



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
24.05.95 Bulletin 95/21

⑤① Int. Cl.⁶ : **H01Q 25/00, H01Q 21/06**

②① Numéro de dépôt : **91460044.0**

②② Date de dépôt : **25.09.91**

⑤④ **Antenne plaque microonde, notamment pour radar Doppler.**

③① Priorité : **03.10.90 FR 9012273**

④③ Date de publication de la demande :
08.04.92 Bulletin 92/15

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
24.05.95 Bulletin 95/21

⑧④ Etats contractants désignés :
CH DE ES GB IT LI NL SE

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 307 338
FR-A- 2 301 110
US-A- 4 180 818
MICROWAVE JOURNAL vol.30, no.4, Avril
1987, DEDHAM US pages 87 - 96; LALEZARI
AND MASSEY: 'mm-Wave Microstrip Anten-
nas'
TOUTE L'ELECTRONIQUE no.549, Décembre
1989, PARIS FR pages 32 - 37; DANIEL,
DUPUIS, BOGUAIS: 'Antennes imprimées:
reseaux plans et technologie'

⑦③ Titulaire : **CENTRE REGIONAL D'INNOVATION**
ET DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN
ELECTRONIQUE ET COMMUNICATIONS DE
BRETAGNE LOI 1901 (CRITT)
1, rue de Langonaval,
BP 332
F-22304 Lannion Cédex (FR)
Titulaire : **UNIVERSITE DE RENNES I**
Laboratoires Antennes et Microélectronique,
Avenue du General Leclerc
F-35042 RennesCedex (FR)

⑦② Inventeur : **Dupuis, Philippe**
Kerlessanouet
F-22700 Perros Guirec (FR)
Inventeur : **Motta Cruz, Eduardo**
Avenue des Buttes de Coesmes
F-35700 Rennes (FR)
Inventeur : **Daniel, Jean-Pierre Louis Marie**
72, rue Dupont des Loges
F-35100 Rennes (FR)

⑦④ Mandataire : **Le Guen, Louis François**
Cabinet Louis Le Guen
38, rue Levassesseur
B.P. 91
F-35802 Dinard Cédex (FR)

EP 0 479 696 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention concerne une antenne plaque micro-onde multifaisceaux ou monofaisceau utilisée notamment en tant qu'antenne d'un système de mesure par effet Doppler, par exemple, d'un système de mesure de vitesse.

On connaît, par exemple par le document FR-A-2 622 055, une antenne qui est utilisée dans un tel système. Elle présente un diagramme directionnel à deux lobes principaux, l'un étant symétrique de l'autre par rapport à un plan orthogonal à son plan principal. Lorsqu'elle est montée sur un véhicule selon la configuration Janus, un des deux lobes principaux est incliné vers l'avant et l'autre vers l'arrière, le plan de symétrie entre ces deux lobes étant orthogonal à la direction d'avancement du véhicule.

L'antenne décrite dans le document ci-dessus est constituée d'une pluralité de sous-réseaux linéaires identiques, parallèles et symétriques dont les centres sont alignés selon une ligne perpendiculaire à leur direction longitudinale et qui sont alimentés en phase. Chaque sous-réseau est constitué par une pluralité d'éléments rayonnants qui rayonnent des champs en opposition de phase d'un élément au suivant. Le pas entre chaque élément est égal à une longueur d'onde guidée sur le substrat du circuit sur lequel ils sont imprimés et correspondant à la fréquence de fonctionnement de l'antenne.

Avantageusement, chaque élément rayonnant est disposé alternativement d'un côté ou de l'autre d'une ligne d'alimentation secondaire alimentée au centre de symétrie des sous-réseaux.

De plus, chaque élément rayonnant est constitué d'une surface carrée conductrice dont le côté est sensiblement égal à la demi-longueur d'onde guidée. Un coin est relié galvaniquement à la ligne d'alimentation secondaire et la diagonale passant par ce point de contact galvanique est perpendiculaire à la direction longitudinale du sous-réseau.

A la Fig. 1, on a représenté une antenne plaque A émettant deux faisceaux F1 et F2 par lesquels passe un plan H situé dans l'axe de l'antenne et orthogonale à sa surface. Ces faisceaux sont symétriques par rapport à un plan E orthogonale au plan H et à la surface de l'antenne A.

Une antenne telle qu'il vient d'être décrit a des inconvénients. Parmi ceux-ci, on peut citer le fait qu'elle présente une puissance de rayonnement dans le plan E qui est relativement élevée par rapport à celle qui est émise dans le plan H. Ce phénomène entraîne des difficultés de traitement du signal délivré par l'antenne si bien que, dans certains cas, des erreurs de mesure peuvent avoir lieu.

Un second inconvénient résulte de sa structure figée qui la rend difficilement adaptable à des systèmes de mesure à configuration Janus qui présentent des caractéristiques géométriques particulières. Par exemple, l'angle que forme chaque lobe par rapport à une normale au plan principal de l'antenne, appelé angle de dépointage, est de $41,8^\circ$ et sa valeur ne peut être modifiée qu'en changeant le matériau du substrat, c'est-à-dire en modifiant sa constante diélectrique.

L'invention vise à remédier à ces inconvénients et propose une antenne du type décrite ci-dessus dont la puissance rayonnée dans le plan E est très inférieure à celle qui est rayonnée dans le plan H et dont les angles de dépointage ont des valeurs comprises dans une large gamme d'angles.

A cet effet, une antenne plaque selon la présente invention est du type mentionné ci-dessus et est, de plus, caractérisée en ce qu'entre deux éléments rayonnants voisins d'un même sous-réseau, la ligne d'alimentation présente au moins un coude si bien que la distance projetée sur un axe parallèle à la direction transversale du sous-réseau entre deux éléments rayonnants d'un même sous-réseau et voisins entre eux est inférieure à la dimension des éléments rayonnants dans cette direction.

En particulier, et selon une autre caractéristique de l'invention, les éléments rayonnants d'un même sous-réseau sont alignés selon la direction longitudinale de ce sous-réseau.

Par cette structure particulière, le gain de l'antenne dans son plan E est très inférieur à son gain dans le plan H.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la distance entre deux éléments rayonnants voisins d'un même sous-réseau est ajustée pour déterminer l'angle d'inclinaison, par rapport à une normale à son plan principal, des lobes d'émission de l'antenne. Bien sûr, la longueur de la ligne entre deux éléments rayonnants voisins est sensiblement égale à un multiple de la longueur d'onde guidée sur le substrat.

Si l'on diminue la distance qui sépare deux éléments rayonnants voisins, on augmente la valeur des angles de dépointage des lobes d'émission dans le plan H. On est limité, dans cette voie, car cette distance ne peut être ramenée à zéro.

Par contre, si l'on augmente la distance entre éléments rayonnants voisins, on diminue les angles de dépointage. En deçà d'une certaine inclinaison, on voit apparaître deux lobes secondaires dont les gains de leurs maxima sont du même ordre de grandeur que ceux des lobes principaux.

Un des buts de l'invention est de réduire substantiellement la valeur des gains des maxima de ces lobes supplémentaires.

A cet effet, chaque élément rayonnant est constitué par un bloc comprenant au moins deux éléments

rayonnants élémentaires émettant en phase l'un par rapport à l'autre.

Un autre but de l'invention, est de ramener la valeur des gains des maxima des lobes secondaires à celle des lobes principaux.

Pour ce faire, chaque élément rayonnant est constitué par un bloc comprenant au moins deux éléments rayonnants élémentaires émettant en opposition de phase l'un par rapport à l'autre.

Avantageusement, les éléments rayonnants élémentaires de chaque bloc sont au nombre de deux, sont alignés selon la direction longitudinale du sous-réseau et la distance projetée sur la direction longitudinale du sous-réseau qui sépare les deux éléments élémentaires de chaque bloc est égale à la distance qui sépare deux blocs d'un même sous-réseau divisée par $2n+1$, n étant un nombre entier positif.

Un autre but de l'invention est de proposer une antenne plaque microonde, notamment pour radar Doppler, présentant, dans le plan H, un seul lobe incliné d'un certain angle par rapport à une normale au plan principal de l'antenne.

Pour ce faire, on a prévu d'utiliser des sous-réseaux arrangés selon deux types de sous-réseaux, les sous-réseaux du premier type étant constitués d'éléments rayonnants élémentaires disposés à intervalles réguliers et qui rayonnent en opposition de phase, les sous-réseaux de second type étant constitués de blocs d'éléments rayonnants élémentaires disposés à intervalles réguliers, les éléments rayonnants élémentaires de chaque bloc étant disposés à intervalles réguliers et rayonnant des champs en opposition de phase d'un élément au suivant, la distance entre deux éléments rayonnants élémentaires voisins d'un même bloc étant égale à la distance entre deux blocs voisins d'un même sous-réseau.

Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi lesquels:

la Fig. 1 est une vue en perspective d'une antenne,

les Figs. 2a à 2c montrent des exemples d'antenne dont les réseaux sont constitués de plusieurs sous-réseaux alimentés différemment d'une antenne à l'autre,

la Fig. 3 est une vue d'une antenne qui est constituée d'un seul sous-réseau linéaire,

la Fig. 4 est une vue agrandie de deux éléments rayonnants reliés galvaniquement à une ligne d'alimentation,

les Figs. 5a à 5c montrent des sous-réseaux d'antenne selon l'invention, lesdits sous-réseaux étant de structures différentes,

les Figs. 6a à 6c montrent des diagrammes directionnels dans le plan E et le plan H respectivement obtenus avec des antennes comportant les sous-réseaux des Fig. 5,

les Figs. 7a à 7c montrent des structures de sous-réseaux pouvant équiper une antenne selon l'invention, les distances entre éléments rayonnants voisins étant différentes d'une structure à l'autre,

les Figs. 8a à 8c montrent les diagrammes directionnels respectivement obtenus, dans le plan H, avec des antennes comportant les sous-réseaux des Figs. 7a à 7c,

la Fig. 9 montre la géométrie de la partie d'une ligne d'alimentation de sous-réseau qui relie deux éléments rayonnants,

les Figs. 10a et 10b montrent deux diagrammes directionnels par lesquels on peut mettre en évidence l'apparition de lobes secondaires lorsque la distance entre éléments rayonnants devient supérieure à une certaine valeur,

les Figs. 11a à 11c montrent respectivement un réseau linéaire comportant, comme éléments rayonnants, des blocs à deux éléments rayonnants élémentaires émettant en phase, un diagramme directionnel obtenu dans le plan H avec un unique bloc et le diagramme directionnel obtenu dans le plan H avec le réseau linéaire de la Fig. 11a,

les Figs. 12a à 12c montrent respectivement un réseau linéaire constitué de blocs à deux éléments rayonnants élémentaires émettant en opposition de phase, un diagramme directionnel obtenu dans le plan H avec un unique bloc et le diagramme directionnel obtenu dans le plan H avec le réseau de la Fig. 12a,

la Fig. 13 est une vue d'une antenne dont les éléments rayonnants sont des blocs à deux éléments rayonnants élémentaires, les éléments élémentaires de chaque bloc étant respectivement alimentés au moyen de deux sous-réseaux alimentés au centre par des extrémités d'une ligne alimentée au centre,

la Fig. 14 montre une antenne comportant deux réseaux, un réseau élémentaire et un réseau de blocs,

les Figs. 15a à 15c sont des courbes des points à gain constant dans un plan H normal au plan principal de l'antenne respectivement obtenues avec une antenne telle que celle qui est représentée à la Fig. 14, et

la Fig. 16 est un diagramme directionnel obtenu avec une antenne telle que celle qui est représentée à la Fig. 14.

