



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2013/04/26

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2013/10/27

(30) Priorité/Priority: 2012/04/27 (FR12 01240)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01Q 15/24* (2006.01),
G01R 31/00 (2006.01)

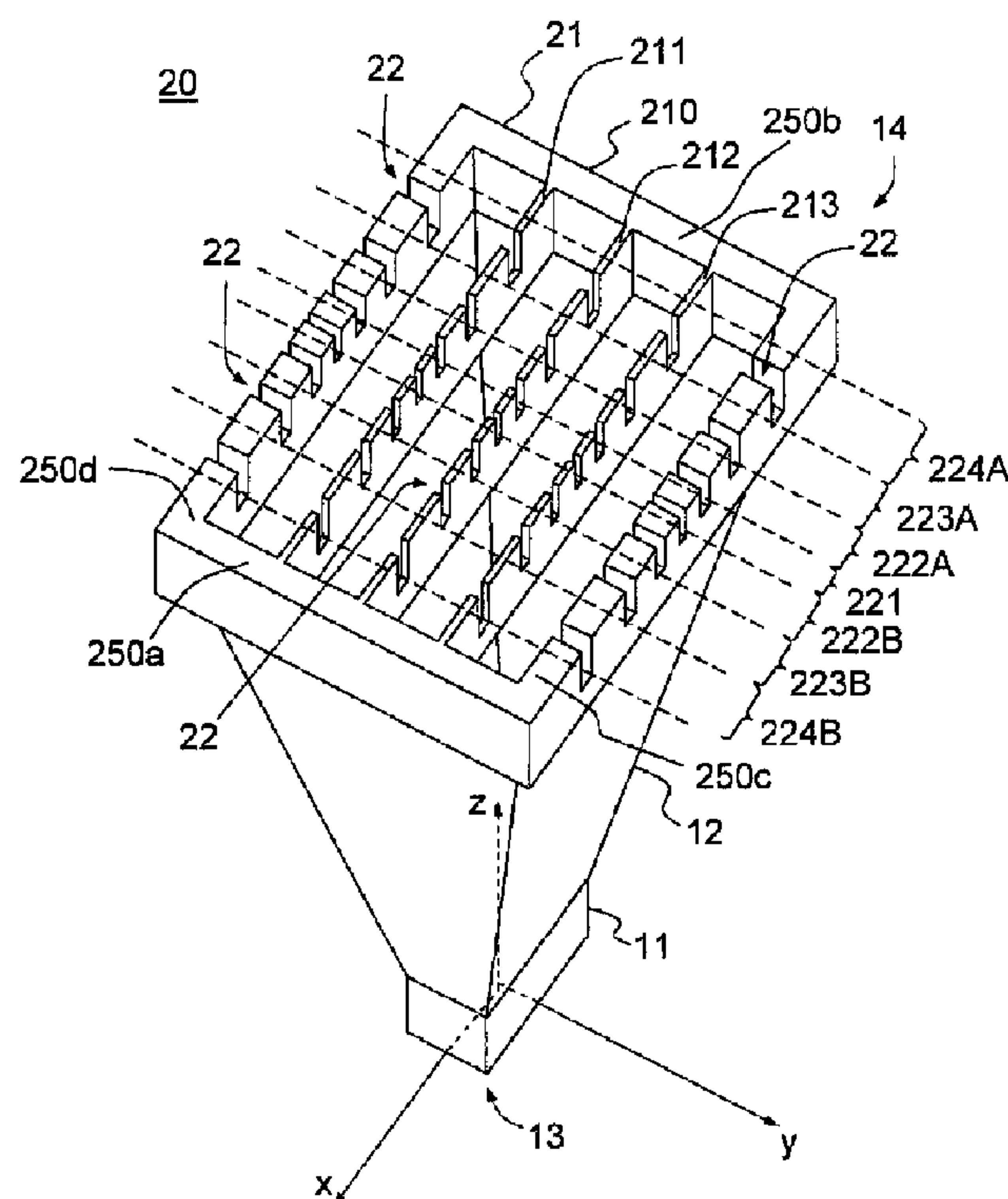
(71) Demandeur/Applicant:
THALES, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
JARDIN, MICHAEL, FR;
LABOURDETTE, CLAUDE, FR;
JUDASZ, THIERRY, FR;
BENOIST, BRUNO, FR;
MARTIN, OLIVIER, FR

(74) Agent: MARKS & CLERK

(54) Titre : CORNET D'ANTENNE A GRILLE CORRUGUEE

(54) Title: HORN WITH CORRUGATED GRILLE FOR ANTENNAE



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un cornet rayonnant une onde radioélectrique, issue d'un guide d'onde d'entrée, comprenant une grille disposée au niveau de l'ouverture du cornet. Elle s'applique notamment au domaine des antennes à réflecteur. Le guide d'onde comporte un tronçon (12) en forme de cornet, une entrée (13), une ouverture (14), et une grille (21) disposée au voisinage de l'ouverture (14). Il permet la propagation d'une onde électromagnétique à polarisation linéaire entre l'entrée (13) et l'ouverture (14) selon un premier axe (z). La grille (21) comporte un ensemble de lames (211-213) de manière à former un filtre de polarisation linéaire pour toute onde électromagnétique dont le champ électrique n'est pas polarisé selon un deuxième axe (y) orthogonal au premier axe (z). Selon l'invention, la grille (21) du guide d'onde (20) comprend des corrugations (22) de manière à renforcer le filtrage de toute onde électromagnétique dont le champ électrique n'est pas polarisé selon le deuxième axe (y).



ABREGE

L'invention concerne un cornet rayonnant une onde radioélectrique, issue d'un guide d'onde d'entrée, comprenant une grille disposée au niveau de l'ouverture du cornet. Elle s'applique notamment au domaine des antennes à réflecteur.

5

Le guide d'onde comporte un tronçon (12) en forme de cornet, une entrée (13), une ouverture (14), et une grille (21) disposée au voisinage de l'ouverture (14). Il permet la propagation d'une onde électromagnétique à polarisation linéaire entre l'entrée (13) et l'ouverture (14) selon un premier
10 axe (z). La grille (21) comporte un ensemble de lames (211-213) de manière à former un filtre de polarisation linéaire pour toute onde électromagnétique dont le champ électrique n'est pas polarisé selon un deuxième axe (y) orthogonal au premier axe (z). Selon l'invention, la grille (21) du guide d'onde (20) comprend des corrugations (22) de manière à renforcer le filtrage de
15 toute onde électromagnétique dont le champ électrique n'est pas polarisé selon le deuxième axe (y).

CORNET D'ANTENNE À GRILLE CORRUGUÉE

L'invention concerne un cornet rayonnant une onde radioélectrique, issue d'un guide d'onde d'entrée, comprenant une grille disposée au niveau de l'ouverture du cornet. Elle s'applique notamment au domaine des antennes à réflecteur. L'invention concerne également une
5 antenne satellite munie de ce cornet.

Classiquement, une antenne d'émission et de réception d'une onde électromagnétique peut être réalisée en associant un guide d'onde à un élément rayonnant qui peut, par exemple, prendre la forme d'un cornet. Un
10 guide d'onde en forme de cornet, plus simplement appelé cornet, présente une section transverse (i. e. perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde) rectangulaire qui croît progressivement vers l'ouverture. Un tel guide d'onde permet de privilégier la propagation, selon son axe longitudinal, d'une onde électromagnétique polarisée selon un axe orthogonal à l'axe
15 longitudinal du cornet. Le champ électrique de l'onde électromagnétique peut être décomposé en une composante parallèle aux côtés de plus petite dimension de l'ouverture, et en une composante parallèle aux côtés de plus grande dimension de l'ouverture. La première composante est appelée composante principale ou composante de copolarisation. L'autre
20 composante est appelée composante de cross-polarisation. Dans le cadre de certaines applications, il est souhaitable de réduire au maximum l'amplitude de la composante de cross-polarisation. Une solution consiste à disposer une grille au niveau de l'ouverture du cornet. Une grille est généralement réalisée en un matériau métallique, par exemple en aluminium. Elle est
25 formée d'un ensemble de lames disposées parallèlement aux côtés de plus grande dimension de l'ouverture du guide d'onde. La grille permet de laisser traverser la composante de copolarisation et de filtrer la composante de cross-polarisation d'une onde électromagnétique. Pour un cornet relativement directif, par exemple avec un gain supérieur à 25 dBi, équipé
30 d'une grille, il est possible d'obtenir une composante de cross-polarisation dont l'amplitude est environ 40 à 45dB en dessous de l'amplitude de la composante de copolarisation. Cependant, l'efficacité du filtrage diminue très nettement voire complètement lorsque le cornet est moins directif. Cela est

notamment le cas pour les cornets de test utilisés pour les chambres sourdes hyperfréquence. Aussi, le filtrage n'est efficace que sur une faible bande de fréquences. Avec la demande croissante de meilleures performances d'antenne, il devient utile de développer des cornets présentant une
5 atténuation de la composante de cross-polarisation au minimum de 40 dB par rapport à la composante de copolarisation, et ce, sur des bandes de fréquences étendues, par exemple de l'ordre de 40% à 50%.

Un but de l'invention est notamment de fournir un cornet
10 présentant des propriétés améliorées de filtrage de la composante de cross-polarisation du champ électrique d'une onde électromagnétique, à la fois en termes d'amplitude de la composante de cross-polarisation et en termes de largeur de bande. A cet effet, l'invention a pour objet un guide d'onde comportant un tronçon en forme de cornet, une entrée, une ouverture, et une
15 grille disposée au voisinage de l'ouverture, au moins une onde électromagnétique à polarisation linéaire étant apte à se propager entre l'entrée et l'ouverture selon un premier axe, la grille comportant un cadre entourant un ensemble de lames s'étendant longitudinalement et continument depuis un premier petit côté du cadre jusqu'à un deuxième petit
20 côté du cadre, de manière à former un filtre de polarisation linéaire atténuant la composante de cross-polarisation du champ électrique de l'onde électromagnétique, ladite composante de cross-polarisation étant orthogonale à un deuxième axe orthogonal au premier axe. Les lames comprennent des corrugations dimensionnées et positionnées de manière à
25 renforcer l'atténuation de ladite composante de cross-polarisation.

