



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **91402784.2**

(51) Int. Cl.⁵ : **H01J 23/027**

(22) Date de dépôt : **18.10.91**

(30) Priorité : **23.10.90 FR 9013092**

(43) Date de publication de la demande :
29.04.92 Bulletin 92/18

(84) Etats contractants désignés :
DE FR GB IT

(71) Demandeur : **THOMSON TUBES
ELECTRONIQUES
38, rue Vauthier
F-92516 Boulogne-Billancourt (FR)**

(72) Inventeur : **Epsztein, Bernard
THOMSON-CSF, SCPI, Cédex 67
F-92045 Paris la Défense (FR)**
 Inventeur : **Durand, Alain
THOMSON-CSF, SCPI, Cédex 67
F-92045 Paris la Défense (FR)**
 Inventeur : **Lemaire, Eric
THOMSON-CSF, SCPI, Cédex 67
F-92045 Paris la Défense (FR)**

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

(54) **Collecteur pour tube hyperfréquence et tube hyperfréquence comportant un tel collecteur.**

(57) L'invention se rapporte à un collecteur pour recueillir les électrons de vitesses différentes d'un faisceau (21), disposé en sortie d'un espace d'interaction (24). Il comprend une enceinte déprimée (23) et une chambre d'expansion (22) interposée entre l'espace d'interaction (24) et l'enceinte déprimée (23). L'enceinte déprimée (23) est limitée en amont par une paroi d'entrée (30).

La chambre d'expansion (22) est limitée en amont par une paroi d'entrée (28) portée au potentiel de l'espace d'interaction. La paroi d'entrée (28) de la chambre d'expansion (22) est munie d'un orifice (29) de diamètre $\underline{d}$. La paroi d'entrée (30) de l'enceinte déprimée (23) est munie d'un orifice (27) de diamètre $\underline{D}$. Le diamètre $\underline{D}$ est supérieur à deux fois le diamètre $\underline{d}$.

Applications aux tubes hyperfréquences tels que les klystrons et les tubes à ondes progressives.

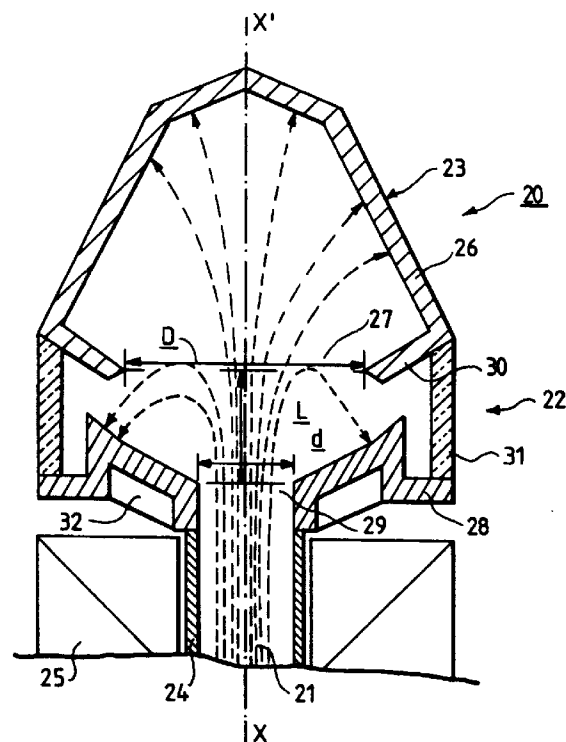


FIG. 2

La présente invention se rapporte aux collecteurs pour tubes hyperfréquences. Elle concerne également les tubes hyperfréquences comportant de tels collecteurs et notamment les tubes à interaction longitudinale.

Les klystrons et les tubes à ondes progressives appartiennent à cette catégorie de tubes hyperfréquences. Leur fonctionnement est basé sur un échange d'énergie entre un faisceau d'électrons linéaire et une onde électromagnétique hyperfréquence. Le faisceau d'électrons est émis dans un canon, par une cathode. Le canon est placé en entrée d'un espace d'interaction tubulaire. Le faisceau d'électrons est long et fin, il parcourt l'espace d'interaction. Un dispositif de focalisation entoure l'espace d'interaction et confine les électrons du faisceau sur des trajectoires désirées.

