

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
14.10.87

⑤① Int. Cl.⁴: **H 01 J 25/02, H 01 J 23/20**

②① Numéro de dépôt: **84400425.9**

②② Date de dépôt: **02.03.84**

⑤④ **Cavité résonnante pour hyperfréquences, en particulier pour générateurs d'énergie électromagnétique.**

③③ Priorité: **11.03.83 FR 8304056**

④③ Date de publication de la demande:
26.09.84 Bulletin 84/39

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
14.10.87 Bulletin 87/42

⑧④ Etats contractants désignés:
CH DE GB LI

⑤⑥ Documents cité:
DE-C-707 253
GB-A-576 442

PROCEEDINGS OF THE IEEE, vol. 62, no. 11, novembre 1974, pages 1611-1613, New York, US P.F. CHECCACCI et al.: "Ring and 90-degree roof open resonators"
IDEM
IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. MTT-28, no. 12, décembre 1980, pages 1477-1481, New York, US L.R. BARNETT et al.: "Circular-electric mode waveguide couplers and junctions for use in gyrotron traveling-wave amplifiers"

⑦③ Titulaire: **THOMSON- CSF, 173, Boulevard Haussmann, F-75379 Paris Cédex 08 (FR)**

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

⑦④ Mandataire: **Ruellan- Lemonnier, Brigitte, THOMSON- CSF SCPI 19, avenue de Messine, F-75008 Paris (FR)**

EP 0 119 902 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 une cavité résonnante pour hyperfréquences, plus particulièrement une cavité résonnante utilisée dans un générateur fonctionnant à plusieurs dizaines de gigahertz, c'est-à-dire, en ondes millimétriques et submillimétriques.

Parmi les générateurs de ce type, on connaît en particulier des générateurs dans lesquels un faisceau d'électrons se propage selon des trajets hélicoïdaux en étant guidé par un champ magnétique uniforme suivant l'axe de l'hélice. Le faisceau traverse une cavité résonnante dans laquelle les composantes de vitesse transversales des électrons interagissent avec une composante de champ électrique transversale de l'onde de manière à l'amplifier. Les cavités habituellement employées dans ce type de générateurs sont constituées par des cavités cylindriques ou à deux miroirs sphériques dont les dimensions sont calculées pour fonctionner en mode TE_{0n} .

On connaît aussi par l'article de Checcacci dans Proceedings of the IEEE, volume 62, numéro 11, novembre 1974, pages 1611-1613, des résonateurs en anneau constitués par quatre miroirs plans placés aux sommets d'un rectangle.

L'un des problèmes rencontrés avec ce type de cavités, en particulier lorsque l'on désire fonctionner en mode élevé, provient de la coexistence de plusieurs modes dans la cavité, ce qui entraîne une probabilité importante d'oscillations sur un mode non désiré.

En conséquence, le but de la présente invention est de fournir une cavité résonnante permettant d'augmenter la séparation en fréquence des modes électromagnétiques, à savoir d'éliminer un certain nombre de modes parasites.

Ainsi, la présente invention a pour objet un générateur d'ondes millimétriques et submillimétriques du type gyrotron comprenant un canon à électrons émettant un faisceau d'électrons le long d'un axe et une cavité résonnante positionnée le long dudit axe dans laquelle le faisceau d'électrons interagit avec un champ électromagnétique, caractérisé en ce que la cavité résonnante formée par une surface de révolution comporte des surfaces réfléchissantes qui forment dans chaque plan méridien passant par l'axe du faisceau au moins quatre zones-miroir courbes positionnées de sorte que les centres des zones-miroir définissent les sommets d'un polygone et chaque perpendiculaire à une zone-miroir en son centre correspond à la bissectrice de l'angle au sommet du polygone, les zones-miroir étant dimensionnées de manière à obtenir au moins une région d'interaction de longueur limitée.

Dans un générateur du type ci-dessus en utilisant les propriétés de réflexion et de diffraction des ondes se propageant dans la cavité, il est possible d'éliminer un certain nombre de modes non-radiaux.

