

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

**0 014 605
B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45)

Date de publication du fascicule du brevet:
23.02.83

(51)

Int. Cl.³: **H 01 Q 3/01, H 01 Q 25/00,
H 01 Q 19/195**

(21)

Numéro de dépôt: **80400037.0**

(22)

Date de dépôt: **11.01.80**

(54)

Antenne Cassegrain inversée pour radar à fonctions multiples.

(30)

Priorité: **02.02.79 FR 7902768**

(43)

Date de publication de la demande:
20.08.80 Bulletin 80/17

(45)

Mention de la délivrance du brevet:
23.02.83 Bulletin 83/8

(84)

Etats contractants désignés:
DE GB IT

(56)

Documents cités:
**DE-B-1 296 221
FR-A-2 394 186
US-A-3 092 834
US-A-3 161 879
US-A-3 254 342
US-A-3 771 160
US-A-3 866 233
ANTENNA ENGINEERING HANDBOOK pp. 25-11, 25-12-
Henry Jasik-McGraw Hill 1961.**

(73)

Titulaire: **THOMSON-CSF, 173, Boulevard Haussmann,
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

(72)

Inventeur: **Commault, Yves, "THOMSON-CSF" -
SCPI 173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)**
Inventeur: **Gautier, François, "THOMSON-CSF" -
SCPI 173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)**
Inventeur: **Pierrot, Robert, "THOMSON-CSF" -
SCPI 173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)**

(74)

Mandataire: **Eisenbeth, Jacques Pierre et al,
THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann,
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

EP 0 014 605 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).

Antenne Cassegrain inversée pour radar à fonctions multiples.

La présente invention a pour objet une antenne «Cassegrain» inversée destinée à être utilisée en veille ou en poursuite et pouvant fournir un faisceau élargi soit dans le plan de site visualisation au sol soit dans le plan gisement (anticollision) tout en conservant les qualités d'un faisceau primaire fin.

L'antenne Cassegrain inversée est connue et a par exemple été décrite dans le brevet américain US 3 771 160 qui concerne une antenne Cassegrain inversée à rotation de polarisation. L'antenne décrite dans ce brevet comprend un réflecteur auxiliaire plan constitué par une pluralité de réseaux de fils conducteurs parallèles et par une plaque métallique, la plaque et les réseaux de fils étant parallèles et séparés par un diélectrique. Elle fonctionne à au moins deux fréquences mais ne peut pas être utilisée en association avec un radar à fonctions multiples, veille ou poursuite.

Dans un radar à fonctions multiples il est en effet souhaitable que le faisceau émis par l'antenne ait une forme adaptée, à un moment donné, à la fonction pour laquelle il est utilisé. Ceci a déjà été réalisé sur des antennes simples, par commutation de sources primaires ou par modification de la forme de l'antenne. Mais ce moyen d'adaptation d'une antenne aux différentes fonctions d'un radar ne donne pas de bons résultats dans le cas d'une antenne «Cassegrain» inversée. En effet, les performances de l'antenne Cassegrain sont réduites si l'on multiplie les sources primaires de cette antenne ou si l'on déforme le réflecteur parabolique, ce qui oblige à modifier le dispositif de focalisation du faisceau.

Un moyen avantageux pour réaliser une antenne Cassegrain inversée, à fonctions multiples, est de modifier la forme du miroir à rotation de polarisation dont elle est munie.

Suivant l'invention, une antenne Cassegrain inversée permettant d'élargir, pendant le fonctionnement, le faisceau dans un plan, associée à un radar à fonctions multiples et comprenant une source primaire d'ondes électromagnétiques H.F. à polarisation rectiligne, un réflecteur primaire galbé ayant un axe de révolution et destiné à réfléchir les ondes issues directement de la source primaire et à transmettre sélectivement les ondes électromagnétiques ayant une polarisation rectiligne croisée, la source primaire étant disposée sensiblement au foyer de ce réflecteur primaire et un miroir à rotation de polarisation assurant le renvoi vers le réflecteur primaire du rayonnement réfléchi ayant subi une rotation de son plan de polarisation, est caractérisée en ce que ce miroir à rotation de polarisation est formé de plusieurs éléments réflecteurs-polariseurs plans, articulés les uns par rapport aux autres par des charnières parallèles, orthogonales au plan désiré d'élargissement du faisceau de l'antenne et en ce que ces éléments sont associés à des moyens de commande de leur positionnement relatif.

