

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
29.11.89

⑤① Int. Cl.⁴: **H 01 J 25/02, H 01 J 23/027,**
H 01 J 23/36, H 01 P 1/16

②① Numéro de dépôt: **84400542.1**

②② Date de dépôt: **16.03.84**

⑤④ **Transformateur de modes de propagation hyperfréquence.**

③⑩ Priorité: **18.03.83 FR 8304484**

④③ Date de publication de la demande:
24.10.84 Bulletin 84/43

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
29.11.89 Bulletin 89/48

⑧④ Etats contractants désignés:
CH DE GB LI

⑤⑥ Documents cités:
EP-A- 0 060 922
FR-A- 1 137 378
FR-A- 1 533 790
FR-A- 2 430 085
GB-A- 964 458
GB-A- 2 083 691
US-A- 3 710 258

INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS, vol. 51,
no. 4, octobre 1981, pages 277-302, Taylor & Francis
Ltd., Hamphshire, GB A.V. GAPONOV et al.: "Invited
paper. Powerful millimetre-wave gyrotrons"
IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND
TECHNIQUES, vol. MTT-15, no. 2, février 1967, pages
66-71, New York, US T. NAKAHARA et al.: "Guided
beam waves between parallel concave reflectors"

⑦③ Titulaire: **THOMSON-CSF, 51, Esplanade du Général de**
Gaulle, F-92800 Puteaux (FR)

⑦② Inventeur: **Mourier, Georges, THOMSON-CSF**
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

⑦④ Mandataire: **Mayeux, Michèle et al, THOMSON-CSF**
SCPI, F-92045 PARIS LA DEFENSE CEDEX 67 (FR)

⑤⑥ Documents cités: (suite)
1978 IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE
SYMPOSIUM DIGEST, 27-29 juin 1978, pages 427-429,
IEEE, New York, US D.J. HARRIS et al.: "Waveguide
systems for short-millimetric and submillimetric
wavelengths"

EP 0 122 834 B1

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

Description

La présente invention concerne un transformateur de modes de propagation hyperfréquence destiné à des oscillateurs millimétriques de puissance du type gyrotron qui fonctionnent sur des modes élevés. Les gyrotrons, sont maintenant utilisés pour chauffer des plasmas dans le but de les amener à une température thermonucléaire. Le problème qui se pose est que, pour obtenir un rayonnement important, il faut passer d'un mode complexe, le mode circulaire TE_{0n} par exemple, qui est produit dans la cavité de révolution des gyrotrons, à un mode où le champ électrique est polarisé linéairement, et est donc sensiblement parallèle à une direction donnée, et même où il faut passer de préférence à une onde plane.

La présente invention permet de résoudre le problème du passage d'un mode complexe, du type TE_{0n} , à un mode où le champ électrique est sensiblement parallèle à une direction donnée, et même à une onde plane.

La présente invention concerne un transformateur de modes de propagation hyperfréquence, constitué par un guide d'onde, de section sensiblement elliptique, et d'excentricité croissante le long de l'axe du transformateur, ce transformateur assurant le passage à un mode où le champ électrique est sensiblement parallèle à une direction donnée, caractérisé en ce que:

- ce transformateur est relié à la cavité d'un gyrotron qui lui fournit un mode complexe du type TE_{0n} , le transformateur étant placé dans la même enceinte à vide que le gyrotron;

- ce transformateur est constitué de deux miroirs concaves, qui se font face, la forme des miroirs étant telle que les sections perpendiculaires à l'axe du transformateur soient sensiblement elliptiques et d'excentricité croissante le long de cet axe, à condition de ne pas tenir compte des extrémités du grand axe de ces ellipses;

- ce transformateur comporte des moyens de focalisation guidant le faisceau d'électrons vers des plaques collectrices, situées sur les parties voisines des extrémités du grand axe des ellipses constituant la section du transformateur.

Par la demande de brevet britannique N° 2 083 691 on connaît un guide d'ondes de forme conique relié à la cavité résonante d'un gyrotron.

Par la demande de brevet européen n° 0 060 922, on connaît un transformateur de modes de propagation hyperfréquence, constitué par un guide d'onde, de section sensiblement elliptique, et d'ellipticité croissante le long de l'axe du transformateur.

Cette demande de brevet concerne en fait une antenne qui reçoit un mode hybride, tel que le mode HE_{11} - voir page 3, ligne 7 de cette demande - qui permet à l'antenne de rayonner. Cette antenne transforme ce mode en un autre mode qui améliore le rayonnement de l'antenne.

Il faut noter que dans notre demande de brevet le transformateur de modes est reliée à la cavité de révolution d'un gyrotron, qui lui fournit un mode complexe, tel que par exemple le mode TE_{02}

de la figure 1, qui ne permet pas le rayonnement. Dans notre demande de brevet, le transformateur de modes assure le passage d'un mode du type TE_{0n} qui ne permet pas le rayonnement à un mode qui permet d'obtenir un rayonnement élevé, c'est-à-dire à un mode où le champ électrique est sensiblement parallèle à une direction donnée. Il ne nous semble pas du tout évident étant donné la fonction d'antenne du guide d'onde d'ellipticité croissante de la demande de brevet européen citée d'utiliser ce dispositif, en association avec un gyrotron, et avec une fonction différente.