Les antennes représentées aux Figs. 2a à 2c sont toutes constituées par un réseau de quatre rangées

a_1 , a_2 , a_3 et a_4 d'éléments rayonnants b_1 , b_2 , b_3 et b_4 , b_1' , b_2' , etc., qui sont identiques et parallèles entre elles. Chaque rangée a_i constitue un sous-réseau linéaire d'éléments rayonnants b_i .

Les antennes de la présente invention comportent une pluralité d'éléments rayonnants b_i qui sont, chacun, constitués (Figs. 2a à 2c) par une surface carrée conductrice dont un coin c est relié galvaniquement à une ligne d'alimentation de sous-réseau d , la diagonale e passant par le point de contact galvanique c étant perpendiculaire à la ligne d au point c . Le côté du carré a une dimension sensiblement égale à une demi-longueur d'onde guidée sur le substrat de l'antenne à la fréquence de fonctionnement de celle-ci. Cette forme particulière d'éléments rayonnants, bien que présentant certains avantages, notamment qu'elle est parfaitement modélisable, n'est nullement obligatoire pour le bon fonctionnement des antennes décrites.

Dans les antennes selon l'invention, deux éléments rayonnants voisins b_i et b_{i+1} émettent généralement en opposition de phase. Etant alimentés en phase par la ligne d'alimentation d , ces deux éléments sont de part et d'autre de la ligne d qui les alimente.

A la Fig. 2a, on montre une configuration, dite par la suite en étoile, dans laquelle chaque sous-réseau a_i est formé de deux demi-sous-réseaux symétriques l'un de l'autre par rapport à son centre. Les sous-réseaux a_1 , a_2 , a_3 et a_4 sont reliés à une ligne commune f perpendiculaire à la direction longitudinale des sous-réseaux en un point d'alimentation placé sur la ligne d de manière que les éléments b_1 et b_1' qui encadrent le centre de symétrie du sous-réseau rayonnent en opposition de phase. Ces éléments b_1 et b_1' étant d'un même côté de la ligne d , le point d'alimentation est décalé par rapport au centre de symétrie du sous-réseau d'une demi-longueur d'onde guidée λ_g sur le substrat où sont imprimés les éléments rayonnants b_i et à la fréquence de fonctionnement de l'antenne. Au centre de la ligne f , est branchée la ligne d'alimentation g de l'antenne.

L'antenne de la Fig. 2b présente une configuration, dite par la suite arborescente, dans laquelle les extrémités des sous-réseaux a_1 , a_2 , a_3 et a_4 sont respectivement reliées à des lignes h_1 , h_2 , h_3 et h_4 . Les lignes h_1 et h_3 présentent respectivement deux points communs avec les lignes h_2 et h_4 . Ces points communs sont respectivement reliés à deux lignes f_1 et f_2 présentant également un point commun relié à la ligne d'alimentation g de l'antenne.

L'antenne de la Fig. 2c présente une configuration mixte. Les sous-réseaux a_1 et a_2 sont reliés ensemble dans une configuration en étoile. De même, les sous-réseaux a_3 et a_4 sont reliés ensemble en une configuration en étoile. Les deux couples ainsi formés sont respectivement reliés à deux lignes f_1 et f_2 qui ont un point commun relié à la ligne d'alimentation g de l'antenne.

A partir de ces trois configurations de base, il est relativement aisé à l'homme de métier d'imaginer d'autres configurations qui peuvent comporter, par exemple, un nombre supérieur de sous-réseaux a_i , arrangés en parallèle ou non, en couples, ou par trois ou plus, dans des configurations arborescentes ou mixtes.

Ces configurations ont des caractéristiques de rayonnement sensiblement équivalentes. Il faut mentionner le fait que, dans un réseau combinant plusieurs sous-réseaux, les sous-réseaux a_i doivent être alimentés en phase pour que chaque sous-réseau puisse additionner ces effets à ceux des autres sous-réseaux. Pour ce faire, on ajuste les longueurs des parties de ligne f entre eux. Des transformateurs quart d'onde peuvent être inclus dans ces parties de ligne pour pondérer en amplitude les sous-réseaux les uns par rapport aux autres.

On a également représenté (Fig. 3) une antenne constituée d'un réseau comprenant un seul sous-réseau linéaire a symétrique par rapport à son centre et alimenté en son centre par une ligne f . On remarquera, que dans ce cas, les éléments encadrant le centre de symétrie du sous-réseau b_1 et b_1' sont situés de part et d'autre de la ligne d'alimentation de sous-réseau d . Notons, que ce sous-réseau pourrait également être alimenté par une de ses extrémités.

On va maintenant décrire des sous-réseaux particuliers qui font l'objet de la présente invention. Ils peuvent être arrangés en réseau selon les configurations montrées aux Figs. 2a à 2c et 3.

Les Figs. 5a à 5c montrent des sous-réseaux a à quatre éléments b_1 , b_2 , b_3 et b_4 . A la Fig. 5a, la ligne d'alimentation de sous-réseau d_s est rectiligne et la distance d_s qui sépare deux éléments rayonnants voisins b_i et b_{i+1} est un multiple entier (ici l'unité) de la longueur d'onde guidée par la ligne d'alimentation sur le substrat du circuit sur lequel ils sont imprimés. Cette longueur d'onde sera notée par la suite λ_g . La distance projetée sur un axe transversal au sous-réseau qui sépare deux éléments voisins b_i et b_{i+1} est égale à la dimension dans cette direction transversale des éléments rayonnants, c'est-à-dire, ici, la longueur d'une diagonale du carré formant les éléments. Ce sous-réseau est celui qui est décrit dans le document FR-A-2 622 055.

Pour caractériser la directivité d'une antenne, on trace un diagramme du gain en fonction de l'angle que forme la direction de mesure avec une normale au plan principal de l'antenne, diagramme qui sera, par la suite, appelé diagramme directionnel. On a représenté à la Fig. 6a, un tel diagramme dans le plan E et dans le plan H d'émission d'une antenne réalisée à partir du sous-réseau de la Fig. 5a. On constate, dans le plan H, la présence de deux maxima dans des directions faisant avec une normale du plan de l'antenne des angles d'environ $+30^\circ$ et -30° et, dans le plan E, de deux maxima sensiblement dans des directions à $+40^\circ$ et -40° . La puissance maximale émise dans le plan E est inférieure d'environ -3 dB à la puissance maximale émise dans le plan H.

La présence des deux maxima dans le plan E entraîne des difficultés de traitement du signal reçu de l'antenne lorsqu'elle est utilisée dans un système de mesure, dans le plan H, de vitesse, ledit système étant du type à configuration Janus.

On a donc cherché à remédier à ce problème et, pour ce faire, on a pensé à réduire (Fig. 5b), voire à annuler (Fig. 5c), la distance transversale entre deux éléments voisins b_i et b_{i+1} . A la Fig. 5b, la distance transversale est égale à la demi-longueur d'une diagonale d'un carré formant un élément b_i et, à la Fig. 5c, cette distance est nulle. Dans ce dernier cas, les éléments b_i sont alignés dans le sens longitudinal du sous-réseau.

On remarquera que les lignes d'alimentation $\underline{d}$ des sous-réseaux des Fig. 5b et 4c ne sont pas rectilignes mais présentent deux coudes.

On a représenté, aux Fig. 6b et 5c, les diagrammes directionnels de deux antennes utilisant respectivement les deux sous-réseaux des Fig. 5b et 4c. On peut constater que, bien que les amplitudes des maxima dans le plan H soient sensiblement les mêmes que celles des mêmes maxima avec le sous-réseau de la Fig. 5a, les amplitudes des maxima dans le plan E sont affaiblies (-10 dB, Fig. 6b), voire annulées (Fig. 6c).

Dans un réseau linéaire d'éléments rayonnants équidistants de d_s et alimentés de manière que deux éléments consécutifs émettent des ondes en opposition de phase, le diagramme directionnel dans le plan H présente deux lobes principaux qui sont inclinés par rapport à la normale du plan principal de l'antenne de θ et $-\theta$, les valeurs de ces deux angles étant données par la relation:

$$\theta = \arcsin \left(\frac{\lambda_0}{2d_s} \right)$$

où λ_0 est la longueur d'onde dans le vide à la fréquence de fonctionnement de l'antenne.

Ainsi, en faisant varier la distance d_s entre éléments rayonnants b_i , on peut faire varier les angles d'inclinaison des lobes principaux.

Dans les antennes de l'invention, les éléments rayonnants b_i sont alimentés en des points alternativement d'un côté et de l'autre de la ligne d'alimentation de sous-réseau $\underline{d}$ si bien que, pour que deux éléments consécutifs b_i et b_{i+1} émettent en opposition de phase, il est nécessaire qu'ils soient alimentés en phase. Entre deux éléments voisins b_i et b_{i+1} , la ligne $\underline{d}$ doit, par conséquent, avoir une longueur L égale à un multiple entier de la longueur d'onde guidée dans le substrat à la fréquence de fonctionnement de l'antenne.

On a réalisé des antennes dont les sous-réseaux représentés aux Fig. 7a à 7c ont des distances d_s entre éléments rayonnants voisins b_i et b_{i+1} différentes. A la Fig. 7a, la distance d_s est de $1,22\lambda_0$ et la longueur L de la ligne d'alimentation $\underline{d}$ entre deux éléments rayonnants consécutifs b_i et b_{i+1} est de $2\lambda_g$. Le diagramme directionnel obtenu avec un réseau d'antenne utilisant ce sous-réseau montre (Fig. 8a), dans le plan H, deux lobes respectivement inclinés à $+25^\circ$ et -25° .

A la Fig. 7b, la distance d_s est de $1,33\lambda_0$ et la longueur L de la ligne est de $3\lambda_g$. Le diagramme directionnel correspondant montre, dans le plan H, deux lobes respectivement inclinés de $+22^\circ$ et -22° .

Enfin, à la Fig. 7c, la distance d_s est de λ_0 et la longueur L est de $2\lambda_g$. Le diagramme directionnel correspondant montre, dans le plan H, deux lobes respectivement inclinés d'environ $+30^\circ$ et -30° .

