

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑰ Numéro de dépôt: **84400614.8**

⑤① Int. Cl.³: **H 01 J 23/075**

⑱ Date de dépôt: **27.03.84**

⑳ Priorité: **06.04.83 FR 8305603**

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

④③ Date de publication de la demande: **07.11.84**
Bulletin 84/45

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

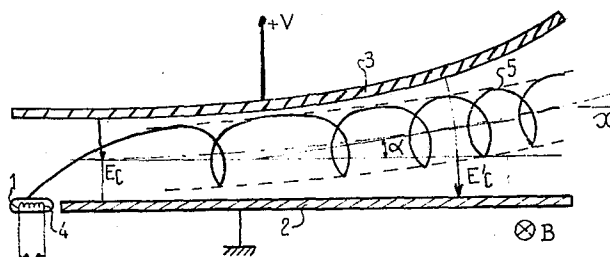
⑧④ Etats contractants désignés: **CH DE GB LI**

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

⑤④ **Canon à électrons pour générateurs d'ondes radioélectriques pour hyperfréquences.**

⑤⑦ La présente invention concerne un canon à électrons du type comportant deux électrodes 2, 3 se faisant face portées à deux potentiels différents de manière à créer entre elles un champ électrique continu E_c et une cathode 1 positionnée dans le prolongement de l'électrode 2 se trouvant au potentiel négatif ou nul et portée au même potentiel que celle-ci, l'ensemble étant soumis à un champ magnétique perpendiculaire au champ électrique. Dans le plan perpendiculaire au champ magnétique, au moins une 3 des électrodes présente un profil divergent de sorte que la distance entre électrodes soit croissante de la cathode 1 vers l'extérieur du canon.

Ce canon à électrons est utilisé dans certains types de masers à résonance cyclotronique.



CANON A ELECTRONS POUR GENERATEURS D'ONDES
RADIOELECTRIQUES POUR HYPERFREQUENCES

La présente invention concerne un canon à électrons pour générateurs d'ondes radioélectriques pour hyperfréquences. Elle concerne plus particulièrement un canon à électrons fournissant un faisceau d'électrons se propageant selon des trajets cycloïdaux destiné à être utilisé dans des générateurs hyperfréquences du type masers à résonance cyclotronique.

Dans les générateurs appelés masers à résonance cyclotronique tels que les gyrotrons, un faisceau d'électrons provenant d'un canon à électrons se propage selon des trajets hélicoïdaux en étant guidé par un champ magnétique uniforme dirigé suivant l'axe de l'hélice. Le faisceau traverse alors une cavité électromagnétique résonnant à une fréquence f_0 voisine d'un multiple de la fréquence cyclotronique, cavité dans laquelle les composantes de vitesse transversales des électrons interagissent avec une composante de champ électrique transversale de l'onde pour lui céder leur énergie. Dans ce cas, le faisceau se propage essentiellement parallèlement au champ magnétique. Or l'interaction ayant lieu avec la composante de vitesse transversale v_{\perp} des électrons, la composante de vitesse parallèle v_{\parallel} correspond donc à une énergie inutilisée. On cherche donc à éliminer cette vitesse parallèle en proposant un nouveau type de masers à résonance cyclotronique utilisant la même interaction entre les électrons tournant dans un champ magnétique et une cavité résonnante que celle utilisée dans les masers de l'art antérieur mais caractérisé par le fait que la vitesse des électrons parallèlement au champ magnétique est nulle ou sensiblement nulle dans tout le maser tandis qu'il existe une vitesse de dérive perpendiculaire au champ magnétique due à un champ électrique continu régnant dans le canon à électrons et la structure résonnante.

Dans ce cas, cependant, les canons à électrons du type

comprenant une cathode conique, et une anode coaxiale conique soumises à un champ magnétique axial, utilisés dans les masers à résonnance cyclotronique tels que les gyrotrons, ne conviennent pas.

5 En conséquence, la présente invention a pour but de fournir un nouveau type de canon à électrons susceptible de fournir un faisceau d'électrons se propageant selon une trajectoire cycloïdale dans un champ magnétique transversal sous l'effet d'une vitesse de dérive due à un champ électrique continu.