D'autres objets, caractéristiques et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les figures annexées qui représentent:

- les figures 1, 2 et 3, les lignes de champ électrique dans les sections droites de la cavité d'un gyrotron, d'un guide elliptique et d'un système constitué de deux plaques conductrices parallèles;

- la figure 4, un procédé permettant d'obtenir un transformateur de modes de section elliptique, d'excentricité croissante;

- la figure 5, le transformateur obtenu par le procédé de la figure 4;

- la figure 6, une projection de coupes réalisées perpendiculairement à l'axe Oz sur le transformateur de la figure 5;

- les figures 7 et 8, deux schémas montrant la répartition du champ électrique dans la section d'un transformateur selon l'invention;

- la figure 9, la section droite d'un transformateur de modes de section elliptique, d'excentricité croissante comportant des volumes V_1 et V_2 ;

- la figure 10, une vue en perspective d'un mode de réalisation d'un transformateur selon l'invention comportant deux miroirs M_1 et M_2 et deux zones collectrices C_1 et C_2 ;

- les figures 11 à 14, les lignes de champ électrique dans la section droite de la cavité du gyrotron et d'un transformateur selon l'invention constitué de deux miroirs M_1 et M_2 ;

- les figures 15 et 16, les éléments faisant suite au transformateur selon l'invention et permettant d'obtenir respectivement deux ondes planes et une onde plane.

Sur les différentes figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments, mais, pour des raisons de clarté, les cotes et proportions des divers éléments ne sont pas respectées.

On va expliquer le fonctionnement du transformateur de modes selon l'invention en se référant aux figures 1, 2 et 3.

Sur la figure 1, on a représenté les lignes de champ électrique dans la section droite circulaire de la cavité 1 d'un gyrotron, dans le cas où un mode TE_{02} est établi dans cette cavité. Les cercles en trait plein indiquent les zones où le champ électrique est maximum et les cercles en pointillés indiquent les zones où le champ électrique est nul. Ce mode TE_{02} circulaire et symétrique ne permet pas le rayonnement.

La figure 2 montre la répartition des lignes de champ électrique dans la section droite d'un guide

d'onde 2 de section elliptique placé à la suite de la cavité d'un gyrotron où est établi un mode TE_{02} comme sur la figure 1. On désigne par a et b le grand axe et le petit axe de l'ellipse. Sur la figure 2, le petit axe b égale deux fois le rayon intérieur R de la cavité du gyrotron.

On constate sur la figure 2 qu'il y a une modification importante de la forme des lignes de champ électrique par rapport à la figure 1. Les lignes de champ électrique deviennent sensiblement parallèles à la direction x indiquée sur la figure 2. On peut noter que vers les deux extrémités du grand axe, le champ électrique est faible.

La figure 3 montre la répartition des lignes de champ électrique dans la section droite d'un système constitué de deux plaques conductrices parallèles, portant la référence 3. La distance d entre les plaques est prise égale à deux fois le rayon R de la cavité du gyrotron. On constate que les lignes de champ électrique sont parallèles à la direction x.

Le transformateur de modes selon l'invention permet de passer du mode TE_{02} établi dans la cavité de section circulaire d'un gyrotron et qui ne permet pas le rayonnement à un mode où le champ électrique est sensiblement parallèle à la direction x en utilisant un guide d'onde, de section sensiblement elliptique, et d'excentricité croissante, et qui permet un rayonnement important.

On définit l'excentricité d'une ellipse par la relation suivante:

$$e = \sqrt{1 - b^2/a^2}.$$

L'excentricité est nulle lorsque a égale b, c'est-à-dire lorsque l'ellipse devient un cercle.

Lorsque le grand axe a tend vers l'infini l'excentricité de l'ellipse tend vers 1.

Le transformateur de modes selon l'invention est constitué par un guide d'onde de section sensiblement elliptique, et d'excentricité croissante, c'est-à-dire que la section droite de ce transformateur a la forme d'une ellipse dont le grand axe a augmente et tend vers la section droite de la figure 3 qui est celle d'un système constitué de deux plaques parallèles qui peut être assimilée à la section droite d'une ellipse d'excentricité égale à 1. Dans le transformateur de modes selon l'invention, les lignes de champ ont la répartition indiquée sur la figure 2 puis tendent vers la répartition de la figure 3, c'est-à-dire que lorsque l'excentricité de l'ellipse croît, les lignes de champ deviennent de plus en plus parallèles à la direction x.

Ce qui vient d'être exposé pour le mode TE_{02} s'applique de la même façon à tous les modes TE_{on} . On verra dans la suite de la description que le transformateur de modes selon l'invention s'applique à d'autres modes complexes que les modes TE_{on} .

Dans la cavité du gyrotron pour le mode TE_{02} , la fréquence f et le rayon R de la cavité sont liés par la relation suivante:

$$\omega = 2 \pi f \simeq 7,0156 \cdot \frac{C}{R} \simeq (2 \pi + 0,7324) \cdot \frac{C}{R}$$

où c est la vitesse de la lumière. Cette relation exprime que la fréquence est très voisine de la fréquence de coupure.

