RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 473 797**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) N° **81 00353**

(54) **Antenne bifocale à réflecteur et son procédé de configuration.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). **H 01 Q 19/13.**

(22) Date de dépôt ..... 9 janvier 1981.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Japon, 11 janvier 1980, n° 1268/80.*

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 17-7-1981.

(71) Déposant : Société dite : KOKUSAI DENSHIN DENWA KK, résidant au Japon.

(72) Invention de : Yoshihiko Mizuguchi et Masataka Akagawa.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, Office Josse et Petit,
8, av. Percier, 75008 Paris.

Antenne bifocale à réflecteur et son procédé de configuration.

La présente invention concerne une antenne bifocale à réflecteur pour former une antenne de satellite multifaisceau et elle a trait au procédé pour établir la configuration de cette antenne.

On a établi la configuration des antennes bifocales de la technique antérieure de la manière suivante.

Toute d'abord on obtient les courbes de surface du récepteur principal et du récepteur secondaire dans deux dimensions en utilisant le procédé classique de réseau de rayons (procédé appelé "Ray Lattice Method" dans la technique anglosaxonne). Dans ce procédé, on suppose que (a) chacune de ces courbes de configuration est symétrique axialement, (b) chacune de ces courbes de configuration satisfait la loi de réflexion dans le cas de chacun des deux réflecteurs et (c) la longueur totale du trajet d'un rayon du foyer jusqu'à l'ouverture de l'antenne via le réflecteur secondaire et le réflecteur principal est constante. Ensuite, en faisant tourner ces courbes de configuration respectives autour de l'axe, on obtient des courbes de surface symétriques en rotation.

Un objet principal de la présente invention est de procurer, d'une part, une antenne bifocale à réflecteur ne présentant pas d'aberration et, d'autre part, un procédé pour configurer une telle antenne.

Un autre objet de la présente invention est de procurer une antenne bifocale à réflecteur présentant des performances excellentes de croisement des polarisations par réduction de la représentation déformée due au système de réflecteur.

La présente invention est due à un nouveau concept grâce auquel le procédé de réseau de rayons de la technique antérieure peut être appliqué d'une façon très dimensionnelle aux antennes bifocales à réflecteur. Une nouvelle caractéristique de la présente invention réside dans le fait que l'on forme à la fois le réflecteur secondaire et le réflecteur principal en établissant librement, en tant que courbe initiale, la courbe de section centrale du réflecteur secondaire ou du réflecteur principal. Lorsqu'un rayon se propageant à partir du cornet d'émission jusqu'à l'ouverture de l'antenne après

réflexion sur le réflecteur secondaire et sur le réflecteur principal satisfait à la loi de réflexion et à une condition de longueur de trajet, l'aberration est éliminée totalement sur toute l'ouverture.

On va décrire maintenant la présente invention en se référant aux dessins sur lesquels :

la figure 1 est une représentation schématique de l'antenne bifocale classique;

la figure 2 est une représentation schématique du premier mode de réalisation de la présente invention;

la figure 3 est une représentation schématique montrant le principe d'une antenne à balayage de faisceau comportant un réflecteur secondaire à mouvement limité ;

la figure 4 est une représentation schématique du second mode de réalisation de la présente invention;

la figure 5 est une représentation schématique d'une antenne comprenant la courbe de section centrale.

On va décrire ci-après l'antenne bifocale classique à réflecteur. La figure 1 est une représentation schématique montrant le principe de l'antenne bifocale à réflecteur. Comme représenté sur la figure, l'antenne bifocale classique à réflecteur est composée de deux surfaces symétriques par rapport à l'axe Z. Les deux faisceaux émis à partir du centre (foyer) 1 de phase d'un des cornets d'alimentation et du centre (foyer) 2 de phase de l'autre cornet sont réfléchis par le réflecteur secondaire 3 et par le réflecteur principal 4, dans cet ordre. Comme indiqué en trait plein pour le premier faisceau et en traits interrompus pour le second faisceau, les rayons se propagent dans deux directions selon les angles α et $-\alpha$. Le trait plein référencé 12 sur la figure 1 représente un front d'onde.

Les courbes de configuration du réflecteur principal 3 et du réflecteur secondaire 4 peuvent être établies de façon bidimensionnelle à l'aide du procédé de réseau de rayons. On suppose que (a) chaque courbe est symétrique par rapport à l'axe Z, (b) la loi de réflexion est satisfaite dans le cas de chaque surface de récepteur et (c) la longueur totale du trajet de n'importe quel rayon depuis le foyer jusqu'à l'ouverture d'antenne est constante. La surface symétrique en rota-

tion par rapport à l'axe Z a été utilisée pour le réflecteur classique d'antenne bifocale (voir Kumazawa: "Dual Deflector Type multi-Beam Antenna for Communication Satellite", the transactions of the Institute of Electronics and Communication Engineers of Japan, B-Vol. 58, No.8, P377).

On sait qu'une antenne obtenue par le procédé mentionné ci-dessus peut être utilisée comme antenne multifaisceau pour satellite.

En outre, on forme l'antenne bifocale décentrée à réflecteur en ajustant la surface courbée du réflecteur, symétrique en rotation, de manière à éviter le blocage de l'ouverture (Kumazawa et al.: "Feasibility Study on a Bifocal Offset Cassegrain Antenne", the National Conference for the Institute of Electronics and Communication Engineers of Japan No. 93, 1978).

Toutefois, dans les antenne bifocales classiques à réflecteur utilisant ce système de réflecteur symétrique en rotation tel que décrit ci-dessus les foyers sont répartis le long d'une circonférence. Cette antenne présente les inconvénients suivants :

(1) quand le centre de phase du cornet d'émission se trouve sur un point de la circonférence, la longueur du trajet depuis le point d'émission jusqu'à l'ouverture n'est constante qu'à l'intérieur du plan contenant le point d'émission et l'axe Z. D'autre part, une aberration (ou une erreur de phase) se produit à tous les autres points de l'ouverture. Cette aberration, non seulement introduit des réductions de gain mais augmente le niveau des lobes latéraux, ce qui se traduit par une dégradation de l'isolement.

(2) Dans une antenne bifocale décentrée à réflecteur formée par la partie du réflecteur symétrique en rotation tel que mentionné ci-dessus, la direction réelle des faisceaux est différente de celle escomptée par suite de ladite aberration.