Afin de disposer d'un dessin général de ligne $\underline{d}$ qui puisse s'adapter à diverses distances d_s entre éléments rayonnants voisins b_i et b_{i+1} , on a prévu de courber la ligne $\underline{d}$ entre ces deux éléments (Fig. 9) de manière qu'elle présente la forme d'un "S". Le tronçon de ligne supérieur $d1$ et le tronçon de ligne inférieur $d2$ ont respectivement les longueurs L_1 et L_2 , le tronçon de ligne central $d3$, la longueur L_3 et les deux tronçons de ligne verticaux $d4$ et $d5$, respectivement L_4 et L_5 . A la Fig. 9, $L_1 = L_2$ et $L_4 = L_5$. Par ailleurs, si L désigne la longueur de la ligne $\underline{d}$ entre deux éléments b_i et b_{i+1} , on a:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$

et l'on doit avoir $L = n \lambda_g$

Avantageusement, la ligne d'alimentation $\underline{d}$ ne présente pas de changements de direction au voisinage des éléments rayonnants b_i . La forme en "S" est sensiblement à égale distance des deux éléments b_i et b_{i+1} . Si ces changements étaient très proches des éléments rayonnants b_i , il pourrait en résulter des couplages entre la ligne $\underline{d}$ et les éléments rayonnants b_i , ce qui produirait des perturbations dans les caractéristiques de l'antenne.

On remarquera, à la Fig. 9, la présence, sur la ligne $\underline{d}$ d'éléments k obtenus en augmentant la largeur de la ligne d'alimentation $\underline{d}$. Ces éléments sont des éléments de pondération qui pondèrent les gains des éléments rayonnants placés en aval sur la ligne $\underline{d}$. Ils sont connus de l'homme de métier et sont, par exemple, décrits dans le document FR-A-2 622 055.

En faisant varier la distance d_s entre éléments b_i , on peut faire varier l'angle de dépointage de l'antenne dans une gamme d'angles assez importante. On est cependant limité, pour la valeur supérieure, par la distance d_s qui ne peut être inférieure à une certaine valeur du fait que deux éléments consécutifs b_i et b_{i+1} ne doivent pas être en contact l'un avec l'autre mais doivent, au contraire, laisser place à la ligne d'alimentation $\underline{d}$ (et éventuellement ses coudes). En pratique, la valeur supérieure est d'environ 55° .

Pour des distances entre éléments b_i supérieures à $1,5\lambda_0$ qui donnent des angles de dépointage inférieurs à $19,5^\circ$, on a l'apparition, dans le diagramme directionnel obtenu dans le plan H, de deux lobes secondaires dont les gains des maxima sont du même ordre de grandeur que ceux des lobes principaux. On a représenté, pour illustrer cet effet, des diagrammes directionnels dans le plan H (Fig. 10a et 9b) respectivement obtenus avec des réseaux linéaires de huit éléments b_i écartés de $d_s = 1,52\lambda_0$ et $d = 1,93\lambda_0$. Dans le premier cas, les lobes secondaires apparaissent pour des angles d'environ $+80^\circ$ et -80° avec une atténuation, par rapport aux maxima des lobes principaux, de -19 dB. Dans le second cas, les lobes secondaires apparaissent pour des angles d'environ 51° et -51° avec une atténuation de seulement -4 dB.

On pourrait montrer que des lobes secondaires apparaissent dans le plan H à des inclinaisons dont les valeurs des angles par rapport à une normale à l'antenne sont données par la relation:

$$\theta_n = \arcsin\left(\frac{(2n+1)\lambda_0}{2d_s}\right)$$

où n est l'ordre d'apparition des lobes secondaires. Aux Figs. 10a et 9b, $n = 1$ et

$$\theta_1 = \arcsin\left(\frac{3\lambda_0}{2d_s}\right)$$

L'atténuation relativement importante (-19 dB) observée pour $d_s = 1,52\lambda_0$ est due à un effet secondaire attribué à la forme géométrique particulière des éléments rayonnants b_i , carrée avec un côté qui est sensiblement égal à la demi-longueur de l'onde guidée λ_g .

Pour des distances d_s relativement importantes, cet effet ne joue plus et les gains des maxima des lobes secondaires sont peu inférieurs aux gains des lobes principaux.

On a pensé à utiliser, comme élément rayonnant b_i , un bloc 1_i constitué de deux éléments rayonnants $m1$ et $m2$ écartés d'une distance égale à d_e et situés d'un même côté de la ligne d'alimentation $\underline{d}$ du sous-réseau (Fig. 11a). La longueur de la partie de ligne d qui sépare les deux éléments $m1$ et $m2$ d'un même bloc 1_i est un multiple entier de la longueur d'onde guidée sur le substrat λ_g (ici, elle est égale à λ_g). Les éléments $m1$ et $m2$ émettent donc des ondes en phase. On a représenté le diagramme directionnel dans le plan H d'un tel bloc à la Fig. 11b. On constate qu'il comporte un lobe relativement large centré autour de 0° et deux lobes secondaires qui forment, avec le lobe principal, deux minima dont les valeurs des angles d'inclinaison sont données par la relation:

$$\theta_e = \arcsin\left(\frac{\lambda_0}{2d_e}\right)$$

A la Fig. 11b, la distance d_e est égale $0,51\lambda_0$ et θ_e est égal à 55° .

Pour annuler le gain des lobes secondaires, on choisit la distance d_e telle que la valeur des angles des inclinaisons des minima des blocs correspondent aux valeurs des angles des maxima des lobes secondaires. On a alors $\theta_e = \theta_1$ soit:

$$\theta_1 = \arcsin\left(\frac{3\lambda_0}{2d_s}\right) = \theta_e = \arcsin\left(\frac{\lambda_0}{2d_e}\right)$$

soit encore

$$d_e = \left(\frac{d_s}{3}\right)$$

On a réalisé un réseau linéaire de huit blocs 1_i . La distance d_s entre les blocs 1_i est de $1,93 \lambda_0$ et, dans chaque bloc, les deux éléments m_1 et m_2 sont distants de $0,64 \lambda_0$. On a représenté à la Fig. 11c, le diagramme directionnel obtenu, dans le plan H, avec un tel réseau. Les deux lobes principaux sont inclinés à environ $+15^\circ$ et -15° et les lobes supplémentaires à environ $+55^\circ$ et -55° . Ces derniers présentent une atténuation de -28 dB par rapport aux maxima des lobes principaux.

Au lieu d'affaiblir les lobes secondaires, on a cherché, au contraire, à rendre leur gain sensiblement égal à celui des lobes principaux. Le but poursuivi est de fournir une antenne à quatre faisceaux qui peut être utilisée dans des systèmes de mesure de vitesse par effet Doppler. Elle permet d'offrir une redondance de lobes qui peut s'avérer utile, par exemple, lorsque le système analyse une surface à faible coefficient de rétrodiffusion (flaque d'eau, d'huile, plaque de neige ou de verglas, etc).

Pour amener les valeurs des gains des maxima des lobes secondaires aux valeurs des gains des lobes principaux, on a utilisé des blocs p_i constitués de deux éléments m_1 et m_2 rayonnants en opposition de phase (Fig. 12a). Pour ce faire, la partie de ligne $\underline{d}$ qui les sépare est un multiple entier de la longueur d'onde guidée λ_g et ils sont de part et d'autre de la ligne $\underline{d}$. Ils sont séparés d'une distance égale à d_e . Le diagramme de rayonnement dans le plan H d'un bloc p_i seul (Fig. 12b) montre deux maxima de part et d'autre de la normale au bloc.

On a réalisé un réseau linéaire de huit blocs p_i distants de $d_s = 1,93 \lambda_0$ et dont les éléments m_1 , m_2 sont distants de $d_e = 0,75 \lambda_0$. La Fig. 12c montre le diagramme directionnel obtenu, dans le plan H, avec un tel réseau. On constate l'égalité des gains des maxima des quatre lobes respectivement inclinés de -55° , -15° , $+15^\circ$ et $+55^\circ$.

Il peut être nécessaire, dans certains cas, afin d'obtenir un faible niveau des autres lobes secondaires de prévoir, entre les blocs p_i consécutifs, des transformateurs quart d'onde.

En diminuant la distance d_e entre les éléments m_i de chaque bloc p_i , on déplace vers des angles de valeur plus élevée le diagramme de rayonnement de chaque bloc p_i , ce qui entraîne une réduction des gains des maxima des lobes principaux par rapport à ceux des lobes secondaires. En augmentant la distance d_e , on obtient l'effet inverse.

Les deux éléments m_1 et m_2 des blocs 1_i (Fig. 11a) ou des blocs p_i (Fig. 12a) sont reliés à une même ligne d'alimentation $\underline{d}$. En fait, comme il est montré Fig. 13, ils peuvent être alimentés par deux lignes d_1 et d_2 distinctes, chaque ligne d_j avec les éléments m_i qui y sont reliés formant un sous-réseau q_j . Pour qu'un élément m_i soit en phase ou en opposition de phase avec l'un de ses voisins, suivant l'effet recherché, suppression des lobes secondaires ou égalisation de ces lobes, il est nécessaire d'ajuster les longueurs des parties de lignes d_i entre éléments m_i et prévoir une alimentation correcte de chaque sous-réseau q_j . A la Fig. 13, on montre un réseau linéaire constitué par deux sous-réseaux q_1 et q_2 alimentés en phase, l'ensemble présentant huit blocs 1_i distants de $d = 1,93 \lambda_0$ et dont les éléments m_1 et m_2 sont respectivement alimentés par leurs coins opposés émettant ainsi en opposition de phase. La distance entre éléments m_i est de $0,75 \lambda_0$. Les diagrammes directionnels obtenus dans le plan H pour la source et pour le réseau sont équivalents à ceux respectivement montrés dans les Fig. 11b et 11c.

Les antennes décrites jusqu'ici ont deux ou quatre lobes et peuvent donc être utilisées dans un système de mesure de la vitesse qui présente une configuration de type Janus. Si ces systèmes permettent d'effectuer une mesure qui est indépendante de l'inclinaison du véhicule par rapport au sol, ils ne permettent pas la détection du sens de déplacement du véhicule. Il peut être utile, dans certaines applications, de déterminer la vitesse et le sens de déplacement du véhicule, l'orientation par rapport au sol de celui-ci restant, dans ces applications, sensiblement constante.

Pour cela, on utilise une antenne dont le seul lobe d'émission/réception dans le plan H est incliné par rap-

port au sol et, donc, par rapport à son plan principal. On a réalisé une telle antenne (Fig. 14). Elle est constituée de quatre sous-réseaux a_1 , a_2 , a_3 et a_4 parallèles entre eux et alimentés en leur centre par une ligne f . Chaque sous-réseau a_j est symétrique par rapport à son centre et comporte, de chaque côté de celui-ci, quatre éléments rayonnants b_i , espacés d'une distance égale à d_s et situés de part et d'autre de la ligne d'alimentation d_j du sous-réseau a_j . La ligne d'alimentation f présente deux coudes si bien que le premier sous-réseau a_1 est décalé longitudinalement de $d_s/2$ par rapport aux deux sous-réseaux centraux a_2 et a_3 et le dernier sous-réseau a_4 est également décalé longitudinalement, dans la direction inverse du premier réseau a_1 , de $d_s/2$. Les éléments rayonnants b_i sont avantageusement des surfaces carrées telles que celles qui ont déjà été décrites.