10 Elle a donc pour objet un canon à électrons pour générateurs d'ondes radioélectriques pour hyperfréquences du type comportant deux électrodes se faisant face portées à deux potentiels différents de manière à créer entre elles un champ électrique continu et une cathode positionnée dans le prolongement de l'électrode se trouvant au potentiel négatif ou nul et portée au même potentiel que celle-ci,
15 l'ensemble étant soumis à un champ magnétique perpendiculaire au champ électrique caractérisé en ce que, dans le plan perpendiculaire au champ magnétique, au moins une des électrodes présente un profil divergent de sorte que la distance entre électrodes soit croissante de la cathode vers l'extérieur du canon de manière à
20 fournir un faisceau d'électrons se propageant selon une trajectoire cycloïdale sous l'effet d'une vitesse de dérive des électrons inférieure à la vitesse de rotation.

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 au dessin ci-annexé dans lequel :

25 - la figure 1 est une vue en coupe axiale schématique, dans le plan perpendiculaire au champ magnétique, d'un premier mode de réalisation d'un canon à électrons conforme à la présente invention ;

30 - la figure 2 est une vue semblable à celle de figure 1 d'un deuxième mode de réalisation d'un canon à électrons conforme à la présente invention ;

- la figure 3 est une vue semblable à celle de figure 1 d'un troisième mode de réalisation d'un canon à électrons conforme à la présente invention ;

- la figure 4 représente schématiquement la trajectoire d'un électron soumis à un champ électrique E_c continu et à un champ

magnétique B.

Dans les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments mais pour des raisons de clarté, les cotes et proportions n'ont pas été respectées.

5 Comme représenté sur la figure 1, le canon à électrons conforme à la présente invention est constitué par une cathode 1 et par deux électrodes 2, 3 portées à des potentiels différents de manière à créer entre ces deux électrodes 2, 3 un champ électrique continu \vec{E}_c . De manière plus spécifique, l'électrode 2 appelée sole
10 est portée à un potentiel négatif ou nul tandis que l'électrode 3 appelée anode est portée à un potentiel positif V. D'autre part, la cathode 1 est située dans le prolongement de la sole 2 et est portée au même potentiel que cette électrode. Cette cathode 1 comporte par exemple un filament 4 relié à une tension de manière à obtenir
15 lors du chauffage de la cathode, l'émission d'électrons.

Conformément à la présente invention, l'une des électrodes, à savoir l'anode 3 dans le mode de réalisation de la figure 1, présente un profil incurvé de sorte que la distance entre électrodes 2, 3 soit croissante de la cathode 1 vers l'extérieur du canon, à savoir selon la
20 direction x. Les deux électrodes peuvent être réalisées à l'aide de plaques en cuivre dont l'une a été profilée convenablement. Comme expliqué ci-après de manière plus détaillée, de préférence, le profil de l'électrode incurvée est choisi de manière que l'angle α que forme ledit profil avec le plan médian des électrodes soit tel que la
25 distance entre les deux électrodes varie peu sur une longueur correspondant au double du rayon de Larmor r_L . D'autre part, l'ensemble du canon à électrons est soumis à un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire au plan de la figure dont on a représenté quelques lignes de force par des croix. Ce champ magnétique est
30 créé, par exemple, à partir de deux bobines supraconductrices positionnées de part et d'autre des électrodes 2, 3 selon la règle de Helmholtz. Dans un but de simplification, ces bobines n'ont pas été représentées sur le dessin.

Comme expliqué de manière plus détaillée ci-après, sous

l'action combinée du champ électrique continu \vec{E}_c décroissant progressivement de la cathode vers l'extérieur du canon par suite du profil des électrodes, et du champ magnétique transversal et uniforme \vec{B} , les électrons émis par la cathode 1 sont amenés à suivre une trajectoire cycloïdale 5 avec une vitesse de dérive v_d telle que $v_d = \frac{\vec{E}_c}{\vec{B}}$.