L'invention a notamment pour avantage de pouvoir s'adapter à tout type de cornet, notamment les cornets pyramidaux et trifurqués, mieux connus sous la dénomination anglo-saxonne "trifurcated horns". Ces cornets
30 sont relativement légers, et relativement simples à concevoir et à fabriquer. Par rapport à un cornet corrugué, un cornet pyramidal ou trifurcated présente une masse diminuée de moitié environ. Aussi, l'invention présente l'avantage d'améliorer le taux d'onde stationnaire et le gain du cornet.

L'invention peut être utilisée dans les équipements de test des chambres sourdes radiofréquence pour ainsi permettre de fournir des résultats de mesure plus précis et plus fiables sur les niveaux de cross-polarisation et sur l'orientation de la polarisation principale des équipements testés. Avec des niveaux de cross-polarisation meilleurs et grâce à sa simplicité de fabrication et sa masse favorable, on pourra aussi utiliser l'invention pour des applications d'antennes satellites.

Les corrugations consistent par exemple en des fentes rectangulaires ouvertes dans la direction opposée à l'entrée du guide d'onde.

Avantageusement, les corrugations ont des dimensions variant selon leur position le long de la direction selon laquelle les lames s'étendent longitudinalement entre le premier et le deuxième petit côté du cadre, en fonction de la fréquence du champ électrique de l'onde électromagnétique présentant localement la plus grande amplitude au niveau des corrugations respectives. Le filtrage peut ainsi être optimisé sur une large bande de fréquences.

La profondeur des fentes est, par exemple, sensiblement égale au quart de la longueur d'onde correspondant à la fréquence du champ électrique présentant localement la plus grande amplitude au niveau des fentes respectives, et étant orienté essentiellement selon le deuxième axe. La profondeur des fentes est, dans un autre exemple, sensiblement égale au quart de la longueur d'onde correspondant à une fréquence d'une bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde, l'onde électromagnétique émise sur ladite bande de fréquences de fonctionnement présentant un champ électrique orienté essentiellement selon le deuxième axe. Par ailleurs, plus la fréquence est élevée, plus la largeur des fentes peut être faible. Toujours dans le but d'optimiser le filtrage sur une large bande de fréquences, l'écart entre deux corrugations adjacentes selon la direction selon laquelle les lames s'étendent longitudinalement est sensiblement égal au quart de la longueur d'onde correspondant à la fréquence du champ électrique de l'onde électromagnétique présentant localement la plus grande amplitude au niveau des fentes respectives. L'écart entre deux corrugations adjacentes selon la direction selon laquelle les lames s'étendent

longitudinalement, est en variante sensiblement égal au quart de la longueur d'onde correspondant à une fréquence d'une bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde, l'onde électromagnétique émise sur ladite bande de fréquences de fonctionnement présentant un champ électrique
5 orienté essentiellement selon le deuxième axe.

Avantageusement, dans le but d'optimiser l'atténuation, le cadre comporte des corrugations. Avantageusement, dans le but d'optimiser l'atténuation le cadre comporte des corrugations s'étendant sur toute l'épaisseur d'au moins un côté du cadre selon une direction perpendiculaire
10 au premier axe.

Avantageusement, le cadre comprend des corrugations s'étendant sur toute l'épaisseur d'au moins un côté du cadre selon le deuxième axe et/ou des corrugations s'étendant sur toute l'épaisseur d'au moins un côté du cadre selon un troisième axe orthogonal au premier axe et au deuxième axe.
15

Selon une forme particulière de réalisation, les corrugations sont alignées par ensembles selon le deuxième axe, les corrugations d'un même ensemble ayant des dimensions identiques.
20

Toujours selon une forme particulière de réalisation, la grille est disposée à une distance non nulle de l'ouverture du guide d'onde selon le premier axe.

Afin de renforcer le filtrage de la composante de cross-polarisation, le guide d'onde peut comporter au moins une grille supplémentaire, les grilles étant espacées deux à deux selon le premier axe d'une distance comprise entre la longueur d'onde correspondant sensiblement à une fréquence centrale d'une bande de fréquences de
25 fonctionnement du guide d'onde, et le huitième de cette longueur d'onde. Une ou plusieurs des grilles supplémentaires peuvent être placées parallèlement à la grille disposée au voisinage de l'ouverture. Par ailleurs, une ou plusieurs des grilles supplémentaires peuvent comporter chacune des corrugations. Chaque grille supplémentaire peut être sensiblement
30 identique à la grille disposée au voisinage de l'ouverture.
35

Selon une forme particulière de réalisation, la grille comporte un cadre épousant sensiblement le pourtour de l'ouverture du guide d'onde, le cadre comprenant des parties en saillie s'étendant dans un plan orthogonal au premier axe. Les parties en saillies forment par exemple un profil en dents de scie. Les parties en saillie peuvent s'étendre vers l'intérieur et/ou vers l'extérieur du cadre.

Avantageusement, les lames s'étendent longitudinalement selon une direction sensiblement parallèle à un troisième axe orthogonal au deuxième axe et orthogonal au premier axe.

Avantageusement, de façon à obtenir une meilleure atténuation, les lames s'étendent longitudinalement selon une direction formant, avec un troisième axe orthogonal au deuxième axe et orthogonal au premier axe, un angle compris entre $0,05^\circ$ et 5° autour du premier axe.

Avantageusement, le guide d'onde est prévu pour fonctionner sur une bande de fréquences de fonctionnement, les lames présentent une hauteur selon l'axe z sensiblement égale à la moitié d'une longueur d'onde correspondant à une fréquence comprise dans la bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde.

L'invention a également pour objet une antenne satellite comprenant un guide d'onde tel que décrit précédemment.

L'invention a enfin pour objet un procédé de test d'un équipement radiofréquence dans lequel un guide d'onde tel que décrit précédemment est utilisé.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, faite en regard de dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente, dans une vue en perspective, un exemple de guide d'onde terminé en forme de cornet et comprenant une grille simple proche de l'ouverture ;

6

- la figure 2 représente, dans une vue en perspective, un exemple de réalisation d'un guide d'onde terminé en forme de cornet et comprenant une grille selon l'invention proche de l'ouverture ;
- les figures 3A et 3B représentent, respectivement dans une
5 vue de dessus et dans une vue de côté, l'exemple de grille selon la figure 2 dimensionnée pour une bande de fréquences donnée ;
- les figures 4A, 4B et 5 illustrent, par des graphiques, l'impact de la grille selon l'invention sur les performances du guide d'onde ;
- la figure 6 représente une forme particulière de réalisation d'un
10 guide d'onde selon l'invention.

Pour la suite de la description, on note f_0 la fréquence centrale de la bande de fréquences de fonctionnement d'une antenne, C_0 la célérité de la lumière dans le milieu de propagation considéré, et λ_0 la longueur d'onde
15 correspondant à la fréquence f_0 (avec $\lambda_0 = C_0/f_0$). f_0 est la fréquence centrale des champs électriques des ondes électromagnétiques émises sur la bande de fonctionnement de l'antenne. Ces champs électriques sont, même avant leur arrivée sur la grille, orientés essentiellement selon l'axe y.

20 La figure 1 représente, dans une vue en perspective, un exemple de guide d'onde en forme de cornet pour une antenne à réflecteur. Le guide d'onde est souvent appelé cornet en référence à sa forme. Le cornet 10 comporte un premier tronçon 11 à section transverse (dans le plan xy) rectangulaire constante, et un deuxième tronçon 12 à section transverse
25 rectangulaire croissant régulièrement entre l'entrée 13 et l'ouverture 14, c'est-à-dire selon son axe longitudinal z. Pour une section transverse donnée, la plus grande dimension de cette section est orientée selon l'axe x, tandis que la plus petite dimension est orientée suivant l'axe y. L'entrée 13 est généralement reliée à un guide d'onde rectangulaire, non représenté, de
30 même section transverse que celle du tronçon 11. Le cornet 10 comprend une grille 15 disposée au voisinage de l'ouverture 14. Par voisinage, on entend une distance comprise entre la longueur d'onde λ_0 et la valeur nulle, la grille 15 étant alors fixée sur le pourtour de l'ouverture 14. La grille 15 comprend un cadre 150 épousant sensiblement le pourtour de l'ouverture 14,
35 et un ensemble de lames 151, 152 et 153. Le cadre supporte les lames. Les

lames 151-153 s'étendent longitudinalement et continuent selon l'axe x depuis un premier petit côté du cadre 150 jusqu'à un deuxième petit côté du cadre. Cette caractéristique est essentielle pour pourvoir atténuer la cross-composante du champ électrique de toute onde émise au sein du guide d'onde quelque soit sa position sur la grille.

Sur la réalisation de la figure 1 de manière non limitative, le premier petit côté 150a et le deuxième petit côté 150b s'étendent longitudinalement parallèlement à l'axe y. Le cadre comprend également un premier grand côté 150c et un deuxième grand côté 150d orthogonaux aux côtés 150a, 150b. Le cadre est rectangulaire.

Par les deux petits côtés du cadre, on entend les deux plus petits côtés du cadre et par deux grands côtés du cadre, on entend les deux plus grands côtés du cadre.