(3) La répartition du champ électrique du cornet d'émission projetée sur l'ouverture de l'antenne est déterminée uniquement par l'emplacement des foyers et par la direction du faisceau et est généralement déformée. Il en résulte une dégradation du croisement des polarisations et du zéro du modèle de

mode d'ordre supérieur pour la poursuite.

La figure 2 représente le premier mode de réalisation de la présente invention.

Le réflecteur secondaire 3, le réflecteur principal 4, et les foyers 1 et 2 sont symétriques par rapport au plan y-z. Un faisceau rayonné à partir du foyer 1 se réfléchit au point de réflexion 6 sur le réflecteur secondaire 3 et au point de réflexion 7 sur le réflecteur principal 4 et atteint le point 9 sur l'ouverture 8. Bien que les formes des surfaces réflectrices du réflecteur principal 4 et du réflecteur secondaire 3 et que la forme de la surface de l'ouverture 8 soient rectangulaires sur le dessin, ces formes ne sont pas essentielles mais peuvent être soit circulaires soit elliptiques.

Sur la figure 2, on n'a représenté qu'une seule ouverture 8 correspondant au foyer 1 mais il existe une autre ouverture correspondant au foyer 2. Ces deux ouvertures sont symétriques par rapport au plan y-z.

On va décrire ci-après brièvement la façon de concevoir les courbes de surface du réflecteur principal et du réflecteur secondaire selon la présente invention.

Sur la figure 2 le centre du réflecteur secondaire se trouve uniquement au point réflecteur-5 sur l'axe Z dans le procédé classique bi-dimensionnel de réseau de rayons. Par contre, le centre du réflecteur secondaire 3 de la présente invention est déplacé du plan x-z jusqu'au plan y-z et prolongé jusqu'à la courbe 10 de section centrale, comme on peut le voir sur la figure. Cette courbe 10 de section centrale peut être une courbe quelconque pourvu que la courbe 10 satisfasse les exigences relatives à la condition de longueur des trajets et à la loi de réflexion. Les coordonnées de la courbe 10 de section centrale sont $Z_s = g(0, Y_s)$ sur la figure 2.

On va décrire maintenant ci-après le procédé de réseau de rayons pour concevoir les surfaces tridimensionnelles des réflecteurs. Ce procédé consiste :

i) à obtenir un point (ou élément) de surface du réflecteur principal 4, ainsi que le gradient de ce point, d'après la condition de longueur de trajet et de la loi de réflexion.

ii) à obtenir le point (ou élément) de surface symétrique à celui donné par l'opération (i) d'après la condition selon laquelle la surface principale du réflecteur est symétrique par rapport au plan y-z;

iii) à obtenir un point (ou élément) de surface du réflecteur secondaire ainsi que le gradient de ce point, d'après la condition de longueur de trajet et de la loi de réflexion en choisissant le point de surface du réflecteur principal;

iv) à obtenir le point (ou élément) de surface symétrique à celui donné par l'opération (iii) à d'après la condition selon laquelle la surface du réflecteur secondaire est symétrique par rapport au plan y-z;

v) à obtenir le point de surface du réflecteur principal, ainsi que le gradient de ce point, de la même façon que dans l'opération (i) par référence au point de surface du réflecteur secondaire donné par l'opération (iv);

vi) à obtenir le premier ensemble de points de surface (ou segment de surface) du réflecteur secondaire et du réflecteur principal par répétition des opérations (ii) à (v);

vii) à obtenir le second ensemble de points de surface du réflecteur secondaire et du réflecteur principal se trouvant en dehors du plan y-z en déplaçant le centre 5 du réflecteur secondaire 3 de l'axe Z et en répétant les opérations (i) à (v);

viii) à obtenir les courbes de surface tridimentionnelles pour le réflecteur secondaire et le réflecteur principal en répétant l'opération (vii).

Les opérations ci-dessus (i) à (vii) sont essentiellement identiques à celles du procédé de réseau de rayons bidimentionnel appliqué à l'antenne bifocale classique à réflecteur.

On va décrire ci-après les façon de concevoir les courbes de surface du réflecteur principal et du réflecteur secondaire.

Dans le système de coordonnées représenté sur la figure 2, quatre vecteurs s'étendant respectivement de l'origine O jusqu'au foyer 1 du cornet d'émission, jusqu'à un point

situé sur le réflecteur secondaire, jusqu'à un point situé sur le réflecteur principal, et jusqu'à un point situé sur l'ouverture, sont donnés par les formules suivantes respectives où le symbole $\rightarrow$ utilisé dans toutes les formules et équations représente des vecteurs :

Foyer : $\vec{X_f} = \pm X_f \vec{i_x}$

Réflecteur secondaire : $\vec{P} = X_s \cdot \vec{i_x} + y_s \cdot \vec{i_y} + Z_s \cdot \vec{i_z}$

où $Z_s = g(x_s, y_s)$

Réflecteur principal $\vec{Q} = X_m \cdot \vec{i_x} + y_m \cdot \vec{i_y} + Z_m \cdot \vec{i_z}$

où $Z_m = f(X_m, y_m)$

Ouverture $\vec{A} = A\vec{a} = A(\mp \sin\theta \cos\varphi \vec{i_x} + \sin\theta \sin\varphi \vec{i_y} + \cos\theta \vec{i_z})$

Les signes $\pm$ sur le même niveau dans la formule ci-dessus présentent entre eux la relation de signes supérieurs à signes supérieurs ou de signes inférieurs à signes inférieurs. Les signes supérieurs correspondent au foyer 2 et les signes inférieurs au foyer 1. Les symboles $\vec{i_x}$, $\vec{i_y}$ et $\vec{i_z}$ représentent le vecteur unité.

Pour des raisons de commodité, on va supposer dans la description ci-après que le centre de phase du cornet d'émission est placé au foyer 1.

