

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 82402296.6

(51) Int. Cl.³: **H 01 J 25/02**

(22) Date de dépôt: 14.12.82

(30) Priorité: 23.12.81 FR 8124167

(43) Date de publication de la demande:
29.06.83 Bulletin 83/26

(84) Etats contractants désignés:
CH DE GB IT LI NL

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

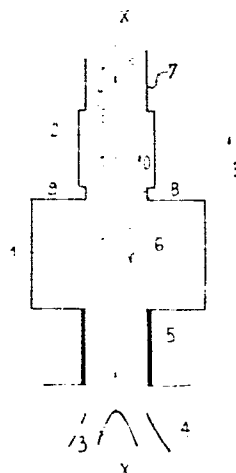
(72) Inventeur: **Epsztein, Bernard**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

(74) Mandataire: **Ruellan, Brigitte et al,**
THOMSON-CSF SCPI 173, boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

(54) **Multiplicateur de fréquence.**

(57) Afin de remonter les fréquences de fonctionnement sans augmenter en proportion le champ magnétique (B) auquel est soumis le faisceau d'électrons (6) dans les tubes électroniques à faisceau progressant en spirale, l'invention prévoit de réaliser l'ensemble du circuit qui est le siège de cette onde en deux parties (1 et 2) résonnant la première, sur la fréquence cyclotronique des électrons dans le champ (B), et la deuxième sur un harmonique de cette fréquence.

Application à la production de grandes puissances en haut de la gamme des hyperfréquences (dizaines et centaines de gigahertz) pour les mesures dans les plasmas et les télécommunications notamment.



MULTIPLICATEUR DE FREQUENCE

L'invention concerne un multiplicateur de fréquence pour la production d'ondes radioélectriques millimétriques et sub-millimétriques, fonctionnant par interaction d'un faisceau d'électrons et d'une onde électromagnétique.

5 On connaît, parmi ces générateurs, ceux décrits notamment dans la communication de Y.A. FLYAGIN, A.V. GAPONOV, M.I. PETELIN et V.K. JULPATOV, "The Gyrotron" Second International Conference and Winter School on Submillimetre waves and their Application, Dec. 6-11, 1976-Puerto-Rico, dans lesquels le faisceau
10 d'électrons, soumis à un champ magnétique uniforme, constant dans le temps, décrit une spirale autour de l'axe suivant lequel est dirigé ce champ. Le faisceau d'électrons est produit par un ensemble cathodique propre à imprimer une composante tangentielle de vitesse aux électrons de manière à assurer le mouvement en spirale.

15 On a recours à ce type de tube pour la production de puissances élevées dans la gamme des ondes millimétriques et sub-millimétriques mentionnées. Le fonctionnement a lieu généralement sur la fréquence cyclotronique f_c des électrons dans le champ magnétique, B , en question, laquelle correspond, comme on sait, à la
20 formule $\omega_c = \frac{e B}{m}$, ou ω_c est la pulsation correspondant à la fréquence cyclotronique ($\omega_c = 2 \pi f_c$) et où e et m désignent respectivement la charge et la masse relativiste de l'électron ; cette formule montre une proportionnalité entre la pulsation et le champ magnétique.

25 Pour augmenter cette pulsation et la fréquence de fonctionnement, et rejoindre le domaine sub-millimétrique notamment, il est donc nécessaire d'augmenter, toutes choses étant égales par ailleurs, le champ magnétique appliqué. Or on sait les difficultés rencontrées dans cette voie, qui mène à l'utilisation d'électro-aimants supra-
30 conducteurs fonctionnant dans des conditions cryogéniques, lorsque le champ B dépasse une certaine valeur.