Les lames 151-153 sont disposées parallèlement au plan xz sur les réalisations des figures. Elles sont disposées de manière à permettre le passage d'une onde électromagnétique dont le champ électrique est polarisé selon l'axe y et le filtrage de toute onde électromagnétique dont le champ électrique n'est pas polarisé selon l'axe y. La grille 15 forme ainsi un filtre de polarisation linéaire d'axe y. Par filtrage, on entend l'atténuation de l'amplitude du champ électrique. La grille 15 atténue notamment la composante dite de cross-polarisation du champ électrique d'une onde électromagnétique, c'est-à-dire la composante orientée selon l'axe x. Elle atténue en particulier les composantes de cross-polarisation des champs électriques des ondes électromagnétiques dont les fréquences respectives sont comprises dans la bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde. Les propriétés géométriques de la grille 15 sont déterminées essentiellement en fonction de la bande de fréquences de fonctionnement de l'antenne. Les propriétés géométriques ayant l'impact le plus significatif sur les propriétés électromagnétiques de la grille sont la hauteur de la grille 15 et l'écart entre les lames adjacentes, de même qu'entre les lames externes 151 et 153 et le bord intérieur du cadre 150. Avantageusement, la hauteur de la grille 15 suivant l'axe z est sensiblement égale à la moitié de la longueur d'onde λ_0 ($\lambda_0/2$). L'écart entre deux lames adjacentes, ainsi qu'entre les lames externes 151 et 153 et le bord intérieur du cadre 150 est avantageusement sensiblement égal au quart de la longueur d'onde λ_0 ($\lambda_0/4$).

D'autres propriétés géométriques ont une influence secondaire sur les propriétés électromagnétiques du cornet 10. Il s'agit notamment de la position de la grille 15 par rapport à l'ouverture 14. Avantageusement, la grille 15 est placée à une distance du plan xy de l'ouverture 14 sensiblement nulle. L'épaisseur du cadre 150 suivant les axes x et y et celle des lames 151-153 suivant l'axe y ont peu d'influence sur les performances de la grille 15. L'épaisseur des lames 151-153 dépend directement de la dimension de l'ouverture 14 du cornet suivant l'axe y, du nombre de lames ainsi que de l'écart entre lames. D'un point de vue électromagnétique, l'épaisseur des lames 151-153 peut être très faible. Cependant, les lames 151-153 doivent être suffisamment épaisses pour être fabricables et pour assurer leur tenue mécanique. A titre d'exemple, l'épaisseur des lames peut être sensiblement égale à 1 mm. L'épaisseur du cadre 150 est essentiellement déterminée de manière à supporter les contraintes mécaniques subies par le cornet 10. En particulier, les lames 151-153 étant d'épaisseur relativement faible, l'épaisseur du cadre 150 doit être suffisante pour éviter une torsion des lames 151-153. Pour un cornet destiné à une antenne fonctionnant dans la bande de fréquences Ku, c'est-à-dire dans la bande de fréquences 10,00 GHz à 15,00GHz, l'épaisseur du cadre 150 est par exemple comprise entre 2 et 10 mm.

La figure 2 représente, dans une vue en perspective, un exemple de réalisation d'un cornet selon l'invention. Le cornet 20 se distingue du cornet 10 de la figure 1 par sa grille 21. La grille 21 comprend également un cadre 210 disposé au voisinage de l'ouverture 14 du cornet 20, et un ensemble de lames 211, 212 et 213 disposées parallèlement au plan xz sur les réalisations des figures. Le cadre supporte les lames. Les lames 211-213 s'étendent longitudinalement entre les deux côtés du cadre 150. Plus précisément, les lames s'étendent longitudinalement et continuent depuis un premier petit côté 250a du cadre jusqu'à un deuxième petit côté 250b du cadre 250. Sur la réalisation de la figure de façon non limitative, le premier côté 250a et le deuxième côté 250b s'étendent longitudinalement parallèlement à l'axe y. Le cadre comprend également un premier grand côté 250c et un deuxième grand côté 250d. Les côtés 250c et 250d sont

orthogonaux aux côtés 250a, 250b, le cadre étant rectangulaire sur la figure 2.

Les propriétés géométriques de la grille 21 sont déterminées de manière identique à celles de la grille 15 de la figure 1. La grille 21 diffère de la grille 15 en ce qu'elle comprend des corrugations 22. La grille 21 est dite corruguée. Les corrugations 22 consistent par exemple en des fentes, en des encoches ou des créneaux. Mécaniquement, elles peuvent s'apparenter à des saignées pratiquées le long de l'axe y sur la face externe du cadre 210 et/ou des lames 211-213. Par face externe, on entend la surface orientée dans la direction opposée à l'entrée 13 du cornet 20. Les corrugations 22 présentent avantageusement une forme rectangulaire ou en U dans un plan xz. En pratique, les corrugations 22 peuvent être réalisées aussi bien par usinage que par moulage de la grille 21. Les corrugations 22 améliorent l'atténuation de l'amplitude de tout champ électrique non polarisé selon l'axe y par rapport à une grille simple telle que la grille 15 de la figure 1. En particulier, elles permettent d'améliorer le filtrage, c'est-à-dire l'atténuation des composantes de cross-polarisation des champs électriques des ondes électromagnétiques émises dans la bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde. Cela signifie donc que le filtrage sera meilleur, et plus uniforme, dans la bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde. Elles permettent par ailleurs, de réaliser une atténuation des cross-composantes sur une plus large bande de fréquences que le dispositif d'atténuation de la figure 1. Pour rappel, les champs électriques des ondes électromagnétiques émises dans le guide d'onde sont de préférence orientés essentiellement selon la direction y même avant le passage de la grille. Le passage de la grille améliore d'avantage cette orientation en limitant les composantes de cross-polarisation. Les champs électriques à la sortie du guide d'onde sont donc forcément orientés essentiellement selon la direction y.

30

Le renforcement de l'atténuation des ondes électromagnétiques dont le champ électrique n'est pas polarisé selon l'axe y, en particulier l'atténuation des composantes de cross-polarisation, est obtenu par les propriétés géométriques des corrugations 22, à savoir par leurs dimensions et leur positionnement. Ces propriétés géométriques des corrugations 22

35

sont déterminées en fonction de la bande de fréquences de fonctionnement de l'antenne. Les propriétés géométriques ayant l'impact le plus significatif sur les propriétés électromagnétiques de la grille sont la profondeur des corrugations et l'écart entre corrugations adjacentes selon l'axe x. La

5 profondeur d'une corrugation 22 est définie comme la distance selon l'axe z entre, d'une part, la surface externe du cadre 210 ou des lames 211-213 et, d'autre part, le fond de la fente 22 considérée. La profondeur des corrugations est avantageusement dimensionnée en "piège quart d'onde". Autrement dit, elle est sensiblement égale au quart de la longueur d'onde λ_0

10 ($\lambda_0/4$). Cependant, afin de conserver un filtrage optimal sur toute la largeur de la bande de fréquences, il est possible de considérer plusieurs fréquences particulières dans la bande de fréquences. En effet, les signaux aux basses fréquences ont tendance à se disperser davantage sur les bords de la grille qu'au centre, alors que les signaux à plus haute fréquence sont plus directifs

15 et se concentrent donc davantage au centre de la grille. Cette propriété peut être utilisée afin de dédier différentes parties de la grille au filtrage de fréquences particulières distinctes. Dans l'exemple de la figure 2, quatre fréquences particulières sont considérées. Chaque fréquence particulière correspond à une longueur d'onde et est associée à un ensemble de

20 corrugations 22. Chaque fréquence particulière donne ainsi une profondeur de corrugation distincte des autres. Comme visible sur les figures 2, 3A, 3B, les dimensions des corrugations varient entre le premier côté 250a et le deuxième côté 250b du cadre. Le fonctionnement du cornet 20 étant symétrique par rapport au plan yz, les corrugations 22 peuvent être réalisées

25 symétriquement par rapport au plan yz passant par le centre de la grille. Dans la forme particulière de réalisation de la figure 2, un premier ensemble 221 de corrugations 22 est réalisé sur le cadre 210 et les lames 211-213 de sorte que les corrugations sont alignées selon l'axe y passant par le centre des côtés de plus grande dimension du cadre 210, des ensembles de

30 corrugations 222A-222B, 223A-223B, et 224A-224B étant réalisés symétriquement de part et d'autre du premier ensemble 221. L'écart entre corrugations adjacentes selon l'axe x constitue le principal critère d'optimisation du caractère filtrant des corrugations 22. L'écart entre deux corrugations adjacentes 22 est défini comme la distance selon l'axe x entre

35 les bords contigus de ces corrugations 22 ou, le cas échéant, entre le bord

intérieur du cadre 210 et le bord contigu de la corrugation adjacente 22. Néanmoins, la largeur des corrugations étant relativement faible par rapport à l'écart entre corrugations, cet écart peut également être défini comme la distance entre les centres des corrugations. L'écart entre corrugations adjacentes 22 est avantageusement sensiblement égal au quart de la longueur d'onde λ_0 ($\lambda_0/4$). Cependant, de manière analogue à la profondeur des corrugations, il est possible de considérer plusieurs fréquences particulières dans la bande de fréquences de fonctionnement. En raison du fonctionnement symétrique du cornet, les écarts entre corrugations sont normalement symétriques par rapport au plan yz passant par le centre de la grille 21. La largeur des corrugations exerce une influence secondaire sur les propriétés électromagnétiques de la grille 21. En outre, cette dimension est conditionnée par les dimensions de l'ouverture 14 du cornet 20 selon l'axe x, par le nombre de corrugations selon chaque axe x, ainsi que par les écarts entre les corrugations. La largeur des corrugations doit néanmoins être suffisante pour réaliser leur usinage ou le moulage de la grille 21. A titre d'exemple, la largeur des corrugations peut être sensiblement égale à 1 mm. De préférence, plus la fréquence particulière considérée est élevée, plus la largeur est réduite. Ainsi, la largeur des corrugations augmente depuis le centre vers le cadre et notamment vers les bords du cadre 210.