Le vecteur unité normal $\vec{n_s}$ sur le réflecteur secondaire est donné par la formule

$$\vec{n_s} = \frac{\frac{\partial \vec{P}}{\partial y_s} \times \frac{\partial \vec{P}}{\partial x_s}}{\left| \frac{\partial \vec{P}}{\partial y_s} \times \frac{\partial \vec{P}}{\partial x_s} \right|} = \frac{\frac{\partial g}{\partial x_s}\vec{i_x} + \frac{\partial g}{\partial y_s}\vec{i_y} - \vec{i_z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x_s}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y_s}\right)^2 + 1}}$$

Le vecteur unité $\vec{S}_1$ à partir du réflecteur secondaire 3 jusqu'au réflecteur principal 4 est donné par la formule :

$$\vec{S}_1 = \frac{\vec{P} - \vec{X}_f}{\left|\vec{P} - \vec{X}_f\right|} - 2\left(\frac{\vec{P} - \vec{X}_f}{\left|\vec{P} - \vec{X}_f\right|} \cdot \vec{n}_s\right) \vec{n}_s$$

$$= \lambda_s \vec{i}_x + \mu_s \vec{i}_y + \upsilon_s \vec{i}_z$$

où

$$\lambda_s = \frac{x_s + x_f}{r} - 2 \cdot \frac{h}{r} \cdot \frac{\partial g}{\partial x_s}$$

$$\mu_s = \frac{y_s}{r} - 2 \cdot \frac{h}{r} \cdot \frac{\partial g}{\partial y_s}$$

$$\upsilon_s = \frac{g}{r} + \frac{2h}{r}$$

$$h = \frac{\frac{\partial g}{\partial x_s}(x_s + x_f) + \frac{\partial g}{\partial y_s} y_s - g}{1 + \left(\frac{\partial g}{\partial x_s}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y_s}\right)^2}$$

$$r = \sqrt{(x_s + x_f)^2 + y_s^2 + z_s^2}$$

La longueur de trajet S à partir du réflecteur secondaire jusqu'au réflecteur principal est donnée par la formule ci-après car la longueur de trajet total est une valeur constante K(=r+s+t), t représentant la longueur de trajet depuis le réflecteur principal jusqu'à l'ouverture de l'antenne :

$$s = \frac{A-k+r-\vec{P}\cdot\vec{a}}{(\vec{s_1}-\vec{a})\cdot\vec{a}}$$

$$= \frac{A-k+r-(x_s \sin\theta \cos\varphi + y_s \sin\theta \sin\varphi + g\cos\theta)}{\lambda_s \sin\theta \cos\varphi + \mu_s \sin\theta \sin\varphi + \upsilon_s \cos\theta - 1}$$

Par conséquent, le vecteur $\vec{Q}$ depuis le point d'origine 7 sur le réflecteur principal est donné par

$$\vec{Q} = \vec{P} + s\vec{S_1}$$

où chaque composante de vecteur Q est donnée par :

$$\left.\begin{aligned} x_m &= x_s + s\lambda_s \\ y_m &= y_s + s\mu_s \\ z_m &= z_s + s\upsilon_x \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Du fait que le vecteur $\left(\frac{\vec{P}-\vec{Q}}{|\vec{P}-\vec{Q}|} - \vec{a}\right)$ c'est-à-dire la direction normale du réflecteur principal est perpendiculaire aux vecteurs $\frac{\partial \vec{Q_m}}{\partial x_m}$ et $\frac{\partial \vec{Q_m}}{\partial y_m}$ dans les directions tangentielles du vecteur principal, on a

$$\frac{\partial \vec{Q_m}}{\partial x_m} \cdot \left(\frac{\vec{P}-\vec{Q}}{|\vec{P}-\vec{Q}|} - \vec{a}\right) = 0$$

et

$$\frac{\partial \vec{Q_m}}{\partial y_m} \cdot \left(\frac{\vec{P}-\vec{Q}}{|\vec{P}-\vec{Q}|} - \vec{a}\right) = 0$$

Le gradient du réflecteur principal est donné par les formules (2) ci-dessous :

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial x_m} &= -\frac{S \sin\theta \cos\varphi + x_s - x_m}{S\cos\theta + g - f} \\ \frac{\partial f}{\partial y_m} &= -\frac{S \sin\theta \sin\varphi + y_s - y_m}{S\cos\theta + g - f} \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

On a ainsi déterminé le point de surface du réflecteur principal et le gradient de ce point.

On peut aussi obtenir le point de surface du réflecteur secondaire et le gradient de ce point de la même manière que mentionné ci-dessus avec la condition que la surface du réflecteur principal soit symétrique par rapport au plan y-z. Chaque composante du vecteur P à partir du point d'origine 6 du réflecteur secondaire est donnée par les formules (3) ci-dessous :

$$\left.\begin{aligned} x_s &= x_m + s\lambda_m \\ y_s &= y_m + s\mu_m \\ z_s &= z_m + s\upsilon_m \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Le gradient du réflecteur secondaire est également donné par les formules (4) ci-dessous :

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial g}{\partial x_s} &= -\frac{(r+s)\,x_s - x\,fs - x_m\,r}{(r+s)\,g - rf} \\ \frac{\partial g}{\partial y_s} &= -\frac{(r+s)\,y_s - ry_m}{(r+s)\,g - rf} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

où

$$\lambda_m = -\sin\theta\,\cos\varphi - 2h\frac{\partial f}{\partial x_m}$$

$$\mu_m = -\sin\theta\,\sin\varphi - 2h\frac{\partial f}{\partial y_m}$$

$$\upsilon_m = -\cos\theta + 2h$$

$$h = \frac{-\frac{\partial f}{\partial x_m}\sin\theta\,\cos\varphi - \frac{\partial f}{\partial y_m}\sin\theta\,\sin\varphi + \cos\theta}{1 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_m}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y_m}\right)^2}$$

$$s = \frac{(k-t)^2 - y_m^2 - f^2 - (x_m - x_f)^2}{2\{\lambda_m (x_m - x_f) + \mu_m y_m + \upsilon_m z_m + k - t\}}$$

$$t = A - (x_m \sin\theta \cos\varphi + y_m \sin\theta \sin\varphi + f\cos\theta)$$

$$r = \sqrt{(x_s - x_f)^2 + y_s^2 + z_s^2}$$

Pour déterminer en réalité le système de réflecteur complet, on obtient le point de surface du réflecteur principal et le gradient de ce point d'après les formules (1) et (2) mentionnées ci-dessus en choisissant un point de surface ($x_s = 0$, $\frac{\partial g}{\partial x_s} = 0$)de la courbe 10 de section centrale du réflecteur secondaire.