La fréquence de coupure f_3 du système constitué de deux plaques conductrices parallèles représenté sur la figure 3 s'écrit:

$$\omega_3 = 2 \pi f_3 = \frac{4 \pi C}{d}$$

Dans le cas où la distance d est égale à 2R, on obtient la relation suivante:

$$\frac{\omega}{\omega_3} = 1,1166$$

Le système de la figure 3 se trouve au-dessus de la fréquence de coupure. On obtient alors pour la vitesse de phase V_ϕ et la longueur d'onde guidée λ_g :

$$V_\phi = 1/\sqrt{1 - (\omega_3/\omega)^2} = 2,2477 c$$

et $\lambda_g = 2,2477 \cdot \lambda$.

On constate donc que lorsque le petit axe b de l'ellipse est constant, on passe d'une onde stationnaire dans le gyrotron à une onde progressive dans le transformateur selon l'invention.

Lorsque le petit axe b de l'ellipse augmente le long de l'axe z, perpendiculaire aux axes x et y, l'onde propage plus vite l'énergie car la fréquence de coupure diminue. En réglant cette augmentation, on peut donc modifier l'impédance de rayonnement présentée par le transformateur selon l'invention au guide ou à la cavité circulaire auquel il est relié. C'est ce qui se passe dans les cornets de section circulaire qui sont d'ordinaire reliés à la cavité d'un gyrotron et dont le rayon croît avec la coordonnée axiale z.

Le transformateur selon l'invention peut être réalisé en effectuant par électrolyse un dépôt métallique sur une matrice, comme cela se fait pour réaliser des guides d'ondes.

La figure 4 illustre un autre procédé permettant d'obtenir un transformateur de modes de section elliptique, d'excentricité croissante.

On part d'un tronc de cône 4 dont le rayon de la petite section 5 égale R. On scie ce tronc de cône selon deux plans P_1 et P_2 passant par un même diamètre D de la petite section 5. On isole ainsi deux portions 6 en forme de coins qui ont été hachurées sur la figure 4 et que l'on élimine. On brase ensuite les deux parties du tronc de cône 7 restantes qui présentent une flèche R_1 sur la grande section 8 du tronc de cône primitif.

La figure 5 représente un transformateur de modes 9 qui est obtenu de cette façon.

La figure 6 est une projection de coupes réalisées perpendiculairement à l'axe Oz sur le cornet représenté sur la figure 5. Dans l'exemple des figures 5 et 6 le petit axe b de l'ellipse, dirigé selon l'axe Oy augmente légèrement le long de l'axe Oz.

Le cornet représenté sur la figure 5 constitue une bonne réalisation du transformateur de modes car on montre qu'au fur et à mesure que l'excentricité d'une ellipse augmente, l'énergie

électromagnétique se concentre entre deux hyperboles H_1 et H_2 ayant F_1 et F_2 pour foyers. On a représenté sur la figure 7 une ellipse avec ses deux foyers F_1 et F_2 et les deux hyperboles H_1 et H_2 . Si les dimensions du guide sont grandes devant la longueur d'onde, la répartition de la densité d'énergie électrique E^2 est voisine d'une fonction gaussienne comme cela est représenté sur la figure 8.

L'examen des figures 7 et 8 montre que l'on peut sans perturbation modifier les parois du guide et même les espaces hachurés limités par les hyperboles H_1 et H_2 de la figure 7. Dans le transformateur selon l'invention, on peut considérer pour donner l'ordre de grandeur de l'ellipticité que dans la section finale du transformateur, on a quelques longueurs d'onde entre les deux foyers F_1 et F_2 .

Un transformateur de modes, constitué d'un guide de section elliptique, d'excentricité croissante, peut donc être réalisé par le cornet de la figure 5, constitué de deux parties de cône de révolution.

Les deux demi-cornets 7 peuvent provenir de deux troncs de cône différents. Il faut obtenir un cornet comportant deux parties de courbure décroissante et dont la distance à l'axe z croît moins vite que le rayon de courbure, ce qui jouera le rôle d'ellipses d'excentricité croissante.

Quelle que soit la façon dont il est fabriqué, le transformateur selon l'invention peut comporter sur les parties voisines des extrémités du grand axe des cavités dans lesquelles on dispose un matériau absorbant qui absorbe tout autre mode que le mode désiré. La figure 9 représente la section droite d'un transformateur de modes obtenu en brasant deux parties de tronc de cône. On a creusé les parties voisines des extrémités du grand axe pour obtenir les volumes allongés V_1 et V_2 qui renferment un matériau absorbant 10. Comme il n'y a que très peu d'énergie emmagasinée près des extrémités du grand axe, les volumes V_1 et V_2 ne perturbent pas le fonctionnement du transformateur de modes.

Sur la figure 9, on a représenté les lignes de champ obtenues à partir d'un mode TR_{02} dans la cavité circulaire du gyrotron. On constate que les lignes de champ électrique sont sensiblement parallèles à l'axe x, et donc au grand axe de l'ellipse a.