On sait en effet qu'un électron mobile dans un champ magnétique \vec{B} et soumis à l'action d'un champ électrique \vec{E} subit une force \vec{F} donnée par la formule de Lorentz, à savoir l'équation vectorielle suivante :

$$\vec{F} = q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Considérons alors une vitesse v_d telle que

$$\vec{E} + \vec{v}_d \times \vec{B} = 0$$

$$\text{Alors } \vec{F} = q (\vec{v} - \vec{v}_d) \times \vec{B}$$

Ainsi, dans un nouveau système de référence relatif à \vec{v}_d , l'électron n'est plus soumis qu'au champ magnétique \vec{B} et sa trajectoire est donc un cercle. Ce raisonnement effectué en mécanique classique reste valable en mécanique relativiste, en particulier dans le cas où $\frac{v^2}{c^2} \ll 1$.

En conséquence, lorsqu'un électron est soumis à un champ électrique \vec{E} et à un champ magnétique \vec{B} , la trajectoire d'un électron est sensiblement équivalente à la superposition d'une rotation avec une vitesse angulaire donnée par l'équation

$$f_c = \frac{e}{2\pi m} \vec{B}$$

avec e = la charge de l'électron

m = la masse de l'électron

et d'une vitesse de dérive v_d donnée par l'équation vectorielle

$$\vec{E} + \vec{v}_d \times \vec{B} = 0$$

comme représenté sur la figure 4.

De plus, dans le cas de la présente invention puisque les électrons sont issus d'une cathode 1 sans avoir de vitesse d'injection, la vitesse de rotation est égale à la vitesse de dérive et on obtient les équations suivantes :

$$v_d = \frac{E_{co}}{B} = \frac{V}{Bd} \quad (1)$$

avec V : la différence de potentiel entre des électrodes 2, 3

Comme $v_d = v_r$.

$$r_L = \frac{mE_{co}}{eB^2}$$

5

Normalement, d'après cette équation si E_c diminue r_L diminue en conséquence puisque B est constant dans l'invention. Toutefois, E_c étant un champ électrique continu on montre que si la distance d entre les deux électrodes varie peu sur la longueur correspondant à une rotation, on se trouve alors dans un régime dit "adiabatique" pour lequel le moment de l'électron $m = k B r_L^2 = \text{Cste}$. Dans ce cas, le rayon de Larmor r_L reste constant. Comme la vitesse de dérive v_d diminue en même temps que le champ électrique E_c , les électrons se déplacent sur des cercles de plus en plus resserrés comme représenté sur la figure 1, les équations (1) et (2) restant valable localement.

10

15

On obtient donc avec le canon à électrons de la présente invention, la trajectoire cycloïdale demandée par le nouveau type de maser cyclotronique.

20

De plus, si l'on compare ce système avec le système à injection axiale actuellement utilisé dans les gyrotrons, on voit que la vitesse de dérive v_d joue un rôle identique à la vitesse parallèle dans ledit système axial.

25

Si l'on veut par exemple obtenir la relation $\frac{v_d}{v_r} = 2$ à l'extrémité aval du canon, il faudra réduire v_d dans un rapport 2 le long de la trajectoire du canon, ce que l'on obtiendra en augmentant progressivement la distance entre les électrodes 2, 3 dans un rapport 2.

30

D'autre part l'anode 3 doit être placée au-dessus du sommet de la trajectoire des électrons. Il en résulte que le potentiel minimum V_{min} est donné par l'équation

$$V_{min} = 2 r_L E_{co} = 2 m \frac{E_{co}^2}{eB^2}$$

Or l'énergie cinétique continue dans le mouvement de rotation est

$$W_r = \frac{1}{2} \frac{m}{e} v_r^2 = \frac{1}{2} \frac{m}{e} \left(\frac{E_{co}}{B} \right)^2$$

E_{co} étant le champ électrique devant la cathode.

Il en résulte que l'anode 3 doit donc avoir par rapport à la cathode un potentiel au moins 4 fois supérieur à l'énergie de rotation des électrons qui est utilisable dans l'interaction cyclotronique.

On a représenté sur la figure 2, un autre mode de réalisation du canon à électrons de la présente invention. Dans ce mode de réalisation la sole 2' présente un profil incurvé symétrique de celui de l'anode 3 par rapport au plan médian. Cette forme particulière donne une dérive selon une direction constante suivant le plan médian.

La figure 3 représente une variante de réalisation des figures 1 et 2. Dans ce cas, la cathode 1 est positionnée dans le prolongement de la sole 2 mais dans un plan formant un angle compris entre -45° et -180° par rapport au plan de la sole 2. L'anode se prolonge alors par un profil incurvé de manière à recouvrir la cathode. Dans ce cas, la vitesse de départ des électrons est de sens opposé à la vitesse de dérive, ce qui permet de diminuer la différence de potentiel à appliquer entre l'anode 3 et la cathode 1.