Les figures 3A et 3B représentent, respectivement dans une vue de dessus et dans une vue de côté, un exemple de grille selon la figure 2 dimensionnée pour une bande de fréquences comprise entre 10,3 GHz et 14,75 GHz. On note H la hauteur de la grille 21 suivant l'axe z, d l'écart entre lames adjacentes suivant l'axe y, e_c l'épaisseur du cadre 210 suivant les axes x et y, e_l l'épaisseur des lames suivant l'axe y, h_1 à h_4 la profondeur des corrugations 22 des ensembles respectifs 221 à 224 suivant l'axe z. On note également d_{12} l'écart entre les corrugations suivant l'axe x du premier ensemble 221 et celles de l'ensemble 222A (respectivement 222B), d_{23} l'écart entre les corrugations de l'ensemble 222A (respectivement 222B) et celles de l'ensemble 223A (respectivement 223B), d_{34} l'écart entre les corrugations de l'ensemble 223A (respectivement 223B) et celles de l'ensemble 224A (respectivement 224B), et d_{40} l'écart entre les corrugations de l'ensemble 224A (respectivement 224B) et le bord intérieur contigu du

12

côté 250b (respectivement 250a) du cadre 210. Enfin, on note e_1 à e_4 la largeur des corrugations 22 suivant l'axe x des ensembles respectifs 221 à 224.

On considère les fréquences suivantes : $f_0=12,5$ GHz, $f_1=14,75$ GHz, $f_2=14,25$ GHz, $f_3=12,75$ GHz et $f_4=11,7$ GHz. Chaque fréquence f_1 à f_4 est associée à un ensemble de corrugations 221, 222A-222B, 223A-223B ou 224A-224B. Ces fréquences permettent de définir les profondeurs h_1 à h_4 des corrugations des ensembles respectifs 221 à 224. Avec $C_0=3.10^8$ m/s, les longueurs d'onde associées aux fréquences f_0 à f_4 sont respectivement

$\lambda_0=24$ mm, $\lambda_1=20,34$ mm, $\lambda_2=21,05$ mm, $\lambda_3=23,53$ mm et $\lambda_4=25,64$ mm.

Pour les différentes zones de la grille 21 situées entre les corrugations, on considère les fréquences suivantes : $f_{12}=14,5$ GHz, $f_{23}=13,75$ GHz, $f_{34}=f_0=12,5$ GHz et $f_{40}=10,3$ GHz. Elles permettent de définir les écarts entre corrugations adjacentes. Les longueurs d'onde associées à ces fréquences sont respectivement $\lambda_{12}=20,69$ mm, $\lambda_{23}=21,82$ mm, $\lambda_{34}=24,00$ mm, et $\lambda_{40}=29,13$ mm. Pour ces fréquences, les dimensions de la grille 21 sont par exemple les suivantes :

- $H=12$ mm, dimensionnée en $\lambda_0/2$;
- $d=8,25$ mm ;
- $e_c=7,0$ mm ;
- $e_l=1,0$ mm ;
- $h_1=5,08$ mm ; $h_2=5,26$ mm ; $h_3=5,88$ mm ; $h_4=6,41$ mm ;
- $d_{12}=5,17$ mm ; $d_{23}=5,46$ mm ; $d_{34}=6,00$ mm ; $d_{40}=7,28$ mm ;
- $e_1=0,75$ mm ; $e_2=1,0$ mm ; $e_3=1,25$ mm ; $e_4=1,5$ mm.

25

Autrement dit, les dimensions et/ou les écarts entre les fentes respectives sont définis par la longueur d'onde correspondant à la fréquence du champ électrique présentant localement la plus grande amplitude au niveau de la grille 21, et en particulier au niveau des fentes respectives 22.

30

Comme visible sur la figure 2, les grands côtés 250d et 250c du cadre comportent des corrugations. Ces corrugations sont espacées selon la direction longitudinale des côtés. Elles s'étendent avantageusement sur toute l'épaisseur de ces côtés selon une direction perpendiculaire à l'axe z. Les corrugations formées sur chaque grand côté s'étendent sur toute l'épaisseur du grand côté selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale

35

du grand côté. De cette façon elles débouchent de part et d'autre de ce côté. Sur la réalisation de la figure 2, les corrugations s'étendent sur toute l'épaisseur des grands côtés respectifs selon la direction y. Les corrugations formées sur un côté présentent, par exemple comme visible sur la figure 2, la
5 forme d'un canal s'étendant longitudinalement selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale dudit côté et présentent une section rectangulaire dans le plan xz.

Dans une variante non représentée ou en plus des corrugations des grands côtés, les petits côtés 250a et 250b du cadre comportent des
10 corrugations s'étendant sur toute leurs épaisseurs respectives selon une direction perpendiculaire à l'axe z. Les corrugations de chaque petit côté s'étendent sur toute l'épaisseur du petit côté perpendiculairement à la direction longitudinale du petit côté. De cette façon elles débouchent de part et d'autre de ce côté. Dans le cas où les petits côtés s'étendent
15 longitudinalement selon l'axe y, les corrugations s'étendent sur toutes leurs épaisseurs respectives selon la direction x. Les corrugations formées sur un côté présentent, par exemple, la forme d'un canal s'étendant longitudinalement selon une direction perpendiculaire à la direction longitudinale dudit côté (direction y) et présentent une section rectangulaire
20 dans le plan yz.

Avantageusement au moins un des côtés du cadre comprend des corrugations s'étendant sur toute son épaisseur.

25 Les figures 4A, 4B et 5 illustrent, par des graphiques, l'amélioration des performances d'un cornet en bande C due à la présence d'une grille selon l'invention par rapport au même cornet non muni de grille, et par rapport au même cornet muni d'une grille simple (sans corrugations).

30 Sur les graphiques des figures 4A et 4B, les amplitudes A, en dB, des composantes de copolarisation et de cross-polarisation du champ électrique d'une onde électromagnétique sont tracées en fonction de l'angle de site ϕ , et pour une seule fréquence. L'angle de site correspond à l'angle formé entre l'axe z et la direction de propagation de l'onde
35 électromagnétique. Typiquement, on s'intéresse essentiellement aux angles

de site compris entre 0° et 30° à 40° . Sur le graphique de la figure 4A, une courbe 41 représente l'amplitude de la composante de copolarisation pour un cornet sans grille, une courbe 42 représente l'amplitude de la composante de cross-polarisation pour un cornet sans grille, et une courbe 43 représente l'amplitude de la composante de cross-polarisation pour un cornet muni d'une grille simple. Sur le graphique de la figure 4B, les courbes 41 et 42 sont reproduites, et une courbe 44 représente l'amplitude de la composante de cross-polarisation pour un cornet muni d'une grille comportant des corrugations selon l'invention. Les figures 4A et 4B montrent des maximums d'amplitude de la composante de cross-polarisation sensiblement 30 dB en dessous du maximum d'amplitude de la composante de copolarisation pour un cornet sans grille, 35 dB pour un cornet muni d'une grille simple, et 45 dB pour un cornet muni d'une grille selon l'invention.

Sur le graphique de la figure 5, les maximums d'amplitude $A_{\max}$ des composantes de cross-polarisation du champ électrique d'une onde électromagnétique pour un angle de site compris entre -10° et $+10^\circ$ sont tracés en fonction de la fréquence f . Ces maximums d'amplitude sont considérés en décibels par rapport au maximum d'amplitude de la composante de copolarisation calculé pour un angle de site compris entre -180° et $+180^\circ$, c'est à dire sur la sphère totale de rayonnement de l'onde. Une courbe 51 représente le maximum d'amplitude, pour un angle de site compris entre -10° et $+10^\circ$, de la composante de cross-polarisation pour un cornet sans grille. Une courbe 52 représente ce maximum, pour un angle de site compris entre -10° et $+10^\circ$ et pour un cornet muni d'une grille simple, et une courbe 53 représente ce maximum pour un angle de site compris entre -10° et $+10^\circ$ et pour un cornet muni d'une grille comportant des corrugations. La plus faible atténuation de la composante de cross-polarisation sur la bande de fréquences de fonctionnement pour un cornet muni d'une grille selon l'invention est sensiblement égale à -44 dB, alors qu'elle est environ égale à -40 dB pour un cornet muni d'une grille simple et de -34 dB pour un cornet sans grille.

La grille corruguée selon l'invention présente également l'avantage d'améliorer le taux d'onde stationnaire d'environ 1 à 5 dB, ainsi

15

que le gain du cornet de quelques dixièmes de décibels. Elle permet d'obtenir des maximums d'amplitude de la composante de cross-polarisation 40 dB en dessous des maximums d'amplitude de la composante de copolarisation avec des cornets pyramidaux.

5

Dans l'exemple des figures 2, 3A et 3B, le cornet 20 est pyramidal, c'est-à-dire qu'il comporte un tronçon 12 dont les dimensions dans le plan transverse augmentent linéairement selon l'axe de propagation de l'onde électromagnétique. L'invention s'applique néanmoins à toute autre forme de
10 cornet, en particulier les cornets dits "trifurcated" et les cornets corrugués.

Par ailleurs, un cornet selon l'invention peut comporter une pluralité de grilles en plus de la grille 21 disposée au voisinage de l'ouverture 14 du cornet 20. Ces grilles supplémentaires présentent également des
15 corrugations sur leurs lames et/ou sur les bords de leur cadre. Les grilles sont par exemples espacées régulièrement les unes des autres (deux à deux) d'une distance comprise entre la longueur d'onde λ_0 et le huitième de cette longueur d'onde. Les grilles supplémentaires peuvent être identiques ou non à la grille 21.