L'invention sera mieux comprise et d'autres ca-

ractéristiques apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins qui l'accompagnent et sur lesquels:

– la figure 1 représente une antenne Cassegrain inversée à miroir plan polariseur de type classique;

– la figure 2 représente un exemple de réalisation d'une antenne Cassegrain inversée, suivant l'invention;

– les figures 3 et 4 montrent respectivement une vue de profil et de face du miroir utilisé dans la figure 2;

– les figures 5 et 6 montrent respectivement les vues de profil et de face d'un autre exemple de réalisation d'un miroir utilisé dans une antenne suivant l'invention;

– la figure 7 montre un détail de réalisation d'un miroir à rotation de polarisation suivant l'invention;

– la figure 8 montre les caractéristiques d'un faisceau large obtenu avec une antenne suivant l'invention;

– la figure 9 montre respectivement en a et b un mode de réalisation particulier d'un miroir à rotation de polarisation selon l'invention.

Une antenne Cassegrain inversée, de type connu, comporte, comme le montre la figure 1, une source S primaire destinée à émettre des ondes électromagnétiques haute fréquence, un réflecteur R_1 primaire parabolique, d'axe xx de révolution, réfléchissant le rayonnement de la source S primaire et transmettant sélectivement le rayonnement ayant une polarisation rectiligne croisée, et un réflecteur auxiliaire R_2 (ou miroir) à rotation de polarisation, de forme plane, l'ensemble constituant un système focalisant. La source S primaire a pour rôle, à l'émission, d'illuminer le système focalisant avec une onde électromagnétique à polarisation rectiligne (polarisation horizontale par exemple), rayonnant un diagramme de révolution d'amplitude, de phase et de polarisation bien définies et stables dans la bande de fréquence utilisée, et, à la réception, de recueillir dans les meilleures conditions, l'énergie fournie par l'écho et concentrée par le système focalisant au voisinage de son foyer F, sous forme d'un diagramme de diffraction.

En fonctionnement, la source S primaire (figure 1) disposée au foyer F du réflecteur R_1 parabolique émet un rayonnement à polarisation linéaire (horizontale) qui est totalement réfléchi par le réflecteur R_1 parabolique, l'angle formé par le rayon incident avec le rayon réfléchi étant égal à l'angle du rayon incident avec l'axe xx du réflecteur R_1 . Les rayons réfléchis, parallèles à l'axe xx, sont reçus par le réflecteur R_2 auxiliaire (ou miroir), et réfléchis, après une rotation de $\pi/2$ de leur plan de polarisation (la polarisation horizontale de l'onde incidente est transformée en polarisation verticale), vers le réflecteur R_1 parabolique laissant passer le rayonnement ayant un plan de

polarisation vertical, le faisceau issu de l'antenne étant alors un faisceau sensiblement parallèle.

Dans un exemple de réalisation, une antenne Cassegrain inversée suivant l'invention comprend, comme le montre la figure 2, une source S primaire, un réflecteur R primaire parabolique, réfléchissant le rayonnement primaire issu de la source S et pouvant transmettre sélectivement le rayonnement ayant une polarisation rectiligne croisée, cette source S étant sensiblement disposée au foyer F du réflecteur R primaire, un miroir M_1 à rotation de polarisation formé de deux éléments e_1 , e_2 réflecteurs-polariseurs de forme plane, réunis par une charnière c_1 permettant leur articulation. La charnière C_1 est disposée selon une direction perpendiculaire au plan d'élargissement du faisceau, à savoir dans le cas de la figure 2 le plan de symétrie de l'antenne, confondu avec le plan de la figure.

Ces éléments réflecteurs-polariseurs e_1 , e_2 peuvent être de façon connue (figure 7), constitués d'une plaque P métallique et d'une nappe N de fils parallèles inclinés à 45° par rapport à la direction de la polarisation rectiligne incidente, cette nappe N étant disposée à $k\lambda/4$ de la plaque P, k étant un nombre entier impair et λ la longueur d'onde de fonctionnement de l'antenne. En fonctionnement, une onde incidente O_1 à polarisation rectiligne horizontale, peut être considérée comme la superposition de deux ondes composantes équiphasées O'_1 et O''_1 dont les plans de polarisation sont inclinés à 45° par rapport au plan de polarisation de l'onde incidente O_1 , la première composante O'_1 étant parallèle aux fils de la nappe N et la seconde composante O''_1 étant perpendiculaire à ces fils. La première composante O'_1 est donc réfléchiée par les fils alors que la seconde composante O''_1 traverse la nappe N après avoir parcouru un chemin égal à $2k\lambda/4$, soit un chemin égal à $k\lambda/2$. A ce moment, la seconde composante O''_2 réfléchiée est donc déphasée de π par rapport à la première composante O'_2 réfléchiée et la combinaison des deux composantes crée alors une onde O_2 à polarisation verticale qui pourra traverser le réflecteur parabolique laissant passer les rayonnements à polarisation verticale et réfléchissant les rayonnements à polarisation horizontale. On peut également utiliser des systèmes à lames métalliques parallèles également inclinées à 45° par rapport à la direction de polarisation incidente du rayonnement pour réaliser ces éléments réflecteurs-polariseurs sans sortir du cadre de la présente invention.