Ensuite, on obtient le point de surface du réflecteur secondaire et le gradient de ce point d'après les formules (3) et (4) en substituant $x_m \rightarrow -x_m$ et $\frac{\partial f}{\partial x_m} \rightarrow -\frac{\partial f}{\partial x_m}$ à partir de la condition symétrique du réflecteur principal par rapport au plan y - z dans l'opération (ii) décrite précédemment. Ensuite, on obtient le point de surface du réflecteur principal et le gradient de ce point à partir des formules (1) et (2) en remplaçant $x_s \rightarrow -x_s$ et $\frac{\partial g}{\partial x_s} \rightarrow -\frac{\partial g}{\partial x_s}$. En outre, en répétant la façon de faire décrite dans l'opération (vii) tout en changeant l'emplacement du point sur la courbe 10 de section centrale, on obtient la configuration du système de réflecteur complet.

Les courbes de surface du récepteur principal et du réflecteur secondaire ainsi conçues pour une antenne bifocale satisfont la condition de longueur de trajet sur la totalité de l'ouverture de l'antenne. Par conséquent, aucune aberration ne se manifeste dans une antenne selon la présente invention. En outre, même une antenne du type décentré ou décalé conçue à l'aide du procédé selon la présente invention n'entraîne aucune aberration. La réduction de gain et l'augmentation des lobes latéraux dues au blocage ou à une aberration ne se produisent donc jamais.

La figure 3 est une représentation schématique

illustrant le principe du second mode de réalisation de la présente invention et la figure 4 montre le second mode de réalisation de la présente invention. Ces figures montrent une antenne à balayage de faisceau comportant un réflecteur secondaire mobile.

Cette antenne présente deux fronts d'onde 30 et 31 exempts d'aberration quand un cornet d'émission 21 est placé dans la partie centrale de l'antenne. En faisant tourner le réflecteur secondaire autour du centre de rotation 25 de l'angle $\pm \beta$, on peut diriger le faisceau de l'antenne.

Les références 23 et 24 représentent, sur les figures 3 et 4, les réflecteurs secondaires ayant tourné autour du centre de rotation 25 de l'angle $\pm \beta$ respectivement.

Connaissant une coordonnée (x_s, y_s, z_s) pour un point de surface sur le réflecteur secondaire et le gradient $\left(\frac{\partial z_s}{\partial x_s}, \frac{\partial z_s}{\partial y_x} \right)$ de ce point, on peut obtenir à la fois le point de surface (x_m, y_m, z_m) sur le réflecteur principal et le gradient $\left(\frac{\partial z_m}{\partial x_m}, \frac{\partial z_m}{\partial y_m} \right)$ de la même manière que celle décrite dans le premier mode de réalisation mentionné précédemment.

On ne donnera pas dans le présent exposé la description détaillée du procédé de conception et on ne mentionnera ci-après que les résultats calculés.

(a) le point de surface du réflecteur principal :

$$\begin{pmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix} + s_1 \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \mu_1 \\ \upsilon_1 \end{pmatrix}$$

où

$$s_1 = \frac{A-k+r-(x_s \sin\theta\cos\varphi + y_s \sin\theta\sin\varphi + z_s\cos\theta)}{\lambda_1\sin\theta\cos\varphi + \mu_1\sin\theta\sin\varphi + \upsilon_1\cos\theta - 1}$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{r_1}(x_s'\cos\beta - z_s'\sin\beta) - \frac{2h_1}{r_1}\left(\sin\beta + \frac{\partial z_s'}{\partial x_s'}\cos\beta\right)$$

$$\mu_1 = \frac{y_s'}{r_1} - \frac{2h_1}{r_1}\frac{\partial z_s'}{\partial y_s'}$$

$$\upsilon_1 = \frac{1}{r_1}(x_s'\sin\beta + z_s'\cos\beta + z_0) - \frac{2h_1}{r_1}\left(\frac{\partial z_s'}{\partial x_s'}\sin\beta - \cos\beta\right)$$

$$r_1 = \sqrt{x_s'^2 + y_s'^2 + z_s'^2 + z_0^2 + 2z_0(x_s'\sin\beta + z_s'\cos\beta)}$$

$$h_1 = \frac{\frac{\partial z_s'}{\partial x_s'}x_s' + \frac{\partial z_s'}{\partial y_s'}y_s' - z_s' + z_0\left(\frac{\partial z_s'}{\partial x_s'}\sin\beta - \cos\beta\right)}{1 + \left(\frac{\partial z_s'}{\partial x_s'}\right)^2 + \left(\frac{\partial z_s'}{\partial y_s'}\right)^2}$$

(b) Le gradient du réflecteur principal

$$\frac{\partial z_m}{\partial x_m} = -\frac{x_m - x_s'\cos\beta + z_s'\sin\beta + s_1\sin\theta\cos\varphi}{z_m - x_s'\sin\beta - z_s'\cos\beta - z_0 + s_1\cos\theta}$$

$$\frac{\partial z_m}{\partial y_m} = -\frac{y_m - y_s' + s_1\sin\theta\sin\varphi}{z_m - x_s'\sin\beta - z_s'\cos\beta - z_0 + s_1\cos\theta}$$

Les variables suivies du signe prime constituent les coordonnées du réflecteur secondaire dans le nouveau système de coordonnées. Comme on peut le voir sur la figure 3, le nouveau système de coordonnées est obtenu par rotation du réflecteur secondaire autour du nouvel axe y au centre de rotation 25 (0,0, z_o) comme nouvelle origine. Le nouveau système de coordonnées présente la relation suivante avec le système initial (x_s, y_s, z_s) :

$$\begin{pmatrix} x_s' \\ z_s' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\beta & \sin\beta \\ -\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_s \\ z_s - z_o \end{pmatrix}$$

$$\frac{\partial z'_s}{\partial x'_s} = \frac{\frac{\partial z_s}{\partial x_s} - \tan\beta}{1 + \frac{\partial z_s}{\partial x_s}\tan\beta}$$

$$\frac{\partial z'_s}{\partial y'_s} = \frac{\partial z_s}{\partial y_s}$$

Si les coordonnées (x_m, y_m, z_m) du point de surface du réflecteur principal et son gradient $\left(\frac{\partial z_m}{\partial x_m}, \frac{\partial z_m}{\partial y_m}\right)$ sont données, on peut obtenir à la fois les coordonnées correspondantes (x_s, y_s, z_s) du réflecteur secondaire et son gradient $\left(\frac{\partial z_s}{\partial x_s}, \frac{\partial z_s}{\partial y_s}\right)$