Lorsque l'on désire obtenir des fréquences de fonctionnement élevées sans faire appel à des champs magnétiques aussi élevés, pour éviter en particulier ces conditions cryogéniques, on peut penser à faire fonctionner tout le système sur une fréquence harmonique de la fréquence f_c définie plus haut. Un tel fonctionnement n'est possible que grâce aux non-linéarités existant dans le faisceau, lesquelles sont faibles et obligent donc à des courants de faisceau élevés pour atteindre des niveaux appréciables. Le rendement sur ces harmoniques est de plus très faible et décroît très vite avec le rang de l'harmonique.

L'invention a pour objet une disposition à multiplication de fréquence permettant d'éviter ces difficultés. A cette fin, le circuit siège de l'onde électromagnétique en interaction avec le faisceau est prévu en deux parties, dont la première résonne sur une fréquence voisine de la fréquence cyclotronique f_c , et la seconde sur une fréquence multiple entier de cette fréquence, dans les conditions qui vont être décrites.

L'invention sera mieux comprise sur l'exemple qui suit, donné à titre non limitatif, à l'aide de la figure unique jointe.

Cette figure représente en coupe schématique un multiplicateur de fréquence de l'invention.

Issu d'un ensemble cathodique, ou canon à électrons, comprenant une cathode 3 et une électrode accélératrice, ou anode 4, à laquelle est appliquée une tension continue, par une source non représentée, un faisceau électronique 6 traverse une première cavité 1, résonnant avec une pulsation ω voisine de ω_c . Cette cavité s'étend sur une longueur telle et présente une impédance dont la valeur est telle qu'une oscillation à cette fréquence s'y produise. Cette oscillation est dans les conditions de fonctionnement de faible amplitude, de façon que dans cette section du tube multiplicateur seule une petite fraction de l'énergie du faisceau soit dépensée dans l'interaction de celui-ci avec le champ électromagnétique de la cavité. Vu les surtensions élevées que l'on sait réaliser pour de telles cavités, il est parfaitement possible néanmoins d'obtenir à la sortie

8 de la cavité 1 un faisceau présentant une grande profondeur de modulation, au sens où on l'entend dans les tubes à interaction en général, et à modulation de vitesse en particulier.

5 Le faisceau produit par une cathode en pointe, émettant sur ses flancs, a été représenté sur le dessin par les deux parties rectilignes couvertes de points parallèles à l'axe XX, qui figurent globalement son enveloppe dans cette vue en coupe. Une partie portant le repère 5, située en avant de la cavité 1, comprend, selon l'art connu en la matière, un ou plusieurs pièges destinés à éviter
10 toute influence de l'onde haute fréquence sur le canon dont l'optique est particulièrement délicate dans ce genre de tube. Cette partie peut aussi comprendre, toujours selon l'art, des zones atténuatrices pour l'onde haute fréquence, dans le même but. Elle consiste en un espace de glissement, équipotentiel pour le faisceau accéléré ; elle est pratiquement au même potentiel continu que
15 l'anode 4.

Le faisceau entre ensuite dans la cavité 2 résonant à une fréquence multiple entière de la fréquence d'auto-oscillation correspondant à la pulsation ω précédente. Au cours de la traversée de
20 cette cavité, le faisceau cède une fraction importante de son énergie sous forme d'énergie électromagnétique à la fréquence harmonique $n\omega$ (n entier) ; cette énergie est évacuée par le guide de sortie 7, tandis que les électrons sont captés par un collecteur non représenté sur le dessin.

25 Dans une variante, la distance entre les extrémités 8 et 9 des deux cavités peut être augmentée par rapport à celle de l'exemple, de manière à constituer un tunnel équipotentiel 10 de glissement, comme dans un klystron, permettant une amélioration du groupement des électrons au sein du faisceau. Le tunnel est avantageusement au potentiel de l'anode, ainsi que les cavités 1 et 2.
30

D'autre part, la cavité 1, au lieu d'être auto-oscillatrice, peut être modifiée (longueur et surtension réduites) de manière à ne plus auto-osciller ; dans ce cas elle est excitée par une source hyperfréquence externe, non représentée, fonctionnant au voisinage de la

fréquence cyclotonique. Ceci nécessite l'adjonction à la cavité 1 d'un organe de couplage à la source (boucle dans le cas d'un coaxial, iris dans celui d'un guide, etc.).

