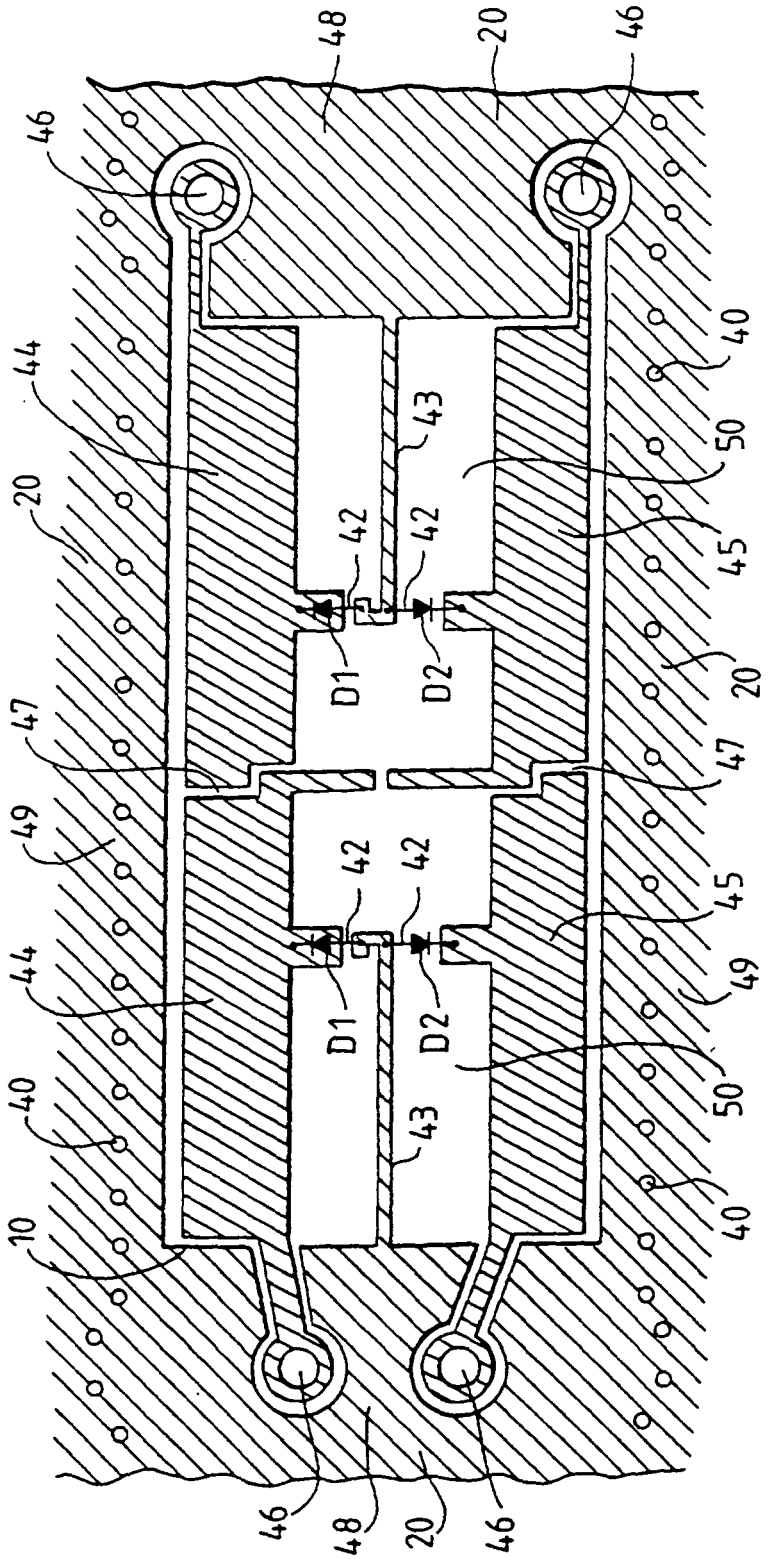

48
20
46
46
44
20
40
43
50
42
42
45
D1
D2
20
47
47
49
42
42
45
D1
D2
49
44
40
50
43
40
10
46
48
20
46
y
x
0