20

La figure 6 représente une forme particulière de réalisation d'un guide d'onde selon l'invention. Le cornet 30 se distingue du cornet 20 de la figure 2 en ce que le cadre 310 de la grille 31 comprend des parties en saillie 320 s'étendant dans un plan xy, c'est-à-dire dans un plan orthogonal à l'axe z.
25 Ces parties en saillie 320 sont par exemple disposées sur les côtés de plus petite dimension du cadre 310, comme représenté sur la figure 6. Cependant, les parties en saillie peuvent aussi être disposées sur tout le pourtour du cadre 310, ou uniquement sur les côtés de plus grande dimension. Par ailleurs, les parties en saillie peuvent s'étendre soit vers
30 l'intérieur du cadre 310, soit vers l'extérieur, comme représenté sur la figure 6. Les parties en saillie peuvent par exemple s'apparenter à des dents de scie ou à des créneaux rectangulaires.

Sur la réalisation des figures, les lames s'étendent longitudinalement selon la direction sensiblement parallèle à l'axe x. Le
35 positionnement et les dimensions des corrugations sont définis selon et/ou

par rapport à cet axe. Autrement dit, la direction longitudinale des lames forme un angle inférieur à $0,05^\circ$ avec l'axe x autour de l'axe z.

Dans une variante avantageuse, les lames s'étendent longitudinalement selon une direction formant avec l'axe x, autour de l'axe z, un angle au moins égal à $0,05^\circ$ et compris entre $0,05$ et 5° . Dans ce cas, on définit le positionnement (par exemple l'écart entre les corrugations) et les dimensions des corrugations (par exemple leur largeur) selon et/ou par rapport à la direction longitudinale des lames. Dans certains cas pratiques, ce mode de réalisation permet d'obtenir avantageusement une meilleure atténuation des composantes de cross-polarisation s'étendant selon l'axe x.

Dans ces deux modes de réalisation étant donné que l'angle formé entre la direction longitudinale des lames et l'axe x est au plus égal à 5° , on admet et on dit que les lames s'étendent longitudinalement globalement selon l'axe x.

Les lames forment globalement des parallélépipèdes rectangles présentant un côté s'étendant selon la direction z.

Nous avons décrit précédemment des modes de réalisation dans lesquels la profondeur des corrugations, l'écart entre les corrugations ou la hauteur de la lame sont égales à une fraction (le quart ou la moitié) de la longueur d'onde de la fréquence centrale. En variante, ces dimensions et positionnement sont égaux à une fraction (le quart ou la moitié) de la longueur d'onde d'une fréquence comprise dans la bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde.

REVENDICATIONS

1. Guide d'onde comportant un tronçon (12) en forme de cornet, une entrée (13), une ouverture (14), et une grille (21) disposée au voisinage de l'ouverture (14), au moins une onde électromagnétique à polarisation linéaire étant apte à se propager entre l'entrée (13) et l'ouverture (14) selon un premier axe (z), la grille (21) comportant un cadre (210) entourant un ensemble de lames (211-213) s'étendant longitudinalement et continuant depuis un premier petit côté (250a) du cadre jusqu'à un deuxième petit côté (250b) du cadre, de manière à former un filtre de polarisation linéaire atténuant la composante de cross-polarisation du champ électrique de l'onde électromagnétique, ladite composante de cross-polarisation étant orthogonale à un deuxième axe (y) orthogonal au premier axe (z), le guide d'onde (20) étant caractérisé en ce que les lames (211-213) comprennent des corrugations (22) dimensionnées et positionnées de manière à renforcer l'atténuation de ladite composante de cross-polarisation.

15

2. Guide d'onde selon la revendication 1, dans lequel les corrugations (22) sont des fentes rectangulaires ouvertes dans la direction opposée à l'entrée (13) du guide d'onde (20).

20

3. Guide d'onde selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel les corrugations (22) ont des dimensions variant selon leur position le long de la direction selon laquelle les lames s'étendent longitudinalement entre le premier et le deuxième petit côté du cadre, en fonction de la fréquence du champ électrique de l'onde électromagnétique présentant localement la plus grande amplitude au niveau des corrugations respectives (22).

25

4. Guide d'onde selon les revendications 2 et 3, dans lequel la profondeur (h1-h4) des fentes (22) est sensiblement égale au quart de la longueur d'onde correspondant à la fréquence du champ électrique présentant localement la plus grande amplitude au niveau des fentes respectives (22), et étant orienté essentiellement selon le deuxième axe (y).

30

5. Guide d'onde selon les revendications 2 et 3, dans lequel la profondeur (h1-h4) des fentes (22) est sensiblement égale au quart de la

longueur d'onde correspondant à une fréquence d'une bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde, l'onde électromagnétique émise sur ladite bande de fréquences de fonctionnement présentant un champ électrique orienté essentiellement selon le deuxième axe (y).

5

6. Guide d'onde selon la revendication 3 ou 4, dans lequel plus la fréquence présentant localement la plus grande amplitude est élevée, plus la largeur (e1-e4) des fentes (22) est faible.

10

7. Guide d'onde selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'écart entre deux corrugations (22) adjacentes selon la direction selon laquelle les lames s'étendent longitudinalement est sensiblement égal au quart de la longueur d'onde correspondant à la fréquence du champ électrique de l'onde électromagnétique présentant localement la plus grande amplitude au niveau des fentes respectives (22).

15

8. Guide d'onde selon la revendication précédente, dans lequel l'écart entre deux corrugations (22) adjacentes selon la direction selon laquelle les lames s'étendent longitudinalement, est sensiblement égal au quart de la longueur d'onde correspondant à une fréquence d'une bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde, l'onde électromagnétique émise sur ladite bande de fréquences de fonctionnement présentant un champ électrique orienté essentiellement selon le deuxième axe (y).

20

25

9. Guide d'onde selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le cadre (210) comporte des corrugations (22).

30

10. Guide d'onde selon la revendication précédente, dans lequel le cadre comporte des corrugations s'étendant sur toute l'épaisseur d'au moins un côté du cadre selon une direction perpendiculaire au premier axe (z).

35

11. Guide d'onde selon la revendication précédente, dans lequel le cadre comprend des corrugations s'étendant sur toute l'épaisseur d'au moins un côté du cadre selon le deuxième axe (y) et/ou des corrugations

s'étendant sur toute l'épaisseur d'au moins un côté du cadre selon un troisième axe (x) orthogonal au premier axe (z) et au deuxième axe (y).

- 5 12. Guide d'onde selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les corrugations (22) sont alignées par ensembles (221, 222A-222B, 223A-223B, 224A-224B) selon le deuxième axe (y), les corrugations (22) d'un même ensemble ayant des dimensions identiques.
- 10 13. Guide d'onde selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les lames s'étendent longitudinalement selon une direction sensiblement parallèle à un troisième axe (x) orthogonal au deuxième axe (y) et orthogonal au premier axe (z).
- 15 14. Guide d'onde selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les lames s'étendent longitudinalement selon une direction formant, avec un troisième axe (x) orthogonal au deuxième axe (y) et orthogonal au premier axe (z), un angle compris entre 0,05° et 5° autour du premier axe (z).
- 20
15. Guide d'onde selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le guide d'onde est prévu pour fonctionner sur une bande de fréquences de fonctionnement, les lames présentant une hauteur
- 25 selon l'axe z sensiblement égale à la moitié d'une longueur d'onde correspondant à une fréquence comprise dans la bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde.
16. Guide d'onde selon l'une des revendications précédentes,
- 30 dans lequel la grille (21) est disposée à une distance non nulle de l'ouverture (14) du guide d'onde (20) selon le premier axe (z).
17. Guide d'onde selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins une grille supplémentaire, les grilles étant espacées
- 35 deux à deux selon le premier axe (z) d'une distance comprise entre la

20

longueur d'onde correspondant sensiblement à une fréquence centrale d'une bande de fréquences de fonctionnement du guide d'onde (20), et le huitième de cette longueur d'onde.

5 18. Guide d'onde selon la revendication précédente, dans lequel une ou plusieurs grilles supplémentaires sont placées parallèlement à la grille (21) disposée au voisinage de l'ouverture (14).

10 19. Guide d'onde selon l'une des revendications 17 à 18, dans lequel une ou plusieurs grilles supplémentaires comportent chacune des corrugations.

15 20. Guide d'onde selon l'une des revendications 17 à 19, dans lequel chaque grille supplémentaire est sensiblement identique à la grille (21) disposée au voisinage de l'ouverture (14).

21. Antenne satellite comprenant un guide d'onde selon l'une des revendications précédentes.

20 22. Procédé de test d'un équipement radiofréquence dans lequel est utilisé un guide d'onde selon l'une des revendications 1 à 20.