Dans l'espace d'interaction, le faisceau d'électrons interagit avec une onde électromagnétique hyperfréquence. L'onde électromagnétique hyperfréquence amplifiée est extraite par un dispositif approprié en sortie de l'espace d'interaction. Le faisceau d'électrons termine sa course dans un collecteur placé en sortie de l'espace d'interaction.

L'espace d'interaction comporte un circuit hyperfréquence qui est généralement, soit une ligne à retard en hélice dans le cas d'un tube à ondes progressives, soit une succession de cavités résonantes dans le cas d'un klystron. L'espace d'interaction est porté à un potentiel qui est généralement une masse.

Après avoir cédé une partie de son énergie à l'onde électromagnétique hyperfréquence, le faisceau d'électrons possède encore une énergie cinétique importante en pénétrant dans le collecteur. Le collecteur dissipe cette énergie sous forme de chaleur. On essaie de récupérer une partie de cette énergie en freinant les électrons du faisceau. Pour cela on utilise un collecteur déprimé qui est porté à un potentiel intermédiaire entre le potentiel de la cathode et celui de l'espace d'interaction. Le collecteur peut comporter une électrode ou plusieurs électrodes successives; lorsqu'il y en a plusieurs, elles sont portées à des potentiels décroissants plus on s'éloigne de l'espace d'interaction. Le collecteur a alors plusieurs étages. L'utilisation d'un collecteur déprimé contribue à augmenter le rendement du tube hyperfréquence et à réduire les difficultés rencontrées pour évacuer la chaleur.

Le faisceau d'électrons, par suite de son interaction avec l'onde électromagnétique hyperfréquence, est loin d'être monocinétique. Les électrons rapides possèdent une énergie plus importante que les électrons lents.

Dans le cas d'un collecteur à plusieurs étages, les électrons les plus lents sont interceptés par la première électrode, les autres électrons poursuivent leur course. Leur vitesse est diminuée par le champ de freinage qui existe entre les électrodes successives.

Ils sont peu à peu interceptés par les différentes électrodes. A l'entrée du collecteur, si le potentiel est inférieur à celui qui correspond à l'énergie des électrons les plus lents, ces électrons sont réfléchis et sont renvoyés dans l'espace d'interaction. Certains peuvent même atteindre le canon à électrons où ils sont de nouveau réfléchis. Le courant modulé supplémentaire qui leur correspond entraîne un couplage parasite entre l'entrée et la sortie de l'espace d'interaction. Cela provoque une distorsion de phase et d'amplitude, en fonction de la fréquence, de l'onde électromagnétique hyperfréquence récupérée en sortie de l'espace d'interaction. Le bruit en sortie du tube est augmenté et le tube peut même se mettre à osciller. Cet inconvénient est particulièrement gênant dans certains systèmes de télécommunications qui présentent alors de la diaphonie.

Les électrons réfléchis qui n'atteignent pas le canon sont interceptés par le circuit hyperfréquence. Ils engendrent son échauffement et même sa fusion, ce qui est fatal pour la vie du tube.

Dans le cas de tubes hyperfréquences à forte modulation du faisceau tels que les klystrons et les tubes à ondes progressives de puissance, on essaye de diminuer au maximum l'écart de potentiel entre l'espace d'interaction et l'entrée du collecteur pour que les électrons les plus lents puissent pénétrer à l'intérieur du collecteur sans être réfléchis. On s'aperçoit alors que la dépression se réduit à peu de choses et l'on retrouve alors les difficultés pour évacuer la chaleur. Le rendement du tube hyperfréquence s'en ressent.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients. Elle propose un collecteur déprimé recueillant les électrons d'un faisceau, la quasi totalité des électrons les plus lents étant projetés dans une zone où ils ne causent pas de dommage, au lieu d'être réfléchis vers l'espace d'interaction.

Il est alors possible de choisir une dépression qui optimise le rendement du tube sans mettre sa vie en danger, ni amoindrir ses performances.