FIG.4

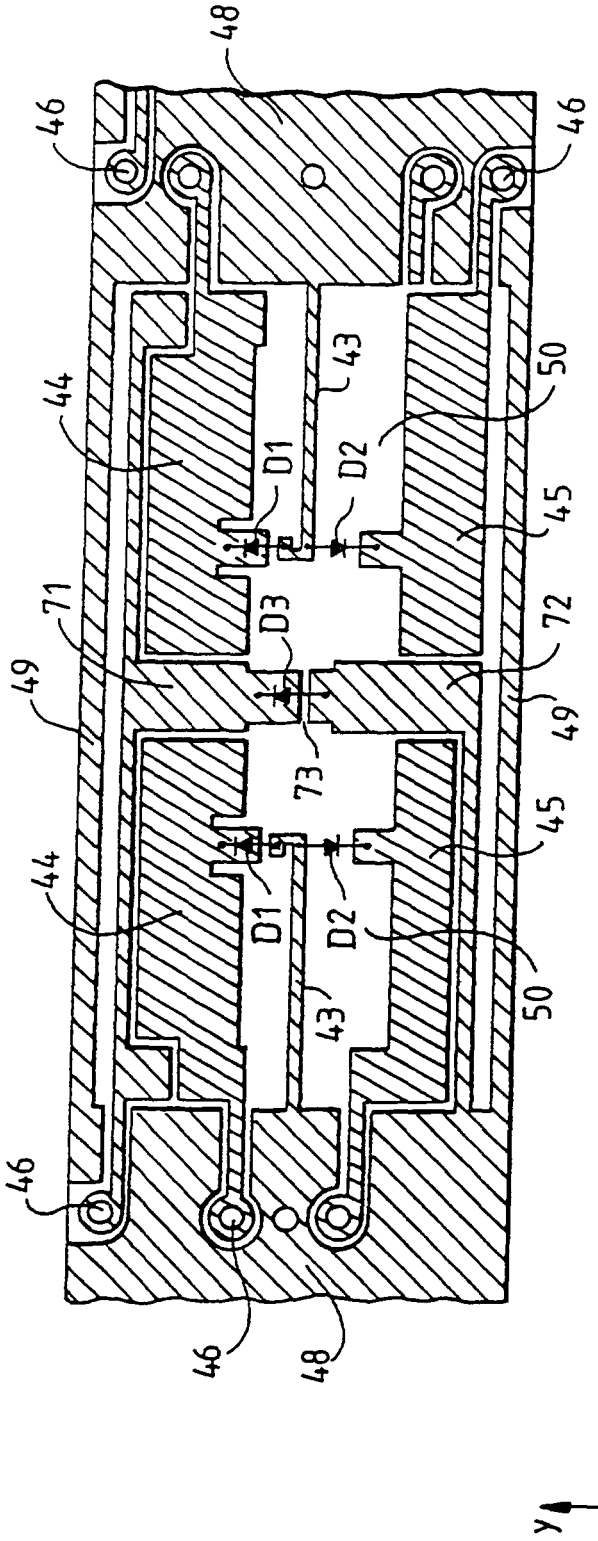

48
46
46
44
43
50
D1
D2
45
71
D3
72
49
49
73
45
44
D1
D2
50
43
46
46
48
x
y
0

FIG.5

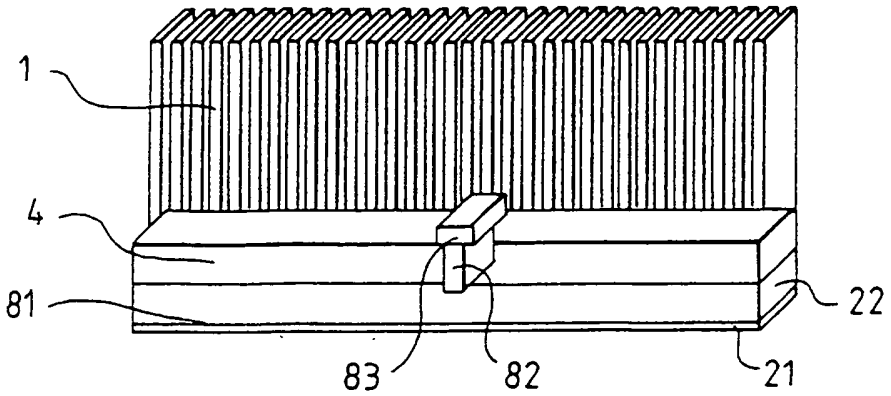


FIG. 6

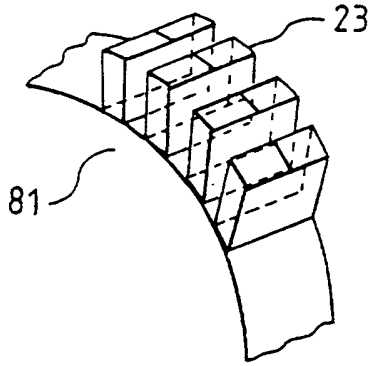


FIG. 7

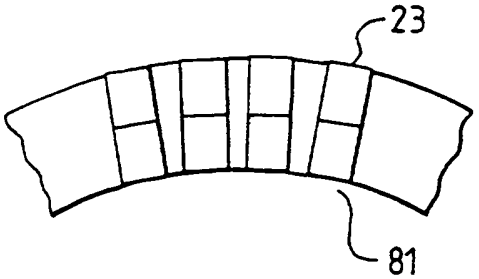


FIG. 8

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 4568893 A **[0004]**