Le fonctionnement de cette antenne particulière est le suivant. Les deux sous-réseaux centraux a_2 et a_3 forment un réseau tel que celui qui est déjà décrit dans le document FR-A-2 622 055. Il pourrait être réalisé selon une structure telle que l'une de celles qui sont représentées dans la présente demande aux Figs. 2, 3, 4 et 7. Dans le plan H, ce réseau a un diagramme directionnel qui comporte deux lobes inclinés par rapport à la normale au plan de l'antenne à l'intérieur desquels les ondes émises sont en opposition de phase (Fig. 15a). L'inclinaison des lobes est fonction de la distance d_s entre éléments b_i .

Les deux sous-réseaux externes a_1 et a_4 forment un second réseau où les éléments b_i qui se correspondent dans un sous-réseau a_1 et dans l'autre sous-réseau a_4 forment un bloc d'éléments m_1 et m_2 en opposition de phase tels que ceux qui ont été décrits en relation avec les Fig. 11 et 13a. Ces éléments m_1 et m_2 sont alimentés en phase par la ligne d_j du sous-réseau a_j et sont respectivement dirigés dans un sens et dans l'autre. Ils émettent donc en phase.

On notera que les tronçons de ligne d'alimentation des sous-réseaux a_1 et a_4 , c'est-à-dire ceux qui relient respectivement les sous-réseaux a_1 et a_2 et les sous-réseaux a_3 et a_4 , sont plus longs qu'un multiple entier de la longueur d'onde guidée λ_g . Ils ont, en fait, une longueur de $\lambda_g + 1/4 \lambda_g$. En effet, pour que les sous-réseaux a_1 et a_4 puissent jouer le rôle d'un sous-réseau de blocs à deux éléments rayonnants, il est nécessaire que, d'une part, ils soient alimentés en phase l'un par rapport à l'autre et que, d'autre part, ils soient alimentés déphasés de plus ou moins 90° par rapport aux sous-réseaux a_2 et a_3 .

La distance entre deux blocs p_j et p_{j+1} est égale à d_s . Pour que les sous-réseaux a_1 et a_4 émettent une puissance sensiblement égale à la puissance émise par les sous-réseaux a_2 et a_3 , on choisit, pour les sous-réseaux a_1 et a_3 , d_s et d_e de manière que l'inclinaison des lobes créés par chaque bloc p_i soit égale à l'inclinaison des lobes créés par les sous-réseaux, soit $d_s = d_e$. On comprend la nécessité de deux sous-réseaux distincts pour réaliser l'alimentation de chaque élément m_1 et m_2 d'un bloc p_i .

Or, un réseau de blocs p_i constitués de deux éléments m_1 et m_2 émettant en opposition de phase a un diagramme directionnel qui présente, dans le plan H, deux lobes symétriques par rapport à la normale à son plan principal, un lobe étant en phase par rapport à l'autre (Fig. 15b).

Le réseau constitué des quatre sous-réseaux a_1 , a_2 , a_3 et a_4 a un diagramme directionnel qui est constitué, dans le plan H, de la somme vectorielle des ondes émises par chaque sous-réseau. Du fait que les distances entre éléments rayonnants b_i sont les mêmes dans chaque sous-réseau, et que, par conséquent, les inclinaisons de leurs lobes principaux sont égales, d'un côté, les ondes en opposition de phase émises par chacun des sous-réseaux a_1 et a_4 et a_2 et a_3 s'annulent mutuellement alors que, de l'autre côté, elles s'ajoutent. Le résultat (Fig. 15c) est une antenne dont le diagramme directionnel dans le plan H montre un unique lobe incliné par rapport à la normale de l'antenne (Fig. 16). Cette inclinaison est fonction de la distance d_s entre éléments rayonnants.

Un des aspects de l'invention concerne la structure de blocs utilisés comme éléments rayonnants. On a décrit des blocs à deux éléments orientés dans le sens longitudinal du sous-réseau auquel ils appartiennent. L'invention ne se limite pas à de tels blocs. En effet, des blocs de trois ou quatre (ou plus) éléments peuvent être envisagés. Avec de tels blocs, comme précédemment, les caractéristiques de gain de chaque bloc se combinent avec les caractéristiques de gain d'une antenne de même structure mais qui serait munie d'éléments rayonnants élémentaires, ce qui permet d'obtenir de nouvelles caractéristiques de gain.

On a décrit des structures qui annulent ou amplifient les lobes secondaires d'ordre un. On pourrait envisager des antennes comportant un ou plusieurs sous-réseaux dans lesquels les blocs ont des distances d_e entre éléments rayonnants différentes pour pouvoir annuler ou amplifier, les premiers les lobes secondaires d'ordre un, les seconds les lobes d'ordre deux, etc. Il est alors possible de réaliser des antennes à six ou huit faisceaux et/ou des antennes dont les faisceaux principaux ont une faible inclinaison, par exemple inférieure à 12° , voire 9° .

Notons que les lignes d'alimentation des éléments rayonnants peuvent comporter des transformateurs quart d'onde afin de pondérer l'alimentation de chaque élément individuel.

Revendications

1. Antenne plaque micro-onde, notamment pour radar Doppler, par exemple, du type à configuration Janus, constituée d'une pluralité de sous-réseaux linéaires parallèles entre eux, ou d'un seul sous-réseau linéaire, chaque sous-réseau étant constitué d'une pluralité d'éléments rayonnants disposés de part et d'autre d'une ligne d'alimentation de sous-réseau, les sous-réseaux étant alimentés en phase, la longueur de la ligne d'alimentation de sous-réseau est, entre deux éléments voisins, un multiple entier de la longueur d'onde guidée sur le substrat du circuit imprimé sur lequel sont imprimés les éléments rayonnants et qui correspond à la fréquence de fonctionnement de l'antenne, caractérisée en ce qu'entre deux éléments rayonnants voisins d'un même sous-réseau, la ligne d'alimentation de sous-réseau présente au moins un coude si bien que la distance projetée sur un axe parallèle à la direction transversale du sous-réseau entre deux éléments rayonnants consécutifs d'un même sous-réseau entre eux est inférieure à la dimension desdits éléments dans cette direction.
2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que les éléments rayonnants d'un même sous-réseau sont alignés selon la direction longitudinale des sous-réseaux.
3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'entre deux éléments rayonnants voisins d'un même sous-réseau, la ligne d'alimentation présente deux tronçons de ligne parallèles à la direction longitudinale du sous-réseau et respectivement reliés auxdits éléments, et, reliant leurs extrémités libres, un troisième tronçon de ligne qui forme un certain angle avec les deux premiers.
4. Antenne selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'entre deux éléments rayonnants voisins et d'un même sous-réseau, la ligne d'alimentation de sous-réseau présente une forme de "S" avec deux tronçons de ligne extrêmes respectivement reliés auxdits éléments et un tronçon de ligne central, ces tronçons étant parallèles à la direction longitudinale du sous-réseau et deux tronçons de ligne sensiblement perpendiculaires aux trois premiers tronçons et qui relient l'extrémité libre d'un tronçon de ligne extrême à l'extrémité correspondante du tronçon de ligne central.
5. Antenne selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins le coude que forme la ligne entre deux éléments rayonnants voisins d'un même sous-réseau est sensiblement à égale distance desdits deux éléments rayonnants.
6. Antenne selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la distance longitudinale entre deux éléments rayonnants voisins d'un même sous-réseau est ajustée pour déterminer son angle de dépointage.
7. Antenne selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque élément rayonnant est une surface carrée conductrice dont le côté est sensiblement égal à la moitié de la longueur d'onde guidée, dont un coin est relié galvaniquement à la ligne d'alimentation de sous-réseau et dont la diagonale passant par ce point de contact galvanique est perpendiculaire à la direction longitudinale du sous-réseau.
8. Antenne selon une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que chaque élément rayonnant est constitué par un bloc comprenant au moins deux éléments rayonnants élémentaires émettant tous en phase les uns par rapport aux autres.
9. Antenne selon une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que chaque élément rayonnant est constitué par un bloc comprenant au moins deux éléments rayonnants élémentaires certains émettant en opposition de phase par rapport aux autres au même bloc.
10. Antenne selon la revendication 8 ou 9, caractérisée en ce que les éléments rayonnants élémentaires de chaque bloc sont au nombre de deux.
11. Antenne selon une des revendications 8 à 10, caractérisée en ce que la distance projetée sur la direction longitudinale du sous-réseau qui sépare les deux éléments élémentaires de chaque bloc est égale à la distance qui sépare deux blocs d'un même sous-réseau divisée par $2n+1$, n étant un nombre entier positif.
12. Antenne selon une des revendications 8 à 11, caractérisée en ce qu'elle comporte, comme éléments rayonnants dans chaque sous-réseau, des blocs d'au moins deux éléments rayonnants élémentaires de

- plusieurs types, les éléments rayonnants élémentaires d'un premier type de bloc étant séparés d'une première distance égale à la distance qui sépare deux blocs consécutifs de ce type divisée par $2n + 1$ avec $n = 1$, les éléments rayonnants élémentaires d'un second type de bloc étant séparés entre eux d'une distance qui est égale à la distance qui sépare deux blocs consécutifs de ce type divisé par $2n + 1$ avec n entier supérieur ou égal à 2.
- 5
13. Antenne selon une des revendications 8 à 12, caractérisée en ce que les éléments rayonnants élémentaires des blocs sont respectivement alimentés par des sous-réseaux linéaires parallèles entre eux et alimentés eux-mêmes en phase.
- 10
14. Antenne selon une des revendications 8 à 13, caractérisée en ce que chaque élément rayonnant élémentaire est une surface carrée conductrice dont le côté est sensiblement égal à la moitié de la longueur d'onde guidée, dont un coin est relié galvaniquement à la ligne d'alimentation de sous-réseau et dont la diagonale passant par ce point de contact galvanique est perpendiculaire à la direction longitudinale du sous-réseau.
- 15
15. Antenne selon une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que les sous-réseaux sont arrangés selon deux types de sous-réseaux, les sous-réseaux du premier type étant constitués d'éléments rayonnants élémentaires qui rayonnent en opposition de phase, les sous-réseaux de second type étant constitués de blocs comprenant au moins deux éléments rayonnants élémentaires rayonnant des champs en opposition de phase d'un élément au suivant, la distance entre deux éléments rayonnants élémentaires voisins d'un même bloc étant sensiblement égale à la distance entre deux blocs voisins d'un même sous-réseau, les sous-réseaux de second type étant alimentés de manière déphasée de plus ou moins 90° par rapport aux sous-réseaux du premier type.
- 20
16. Antenne selon la revendication 15, caractérisée en ce que chaque sous-réseau de second type est constitué de deux sous-réseaux linéaires symétriques l'un de l'autre et décalés longitudinalement l'un par rapport à l'autre d'une distance égale à la distance qui sépare deux éléments rayonnants élémentaires de chacun de ces sous-réseaux.
- 25
17. Antenne selon la revendication 15 ou 16, caractérisée en ce que chaque élément rayonnant des sous-réseaux du premier type et chaque élément rayonnant élémentaire des sous-réseaux du second type sont constitués par une surface carrée conductrice dont le côté est sensiblement égal à la moitié de la longueur d'onde guidée, dont le coin est relié galvaniquement à la ligne d'alimentation de sous-réseau et dont la diagonale qui passe par ce point de contact galvanique est perpendiculaire à la direction longitudinale du sous-réseau.
- 30
- 35
18. Antenne selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'alimentation des sous-réseaux est arrangée selon une configuration en étoile.
- 40
19. Antenne selon une des revendications 1 à 17, caractérisée en ce que l'alimentation des sous-réseaux est arrangée selon une configuration arborescente.
- 45
20. Antenne selon une des revendications 1 à 17, caractérisée en ce que les sous-réseaux sont divisés en groupes de sous-réseaux alimentés selon une configuration en étoile, les groupes étant alimentés selon une configuration arborescente.