La figure 10 montre un mode de réalisation du transformateur selon l'invention. La figure 10 est une vue en perspective où l'on voit, sur la partie gauche un gyrotron 11, qui est représenté symboliquement par un cylindre, suivi par le transformateur de modes selon l'invention 9 qui est constitué de deux miroirs M_1 et M_2 . Ces deux miroirs sont concaves. Ils sont disposés de part et d'autre de l'axe Oz, perpendiculairement à l'axe y, et se font face. Ces deux miroirs sont contenus dans une enceinte à vide qui n'est pas représentée sur la figure 10.

Dans la partie droite de la figure 10, on a représenté en pointillés le contour de la fenêtre 12 qui

assure l'étanchéité au vide de l'enceinte contenant les miroirs M_1 et M_2 .

Le transformateur selon l'invention peut se trouver comme c'est le cas sur la figure 10, dans la même enceinte à vide que le gyrotron. Il peut aussi être placé à la sortie d'un gyrotron de structure habituelle.

On choisit la forme des miroirs M_1 et M_2 pour que les sections perpendiculaires à l'axe z du transformateur selon l'invention ainsi réalisé soient sensiblement elliptiques et d'excentricité croissante le long de l'axe Oz, à condition de ne pas tenir compte des extrémités du grand axe de ces ellipses où l'on a vu que le champ électrique est très faible.

Le transformateur selon l'invention peut assurer le passage, d'autres modes que les modes TE_{0n} , à un mode où le champ électrique est sensiblement parallèle à une direction donnée.

Les figures 11 et 13 montrent les lignes de champ électrique dans la section droite de la cavité 1 du gyrotron lorsqu'un mode TE_{12} et un mode TE_{22} est établi dans cette cavité.

Les figures 12 et 14 montrent les lignes de champ électrique dans la section droite du transformateur selon l'invention constitué des deux miroirs M_1 et M_2 qui est placé à la suite de la cavité d'un gyrotron où est établi respectivement le mode TE_{12} de la figure 11 et le mode TE_{22} de la figure 13. On obtient dans le transformateur selon l'invention un mode TE_c et un mode TE_d de guide ouvert. On constate que les lignes de champ électrique sont dirigées sensiblement selon l'axe x et présentent 3 et 4 alternances successives entre M_1 et M_2 .

Un des problèmes qui se pose dans le domaine du gyrotron est de séparer le circuit de sortie du collecteur du faisceau d'électrons. La figure 10 propose une solution à ce problème.

Lorsqu'un s'éloigne du gyrotron, le champ magnétique continu, crée par un solénoïde de focalisation 21 disposé autour du gyrotron, décroît, le faisceau d'électrons diverge et vient frapper les parois du transformateur 9.

Pour éviter l'impact des électrons sur les miroirs M_1 et M_2 , on dispose autour du transformateur des moyens de focalisation qui dirigent le faisceau d'électrons sur des plaques collectrices C_1 et C_2 . Ces plaques sont disposées de part et d'autre de l'axe Oz, perpendiculairement à l'axe x, et se font face. Elles sont donc situées sur les parties voisines des extrémités du grand axe des ellipses constituant la section du transformateur. Elles sont contenues dans l'enceinte à vide renfermant les miroirs M_1 et M_2 .

Sur la figure 10, on a représenté symboliquement deux trajectoires électroniques aboutissant aux plaques collectrices C_1 et C_2 .

Les moyens de focalisation, qui ne sont pas représentés sur la figure 10, peuvent être constitués par exemple de deux enroulements allongés plaqués le long du transformateur 9 à la manière des bobines de déflexion des tubes de télévision, et reliés à une source de tension continue. Ces

enroulements sont parcourus par des courants tournant en sens inverse autour de l'axe x.

On peut prévoir des zones collectrices dans les autres modes de réalisation du transformateur selon l'invention lorsque le transformateur est placé à l'intérieur de l'enceinte à vide. Par exemple, dans le mode de réalisation de la figure 9 les volumes V_1 et V_2 peuvent servir à collecter le faisceau d'électrons.

On va montrer maintenant comment on peut passer d'un mode où le champ électrique est sensiblement parallèle à une direction donnée à une onde plane.

Les configurations du champ électrique représentées sur les figures 2, 3, 9, 12 et 14 ont en commun les caractéristiques suivantes. Il y a propagation dans la direction z. Dans la direction y, il y a une onde stationnaire et dans la direction x, il y a une variation lente d'amplitude, sans variation de phase.

Ce système d'ondes peut être représenté par deux ondes planes croisées O_1 et O_2 dont on a figuré les trajets sur la figure 15, dans le plan yOz, dans un tronçon de guide d'ondes 13 faisant suite au transformateur selon l'invention et comportant deux parois parallèles à l'axe Oz. Ce tronçon de guide d'ondes a la même section que la section finale du transformateur et a une section constante selon l'axe Oz. On a représenté sur la partie droite de la figure 15 que lorsque le guide est interrompu, l'optique géométrique indique que l'on obtient deux faisceaux d'ondes planes 14 et 15 de directions différentes.

Ces faisceaux sont naturellement sujets à la diffraction, mais celle-ci est d'autant moins importante qu'il y a plus d'ondes planes dans la largeur h des faisceaux.