1/6

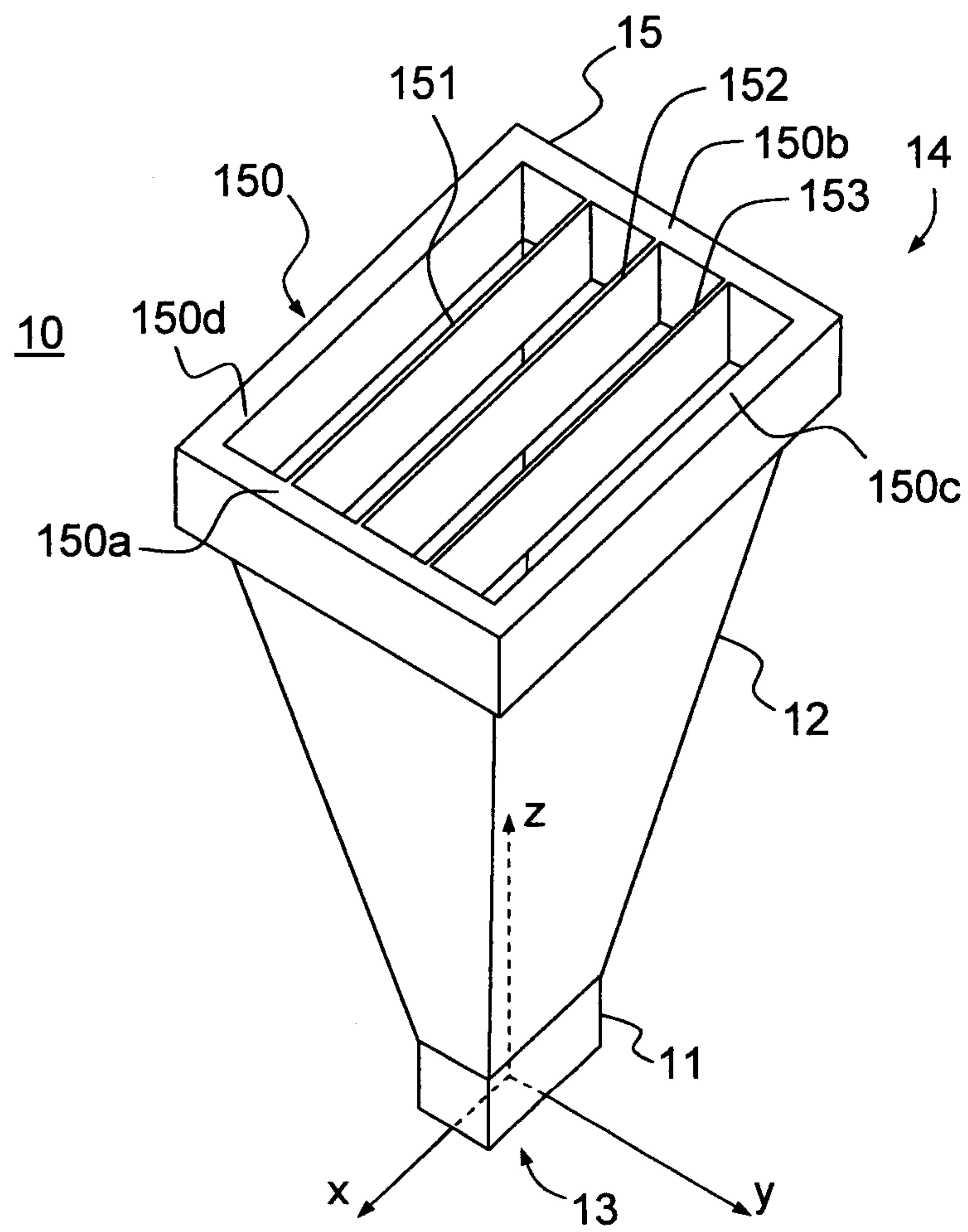


FIG.1

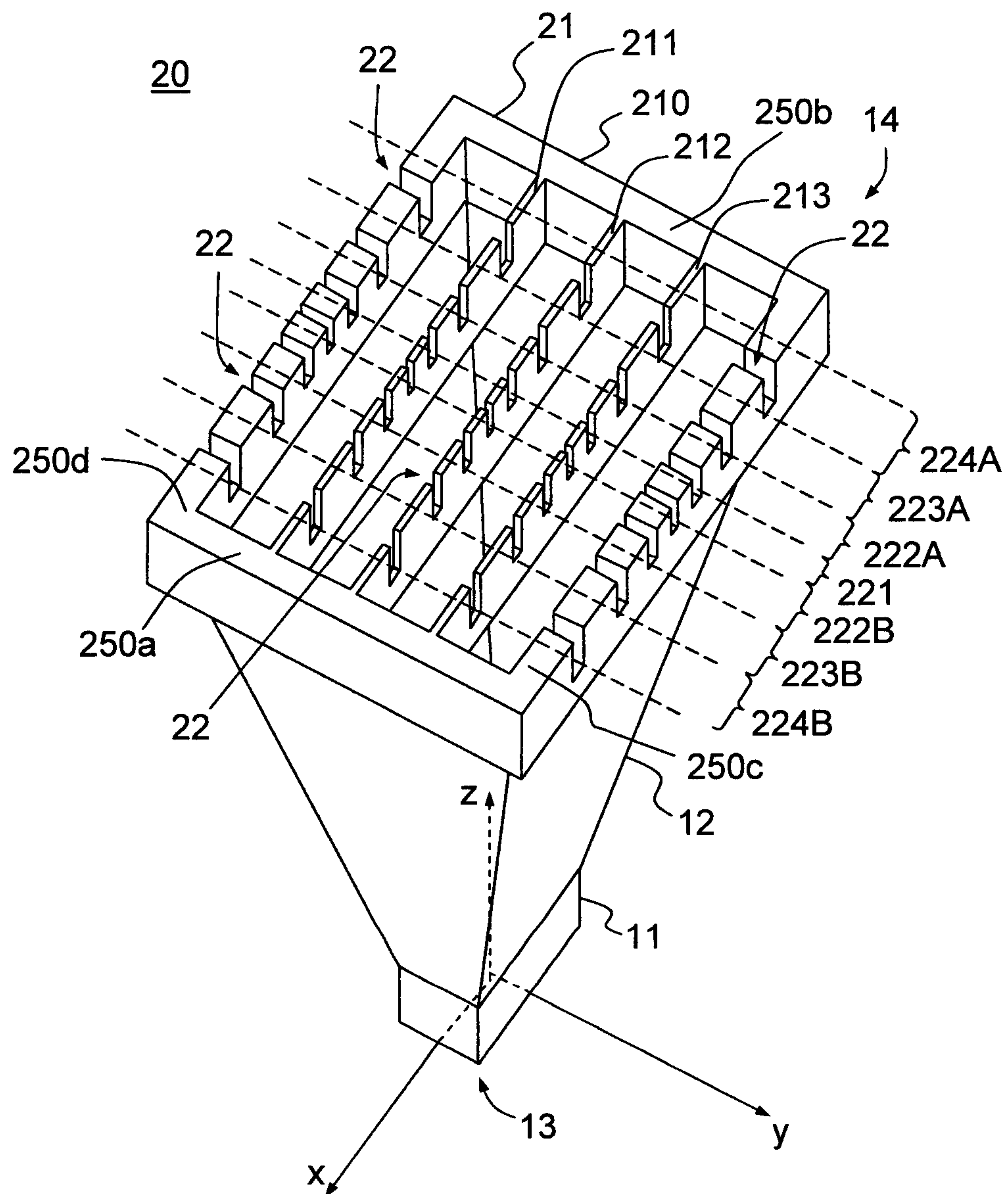


FIG.2

3/6

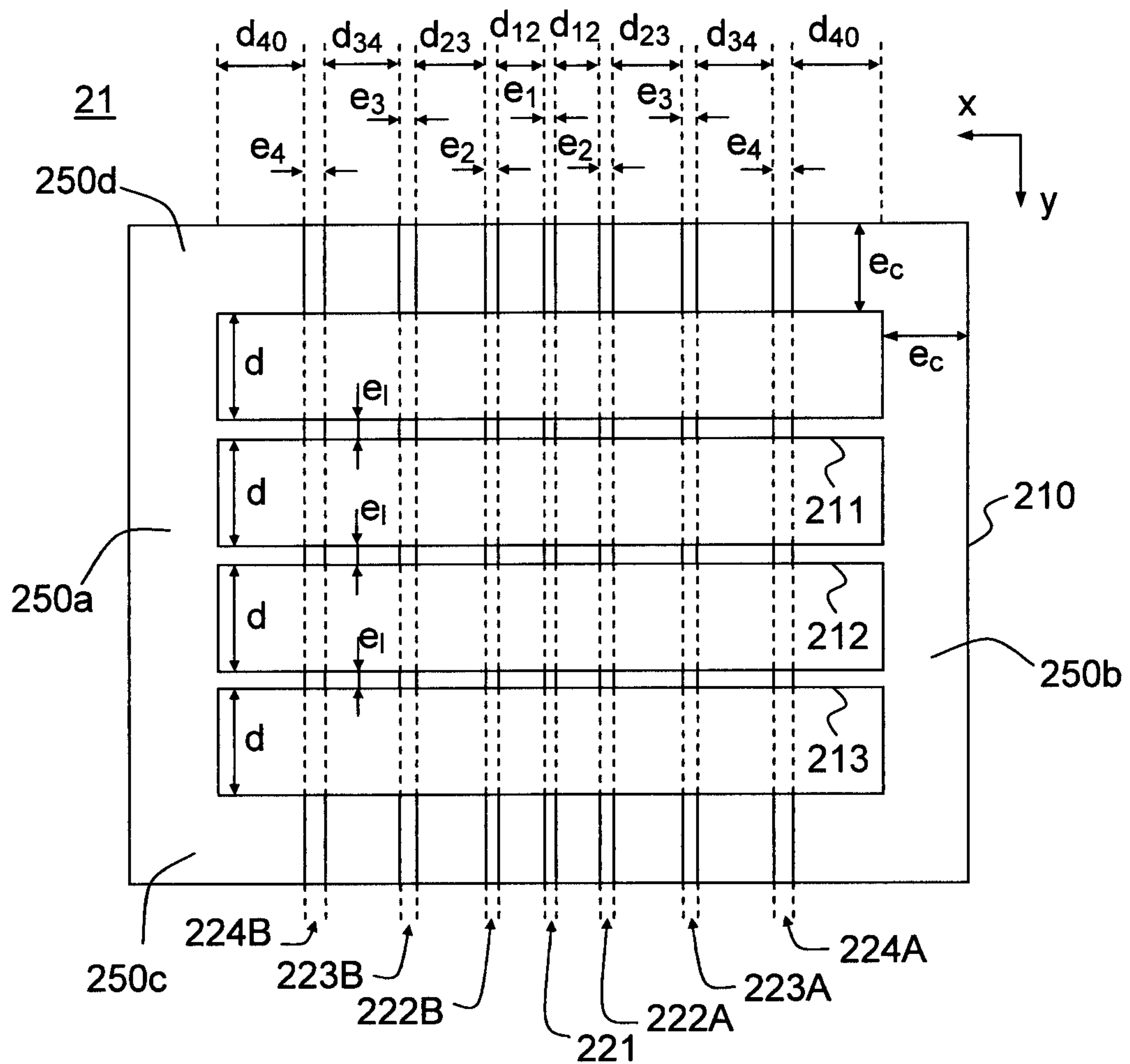