Patentansprüche

- 50
1. Mikrowellenplattenantenne, insbesondere für Dopplerradar, beispielsweise mit Janus-Aufbau, gebildet durch eine Vielzahl von linearen, untereinander parallelen Unternetzen oder durch ein einziges lineares Unternetz, wobei jedes Unternetz durch eine Vielzahl von strahlenden Elementen gebildet ist, die zu beiden Seiten einer Speiseleitung des Unternetzes angeordnet sind, und wobei die Unternetze in Phase gespeist sind und die Länge der Speiseleitung des Unternetzes zwischen zwei benachbarten Elementen ein ganzzahliges Vielfaches der Länge einer geführten Welle auf dem Substrat der gedruckten Schaltung ist, auf der die strahlenden Elemente gedruckt sind und die der Arbeitsfrequenz der Antenne entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen desselben Unternetzes die Speiseleitung des Unternetzes wenigstens eine Krümmung darstellt, wobei der auf eine zu
- 55

der Querrichtung des Unternetzes projizierte Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden strahlenden Elementen desselben Unternetzes unter ihnen kleiner ist als die Abmessung der Elemente in dieser Richtung.

- 5 **2.** Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strahlenden Elemente desselben Unternetzes entlang der Längsrichtung des Unternetzes ausgerichtet sind.

- 10 **3.** Antenne nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen desselben Unternetzes die Speiseleitung zwei Leiterstücke aufweist, die parallel zu der Längsrichtung des Unternetzes verlaufen und jeweils mit den Elementen verbunden sind, und deren freie Enden über ein drittes Leiterstück verbunden sind, das einen bestimmten Winkel mit den beiden ersten bildet.

- 15 **4.** Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen desselben Unternetzes die Speiseleitung des Unternetzes die Form eines "S" mit zwei äußeren Leiterstücken darstellt, die jeweils mit den Elementen und einem mittleren Leiterstück verbunden sind, wobei die Leiterstücke parallel zu der Längsrichtung des Unternetzes und zwei Leiterstücken verlaufen, die im wesentlichen senkrecht zu den drei ersten Leiterstücken verlaufen und die das freie Ende eines äußeren Leiterstücks mit dem entsprechenden Ende des mittleren Leiterstücks verbinden.
- 20 **5.** Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens die Krümmung, die die Leitung zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen desselben Unternetzes bildet, im wesentlichen den gleichen Abstand von den beiden strahlenden Elementen hat.

- 25 **6.** Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Längsabstand zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen desselben Unternetzes zur Bestimmung seines Trennwinkels eingestellt ist.

- 30 **7.** Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes strahlende Element eine quadratische leitende Oberfläche ist, deren Seitenlänge im wesentlichen gleich der Hälfte der Führungswellenlänge ist, dessen eine Ecke galvanisch mit der Speiseleitung des Unternetzes verbunden ist und dessen durch den Punkt des galvanischen Kontaktes verlaufende Diagonale senkrecht zu der Längsrichtung des Unternetzes verläuft.

- 35 **8.** Antenne nach einem der Ansprüche 1 - 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes strahlende Element durch einen Block gebildet ist, der wenigstens zwei elementare strahlende Elemente enthält, die alle zueinander in Phase ausstrahlen.

- 40 **9.** Antenne nach einem der Ansprüche 1 - 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes strahlende Element durch einen Block gebildet ist, der wenigstens zwei bestimmte elementare strahlende Elemente enthält, die gegenüber den anderen desselben Blocks mit entgegengesetzter Phase ausstrahlen.

- 45 **10.** Antenne nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elementaren strahlenden Elemente jedes Blocks in der Anzahl zwei sind.

- 50 **11.** Antenne nach einem der Ansprüche 8 - 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der auf die Längsrichtung des Unternetzes projizierte Abstand, der die beiden elementaren Elemente jedes Blocks trennt, gleich dem Abstand ist, der zwei Blöcke desselben Unternetzes trennt, geteilt durch $2n+1$, wobei n eine ganze positive Zahl ist.

- 55 **12.** Antenne nach einem der Ansprüche 8 - 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie als strahlende Elemente in jedem Unternetz Blöcke mit wenigstens zwei elementaren strahlenden Elementen mehrerer Typen enthält, wobei die elementaren strahlenden Elemente eines ersten Blocktyps um einen ersten Abstand voneinander getrennt sind, der gleich dem Abstand ist, der zwei aufeinanderfolgende Blöcke dieses Typs trennt, geteilt durch $2n+1$ mit $n=1$, und wobei die elementaren strahlenden Elemente eines zweiten Blocktyps voneinander durch einen Abstand getrennt sind, der gleich ist dem Abstand, der zwei aufeinanderfolgende Blöcke dieses Typs trennt, geteilt durch $2n+1$, wobei n eine ganze Zahl oberhalb oder gleich 2 ist.

13. Antenne nach einem der Ansprüche 8 - 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elementaren strahlenden Elemente der Blöcke jeweils durch lineare Unternetze eingespeist sind, die untereinander parallel und zueinander in Phase gespeist sind.
- 5 14. Antenne nach einem der Ansprüche 8 - 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes elementare strahlende Element eine quadratische leitende Oberfläche ist, deren Seitenlänge im wesentlichen gleich der Hälfte der Führungswellenlänge ist, deren eine Ecke galvanisch mit der Speiseleitung des Unternetzes verbunden ist und deren durch den Punkt des galvanischen Kontaktes verlaufende Diagonale senkrecht zu der Längsrichtung des Unternetzes verläuft.
- 10 15. Antenne nach einem der Ansprüche 1 - 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Unternetze in zwei Typen von Unternetzen angeordnet sind, wobei die Unternetze vom ersten Typ durch elementare strahlende Elemente gebildet sind, die mit entgegengesetzter Phase strahlen, und die Unternetze vom zweiten Typ durch Blöcke gebildet sind, die wenigstens zwei elementare strahlende Elemente enthalten, die Felder mit von einem zum folgenden Element entgegengesetzter Phase ausstrahlen, daß der Abstand zwischen zwei benachbarten elementaren strahlenden Elementen desselben Blocks etwa gleich ist dem Abstand zwischen zwei benachbarten Blöcken desselben Unternetzes und daß die Unternetze des zweiten Typs mit einer Phasenverschiebung von mehr oder weniger 90° bezüglich der Unternetze des ersten Typs eingespeist sind.
- 15 20 16. Antenne nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes Unternetz des zweiten Typs durch zwei lineare Unternetze gebildet ist, die zueinander symmetrisch und in Längsrichtung gegeneinander um einen Abstand versetzt sind, der gleich dem Abstand ist, der zwei elementare strahlende Elemente jedes der Unternetze voneinander trennt.
- 25 30 17. Antenne nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes strahlende Element der Unternetze des ersten Typs und jedes elementare strahlende Element der Unternetze des zweiten Typs durch eine quadratische leitende Oberfläche gebildet sind, deren Seitenlänge im wesentlichen gleich der Hälfte der Führungswellenlänge ist, deren Ecke galvanisch mit der Speiseleitung des Unternetzes verbunden ist, und deren durch den Punkt des galvanischen Kontaktes verlaufende Diagonale senkrecht zu der Längsrichtung des Unternetzes verläuft.
18. Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einspeisung der Unternetze sternförmig angeordnet ist.
- 35 19. Antenne nach einem der Ansprüche 1 - 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einspeisung der Unternetze gemäß einer baumförmigen Struktur angeordnet ist.
- 40 20. Antenne nach einem der Ansprüche 1 - 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Unternetze in Gruppen von Unternetzen aufgeteilt sind, die gemäß einer sternförmigen Struktur eingespeist sind, und daß die Gruppen gemäß einer baumförmigen Struktur eingespeist sind.

Claims

- 45 1. Micro-wave plate antenna, especially for Doppler radar, for example, of the type with a Janus configuration, made up of a plurality of linear sub-networks parallel among themselves, or of a single linear sub-network, each sub-network being constituted of a plurality of radiating elements located on each side of a feed line of the sub-network, the sub-networks being fed in phase, the length of the feed line of the sub-network is, between two neighboring elements, a whole multiple of the length of the wave guided over the substratum of the printed circuit on which are printed the radiating elements, and that corresponds to the frequency of operation of the antenna, characterized in that between two neighboring radiating elements of a same sub-network, the feed line of the sub-network shows at least one bend, so that the distance projected over an axis parallel to the transverse direction of the sub-network between two consecutive radiating elements of a same sub-network is shorter than the dimension of these elements in that direction.
- 50 55 2. An antenna according to Claim 1., characterized in that the radiating elements of a same sub-network are lined up in the longitudinal direction of the sub-networks.