On peut établir la relation:

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{q}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

où q est le nombre d'alternances spatiales dans la section droite du transformateur, selon la direction y et où α est l'angle d'inclinaison des ondes O_1 et O_2 sur l'axe Oz.

Les deux faisceaux 14 et 15 restent parallèles avant de diverger par diffraction après une distance L_R , dite distance de Rayleigh, qui est égale à:

$$L_R = \frac{h^2}{\lambda} = \frac{\lambda \cdot q^2}{4 \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

Pour un mode dans lequel q égale 10 une longueur d'onde λ de 2 mm, un angle α de 10° , on obtient:

$$L_R = 804 \cdot \lambda = 160 \text{ cm.}$$

On peut donc rayonner des ondes essentiellement planes sur une grande distance à condition de faire suivre le transformateur selon l'invention par un tronçon de guides d'ondes ayant la même section que la section finale du transformateur et ayant une section constante selon l'axe Oz.

On peut aussi obtenir un seul faisceau parallèle dès la sortie du tube en utilisant des miroirs placés à l'intérieur du tube comme cela va être expliqué en se référant à la figure 16.

La figure 16 est une section longitudinale selon l'axe Oz qui montre:

- un gyrotron 11, son canon à électrons comportant une cathode 16, et une anode accélératrice 17, sa cavité résonnante 1, entourée par le solénoïde de focalisation du faisceau 21;

- un transformateur selon l'invention 9, dont la section est sensiblement elliptique et d'excentricité croissante et qui peut comporter des plaques C_1 et C_2 , collectant le faisceau d'électrons.

- un tronçon de guide d'onde 13 ayant la même section que la section finale du transformateur et dont la section est constante selon l'axe z;

- une dernière partie 18 qui permet l'obtention d'un seul faisceau parallèle 19 au lieu des deux faisceaux 14 et 15 de la figure 15.

Cette partie 18 comporte deux miroirs M_3 et M_4 . L'inclinaison de ces deux miroirs est choisie pour que le miroir M_3 reçoive l'onde plane 14 et la réfléchisse verticalement sur la figure 16 et pour que le miroir M_4 reçoive l'onde plane 15 et la réfléchisse aussi verticalement. Il faut aussi que les ondes réfléchies par les deux miroirs ne se perturbent pas. Sur la figure, le miroir M_3 est parallèle à l'onde 15.

La partie 18 se termine par une fenêtre 20 étanche au vide et transparente au rayonnement.

On peut donner aux miroirs M_3 et M_4 une courbure sphérique ou cylindrique de manière à compenser sur une certaine longueur la diffraction du faisceau issu du tube par la fenêtre.

La partie 18 peut aussi permettre l'obtention d'un seul faisceau parallèle tout en n'utilisant qu'un seul miroir courbe, plus encombrant que les deux miroirs M_1 et M_2 .

Le mode de réalisation de la figure 16 permet de rendre l'axe principal du tube Oz vertical, ce qui est préférable pour sa tenue mécanique, alors que le faisceau parallèle obtenu est horizontal ce qui est pratique pour les utilisateurs.

Revendications

1. Transformateur de modes de propagation hyperfréquence, constitué par un guide d'onde, de section (2) sensiblement elliptique, et d'excentricité (e) croissante le long de l'axe (z) du transformateur (9), ce transformateur assurant le passage à un mode où le champ électrique est sensiblement parallèle à une direction donnée (Oz), caractérisé en ce que:

- ce transformateur est relié à la cavité d'un gyrotron qui lui fournit un mode complexe du type TE_{on} , le transformateur étant placé dans la même enceinte à vide que le gyrotron;

- ce transformateur est constitué de deux miroirs concaves (M_1 , M_2), qui se font face, la forme des miroirs étant telle que les sections perpendiculaires à l'axe (z) du transformateur (9) soient sensiblement elliptiques et d'excentricité (e) croissante le long de cet axe (Oz), à condition de

ne pas tenir compte des extrémités du grand axe de ces ellipses;

– ce transformateur comporte des moyens de focalisation guidant le faisceau d'électrons vers des plaques collectrices (C_1 , C_2), situées sur les parties voisines des extrémités du grand axe (a) des ellipses constituant la section du transformateur (9).

2. Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le petit axe de l'ellipse (b) est constant.

3. Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le petit axe de l'ellipse (b) augmente le long de l'axe (Oz) du transformateur.

Claims

1. A transformer for propagation modes in the microwave region, comprising a wave guide with a substantially elliptical cross section (2) and with an eccentricity (e) increasing along the axis (z) of the transformer (9), said transformer ensuring the passage in a mode where the electrical field is substantially parallel to a given direction (Oz), characterized in that:

– the transformer is connected with the cavity of a gyrotron, which supplies it with a complex mode of the TR_{on} type, the transformer being placed in the first vacuum enclosure of the gyrotron,

– the transformer is constituted by two concave mirrors (M_1 and M_2) which are face to face, the form of the mirrors being such that the cross sections perpendicular to the axis (z) of the transformer (9) are substantially elliptical and with an eccentricity (e) increasing along this axis (Oz) with the condition that the extremities of the major axis of these ellipses is ignored, and

– the transformer comprises focussing means guiding the electron beam towards to collecting plates (C_1 and C_2) placed on the neighboring parts of the extremities of the major axis (a) of the ellipses constituting the cross section of the transformer (9).