FIG. 3A

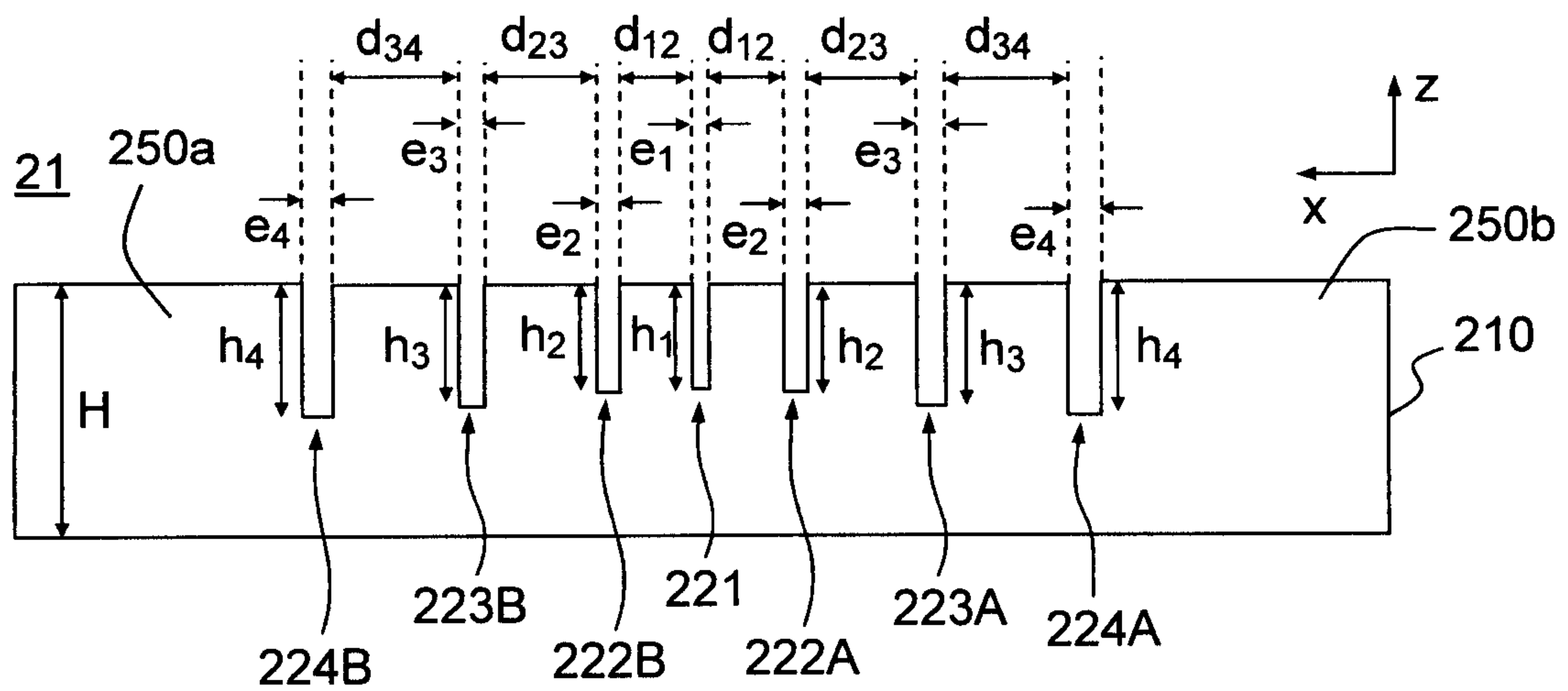


FIG. 3B

4/6

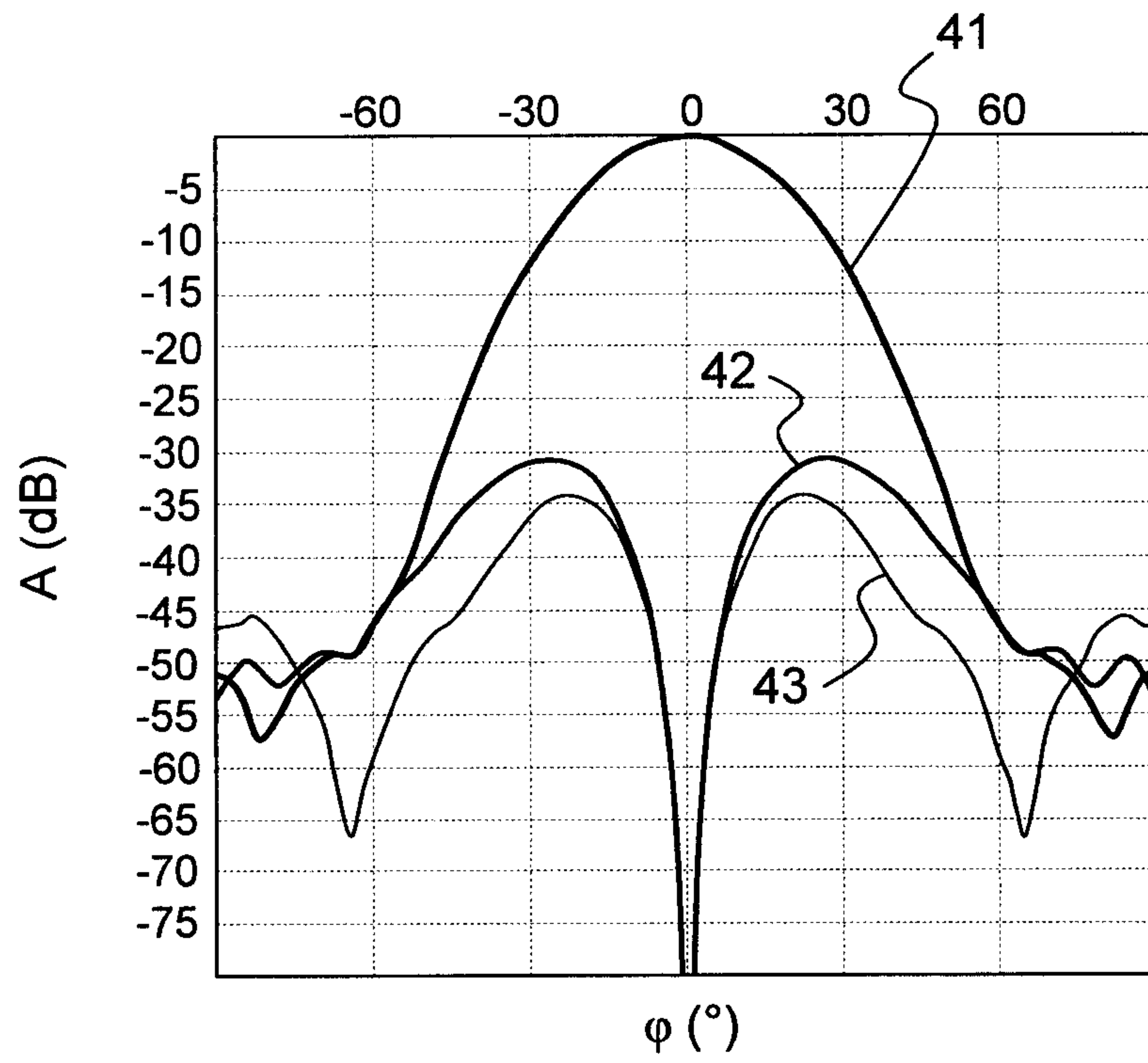


FIG. 4A