(c) L'emplacement du réflecteur secondaire :

$$\begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{pmatrix} + s_2 \begin{pmatrix} \lambda_2 \\ \mu_2 \\ \upsilon_2 \end{pmatrix}$$

où

$$s_2 = \frac{(k-t)^2 - (x_m^2 + y_m^2 + z_m^2)}{2\,(\lambda_2 x_m + \mu_2 y_m + \upsilon_2 z_m + k - t)}$$

$$t = A - (x_m \sin\theta\cos\varphi + y_m \sin\theta\sin\varphi + z_m\cos\theta)$$

$$\lambda_2 = -\sin\theta\cos\varphi + 2\,h_2\frac{\partial z_m}{\partial x_m}$$

$$\mu_2 = -\sin\theta\sin\varphi + 2\,h_2\frac{\partial z_m}{\partial y_m}$$

$$\upsilon_2 = -\cos\theta - 2\,h_2$$

$$h_2 = \frac{\frac{\partial z_m}{\partial x_m}\sin\theta\cos\varphi + \frac{\partial z_m}{\partial y_m}\sin\theta\sin\varphi - \cos\theta}{1 + \left(\frac{\partial z_m}{\partial x_m}\right)^2 + \left(\frac{\partial z_m}{\partial y_m}\right)^2}$$

Le gradient du réflecteur secondaire

$$\frac{\partial z_s'}{\partial x_s'} = -\frac{r_2\{x_s'-x_m\cos\beta+(z_0-z_m)\sin\beta\}+s_1(x_s'+z_0\sin\beta)}{r_2\{z_s'+x_m\sin\beta+(z_0-z_m)\cos\beta\}+s_2(z_s'+z_0\cos\beta)}$$

$$\frac{\partial z_s'}{\partial y_s'} = \frac{r_2\,(y_s'-y_m)+s_2 y_s'}{r_2\{z_s'+x_m\sin\beta+(z_0-z_m)\cos\beta\}+s_2(z_s'+z_0\cos\beta)}$$

où

$$r_2 = \sqrt{x_s^2 + y_s^2 + z_s^2}$$

La description donnée jusqu'à présent est le procédé permettant de concevoir les courbes de surface du réflecteur principal et du réflecteur secondaire en choisissant particulièrement la courbe de section centrale du réflecteur secondaire comme courbe initiale.

Toutefois, dans la conception de courbe de surface, il n'est pas indispensable de choisir particulièrement la courbe de section centrale du réflecteur secondaire comme courbe initiale mais n'importe quelle courbe peut être choisie comme courbe initiale.

Mais, cette courbe doit se trouver sur la surface soit du réflecteur secondaire soit du réflecteur principal et les valeurs de x, z, $\frac{\partial z}{\partial x}$, et $\frac{\partial z}{\partial y}$ doivent être déterminées uniquement lorsque la valeur de y est donnée. Dans le cas du premier mode de réalisation, par exemple, on va décrire d'une

façon générale ci-après le procédé d'élaboration ou de conception des courbes de surface du réflecteur principal et du réflecteur secondaire quand une courbe centrale du réflecteur principal est donnée.

Quand une relation parmi y_{mo}, z_{mO}, et $\frac{\partial z_{mO}}{\partial y_{mO}}$ at $x_{mb} = \frac{\partial z_{mO}}{\partial x_{mO}} = 0$ est donnée comme courbe initiale, les cordonnées (x_{s1}, y_{s1}, z_{s1}) du premier point de surface du réflecteur secondaire correspondant à la courbe initiale et au gradient $\frac{\partial z_{s1}}{\partial x_{s1}}, \frac{\partial z_{s1}}{\partial y_{s1}}$ sont obtenues par l'utilisation des formules (3) et (4).

Ensuite, en faisant en sorte que $x_{s1} \rightarrow -x_{s1}$, et $\frac{\partial z_{s1}}{\partial x_{s1}} \rightarrow -\frac{\partial z_{s1}}{\partial x_{s1}}$, et en substituant $-x_{s1}$, y_{s1}, z_{s1}, $-\frac{\partial z_{s1}}{\partial x_{s1}}$, $\frac{\partial x_{s1}}{\partial y_{s1}}$ dans les formules (1) (2), on obtient les coordonnees (x_{m1}, y_{m1}, z_{m1}) du point de surface du réflecteur principal et les gradients de $\frac{\partial z_{m1}}{\partial x_{m1}}$ et de $\frac{\partial z_{m1}}{\partial y_{m1}}$

En outre, en faisant en sorte que $x_{m1} \rightarrow -x_{m1}$ et $\frac{\partial z_{m1}}{\partial x_{m1}} \rightarrow -\frac{\partial z_{m1}}{\partial x_{m1}}$, et en substituant $-x_{m1}$, y_{m1}, z_{m1}, $-\frac{\partial z_{m1}}{\partial x_{m1}}$, et $\frac{\partial z_{m1}}{\partial y_{m1}}$ dans la formule (3) et (4), on obtient les coordonnées (x_{s2}, y_{s2}, z_{s2}) du point de surface correspondant du réflecteur secondaire et le gradient de $\frac{}{2}$ et de $\frac{\partial z_{s2}}{\partial y_{s2}}$.

Les courbes de surface tant du réflecteur principal que du réflecteur secondaire sont déterminées par répétition de la procédure ci-dessus en faisant en sorte que la courbe de section centrale du réflecteur principal soit la valeur initiale de la même manière que pour la courbe de section centrale du réflecteur secondaire.

Du fait que ce procédé peut, en principe, donner les points de surface discrets du gradient du réflecteur principal et du réflecteur secondaire, on peut obtenir l'information des courbes de surface entre les courbes discrètes adjacentes à l'aide des techniques établies comprenant l'interpolation de polynômes.

On va maintenant décrire ci-après un procédé pour améliorer les caractéristiques de croisement des polarisations et les caractéristiques de mode supérieur pour la poursuite ou pistage.

L'antenne asymétrique peut entraîner généralement une dégradation du croisement des polarisations par la déformation du champ électrique à l'ouverture de l'antenne même dans le cas où aucune aberration ne se produit. Le système de réflecteur de l'antenne bifocale classique a une structure symétrique en rotation mais les foyers ne sont pas placés au centre de rotation. Par conséquent, l'antenne bifocale de la technique antérieure a, en principe, une structure asymétrique et, en outre, on ne dispose d'aucun degré de liberté dans la conception pour diminuer la dégradation du croisement des polarisation due à la déformation du champ électrique à l'ouverture.