La réalisation du réflecteur R parabolique est connue en soi. Ce réflecteur R peut être constitué par exemple d'une nappe de fils horizontaux lorsque la polarisation rectiligne de l'onde incidente issue de la source S primaire est horizontale.

Dans un exemple de réalisation de l'antenne Cassegrain inversée, suivant l'invention, le miroir M_1 comporte, comme le montrent les figures 2 et 3, une charnière C_1 située au tiers du diamètre du miroir et perpendiculaire au plan vertical de symétrie de l'antenne représenté par le plan de la figure 2. Dans la suite de la description, nous désigne-

rons par D le diamètre perpendiculaire aux charnières et par D' le diamètre parallèle aux charnières. L'élément e_2 , qui est l'élément le plus petit, est incliné d'un angle α de 7° environ par rapport à l'élément e_1 . Un tel miroir M_1 permet une couverture en site présentant une décroissance du gain obéissant sensiblement à une loi en cosécante carrée, telle que le niveau à -17 dB soit atteint à 20° de l'axe au lieu des 5° obtenues avec un faisceau fin conventionnel (figure 8). Les caractéristiques du faisceau sont en outre conservées pour toute orientation du miroir M_1 et sont peu sélectives en fréquence.

Les éléments e_1 , e_2 du miroir M_1 peuvent présenter des inclinaisons relatives dans un sens ou dans l'autre. Le mouvement de ces éléments e_1 , e_2 autour de la charnière C_1 et leur immobilisation dans une position déterminée sont obtenus dans l'antenne suivant l'invention, au moyen d'un dispositif de commande 20 destiné à être actionné au cours du fonctionnement du radar.

Le dispositif de télécommande 20 est représenté uniquement, à titre d'exemple non limitatif, sur la figure 2 afin de ne pas surcharger les dessins et afin de permettre une meilleure compréhension de ces derniers. Le dispositif de commande 20 est, par exemple, constitué par un moteur solidaire du miroir M_1 dont l'axe 201 est constitué par une vis sans fin munie d'un curseur 202 entraîné par la vis sans fin 201 en translation δ suivant la direction du miroir M_1 dans le plan de la figure 2. Le curseur mobile 202 est muni d'un index 203 mobile selon une direction γ perpendiculaire à la direction de translation δ du curseur et entraîné dans cette direction par un système d'engrenage. L'index mobile 203 a une de ses extrémités engagées dans une glissière disposée au dos de la surface réfléchissante de l'élément réflecteur polariseur e_2 . La glissière, pour raisons de simplification, n'est pas représentée figure 2. Le moteur 20 est commandé par des signaux de commande au niveau d'une entrée de commande 200. Ainsi à chaque position angulaire de l'arbre moteur correspond une valeur $\Delta\delta$, $\Delta\gamma$ représentative d'un angle α . Tout autre moyen de commande équivalent de l'élément réflecteur e_2 ne sort pas du cadre de la présente invention.

Ce miroir M_1 permet donc de renvoyer sur le réflecteur R (figure 2) parabolique des rayons ayant des angles de réflexion différents suivant l'élément e_1 ou e_2 vers lequel ils tombent. On peut donc considérer qu'il existe deux pupilles rayonnantes ayant des distributions d'amplitudes complexes légèrement différentes qui coopèrent pour former dans l'espace le faisceau désiré.

Un calcul simple permet de déterminer la loi de phase dans le cas du miroir M_1 à deux éléments e_1 , e_2 (figure 3).

En fait, l'articulation c_1 introduit une loi de phase linéaire proportionnelle à l'angle α que font entre eux les éléments e_1 et e_2 . Si Y_0 est la distance de la charnière c_1 à l'axe xx de l'antenne et D le diamètre du miroir M_1 , la loi de phase peut s'écrire:

pour $\frac{D}{2} > Y > -Y_0$; $\emptyset = 0$ par convention

et pour: $-Y_0 > Y > -\frac{D}{2}$;

$\emptyset = (Y - Y_0) \frac{2\pi}{\lambda} \sin 2\alpha$ D étant le diamètre du miroir M_2 .