La présente invention propose un collecteur pour recueillir les électrons d'un faisceau, disposé en aval d'un espace d'interaction, comprenant une enceinte déprimée, limitée en amont par une paroi d'entrée munie d'un orifice et une chambre d'expansion interposée entre l'espace d'interaction et l'enceinte déprimée et portée au même potentiel que l'espace d'interaction. La chambre d'expansion est limitée en amont par une paroi d'entrée munie d'un orifice. L'orifice d'entrée dans l'enceinte déprimée a un diamètre $\underline{D}$. L'orifice d'entrée dans la chambre d'expansion a un diamètre $\underline{d}$. Le diamètre $\underline{D}$ est supérieur à deux fois le diamètre $\underline{d}$.

La surface intérieure de la paroi d'entrée de la chambre d'expansion et la surface extérieure de la paroi d'entrée de l'enceinte déprimée peuvent être sensiblement en forme de cônes tronqués, orientés

dans le même sens, évasés vers l'aval. Les cônes peuvent avoir approximativement le même angle au sommet.

L'espace d'interaction peut avoir une section droite circulaire dont le diamètre est sensiblement égal à celui à l'orifice de la paroi d'entrée de la chambre d'expansion.

De préférence, la distance L comprise entre l'orifice de la paroi d'entrée de la chambre d'expansion et l'orifice de la paroi d'entrée de l'enceinte déprimée est supérieure ou égale au diamètre d de l'orifice de la paroi d'entrée de la chambre d'expansion.

La surface extérieure de la paroi d'entrée de la chambre d'expansion peut être refroidie par circulation d'un fluide.

Le potentiel de l'espace d'interaction peut être une masse.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante illustrée par les figures annexées qui représentent :

- la figure 1 : une coupe longitudinale d'un collecteur selon l'art antérieur ;
- la figure 2 : une coupe longitudinale d'un collecteur selon l'invention.

La figure 1 représente, en coupe longitudinale un collecteur 10 déprimé, de type connu, pour tube hyperfréquence à faisceau 1 d'électrons linéaire. Ce faisceau est produit par une cathode d'un canon à électrons, non représenté. Les électrons du faisceau 1 parcourent ensuite un espace d'interaction 2 de forme tubulaire. En sortie de l'espace d'interaction 2, le collecteur 10 recueille une grande partie des électrons.

Le collecteur 10 est construit autour d'un axe XX' de révolution qui coïncide avec l'axe du faisceau 1 d'électrons.

Cet espace d'interaction 2 comprend un circuit hyperfréquence qui peut être, par exemple, une ligne à retard dans le cas des tubes à ondes progressives ou une succession de cavités résonantes dans le cas des klystrons. Le circuit hyperfréquence n'est pas représenté. L'espace d'interaction 2 est porté à un potentiel qui est généralement une masse. L'espace d'interaction 2 est entouré d'un dispositif de focalisation 6 qui empêche le faisceau d'électrons de diverger. Il confine les électrons sur des trajectoires désirées sensiblement parallèles.

Une pièce conductrice annulaire 3 est disposée en aval de l'espace d'interaction 2. Elle est portée au même potentiel que ce dernier.

Le collecteur 10 représenté est déprimé avec un seul étage ou une seule électrode. Il aurait pu être multi étages avec une succession d'électrodes portées à des potentiels décroissants plus on s'éloigne de l'espace d'interaction.

Il est formé d'une enceinte 4 pourvue d'un orifice 7 pour laisser pénétrer les électrons. Cette enceinte 4 forme l'électrode. L'enceinte 4 est reliée mécaniquement, de façon étanche, par l'intermédiaire d'une

entretoise 5 isolante à la pièce annulaire 3. Cette liaison se fait à proximité de l'orifice 7. L'enceinte 4 est portée à un potentiel inférieur au potentiel de l'espace d'interaction 2.

L'entretoise isolante 5, de forme cylindrique, isole électriquement l'espace d'interaction 2 et le collecteur 10.

On a représenté la paroi de l'enceinte 4 par deux tubes tronconiques assemblés par leur grande extrémité. La petite extrémité de l'un des tubes est fermée, ce qui forme un fond au collecteur.