D'autres caractéristiques et avantages de la

présente invention apparaîtront à la lecture de la description de divers modes de réalisation faite ci-après avec référence aux dessins ci-annexés dans lesquels:

- 5 - la figure 1 est une vue en coupe axiale d'un premier mode de réalisation d'une cavité conforme à la présente invention;
- les figures 2a et 2b représentent schématiquement une vue en coupe et une vue en plan de dessus d'un miroir annulaire utilisé dans la cavité de la figure 1, vues sur lesquelles on a représenté certains trajets d'ondes;
- 10 - la figure 3 est une vue en coupe axiale d'un deuxième mode de réalisation d'une cavité conforme à la présente invention;
- 15 - la figure 4 est une vue en coupe axiale d'un troisième mode de réalisation d'une cavité conforme à la présente invention.
- 20 On rappellera tout d'abord pour bien comprendre la présente invention que les modes se propageant dans une cavité résonnante peuvent être analysés comme des ondes planes qui se réfléchissent un certain nombre de fois sur les parois de la cavité.
- 25 D'autre part, dans le cas des modes TE_{0n} , les ondes se propagent selon des rayons.
- Selon un premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, la cavité résonnante 1 conforme à la présente invention est constituée principalement par deux miroirs annulaires incurvés 3-4 de même axe ZZ' , plus particulièrement en forme de zone sphérique. Les deux miroirs 3, 4 qui se font face, sont positionnés de telle sorte que, dans un plan méridien, ils délimitent quatre zones-miroir 3a, 3b, 4a, 4b se faisant face dont les centres respectifs 3'a, 3'b, 4'a, 4'b forment les sommets d'un polygone, à savoir les quatre sommets d'un rectangle dans le mode de réalisation représenté.
- 30 D'autre part, les quatre zones sont inclinées dans le plan méridien de telle sorte que la normale 5a, 5b, 6a, 6b aux dites zones-miroir au niveau des centres correspond à la bissectrice de l'angle au sommet correspondant du rectangle. Ainsi dans le mode de réalisation représenté, les miroirs sont inclinés à 45° par rapport à l'axe ZZ' . De ce fait les ondes électromagnétiques utiles, comme expliqué ci-après, qui se réfléchissent successivement sur les différentes zones-miroir suivent les trajets représentés par des flèches sur la figure 1, les hachures représentant les zones où l'énergie correspondante est concentrée.
- 35 D'autre part, comme mentionné ci-dessus, les zones-miroir 3a, 3b, 4a, 4b présentent une courbure appropriée dans le plan contenant l'axe dont le but est de concentrer l'énergie au niveau de l'axe ZZ' sur deux zones cd ef de longueur limitée par un effet secondaire du à la diffraction.
- 40 De plus entre les deux miroirs annulaires, la cavité est constituée par des surfaces 7 absorbant le rayonnement électromagnétique considéré, ce qui évite la réflexion des rayons diffractés hors de la cavité.
- 45 On expliquera maintenant le fonctionnement de la cavité objet de la présente invention avec
- 50
- 55
- 60
- 65

référence aux figures 2 qui illustrent la réflexion de deux rayons incidents sur la surface d'un des miroirs 3 ou 4 constituant la cavité de la figure 1. Dans le cas d'un rayon centrifuge A, celui-ci frappe la zone-miroir 3a en A' et est réfléchi verticalement en A'' du fait de l'inclinaison du miroir à 45° comme représente sur la figure 2a, le rayon suivant ensuite le trajet de propagation représenté sur la figure 1. Dans le cas d'un rayon B ne passant pas par l'axe et frappant la zone miroir également en A', celui-ci se réfléchit suivant une direction B''. Il en résulte que les rayons B'' ne viendront pas tous frapper le second miroir annulaire et que les modes non radiaux subiront des pertes par diffraction plus importantes que les modes radiaux, ce qui empêchera leur excitation. On obtient donc avec ce type de cavités une augmentation de la séparation des fréquences par élimination d'une partie des modes autres que les modes TE_{0n}.