Par contre, l'antenne selon la présente invention présente le degré de liberté dans le configuration de la courbe 10 $z_s = g(0, y_s)$ de la section centrale. Par conséquent, dans la présente antenne, on peut choisir n'importe quelle courbe de section centrale pour réduire à un minimum la déformation du champ électrique à l'ouverture de l'antenne.

On peut améliorer les caractéristiques de croisement de polarisation et réduire d'autres phénomènes indésirables en choisissant la courbe de section centrale du réflecteur secondaire. Comme on peut le voir sur la figure 5 cette condition est donnée par le fait que la représentation projetée de la courbe de section centrale du réflecteur secondaire sur l'écran perpendiculaire a une forme similaire à la représentation projetée sur l'ouverture de l'antenne.

Sur la figure 5, la référence 33 représente l'écran distant R_0 du foyer 1, la référence 4 un réflecteur principal et la référence 8 une ouverture d'antenne. La représentation 10' de la courbe 10 de section centrale sur l'écran perpendiculaire présente les coordonnées suivantes dans les directions x et y dans le système de coordonnées (x', y', z').

$$\left.\begin{aligned} x' &= R_0 \cdot \frac{g - z_{s0}}{x_f^2 + g z_{s0}} \cdot x_f \\ y' &= R_0 \cdot \frac{\sqrt{x_f^2 + z_{s0}^2}}{x_f^2 + g z_{s0}} \cdot y_s \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

où z_{s0} est la composante directionnelle z de la coordonnée du point de réflexion 5 et l'intersection de l'axe Z de la courbe de section centrale sur la surface du réflecteur secondaire.

La représentation du faisceau qui est réfléchi sur la courbe de section centrale sur l'ouverture d'antenne présente les composantes de coordonnées suivantes dans les directions x" et y" du système de coordonnées (x", y", z").

$$\left.\begin{aligned} x'' = {} & (x_m - x_{m0})(\cos\theta\cos\varphi\cos\eta - \sin\varphi\sin\eta) + \\ & (y_m - y_{m0})(\cos\theta\sin\varphi\cos\eta + \cos\ \sin\eta) - \\ & (f - F_0)\sin\theta\cos\eta \\ y'' = {} & (x_m - x_{m0})(-\cos\theta\cos\varphi\sin\eta - \sin\varphi\cos\varphi) \\ & + (y_m - y_{m0})(-\cos\theta\sin\varphi\sin\eta + \cos\varphi\cos\eta) \\ & + (f - f_0)\sin\theta\sin\eta \end{aligned}\right\} (6)$$

où η est l'angle du vecteur $\vec{a}$ mesuré à partir du vecteur unité $\vec{i}_\theta$ à la direction du vecteur unité $\vec{i}_\varphi$ dans le plan contenant les vecteurs unité $\vec{i}_\theta$ et $\vec{i}_\varphi$ du système de coordonnées sphérique constitué par les vecteurs unités orthogonaux $\vec{i}_\gamma$, $\vec{i}_\theta$ et $\vec{i}_\varphi$. Les coordonnées (x_{m0}, y_{m0}, z_{m0}) déterminent le point de réflexion 32 du réflecteur principal correspondant au point de réflexion 5 (0, 0, z_{s0}) du réflecteur secondaire.

On peut obtenir R_o de la formule (5) et η de la formule (6) en supposant que les représentations $\delta x'$ et $\delta y'$ du voisinage du point de réflexion 5 (0, 0, z_{s0}) sur la surface du

réflecteur secondaire sont égales aux représentations $\delta x''$ et $\delta y''$ du voisinage du point de réflexion (x_{m0}, y_{m0}, z_{m0}) sur le réflecteur principal. Les paramètres R_0 et η sont donnés ci-après.

$$\left.\begin{aligned} R_0 &= \frac{x_f^2 + g_0 (g_0 + \delta g_1)}{x_f \, \delta g_1} (U\cos\eta + V\sin\eta) \\ tg\,\eta &= \frac{Vx_f \, \delta g - U(y_{s0} + \delta y_s)\sqrt{x_f^2 + g_0^2}}{\bar{U}x_f \, \delta g + V(y_{s0} + \delta y_s)\sqrt{x_f^2 + g_0^2}} \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

où

$$\left.\begin{aligned} U &= (x_{m1} - x_{m0})\cos\theta\cos\varphi + (y_{m1} - y_{m0})\cos\theta\sin\varphi \\ &\quad + (f_1 - f_0)\sin\theta \\ V &= -(x_{m1} - x_{m0})\sin\varphi + (y_{m1} - y_{m0})\cos\varphi \end{aligned}\right\}$$

On peut déterminer la courbe de section centrale $z_s = g(0, y_s)$ à partir des formules (5), (6) et (7) en changeant la valeur de y_s de manière qu'elle soit égale à $x' \doteq x''$ et $y' \doteq y''$.

Dans la pratique, on peut obtenir la courbe de section centrale à l'aide des deux procédés suivants :

(1) on réduit à un minium l'erreur moyenne de carré des deux représentations. En d'autres termes, on détermine la courbe de section centrale au moyen du procédé de mise en oeuvre d'une variation par réduction à un minimum de la fonction suivante :

$$I = \int_{y_{smin}}^{y_{smax}} \left[(x' - x'')^2 + (y' - y'')^2\right] \sqrt{1 + \left(\frac{\partial g}{\partial y_s}\right)^2}\, dy_s$$

(2) à l'aide d'un calculateur numérique, en changeant

les valeurs de y_s, et z_s respectivement à partir des valeurs initiales (0,0, z_{s0}) et (x_{m0}, y_{m0}, z_{m0}) par bonds de faible quantité de variation, on calcule les valeurs de x', x", y' et y" à chaque bond. En choisissant la valeur entre x' et x" et celle entre y' et y", on détermine les valeur de y_s et z_s comme courbe de section centrale.

Alors que dans le premier mode de réalisation mentionné ci-dessus, on ait décrit une antenne bifocale comportant deux foyers, on peut réaliser une antenne profilée à faisceaux dirigés ou une antenne à faisceaux multiples dirigés de haute qualité en plaçant une multiplicité de cornets d'émission au voisinage des foyers. Grâce à cette technique, l'antenne à faisceaux dirigés peut réduire l'aberration dans des proportions considérables par rapport à l'antenne à faisceaux multiples dirigés ou à l'antenne profilée à faisceaux dirigés de la technique antérieure.