Le multiplicateur de fréquence de la présente invention fonctionne de préférence en mode TE_{onm} , de manière préférentielle en mode $TE_{o,n,1}$.

Pour fixer les idées, on donne ci-dessous un exemple (correspondant à $n = 2$) de dimensions du tube de l'invention. Les longueurs sont données sous forme angulaire, à savoir $\frac{\omega l}{v_0}$ ou $2\pi \frac{l}{\lambda}$,

10 pour l , v_0 désignant la vitesse communiquée aux électrons par le potentiel continu d'accélération, c'est-à-dire le potentiel d'anode, très voisine de la vitesse de la lumière pour les électrons relativistes, et ω et λ respectivement la pulsation et la longueur d'onde considérées correspondant à la fréquence f pour la première
15 cavité et nf pour la deuxième. Ces cavités, en forme de cylindre d'axe XX , ont sensiblement un rayon r tel que $2\pi \frac{r}{\lambda} = 3,9$ et une longueur l , parallèlement à l'axe telle que $2\pi \frac{l}{\lambda} = 2\pi$

Le faisceau utilisé, de 5 ampères, accéléré à 80 kilovolts, 20 décrivait une spirale dont le rayon était inférieur à ρ défini par $2\pi \frac{\rho}{\lambda} = 1,84$ pour la longueur d'onde de l'harmonique à engendrer.

L'ouverture au centre de la première cavité peut avoir sans inconvénient, comme sur le dessin, la même dimension que dans la 25 seconde cavité, ou une dimension sensiblement supérieure ; enfin, dans l'exemple, le tube de glissement, choisi très court, était une faible fraction du plus petit rayon r précédent.

Le tube multiplicateur de l'invention permet la génération d'énergie hyperfréquence en haut de gamme, avec des niveaux 30 élevés. Il a les mêmes applications que les générateurs de l'art antérieur en ondes millimétriques et sub-millimétriques à savoir, en particulier, la mesure dans les plasmas, l'émission radar et les télécommunications.