Dans un autre exemple de réalisation de l'antenne suivant l'invention, le miroir polariseur est un miroir M_2 figures 5, 6 formé de trois éléments réflecteurs-polariseurs plans e_{10} , e_{20} , e_{30} articulés autour de deux charnières c_1 , c_2 . Les charnières c_2 , c_2 sont selon les figures 5 et 6 respectivement disposées selon un diamètre D' perpendiculaire au diamètre D et aux deux tiers du diamètre D. Les deux charnières c_1 , c_2 sont perpendiculaires au diamètre D. Un tel miroir M_2 permet de faire fonctionner l'antenne suivant l'invention avec un faisceau fin et des voies monopulses (dans ce cas les éléments e_{10} , e_{20} , e_{30} sont coplanaires), ou avec un faisceau asymétrique pour la visualisation du sol (dans ce cas seuls les éléments e_{10} , e_{20} sont coplanaires, ce qui correspond à une articulation située au tiers du miroir M_2) ou encore avec un faisceau élargi symétrique, l'inclinaison des éléments réflecteurs-polariseurs e_{10} , e_{30} entraînant un élargissement du diagramme de rayonnement dans le plan vertical de symétrie de l'antenne, et possibilité d'utiliser les voies monopulses (miroir M_2 articulé uniquement au centre, e_{20} et e_{30} étant alors coplanaires), ce faisceau élargi pouvant être utilisé pour une veille rapprochée à exploration rapide.

Selon un autre mode de réalisation non limitatif de l'invention, représenté figure 9a et 9b, le miroir polariseur M_2 est constitué de trois éléments réflecteurs-polariseurs e_{10} , e_{20} , e_{30} articulés entre eux par deux charnières c_1 , c_2 symétriques par rapport à un diamètre D' du miroir, perpendiculaire au diamètre D. Un tel miroir de la même manière que précédemment, permet d'obtenir un fonctionnement de l'antenne avec un faisceau fin et des voies «monopulse», c'est-à-dire des voies permettant d'obtenir un signal d'écartométrie d'un écho de cible par rapport à l'axe xx de l'antenne, ou un faisceau large et des voies «monopulse» lorsque les éléments réflecteurs-polariseurs e_{10} , e_{20} , e_{30} sont respectivement coplanaires ou inclinés symétriquement d'un même angle dièdre α par rapport au plan de l'élément e_{20} , et un fonctionnement avec un faisceau élargi asymétrique, tel que représenté figure 8, lorsque les éléments réflecteurs-polariseurs sont inclinés asymétriquement.

La figure 8 représente suivant le plan vertical de symétrie de l'antenne un diagramme de rayonnement en fonction d'une direction θ par rapport à l'axe xx. Un maximum relatif de rayonnement est obtenu dans la direction 2α .

Il convient de noter que dans le cas de voies «monopulse» dans une antenne suivant l'invention, le faisceau élargi asymétrique étant obtenu sur la voie somme, la voie différence formée selon le plan vertical de symétrie de l'antenne perpendi-

culaire aux charnières devient également asymétrique et, de ce fait est inutilisable. Par contre une voie différence formée selon le plan parallèle aux charnières, la symétrie selon ce plan étant conservée, conserve ses propriétés selon ce plan tout en bénéficiant dans l'autre plan d'un élargissement analogue à celui de la voie somme.

Notons encore que les caractéristiques du faisceau émis par l'antenne suivant l'invention sont conservées quelle que soit l'orientation de l'ensemble du miroir (M_1 ou M_2) et sont peu sélectives en fréquence.

Revendications

1. Antenne Cassegrain inversée permettant d'élargir, pendant le fonctionnement, le faisceau dans un plan, associée à un radar à fonction multiples et comprenant une source primaire (S) d'ondes électromagnétiques à polarisation rectiligne, un réflecteur primaire galbé (R_1), ayant un axe de révolution et destiné à réfléchir les ondes issues directement de la source primaire et à transmettre sélectivement les ondes électromagnétiques ayant une polarisation rectiligne croisée, la source primaire (S) étant disposée sensiblement au foyer de ce réflecteur primaire, et un miroir (R_2) à rotation de polarisation assurant le renvoi vers le réflecteur primaire (R_1) du rayonnement réfléchi ayant subi une rotation de son plan de polarisation, caractérisée en ce que ce miroir (R_2) à rotation de polarisation est formé de plusieurs éléments réflecteurs-polariseurs plans (e_1 , e_2) articulés les uns par rapport aux autres par des charnières parallèles (C_1), orthogonales au plan désiré d'élargissement du faisceau de l'antenne et en ce que ces éléments (e_1 , e_2) sont associés à des moyens (20, 202) de commande de leur positionnement relatif.