3. An antenna according to Claim 1 or 2, characterized in that between two neighboring radiating elements of a same sub-network, the feed line has two line sections parallel to the longitudinal direction of the sub-network and respectively connected to said elements and, connecting their free ends, a third line section that forms a certain angle with the first two.
- 5 4. An antenna according to one of the preceding claims, characterized in that, between two neighboring radiating elements belonging to a same sub-network, the feed line of the sub-network has the shape of an "S" with two end line sections respectively connected to said elements, and a central line section, these sections being parallel to the longitudinal direction of the sub-network, and two line sections approximately perpendicular to the first three sections and that connect the free end of an end line section to the corresponding end of the central line section.
- 10 5. An antenna according to one of the preceding claims, characterized in that at least the elbow formed by the line between two neighboring elements of a same sub-network is approximately equal to the distance between the above-mentioned radiating elements.
- 15 6. An antenna according to one of the preceding claims, characterized in that the longitudinal distance between two neighboring radiating elements of a same sub-network is adjusted to determine its unwinding angle.
- 20 7. An antenna according to one of the preceding claims, characterized in that each radiating element is a conducting square surface the side of which is approximately equal to one half the length of the guided wave, one corner of which is galvanically connected to the feed line of the sub-network and the diagonal of which that passes by that point of galvanic contact is perpendicular to the longitudinal direction of the sub-network.
- 25 8. An antenna according to one of Claims 1. to 6., characterized in that each radiating element is constituted by a block that comprises at least two elementary radiating elements that all emit in phase relative to one another.
- 30 9. An antenna according to one of Claims 1 to 6, characterized in that each radiating element is constituted by a block that comprises at least two elementary radiating element, some of them emitting in opposition of phase relative to the others of the same block.
- 35 10. An antenna according to Claim 8 or 9., characterized in that the elementary radiating elements of each block are two in number.
- 40 11. An antenna according to one of Claims 8 to 10, characterized in that the distance projected on the longitudinal direction of the sub-network, that separates the two elementary elements of each block, is equal to the distance that separates two blocks of a same sub-network divided by $2n + 1$, n being a whole positive number.
- 45 12. An antenna according to one of Claims 8 to 11, characterized in that it comprises, as radiating elements in each sub-network, blocks with at least two elementary radiating elements of several types, the elementary radiating elements of a first type of block being separated by a first distance equal to the distance that separates two consecutive blocks of that type divided by $2n + 1$, with $n = 1$, the elementary radiating elements of a second type of block being separated between them by a distance that is equal to the distance that separates two consecutive blocks of that type divided by $2n + 1$, with n being integer equal to or greater than 2.
- 50 13. An antenna according to one of Claims 8 to 12, characterized in that the elementary radiating elements of the blocks are respectively fed by two linear sub-networks parallel between them and themselves fed in phase.
- 55 14. An antenna according to one of Claims 8 to 13, characterized in that each elementary radiating element is a square conducting surface the side of which is approximately equal to one half the length of the guided wave, one corner of which is galvanically connected to the feed line of the sub-network and the diagonal of which that passes by that galvanic point is perpendicular to the longitudinal direction of the sub-network.
15. An antenna according to one of Claims 1 to 7, characterized in that the sub-networks are arranged ac-

5 cording to two types of sub-networks, the sub-networks of the first type being made up of radiating elements that radiate in opposition of phase, the sub-networks of the second type being made up of blocks comprising at least two elementary radiating elements that radiate fields in opposition of phase from one element to the next, the distance between two neighboring elementary radiating elements of a same block being approximately equal to the distance between two neighboring blocks of a same sub-network, the sub-network of the second type being fed with a dephasing of more or less 90 degrees relative to the sub-networks of the first type.

10 16. An antenna according to Claim 15, characterized in that each sub-network of the second type is made up of two linear sub-networks, symmetrical relative to each other and longitudinally shifted, relative to the other, by a distance equal to the distance that separates two elementary radiating elements of each one of these sub-networks.

15 17. An antenna according to Claims 15 or 16, characterized in that each radiating element of the sub-networks of the first type and each elementary radiating element of the sub-networks of the second type are constituted by a conducting square surface the side of which is approximately equal to one half the length of a guided wave, the corner of which is galvanically connected to the feed line of the sub-network and in which the diagonal that passes by that point of galvanic contact is perpendicular to the longitudinal direction of the sub-network.

20 18. An antenna according to one of the preceding claims, characterized in that the feed of the sub-networks is arranged in a star-shaped configuration.

25 19. An antenna according to one of Claims 1 to 17, characterized in that the feed of the sub-networks is arranged in an arborescent configuration.

30 20. An antenna according to one of Claims 1 to 17, characterized in that the sub-networks are divided into groups of sub-networks, each sub-network being fed by a star-shaped configuration, each group being fed according to an arborescent configuration.