Dans le cas de la cavité représentée à la figure 1, celle-ci présente deux zones d'interaction cd, ef avec le faisceau électronique. Il est ainsi possible de réaliser une prémodulation du faisceau électronique au cours de la première interaction, à savoir au niveau de la zone cd, l'essentiel de la cession d'énergie du faisceau à l'onde se produisant au cours de la seconde interaction, à savoir au niveau de la zone ef. Pour améliorer, l'efficacité de ce processus, les miroirs annulaires peuvent être, comme représente sur la figure 3, constitués par deux miroirs annulaires dissymétriques 8, 9 possédant des rayons différents dans le plan méridien. Dans ce cas, le polygone des centres des zones-miroir 8a, 8b, 9a, 9b est constitué par un trapèze isocèle. Sur la figure 3, on a représenté de la même manière que sur la figure 1, le trajet de la propagation électromagnétique et les zones où l'énergie est concentrée. Le trajet suivi par les ondes électromagnétiques dans la cavité de la figure 3 est identique à celui de la figure 1, la seule différence résidant dans le fait que la zone d'interaction cd est plus importante que la zone d'interaction ef, ce qui entraîne une concentration d'énergie plus importante au niveau de la zone ef.

Dans certains cas, il est avantageux de n'avoir qu'une seule zone d'interaction. Pour réaliser cette condition, les zones-miroir 10, 11, 12, 13 sont positionnées comme représenté sur la figure 4. Les zones-miroir 10, 11, 12, 13 sont obtenues à partir de quatre miroirs en calotte sphérique ou parabolique par exemple disposés autour de l'axe ZZ' qui reste l'axe de symétrie du faisceau électronique et du champ magnétique. Chaque miroir possède maintenant son axe propre 10a - 10a', 11b - 11b', 12c - 12c', 13d - 13d' et le polygone ayant les axes ci-dessus pour bissectrice est formé par deux triangles opposés par le sommet.

Il est aussi possible d'obtenir une zone d'interaction unique, en utilisant à la place de quatre miroirs en calotte sphérique ayant chacun leur axe de symétrie, deux miroirs en forme de

zone sphérique, inclinés de manière appropriée dans le plan méridien.

Avec cette disposition on obtient une concentration plus importante de l'énergie électromagnétique dans la région gh du faisceau électronique. En outre, à la résonance, les modes radiaux successifs correspondent à une variation de la phase de 2π lorsqu'elle est comptée le long d'un parcours complet du rayon sur lui-même. Il en résulte qu'un mode radial sur deux correspond à des champs en opposition de phase dans la région de l'axe. Ainsi, seulement un mode radial sur deux peut interagir.

Dans les cavités des figures 3 et 4 les surfaces entourant les miroirs sont constituées par des éléments absorbant le rayonnement électromagnétique présent ou par des surfaces recouvertes d'une couche absorbante réalisée par exemple en "carberlox".

Les cavités décrites ci-dessus sont utilisées plus particulièrement dans des générateurs d'ondes radioélectriques du type gyrotrons. Toutefois, il est évident pour l'homme de l'art que ces cavités peuvent être utilisées dans d'autres applications nécessitant une séparation des modes.

Revendications

1. Un générateur d'ondes millimétriques et submillimétriques du type gyrotron comprenant un canon à électrons émettant un faisceau d'électrons le long d'un axe et une cavité résonante positionnée le long dudit axe dans laquelle le faisceau d'électrons interagit avec un champ électromagnétique, caractérisé en ce que la cavité résonante formée par une surface de révolution comporte des surfaces réfléchissantes qui forment dans chaque plan méridien passant par l'axe du faisceau au moins quatre zones-miroir courbes (3a, 3b, 4a, 4b, 8, 9, 10, 11, 12, 13) positionnées de sorte que les centres (3'a, 3'b, 4'a, 4'b, 8a, 8b, 9a, 9b) des zones-miroir définissent les sommets d'un polygone et chaque perpendiculaire (5a, 5b, 6a, 6b, 10a' - 10a'', 11b' - 11b'', 12c' - 12c'', 13d' - 13d'') à une zone-miroir en son centre correspond à la bissectrice de l'angle au sommet du polygone, les zones-miroir étant dimensionnées de manière à obtenir au moins une région d'interaction de longueur limitée.

2. Un générateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la cavité comporte deux régions d'interaction (c-d, e-f) espacées le long de l'axe.

3. Un générateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la cavité comporte une seule région d'interaction (g-h) le long de l'axe.

4. Un générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les surfaces réfléchissantes de la cavité sont formées par une paire de miroirs annulaires espacés le long de l'axe.

5. Un générateur selon la revendication 4,

caractérisé en ce que les deux miroirs sont symétriques par rapport au plan médian de la cavité perpendiculaire à l'axe du faisceau.