2. Antenne suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les éléments réflecteurs-polariseurs sont constitués d'une plaque plane métallique (P) devant laquelle est disposée à une distance égale

à $k \frac{\lambda}{4}$ une nappe plane (N) constituée de fils mé-

talliques inclinés à 45° par rapport à la direction de polarisation du rayonnement incident, λ étant la longueur d'onde de fonctionnement de cette antenne et k un nombre entier impair.

3. Antenne suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les éléments réflecteurs-polariseurs sont constitués par des lames métalliques également inclinées à 45° par rapport à la direction de polarisation du rayonnement incident.

4. Antenne suivant revendication 1, caractérisée en ce que les moyens de commande (20) de positionnement relatif des éléments réflecteurs-polariseurs (e_1 , e_2) comportent un moteur solidaire du miroir M_1 et dont l'axe (201) est constitué par une vis sans fin munie d'un curseur mobile (202) entraîné en translation par cette vis sans fin, le curseur mobile (202) étant muni d'un index mobile (203) selon une direction perpendiculaire à la direction de translation du curseur (202), l'index mobile (203) comportant une extrémité engagée

dans une glissière disposée au dos de la surface réfléchissante de l'élément réflecteur-polariseur (C₂).

Patentansprüche

1. Umgekehrte Cassegrain-Antenne, die es gestattet, während des Betriebes das Strahlenbündel in einer Ebene zu erweitern, und die mit einem Mehrzweckradar zusammenwirkt und eine primäre elektromagnetische Strahlenquelle (S) mit geradliniger Polarisation, sowie einen gewölbten primären Reflektor (R1) mit einer Drehachse aufweist, der dazu dient, die direkt von der primären Quelle ausgehenden Strahlen zu reflektieren und selektiv die elektromagnetischen Wellen mit gekreuzter geradliniger Polarisation zu übertragen, wobei die primäre Quelle (S) im Brennpunkt dieses primären Reflektors angeordnet ist, und wobei ein Polarisationsdrehspiegel vorgesehen ist, der die reflektierte Strahlung, deren Polarisationssebene gedreht worden ist, zum primären Reflektor (R2) zurückwirft, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Polarisationsdrehspiegel (R2) aus mehreren ebenen Reflexions-Polarisations-Elementen (e1, e2) besteht, die vermittelt paralleler, in bezug auf die gewünschte Erweiterungsebene des Strahlenbündels der Antenne orthogonale Scharniere (C1) gelenkig miteinander verbunden sind, und dass diese Elemente (e1, e2) mit Steuermitteln (20, 202) zusammenwirken, die die relative Lage der Elemente einstellen.

2. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reflexions-Polarisations-Elemente eine ebene metallische Platte (p) umfassen,

vor welcher in einem Abstand $k = \frac{\lambda}{4}$ ein aus

zur Polarisationsrichtung der einfallenden Strahlung um 45° geneigten metallischen Fäden bestehendes ebenes Vlies (N) angeordnet ist, wobei λ die Betriebswellenlänge dieser Antenne darstellt und k eine ungerade ganze Zahl ist.

3. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reflexions-Polarisations-Elemente aus zur Polarisationsrichtung der einfallenden Strahlung ebenfalls um 45° geneigten metallischen Lamellen bestehen.

4. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (20) zum Einstellen der relativen Lage der Reflexions-Polarisations-Elemente (e1, e2) einen mit dem Spiegel M₁ fest verbundenen Motor aufweisen, dessen Achse aus einer Schnecke besteht, die einen von dieser Schnecke geradlinig angetriebenen beweglichen Läufer (202) besitzt, welcher einen in einer zur Richtung der geradlinigen Bewegung des Läufers

(202) senkrechten Richtung beweglichen Zeiger (203) besitzt, dessen eines Ende in eine an der Rückseite der reflektierenden Fläche des Reflexions-Polarisations-Elementes (e2) angeordnete Gleitführung eingreift.