La petite extrémité de l'autre tube tronconique est ouverte et l'ouverture forme l'orifice 7 de l'enceinte 4. De façon connue, un fluide approprié peut circuler autour de l'enceinte 4 pour refroidir sa paroi. Cela n'est pas représenté.

Dans l'espace d'interaction 2, le faisceau d'électrons est focalisé par un champ magnétique axial. A la sortie de l'espace d'interaction, ce champ magnétique décroît brusquement. En sortant de l'espace d'interaction 2, le faisceau d'électrons 1 commence à diverger rapidement, sous l'influence des forces de charge d'espace.

Le faisceau d'électrons 1, par suite de son passage dans l'espace d'interaction où il a interagi avec une onde électromagnétique est loin d'être monochromatique. Certains électrons sont plus lents que d'autres. Si le potentiel de l'enceinte 4 est inférieur à celui qui correspond à l'énergie des électrons les plus lents, ceux-ci ne pourront pénétrer dans l'enceinte 4. Ils seront réfléchis dans l'espace d'interaction 2. Certains électrons iront percuter le circuit hyperfréquence entraînant son échauffement, d'autres pourront même atteindre le canon à électrons.

Ces électrons perturbent le fonctionnement du tube hyperfréquence et peuvent même mettre en danger sa vie.

Les électrons plus rapides pénètrent dans l'enceinte 4 par l'orifice 7 et percutent la surface interne de la paroi de l'enceinte 4. La transition entre la sortie de l'espace d'interaction 2 portée à un premier potentiel (généralement la masse) et l'orifice 7 de l'enceinte 4 portée à un second potentiel inférieur au premier potentiel, s'effectue sur une distance courte.

La figure 2 représente en coupe longitudinale un collecteur 20, conforme à l'invention, pour tube hyperfréquence à faisceau d'électrons linéaire 21.

Ce collecteur 20, comme celui représenté à la figure 1, est construit autour d'un axe de révolution XX' . Cet axe est aussi l'axe du faisceau d'électrons 21.

Le collecteur 20 selon l'invention diffère principalement du collecteur représenté à la figure 1 par le fait qu'il comporte une chambre d'expansion 22 placée en amont d'une enceinte déprimée 23.

Comme précédemment le faisceau d'électrons 21 est formé par une cathode d'un canon à électrons,

non représenté. Le faisceau d'électrons 21 parcourt un espace d'interaction 24 de forme tubulaire. L'espace d'interaction 24 est entouré d'un dispositif de focalisation 25 qui empêche le faisceau d'électrons 21 de diverger. En sortie de l'espace d'interaction 24, le faisceau d'électrons 21 pénètre dans le collecteur 20. L'enceinte déprimée 23 a un seul étage. On pourrait envisager qu'elle en comporte plusieurs.

L'enceinte déprimée 23 est limitée par une paroi 26. Cette paroi est pourvue, en amont, d'un orifice 27 pour laisser pénétrer les électrons. Cet orifice 27 est de préférence circulaire, de diamètre $\underline{D}$, centré sur l'axe XX' . La portion de paroi 26 entourant l'orifice 27 forme une paroi d'entrée 30 à l'enceinte déprimée 23. La paroi 26 est réalisée dans un métal bon conducteur de la chaleur tel que du cuivre. L'enceinte déprimée 23 est portée à un potentiel inférieur au potentiel de l'espace d'interaction 24. Ce potentiel est toutefois supérieur au potentiel de la cathode produisant le faisceau d'électrons.

On a représenté la paroi 26 de l'enceinte déprimée 23, par deux tubes tronconiques assemblés par leur grande extrémité. La petite extrémité de l'un des tubes tronconiques est fermée et forme un fond à l'enceinte déprimée 23. La petite extrémité de l'autre tube tronconique comporte une ouverture qui correspond à l'orifice 27 de l'enceinte déprimée 23. Ce dernier tube tronconique forme la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23.