2. The transformer as claimed in claim 1, characterized in that the minor axis of the ellipse (b) is constant.

3. The transformer as claimed in claim 1, characterized in that the minor axis of the ellipse (b) increases in size along the axis (Oz) of the transformer.

Patentansprüche

1. Wandler für Höchstfrequenz-Ausbreitungsmoden, der aus einem Wellenleiter von im wesentlichen elliptischen Querschnitt (2) und einer entlang der Achse (z) des Wandlers (9) wachsenden Exzentrizität (e) besteht, wobei dieser Wandler den Übergang zu einer Welle sicherstellt, wo das elektrische Feld im wesentlichen parallel zu einer gegebenen Richtung (Oz) ist, dadurch gekennzeichnet, daß:

– dieser Wandler mit einem Hohlraum eines Gyrotrons verbunden ist, das ihm eine komplexe Welle vom Typ TR_{on} liefert, wobei der Wandler in der gleichen Vakuumzelle wie das Gyrotron angeordnet ist;

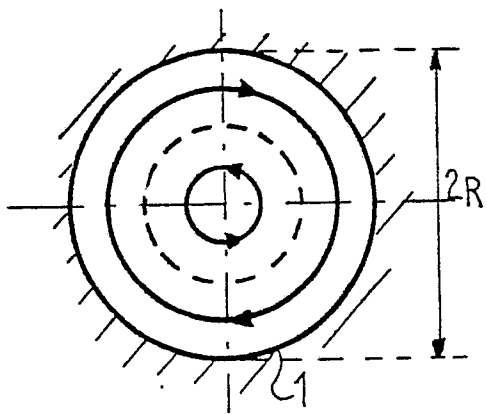
– dieser Wandler aus zwei konkaven Spiegeln (M_1 , M_2) besteht, die sich gegenüberstehen, wobei die Form der Spiegel so ist, daß die zur Achse (z) des Wandlers (9) senkrechten Querschnitte im wesentlichen elliptisch und von wachsender Exzentrizität (e) entlang dieser Achse (Oz) unter der Bedingung sind, nicht die Enden der großen Achse dieser Ellipsen zu berücksichtigen;

– dieser Wandler Fokussierungsmittel enthält, die den Elektronenstrahl zu Sammlerplatten (C_1 , C_2) leiten, die sich auf den den Enden der großen Achse (a) der Ellipse benachbarten Teilen befinden, die den Querschnitt des Wandlers (9) bildet.

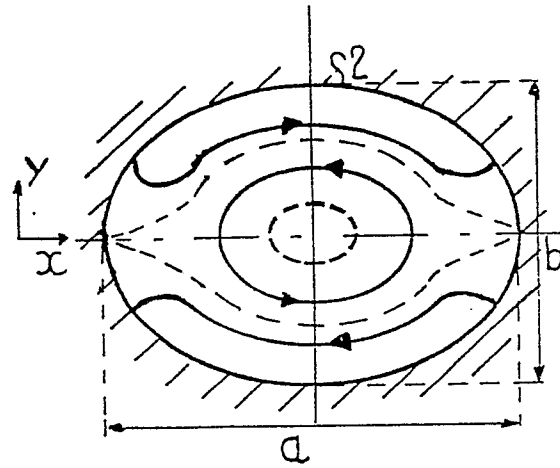
2. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kleine Achse (b) der Ellipse konstant ist.

3. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kleine Achse (b) der Ellipse entlang der Achse (Oz) des Wandlers wächst.