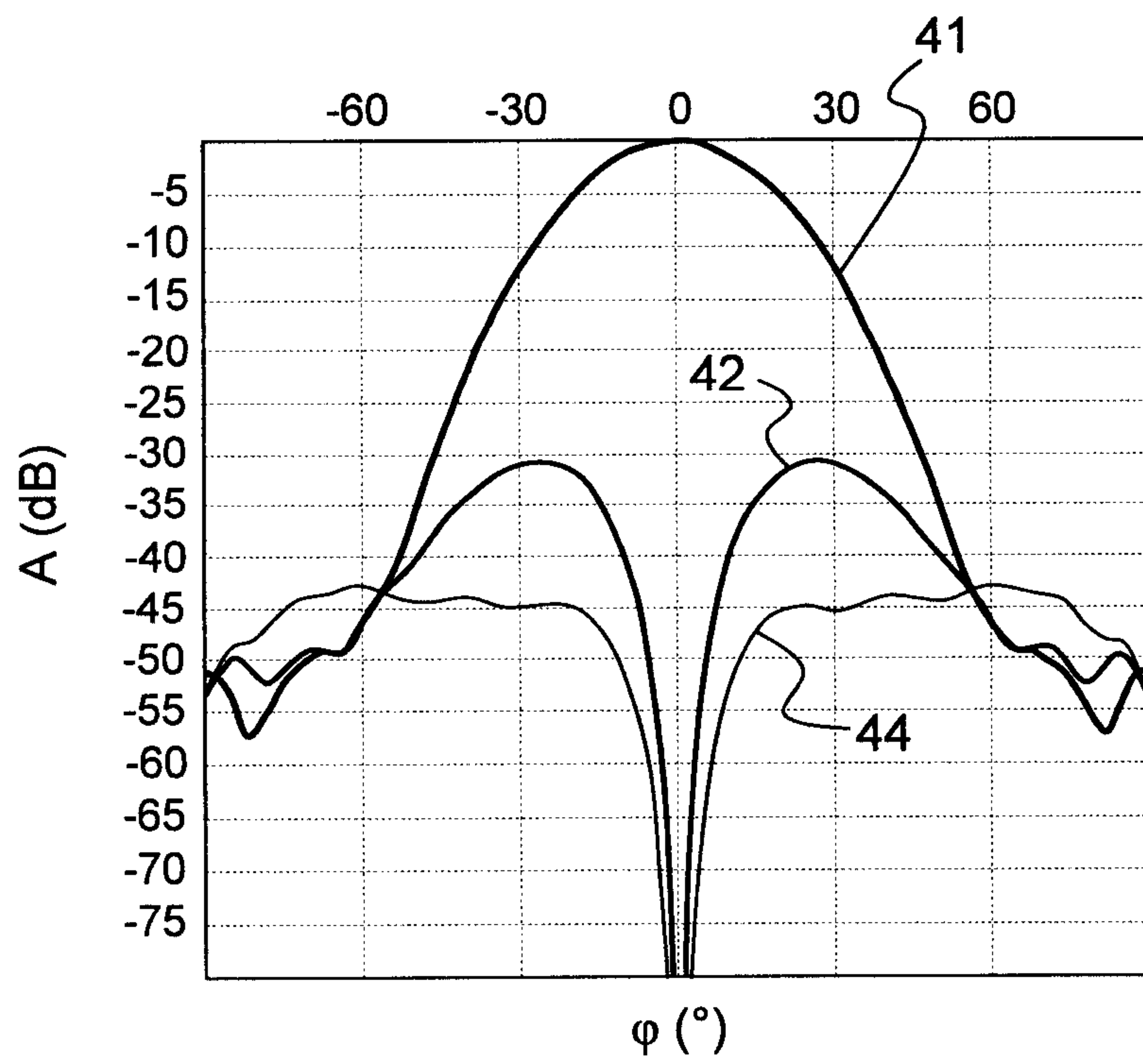


FIG. 4B

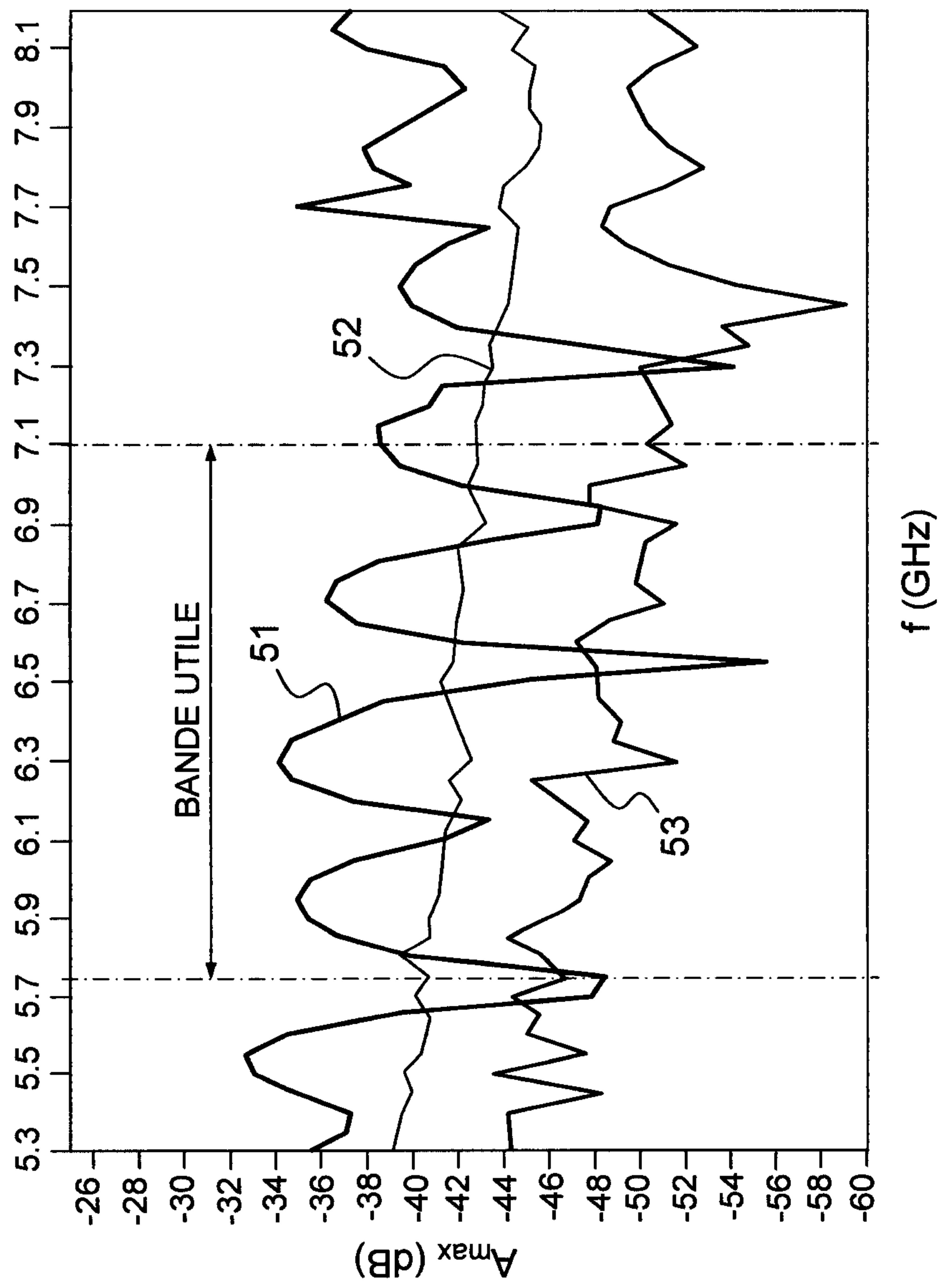


FIG.5

6/6

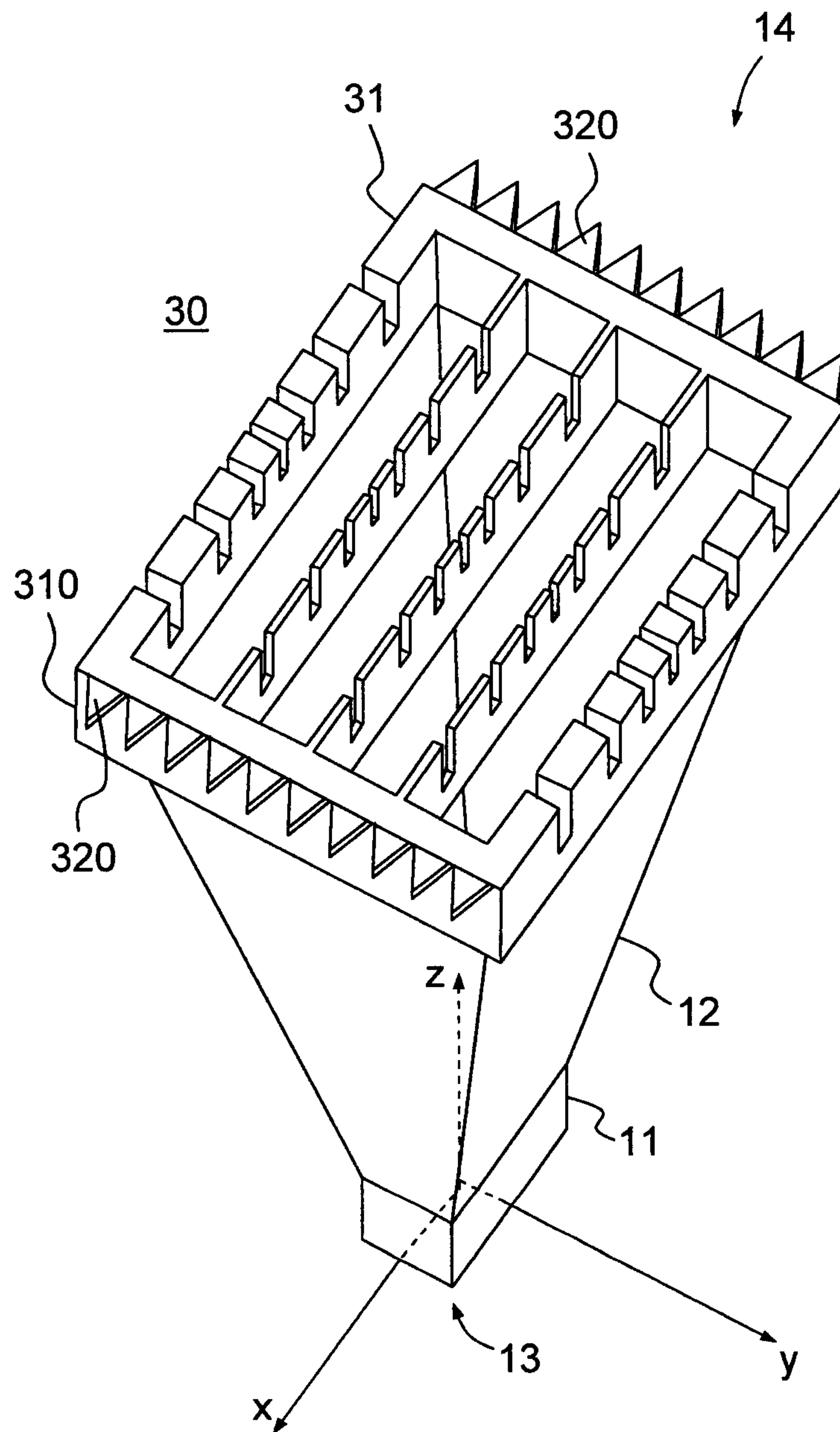


FIG.6