Les canons à électrons décrits ci-dessus présentent un certain nombre d'avantages.

- On peut modifier la vitesse de dérive des électrons sans modifier le champ magnétique \overline{B} mais en modifiant seulement le champ électrique \overline{E}_c .

- Les électrons ne peuvent pas revenir dans la région du canon s'ils sont réfléchis en aval par le reste du dispositif, car la vitesse de dérive V_d est indépendante en grandeur et en signe de la forme de la trajectoire.

- La dimension des électrodes et de la cathode selon le champ magnétique \overline{B} n'est pas limitée. Il en résulte que l'on peut produire des courants électroniques très élevés avec ce type de canon.

De plus, les canons à électrons conforme à la présente invention peuvent être utilisés, non seulement dans les nouveaux types

de masers à résonance cyclotronique mentionnés dans l'introduction mais aussi dans des tubes hyperfréquences demandant une injection d'un faisceau d'électrons selon une trajectoire cycloïdale.

REVENDEICATIONS

5 1. Un canon à électrons pour générateurs d'ondes radio-
électriques pour hyperfréquences du type comportant deux élec-
trodes (2, 3) se faisant face portées à deux potentiels différents de
manière à créer entre elles un champ électrique continu et une
cathode (1) positionnée dans le prolongement de l'électrode ou sole
10 (2) se trouvant au potentiel négatif ou nul et portée au même
potentiel que celle-ci, l'ensemble étant soumis à un champ magné-
tique perpendiculaire au champ électrique caractérisé en ce que,
dans le plan perpendiculaire au champ magnétique, au moins une (3)
des électrodes présente un profil divergent de sorte que la distance
entre électrodes soit croissante de la cathode (1) vers l'extérieur du
canon de manière à fournir un faisceau d'électrons se propageant
selon une trajectoire cycloïdale sous l'effet d'une vitesse de
dérive des électrons inférieure à la vitesse de rotation.

15 2. Un canon à électrons selon la revendication 1 caractérisé en
ce que le profil des deux électrodes (2', 3) dans le plan perpen-
diculaire au champ magnétique, est symétrique par rapport à leur
plan médian.

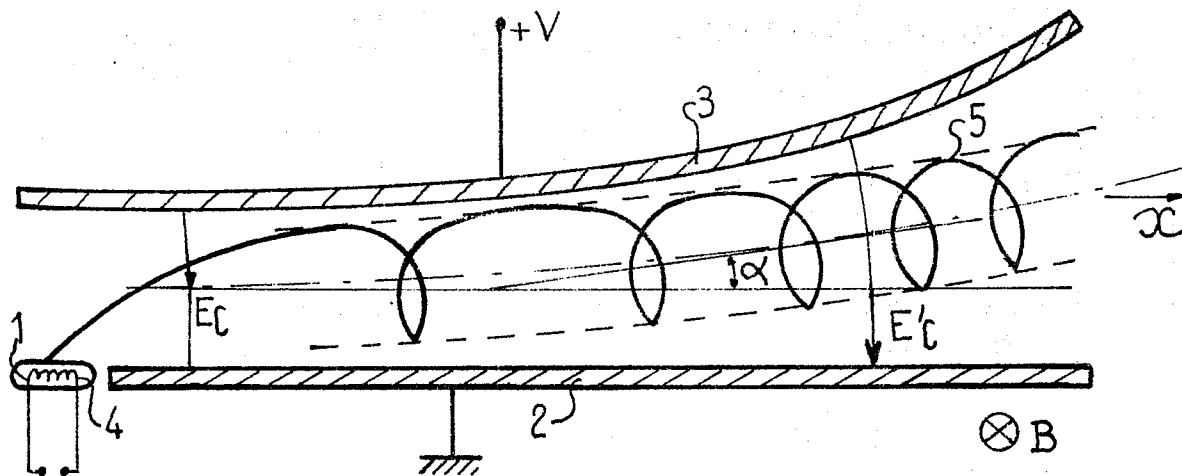
20 3. Un canon à électrons selon l'une quelconque des reven-
dications 1 et 2, caractérisé en ce que l'angle (α) du profil divergent
par rapport au plan médian est tel que la distance entre les deux
électrodes varie peu sur une longueur correspondant au double du
rayon de Larmor.