Claims

1. Reversed Cassegrain aerial for, in operation, widening the beam in a plane, associated with a multiple function radar and comprising a rectilinear polarization electromagnetic waves primary source (S), a curved primary reflector (R1) having an axis of revolution and designed for reflecting waves directly emitted by the primary source and for selectively transmitting electromagnetic waves having a rectilinear cross polarization, the primary source (S) being located substantially at the focus point of that primary reflector, and a mirror (R2) operating a polarization rotation for reflecting to the primary reflector (R1) the reflected radiation which has undergone a rotation of its polarization plane, characterized in that said mirror (R2) is comprised of several planes reflecting polarizing elements (e1, e2) hingedly connected to each other by parallel hinges (C1) perpendicular to the plane chosen as the widening plane of the aerial beam and in that these elements (e1, e2) are associated with means (20, 202) for controlling their relative positions.

2. Aerial according to claim 1, characterized in that the reflecting-polarizing elements are made of a plane metal plate (P) in front of which is arranged at a $k\lambda/4$ distance a plane array (N) of metal wire at a 45° angle from the polarization direction of the incident radiation, λ being the operating wavelength of said aerial and k being an uneven integer.

3. Aerial according to claim 1, characterized in that the reflecting-polarizing elements are made of metal blades slanting at an angle of 45° with respect to the incident radiation polarization direction.

4. Aerial according to claim 1, characterized in that the means (20) for controlling the relative position of the reflecting-polarizing elements (e1, e2) comprise a motor integral with mirror (M1) and the shaft (201) of which is comprised of an endless screw having a movable slider (202) translation driven by this screw, the moving slider (202) having a pointer (203) movable along a direction perpendicular to the translation direction of the slider (202), the movable pointer (203) having an end located within a slide positioned on the back of the reflecting surface of reflecting-polarizing element (C2).