REVENDICATIONS

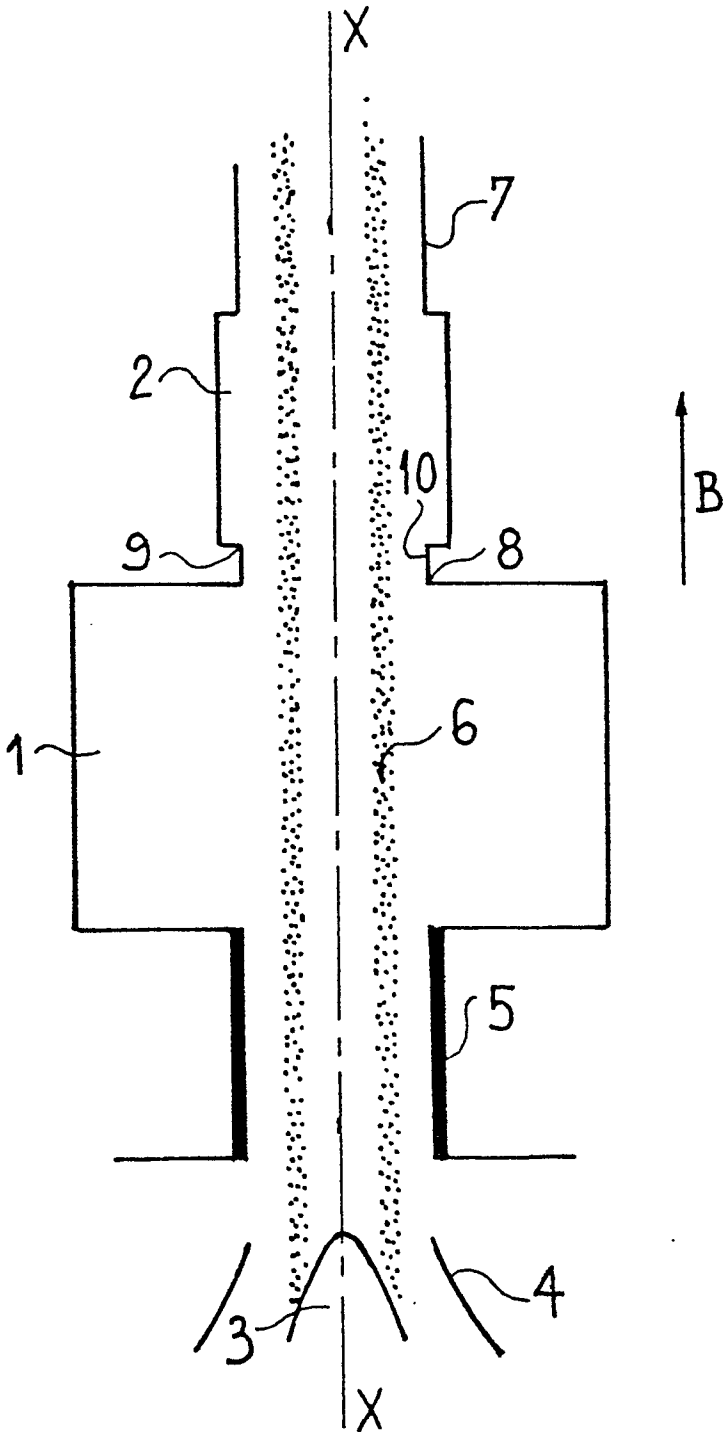
5 1. Multiplicateur de fréquence fonctionnant par interaction entre un faisceau d'électrons (6), se propageant le long d'un axe XX, sous l'action d'une tension continue appliquée, entre un ensemble cathodique (3) par lequel il est émis et un collecteur par lequel il est capté, et le champ électromagnétique de volumes résonants placés sur son trajet, le dit faisceau décrivant une trajectoire en spirale
10 autours de cet axe, le long duquel est dirigé un champ magnétique (B), caractérisé en ce que les volumes résonants consistent en deux cavités disposées autour de cet axe, dont la première (1) résonne sur une fréquence voisine de la fréquence cyclotronique f_c des électrons du faisceau dans le champ magnétique et dont la seconde (2) résonne sur un harmonique de cette fréquence.

15 2. Multiplicateur de fréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deux cavités sont séparées par un espace de glissement (10) équipotentiel.

3. Multiplicateur de fréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première cavité (1), à grande surtension, est auto-oscillatrice sur la fréquence f_c .

20 4. Multiplicateur de fréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première cavité (1), à faible surtension, est alimentée par un générateur à une fréquence voisine de la fréquence f_c .

1/1





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
X	US-A-3 457 450 (J.FEINSTEIN et al.) *En entier*	1, 2, 4	H 01 J 25/02
Y	--- IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. MTT-25, no. 6, juin 1977, pages 514-521, New York (USA); V.A.FLYAGIN et al.: "The Gyrotron". *En entier*	1-4	
Y	--- US-A-3 155 868 (TADAKUNI FUJII) *En entier*	1-3	
Y	--- US-A-2 492 996 (R.O.HAXBY) *En entier*	1, 2, 4	
A	--- US-A-3 363 138 (S.GRUBER et al.)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
A	--- US-A-3 373 309 (K.POSCHL et al.)		H 01 J
A	--- US-A-3 389 347 (A.I.WACHTENHEIM)		
A	--- US-A-3 474 283 (H.D.ARNETT)		

Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14-03-1983	Examineur LAUGEL R.M.L.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	