La chambre d'expansion 22 est placée entre la sortie de l'espace d'interaction 24 et l'enceinte déprimée 23. Elle est limitée en amont par une paroi d'entrée 28, conductrice, reliée de façon étanche à l'espace d'interaction 24. Cette paroi d'entrée 28 est pourvue d'un orifice 29, de préférence circulaire, de diamètre $\underline{d}$, centré sur l'axe XX' . Le diamètre $\underline{d}$ est suffisant pour laisser passer les électrons du faisceau. Cet orifice 29 a sensiblement le même diamètre que celui de l'intérieur de l'espace d'interaction 24. La paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22 est portée au potentiel de l'espace d'interaction 24. Elle est réalisée dans un métal dissipant bien la chaleur tel que du cuivre, par exemple. En aval, la chambre d'expansion 22 est limitée par la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23.

La paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22 et la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23 sont reliées entre elles, de façon étanche, par une entretoise électriquement isolante 31. L'entretoise 31 représentée est tubulaire. La paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22 et la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23 sont portées à des potentiels différents; elles créent une lentille électrostatique. En pénétrant dans la chambre d'expansion 22 les électrons du faisceau 21 divergent rapidement. Cette divergence est due au champ magnétique qui décroît rapidement à la sortie de l'espace d'interaction 24, à l'influence des forces de charge d'espace et aussi à

l'effet de lentille électrostatique.

Maintenant tous les électrons pénètrent dans la chambre d'expansion 22 en divergeant.

La surface intérieure de la paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22 et la surface extérieure de la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23 sont conformées de manière à ce que la quasi totalité des électrons trop lents pour pénétrer dans l'enceinte déprimée 23 aillent percuter la surface intérieure de la paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22.

Dans la chambre d'expansion 22, on s'arrange pour que les surfaces équipotentielles soient orientées de manière à ce que les électrons ayant une vitesse quasi nulle soient déviés vers la paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22. La trajectoire d'un électron est sensiblement normale à une surface équipotentielle.

Un mode de réalisation est représenté sur la figure 2. D'autres constructions sont tout à fait possibles. La surface intérieure de la paroi d'entrée 20 de la chambre d'expansion 22 et la surface extérieure de la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23 sont sensiblement en forme de cônes droits tronqués. Les cônes sont orientés dans le même sens et sont évasés vers l'aval. Ils peuvent avoir sensiblement le même angle au sommet.

Le chemin parcouru par les électrons, entre la sortie de l'espace d'interaction 24 et l'entrée de l'enceinte déprimée 23 est beaucoup plus long que dans les collecteurs de l'art connu. En entrant dans la chambre d'expansion 22 les électrons se dispersent rapidement. Les électrons rapides pénètrent dans l'enceinte déprimée 23. La quasi totalité des électrons lents percutent la paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22, une fraction négligeable des électrons lents sont renvoyés dans l'espace d'interaction 24.

De préférence, le diamètre $\underline{D}$ de l'orifice 27 de la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23 est supérieur à deux fois le diamètre $\underline{d}$ de l'orifice 29 de la paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22. De même, la distance $\underline{L}$ comprise entre l'orifice 29 de la paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22 et l'orifice 27 de la paroi d'entrée 30 de l'enceinte déprimée 23, est supérieure au diamètre $\underline{d}$.

La paroi d'entrée 28 de la chambre d'expansion 22 va être bombardée par un nombre important d'électrons. Elle va s'échauffer, il est possible de la refroidir en faisant circuler un fluide 32 autour de sa surface extérieure.

En pratique, ou refroidira aussi l'extérieur de l'enceinte déprimée 23 par circulation d'un fluide approprié. Cette circulation n'est pas représentée.

Avec un collecteur selon l'invention il est possible d'augmenter la différence de potentiel entre l'espace d'interaction 24 et l'entrée du collecteur 20. Ceci permet d'optimiser le rendement du tube hyperfréquence utilisant ce collecteur, sans mettre en danger la vie du

tube, ni amoindrir ses performances en matière de linéarité.