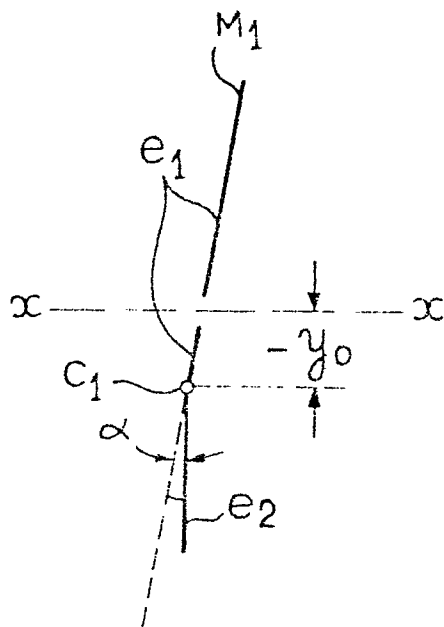


FIG. 3

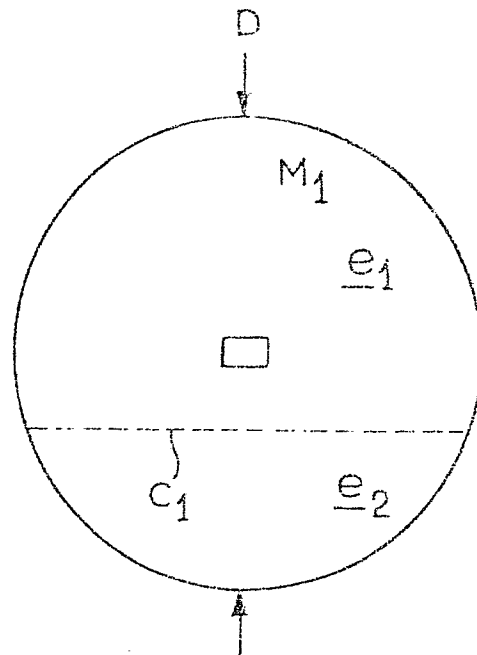


FIG. 4

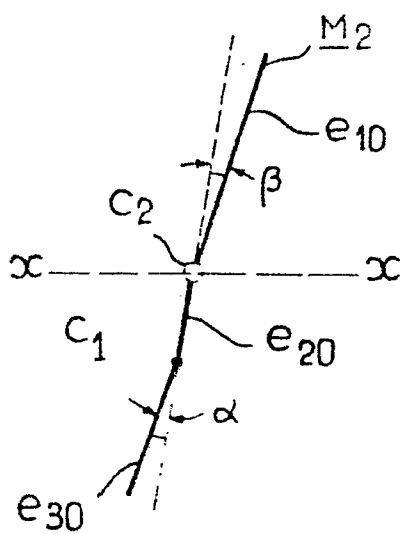


FIG. 5

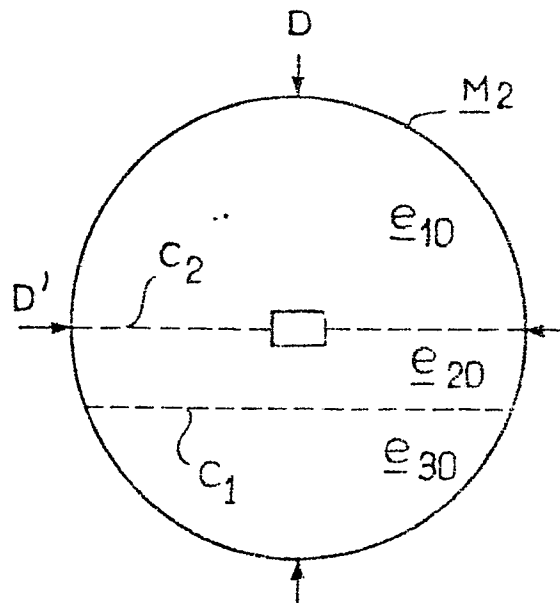


FIG. 6