6. Un générateur selon la revendication 4, caractérisé en ce que les deux miroirs sont dissymétriques par rapport au plan médian de la cavité perpendiculaire à l'axe du faisceau.

7. Un générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que chaque zone miroir (10, 11, 12, 13) a la forme d'une calotte sphérique, parabolique, elliptique ou en ellipsoïde.

Patentansprüche

1. Generator zur Erzeugung von Wellen im Millimeterbereich und darunter vom Gyrotron-Typ mit einer Elektronenkanone, die einen Elektronenstrahl einer Achse entlang aussendet, und einem Resonanzhohlraum, der entlang dieser Achse angebracht ist und in dem der Elektronenstrahl mit einem elektromagnetischen Feld wechselwirkt, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonanzhohlraum, der durch eine Rotationsoberfläche gebildet ist, reflektierende Oberflächen enthält, die in jeder Meridianebene, die durch die Achse des Strahls läuft, mindestens vier gekrümmte Spiegelzonen (3a, 3b, 4a, 4b, 8, 9, 10, 11, 12, 13) bilden, die so liegen, daß die Mittelpunkte (3'a, 3'b, 4'a, 4'b, 8a, 8b, 9a, 9b) der Spiegelzonen die Ecken eines Polygons festlegen, und daß jede Normale (5a, 5b, 6a, 6b, 10a - 10a', 11b - 11b', 12c - 12c', 13d - 13d') auf eine Spiegelzone in ihrem Mittelpunkt der Winkelhalbierenden im Scheitel des Polygons entspricht, wobei die Spiegelzonen so bemessen sind, daß man mindestens ein Wechselwirkungsgebiet beschränkter Länge erhält.

2. Generator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraum zwei Wechselwirkungsgebiete (c-d, e-f) enthält, die entlang der Achse beabstandet sind.

3. Generator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraum ein einziges Wechselwirkungsgebiet (g-h) entlang der Achse enthält.

4. Generator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierenden Oberflächen des Hohlraums durch ein Paar ringförmiger Spiegel gebildet werden, die entlang der Achse beabstandet sind.

5. Generator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Spiegel symmetrisch bezüglich der zur Strahlachse senkrechten Mittelebene des Hohlraums sind.

6. Generator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Spiegel bezüglich der Mittelebene des Hohlraums senkrecht zur Strahlachse asymmetrisch sind.

7. Generator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jede Spiegelzone (10, 11, 12, 13) die Form einer sphärischen,

parabolischen, elliptischen oder ellipsoiden Kalotte hat.

Claims

1. A generator for generating millimetric and submillimetric waves, of the gyrotron type comprising an electron gun emitting an electron beam along an axis and a resonant cavity located along said axis wherein the electron beam interacts with an electromagnetic field, characterized in that the resonant cavity formed by a surface of revolution comprises reflecting surfaces which form in each meridian plane passing through the axis of the beam at least four curved mirror zones (3a, 3b, 4a, 4b, 8, 9, 10, 11, 12, 13) positioned in such a manner that the centers (3'a, 3'b, 4'a, 4'b, 8a, 8b, 9a, 9b) of the mirror zones define the corners of a polygon and each normal (5a, 5b, 6a, 6b, 10a-10a', 11b-11b', 12c-12c', 13d-13d') on a mirror zone in its center corresponds to the bisector of the angle at the top of the polygon, the mirror zones being dimensioned for obtaining at least one interaction zone of limited length.

2. Generator according to claim 1, characterized in that the cavity comprises two interaction zones (c-d, e-f) spaced along the axis.

3. Generator according to claim 1, characterized in that the cavity comprises a single interaction zone (g-h) along the axis.

4. Generator according to any of claims 1 to 3, characterized in that the reflecting surfaces of the cavity are formed by a pair of annular mirrors spaced along the axis.

5. Generator according to claim 4, characterized in that the two mirrors are symmetrical with respect to the center plane of the cavity perpendicular to the axis of the beam.

6. Generator according to claim 4, characterized in that the two mirrors are dissymmetrical with respect to the center plane of the cavity perpendicular on the axis of the beam.

7. Generator according to any of claims 1 to 6, characterized in that each mirror zone (10, 12, 13) is shaped as a spherical, parabolic, elliptical or ellipsoidal dome.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

4