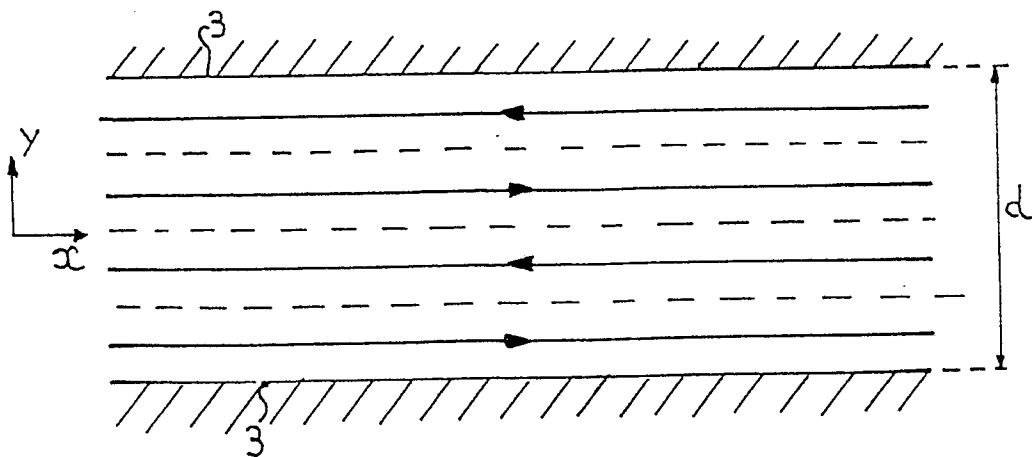
FIG_1



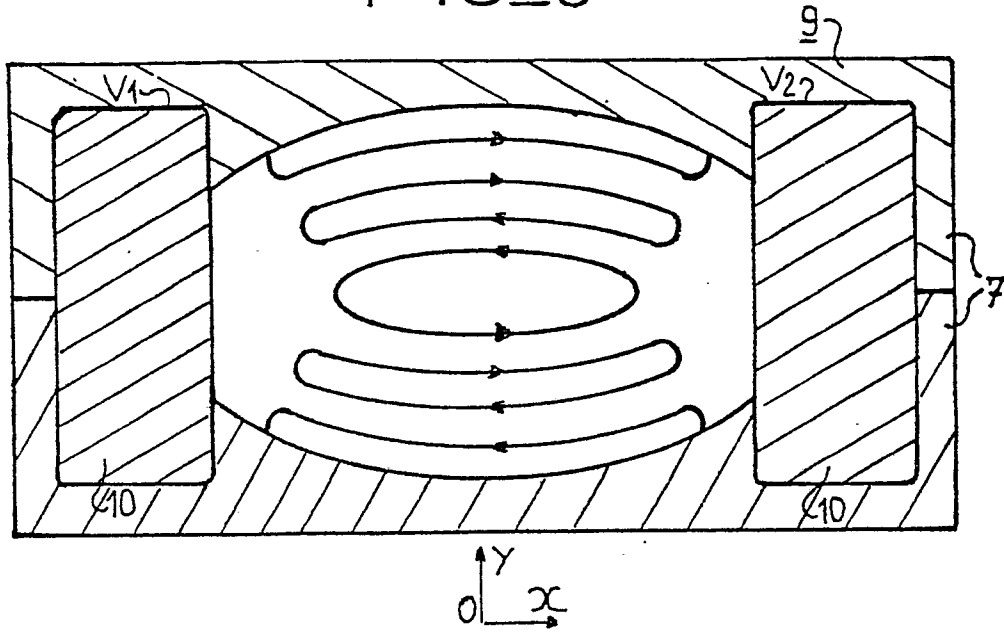
FIG_2



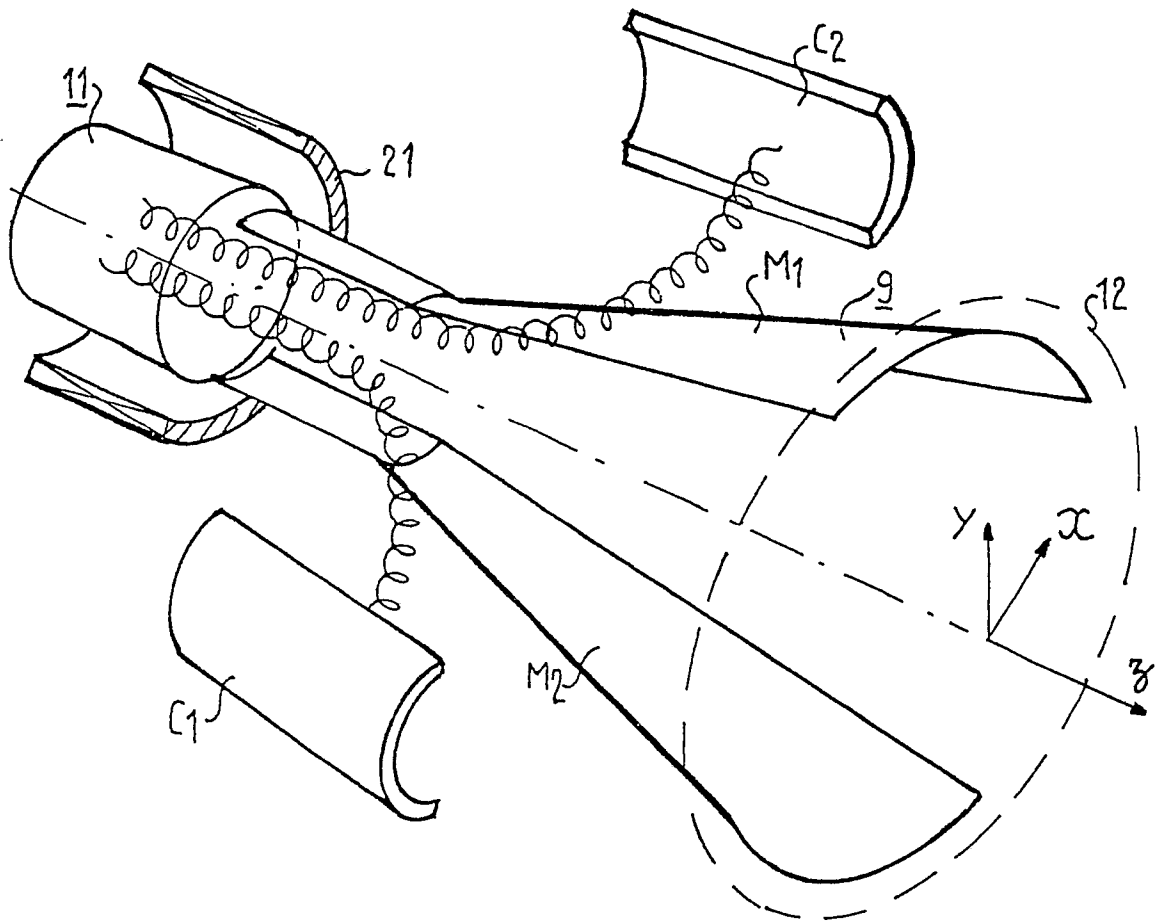
FIG_3



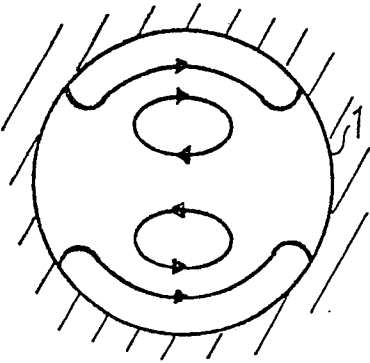
FIG_9