25 4. Un canon à électrons selon l'une quelconque des reven-
dications 1 à 3 caractérisé en ce que la différence de potentiel
appliquée entre les deux électrode (2, 3 ; 2', 3) est au moins 4 fois
plus grande que l'énergie de rotation des électrons.

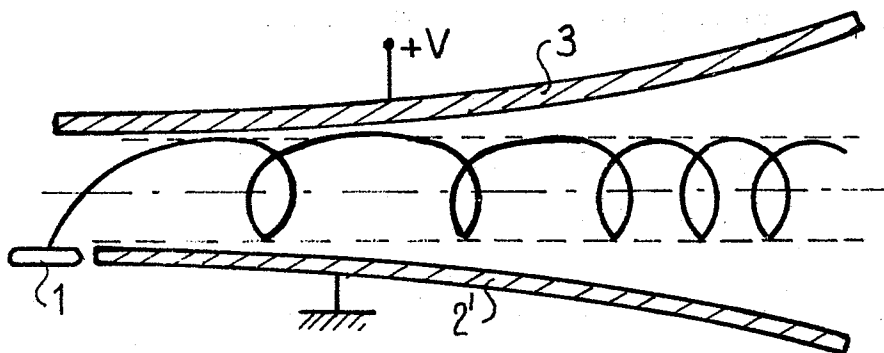
30 5. Un canon à électrons selon l'une quelconque des reven-
dications 1 à 3 caractérisé en ce que la cathode (1) est positionnée
dans le prolongement de la sole (2) dans un plan faisant un angle
compris entre -45° et -180° par rapport au plan de la sole (2) de
manière à communiquer aux électrons une vitesse de départ de sens
opposé à la vitesse de dérive.

1/1

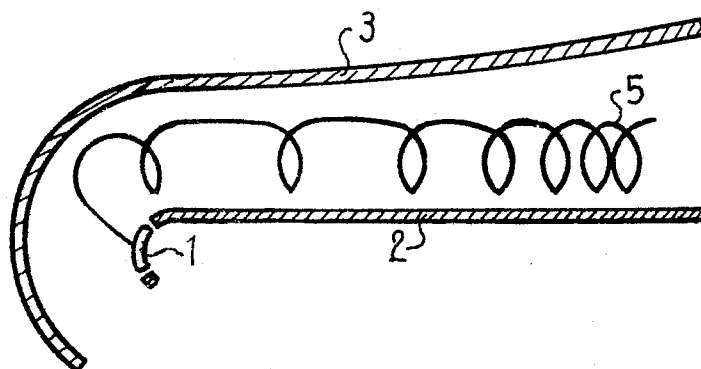
FIG_1



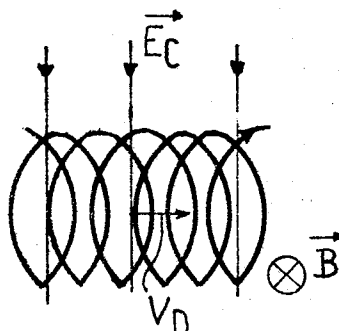
FIG_2



FIG_3



FIG_4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0124395

Numéro de la demande

EP 84 40 0614

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	FR-A- 984 020 (C.S.F.) * En entier *	1	H 01 J 23/075	
X	FR-A-1 034 831 (C.S.F.) * En entier *	1		
X	FR-A-1 415 052 (LITTON) * Page 2, colonne de droite, lignes 9-13; figure 1 *	1		
A	FR-A-2 126 186 (TEKTRONIX) * Figure 2 *	2		
A	GB-A-1 364 531 (A.V. KHOTINA et al.) * Figure 1 *	5		
A	US-A-3 378 718 (J.M. OSEPCHUK)			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
A	US-A-2 924 741 (H.O.G. ALFVEN)			H 01 J
A	US-A-2 890 372 (E.C. DENCH)			
A	US-A-3 504 222 (M. FUKUSHIMA)			
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications				
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-07-1984	Examineur LAUGEL R.M.L.	
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>				