Comme on l'a décrit jusqu'ici, l'effet de l'antenne bifocale à réflecteur selon la présente invention réside dans le fait que l'on peut éliminer l'aberration. Du fait que l'antenne selon la présente invention peut être réalisée sous la forme du type décentré ou décalé, il existe un grand avantage en ce qui concerne le gain et le niveau des lobes latéraux. L'effet supplémentaire de l'antenne selon la présente invention est d'améliorer à la fois le croisement de polarisation et les caractéristiques de mode supérieur à un degré plus élevé que l'antenne de la technique antérieure car la déformation de la représentation projetée du cornet d'émission sur l'ouverture d'antenne est moindre.

Il est bien entendu que la description qui précède n'a été donnée qu'à titre purement illustratif et non limitatif et que des variantes ou des modifications peuvent y être apportées dans le cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1. Antenne bifocale à réflecteur comprenant un réflecteur principal comportant deux foyers , un réflecteur secondaire comportant au moins deux foyers correspondant aux deux foyers précités dudit réflecteur principal, et au moins un cornet d'émission placé au (x) foyer (s) ou près des foyers dudit réflecteur secondaire, caractérisée par le fait que le reflecteur secondaire et le réflecteur principal sont réalisés respectivement symétriquement par rapport à un plan et également de manière telle qu'un faisceau émis par ledit cornet d'émission atteigne l'ouverture de l'antenne par réflexion sur ledit réflecteur secondaire et sur ledit réflecteur principal sous la condition qu'à chaque point de réflexion sur ledit réflecteur secondaire et ledit réflecteur principal, ledit faisceau répond à la loi de réflexion d'un faisceau lumineux et sous la condition que la totalité de la longueur du trajet du faisceau depuis le cornet d'émission jusqu'à l'ouverture de l'antenne soit constante.

2. Procédé pour configurer une antenne bifocale à réflecteur comprenant un réflecteur secondaire présentant au moins un plan de symétrie, un réflecteur principal présentant au moins un plan de symétrie et placé en face dudit réflecteur secondaire, et au moins un cornet d'émission placé au foyer dudit réflecteur secondaire, le procédé susvisé étant caractérisé par le fait qu'il consiste :

(a) à établir la position et le gradient d'un point de surface de référence A_0 sur la ligne d'intersection du réflecteur A, lequel peut être soit le réflecteur secondaire soit le réflecteur principal, et de son plan de symétrie pour obtenir à la fois la position et le gradient d'un point de surface réflecteur B_0 se trouvant sur l'autre réflecteur B et correspondant au point A_0 de surface sous la condition qu'un faisceau lumineux émis à partir du cornet d'émission réponde à la loi de réflexion au point A_0 de surface et que la longueur du trajet du faisceau depuis le cornet d'émission jusqu'à l'ouverture de l'antenne après réflexion sur le réflecteur secondaire et sur le réflecteur principal soit constante;

(b) à obtenir à la fois la position et le gradient

d'un point B_1 de surface symétrique au point B_0 de surface par rapport au plan de symétrique du réflecteur B sous la condition que ledit réflecteur B soit symétrique par rapport à un plan;

(c) à obtenir à la fois la position et le gradient d'un point A_1 de surface se trouvant sur ledit réflecteur A et correspondant au point B_1 de surface sous la condition que le faisceau de lumière satisfasse à la loi de réflexion au point B_1 de surface et réponde à ladite exigence de longueur constante du trajet de faisceau passant par le point B_1 de surface;

(d) à obtenir à la fois la position et le gradient d'un point de surface A_2 symétrique au point A_1 de surface par rapport au plan de symétrie du réflecteur A sous la condition que ledit réflecteur A soit symétrique par rapport à un plan;

(e) à obtenir à la fois la position d'un point B_2 de surface se trouvant sur ledit réflecteur B et correspondant au point A_2 de surface ainsi que le gradient de ce point sous la condition que la loi de réflexion soit satisfaite au point A_2 de surface et que la longueur du trajet du faisceau passant par le point A_2 de surface soit constante;

(f) à obtenir des premiers ensembles de points de surface, un pour le récepteur secondaire et l'autre pour le réflecteur principal, en répétant lesdites opérations (b) à (e);

(g) à obtenir un nouveau point de surface de référence A_0' en déplaçant sur le plan de symétrique du réflecteur A le point de surface de référence A_0;

(h) à obtenir des seconds ensembles de points de surface, un pour le réflecteur secondaire et l'autre pour le réflecteur principal, par rapport du point de surface de référence A_0' nouvellement obtenu en répétant lesdites opérations (a) à (f) basées sur le point de surface de référence A_0' nouvellement obtenu; et

(i) à obtenir d'autres ensembles de points de surface, un pour le réflecteur secondaire et l'autre pour le réflecteur principal, successivement par répétition desdites opérations (g) et (h) basées sur la courbe de section centrale

comprenant un groupe desdits points de surface de référence (A_0, A_0'...);

le réflecteur secondaire et le réflecteur principal étant formés par groupement des points de surface obtenus lors de chaque opération.

3. Procédé pour configurer une antenne bifocale à réflecteur suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que l'antenne bifocale à réflecteur représente l'antenne à balayage de faisceaux munie d'un réflecteur secondaire à mouvement limité .

4. Procédé pour configurer une antenne bifocale à réflecteur suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que l'on détermine une courbe de section centrale de telle sorte que la forme de ladite courbe de section centrale projetée sur un plan perpendiculaire à la ligne reliant ledit cornet d'émission et ledit point de surface A_0 soit similaire à la représentation de ladite courbe de section centrale projetée sur ladite ouverture d'antenne.