35

40

45

50

55

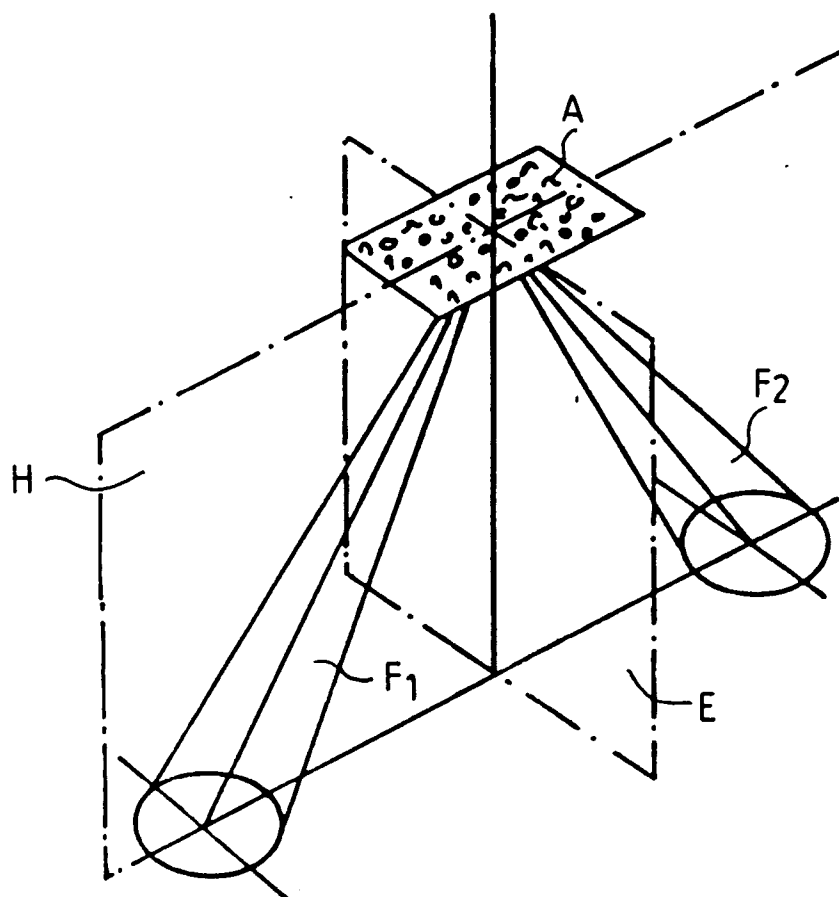


FIG.1

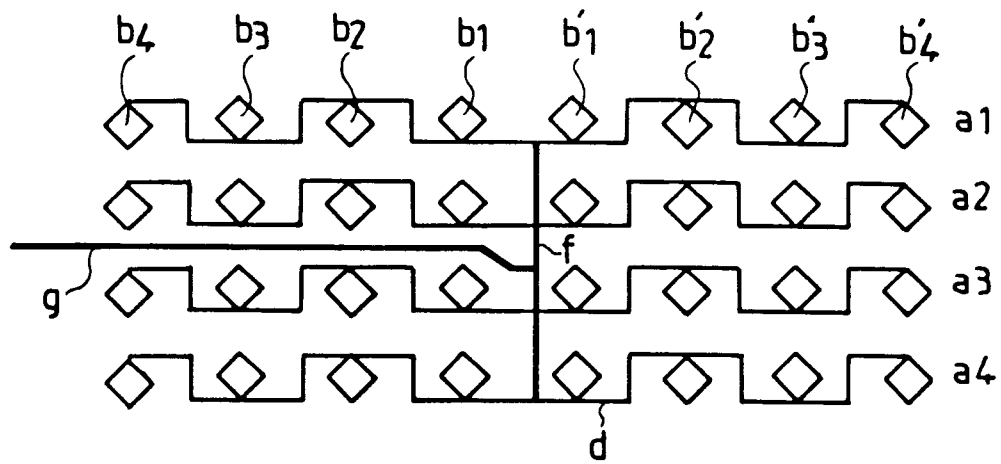


FIG. 2a

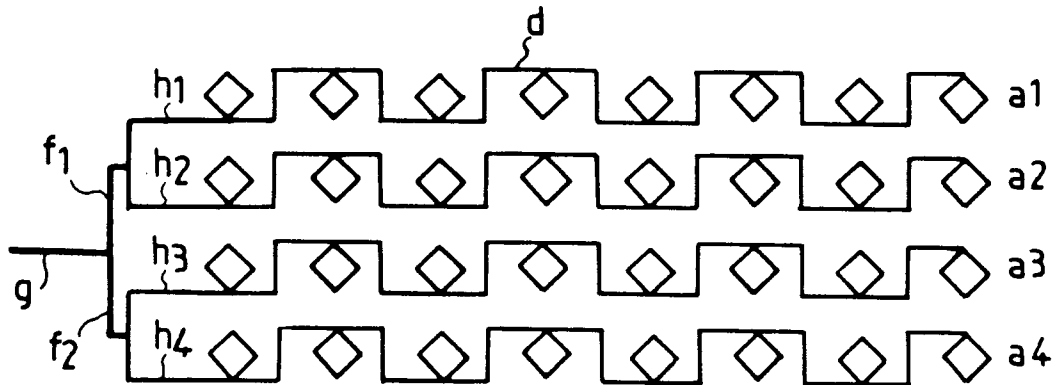


FIG. 2b

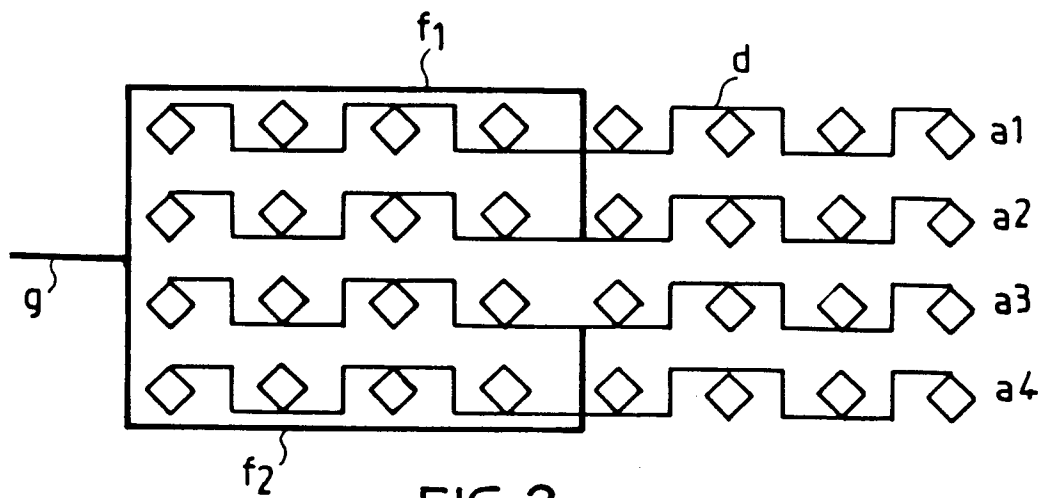


FIG. 2c

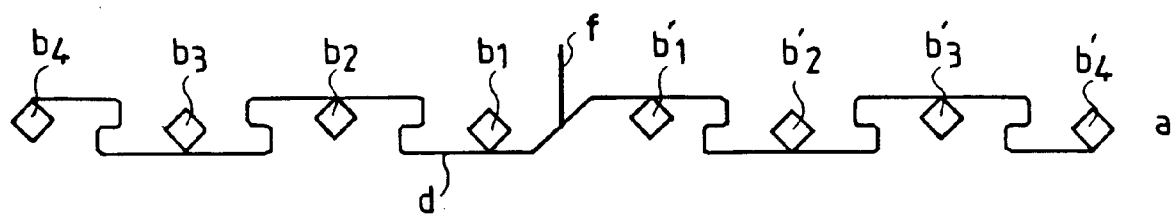


FIG. 3

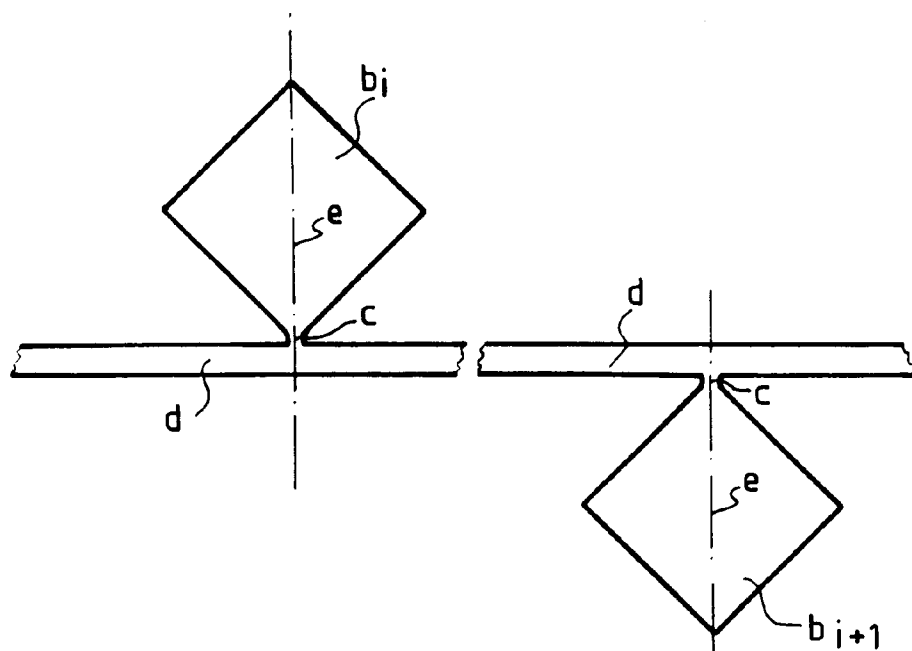


FIG. 4

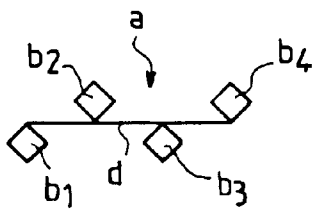


FIG. 5a

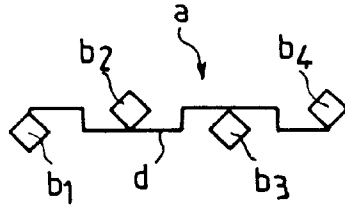


FIG. 5b

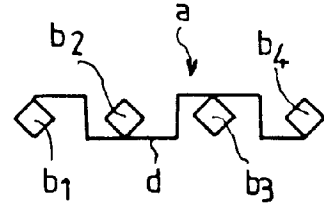


FIG. 5c

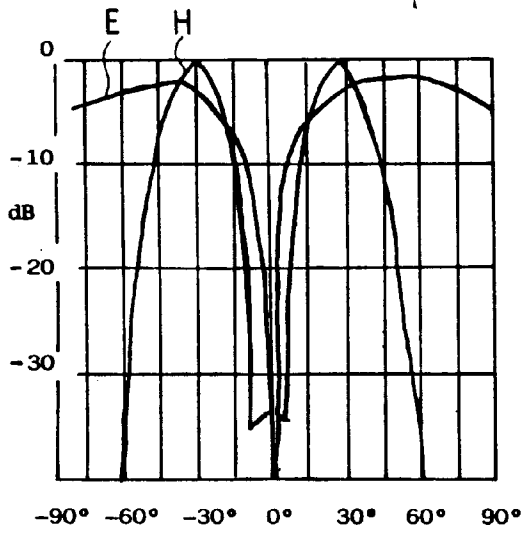


FIG. 6a

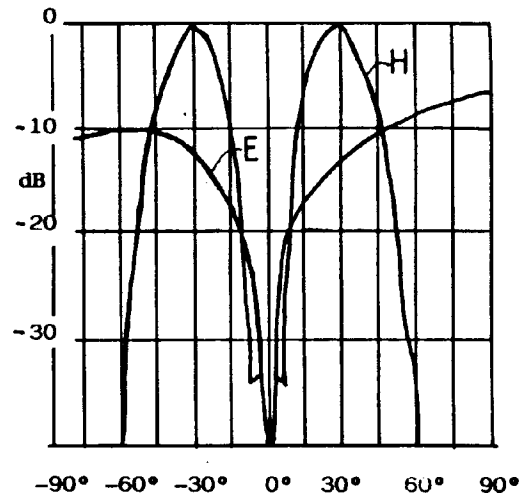


FIG. 6b

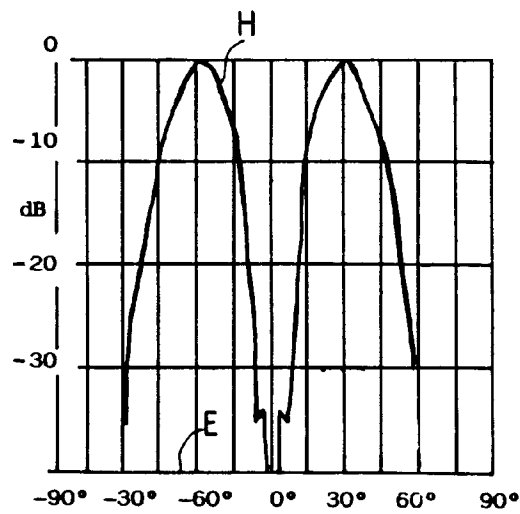


FIG. 6c

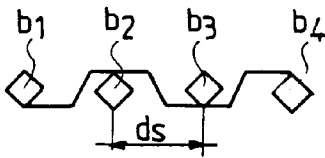


FIG. 7a

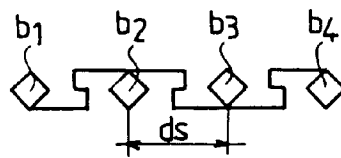


FIG. 7b

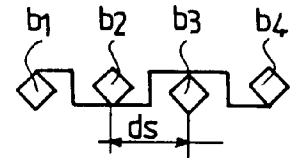


FIG. 7c

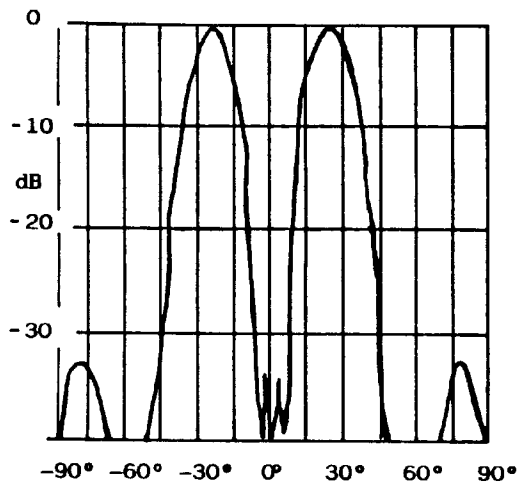


FIG. 8a