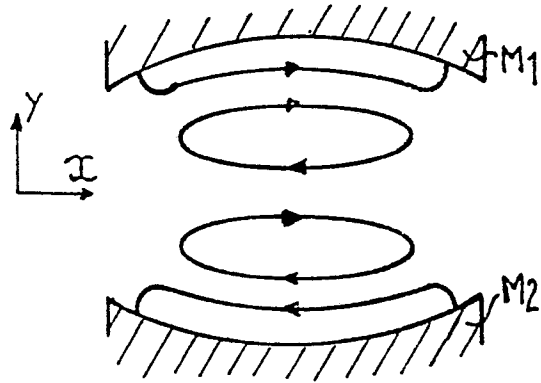
FIG_10



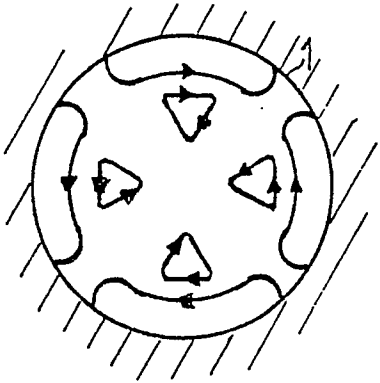
FIG_11



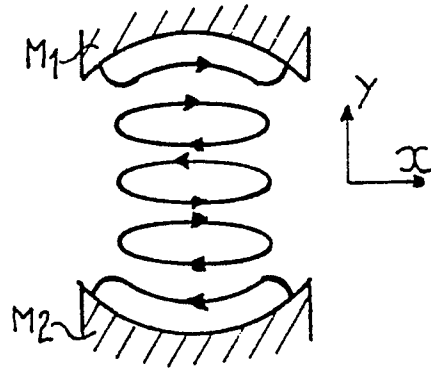
FIG_12



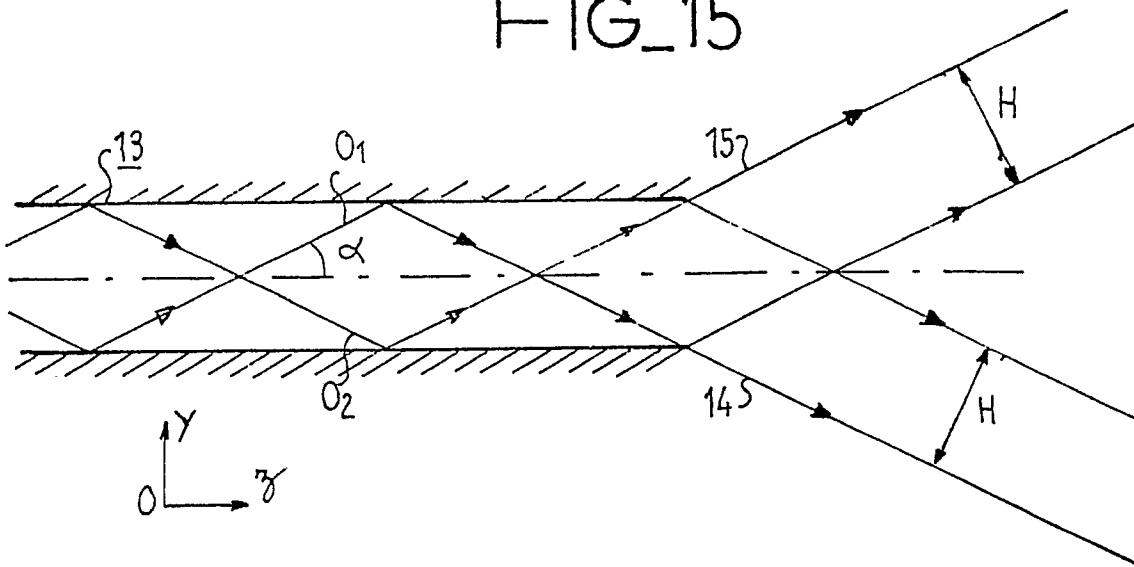
FIG_13



FIG_14



FIG_15



Fig_16