FIG. 2

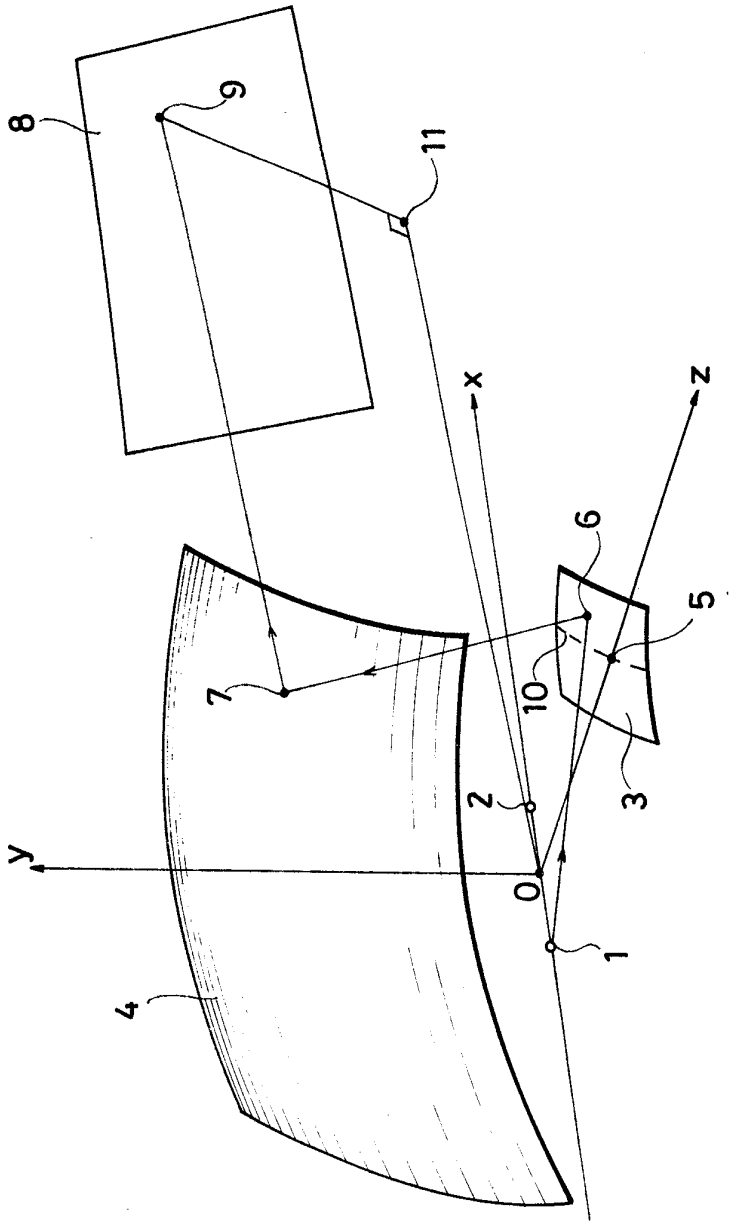


FIG. 1

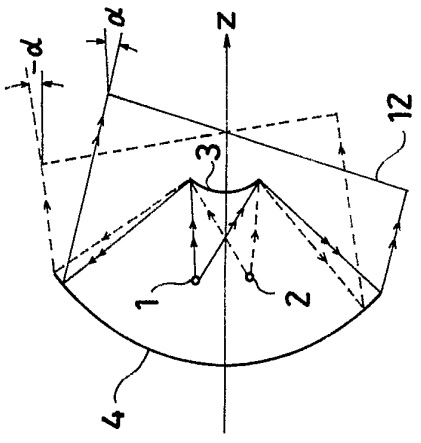


FIG. 3

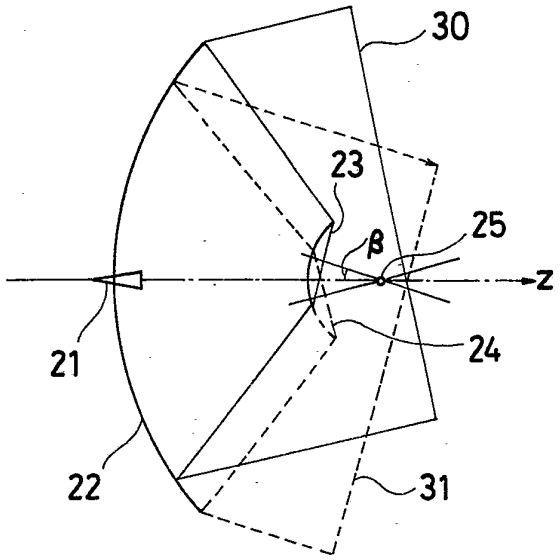


FIG. 4

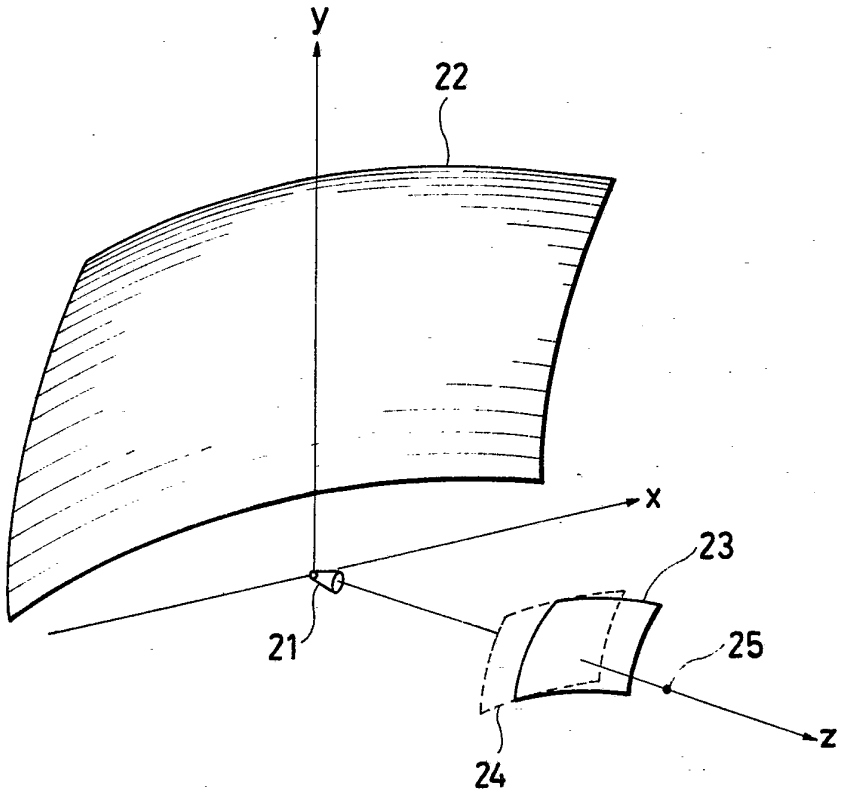


FIG. 5