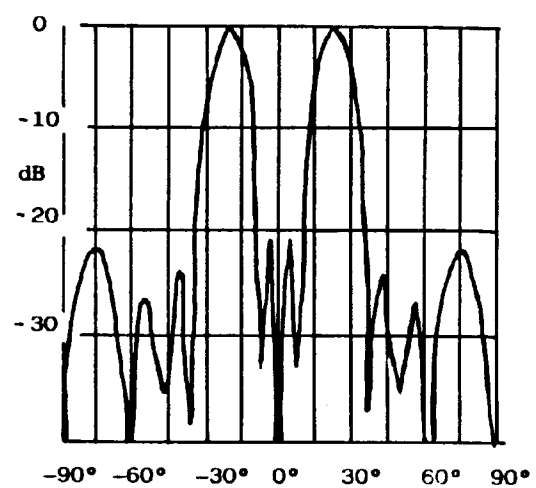


FIG. 8b

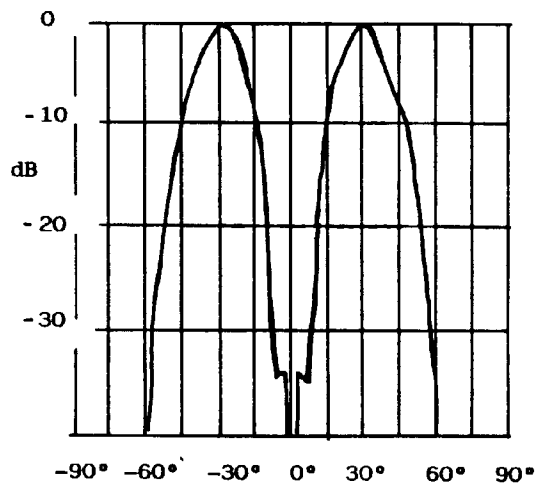


FIG. 8c

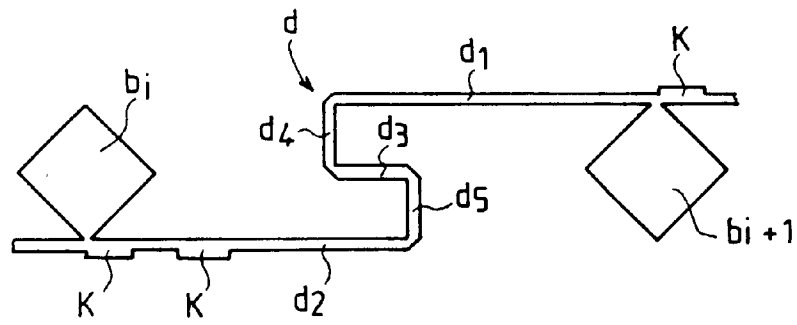


FIG.9

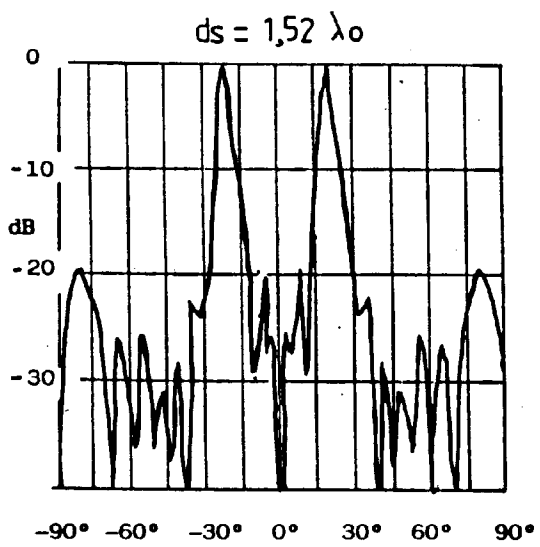


FIG.10a

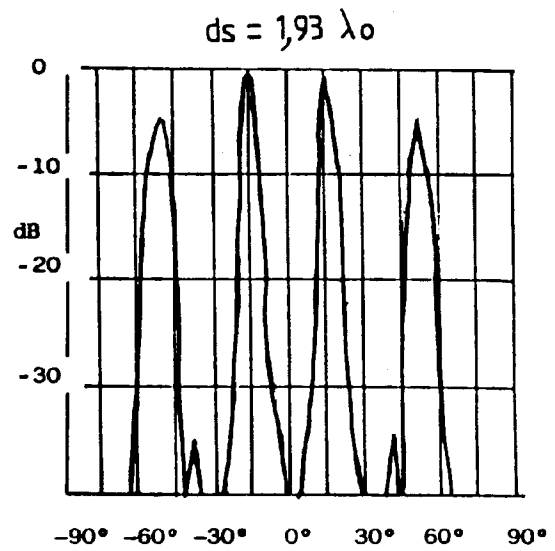


FIG.10b

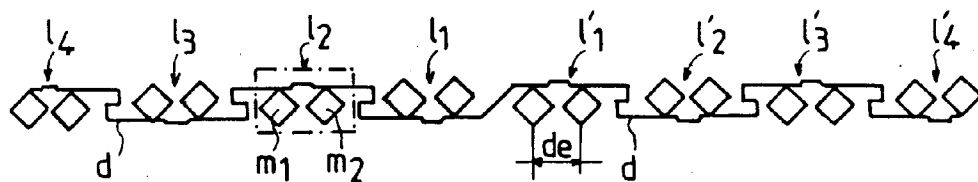


FIG.11a

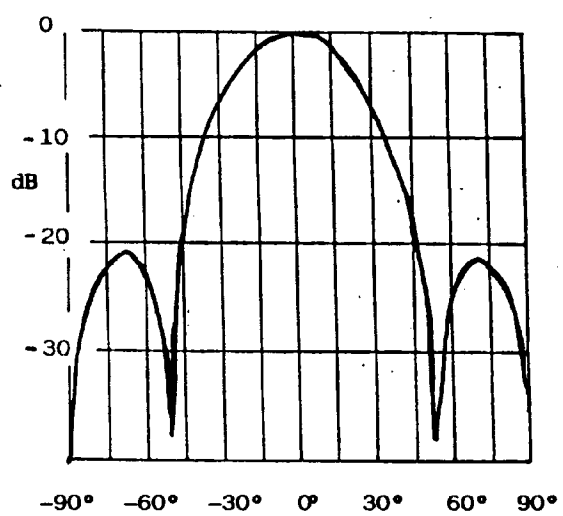


FIG.11b

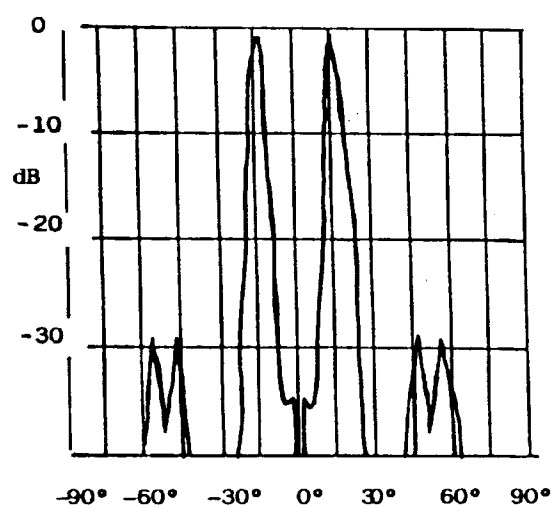


FIG.11c

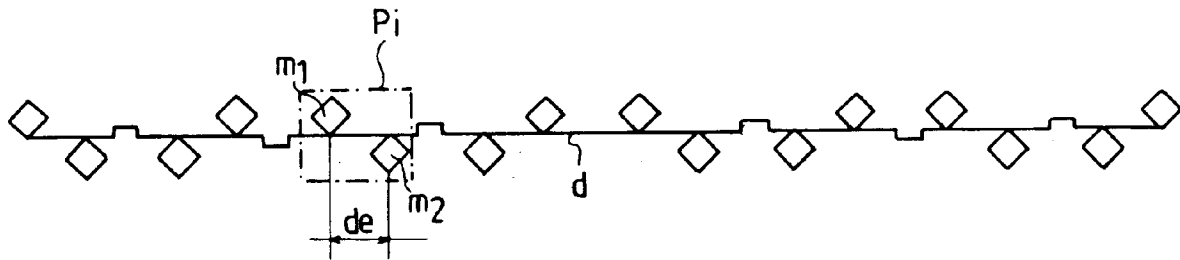


FIG. 12a

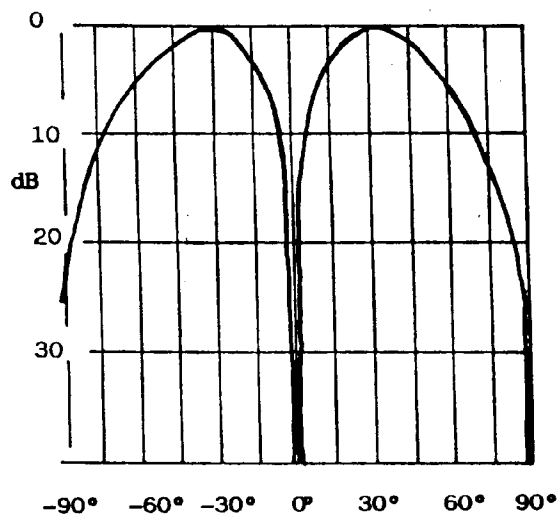


FIG. 12b

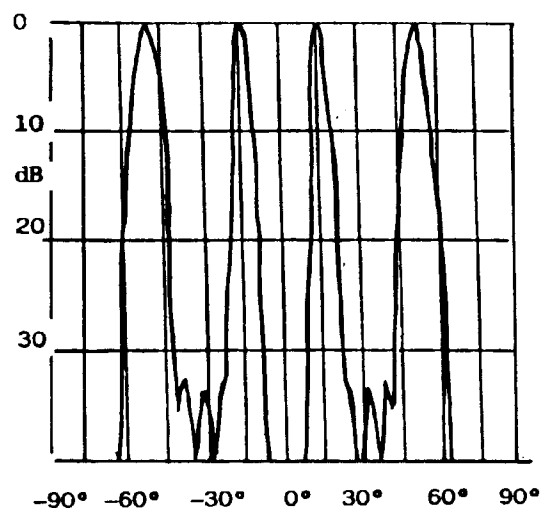


FIG. 12c

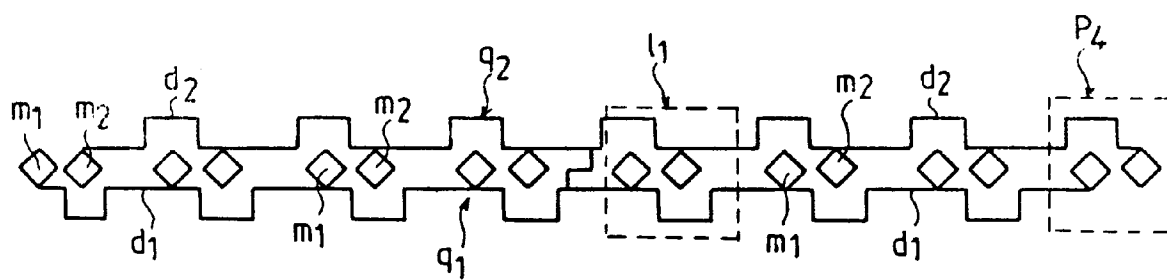


FIG. 13

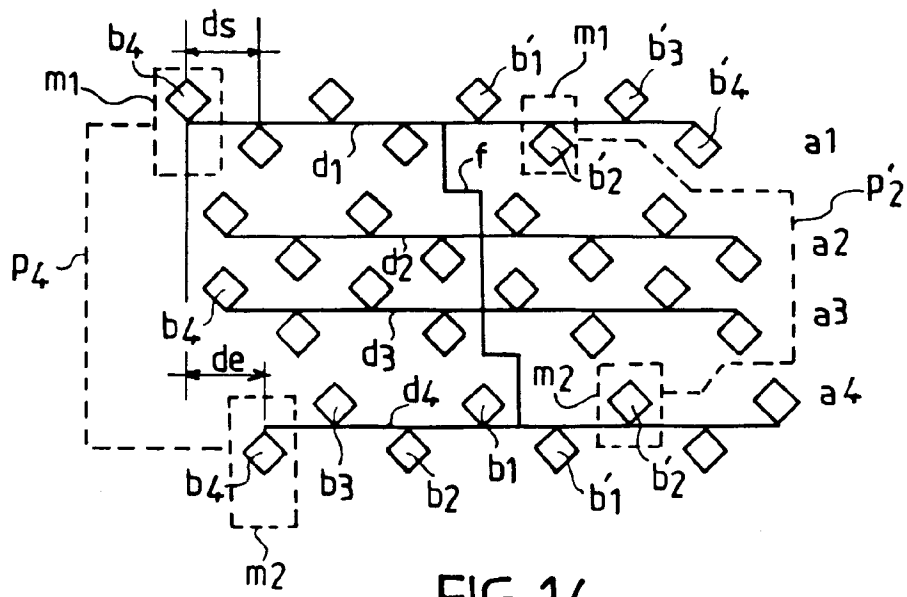


FIG. 14

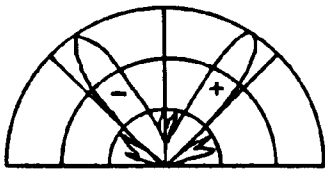


FIG. 15a

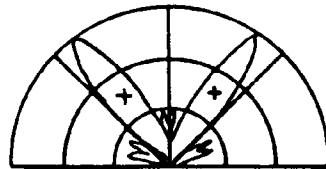


FIG. 15b

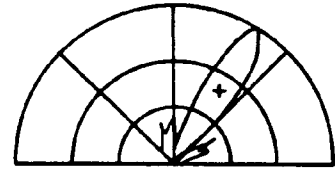


FIG. 15c

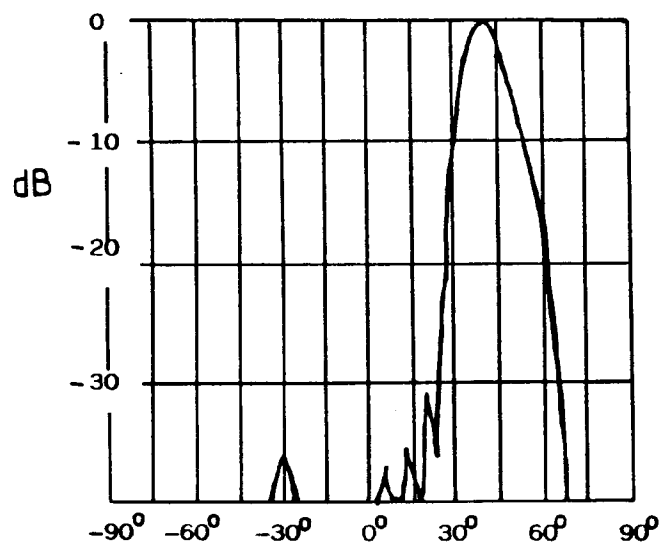


FIG. 16