3/4

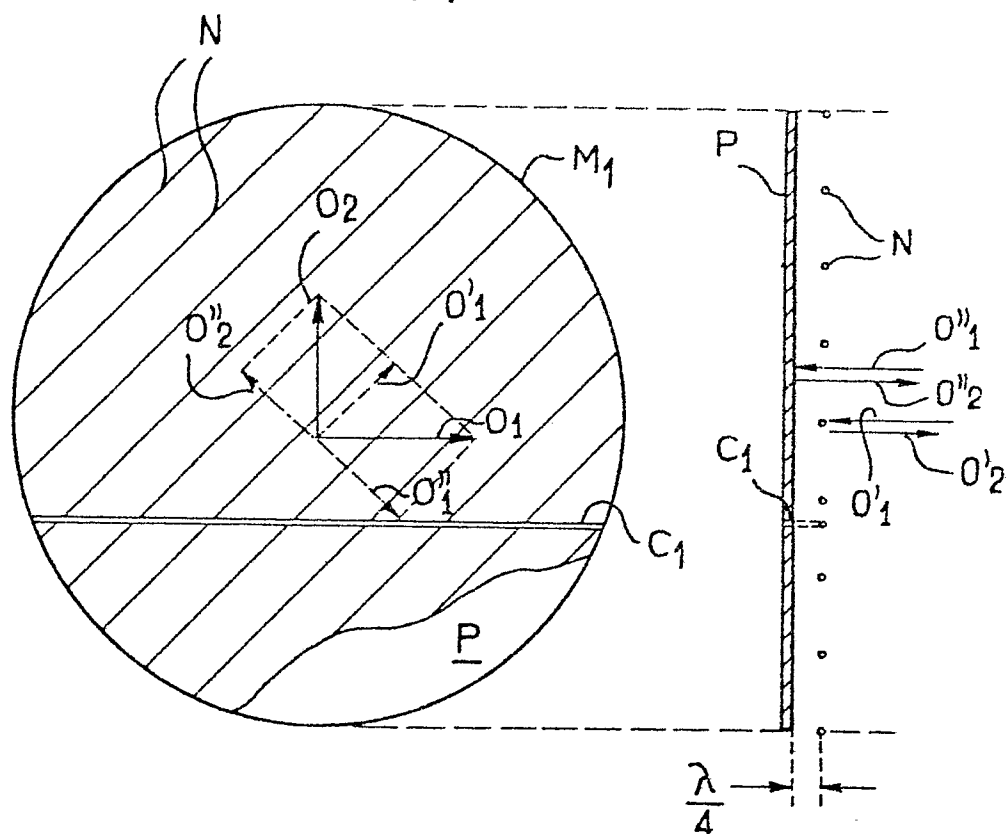


FIG. 7

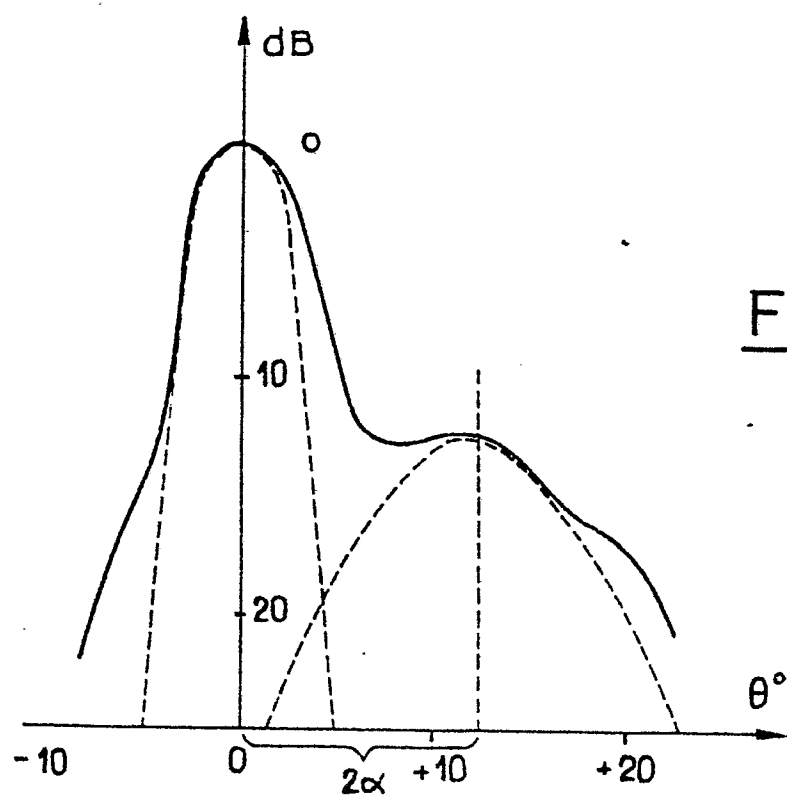


FIG. 8

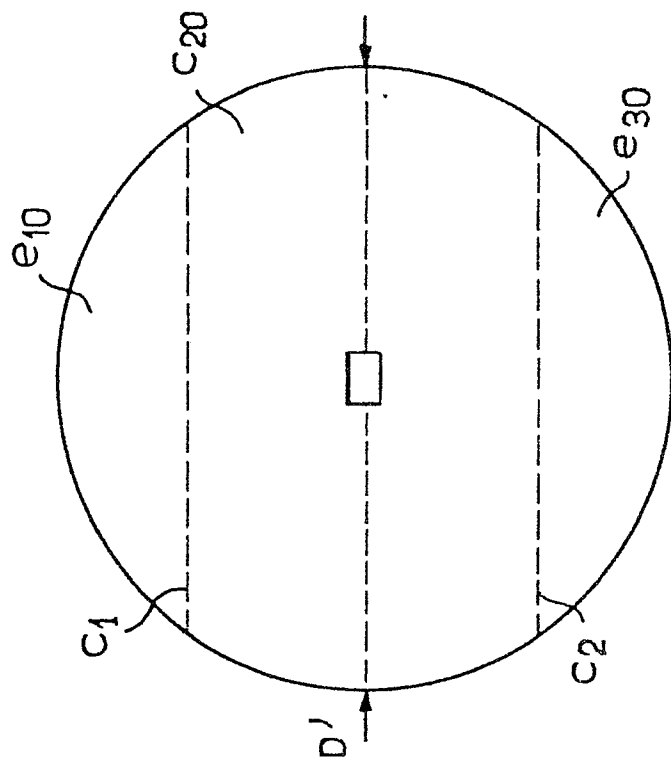


FIG. 9b

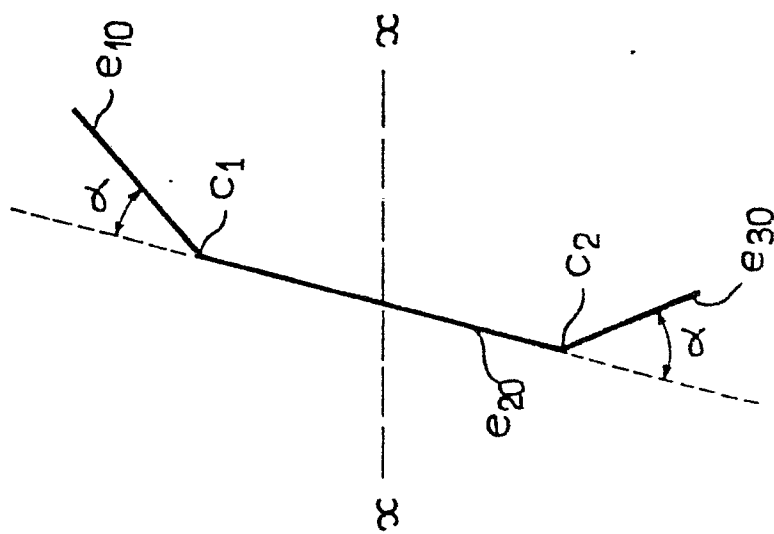


FIG. 9a