Revendications

5

1 - Collecteur pour recueillir les électrons d'un faisceau (21), disposé en aval d'un espace d'interaction (21) comportant :

– une enceinte déprimée (23) limitée en amont par une paroi d'entrée (30) munie d'un orifice (27), 10

– une chambre d'expansion (22) portée au même potentiel que l'espace d'interaction, insérée entre l'espace d'interaction et l'enceinte déprimée, limitée en amont par une paroi d'entrée (28) munie d'un orifice (29) , caractérisé en ce que l'orifice (27) d'entrée dans l'enceinte déprimée (23) ayant un diamètre $\underline{D}$ et l'orifice (29) d'entrée dans la chambre d'expansion (22) un diamètre $\underline{d}$, le diamètre $\underline{D}$ est supérieur à deux fois le diamètre $\underline{d}$. 15 20

2 - Collecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la surface intérieure de la paroi d'entrée (28) de la chambre d'expansion (22) et la surface extérieure de la paroi d'entrée (30) de l'enceinte déprimée (23) sont sensiblement en forme de cônes tronqués, orientés dans le même sens et évasés vers l'aval. 25

3 - Collecteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les cônes ont approximativement le même angle au sommet. 30

4 - Collecteur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la section droite de l'espace d'interaction (24) étant circulaire, le diamètre de la section droite de l'espace d'interaction (24) est sensiblement égal au diamètre $\underline{d}$. 35

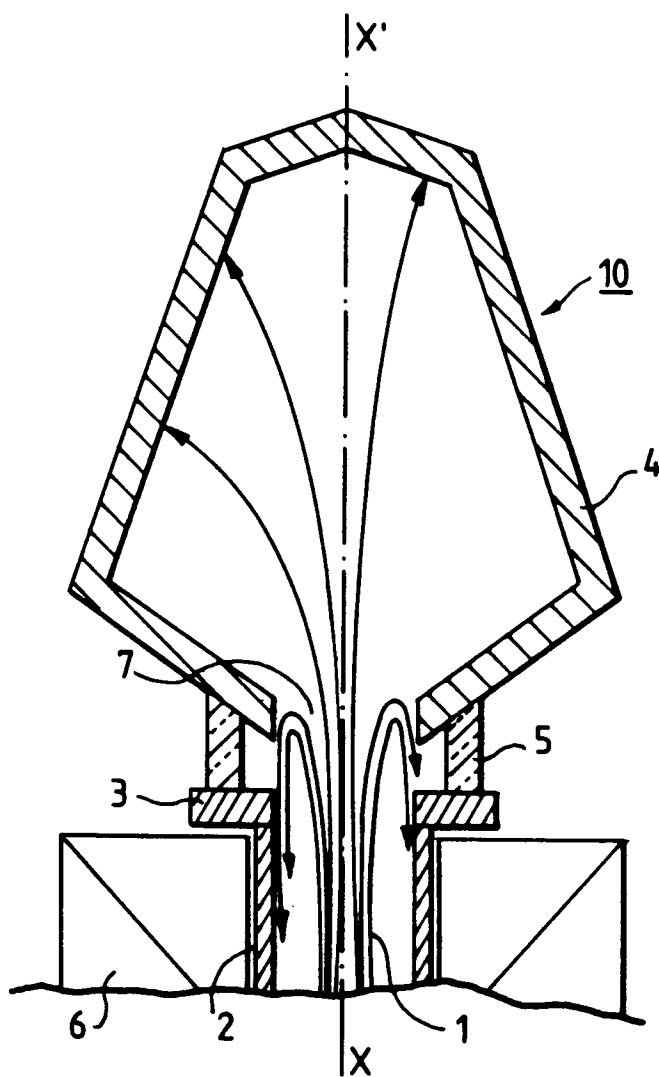
5 - Collecteur selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la distance $\underline{L}$ comprise entre l'orifice (29) de la paroi d'entrée (28) de la chambre d'expansion (22) et l'orifice (27) de la paroi d'entrée (30) de l'enceinte déprimée (23) est supérieure ou égale au diamètre $\underline{d}$. 40

6 - Collecteur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la surface extérieure de la paroi d'entrée (28) de la chambre d'expansion (22) est refroidie par circulation d'un fluide (32). 45

7 - Collecteur selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le potentiel de l'espace d'interaction (24) est sensiblement une masse.

8 - Tube hyperfréquence à faisceau d'électrons linéaire caractérisé en ce qu'il comporte un collecteur selon l'une des revendications 1 à 7. 50

55



ART ANTERIEUR

FIG.1

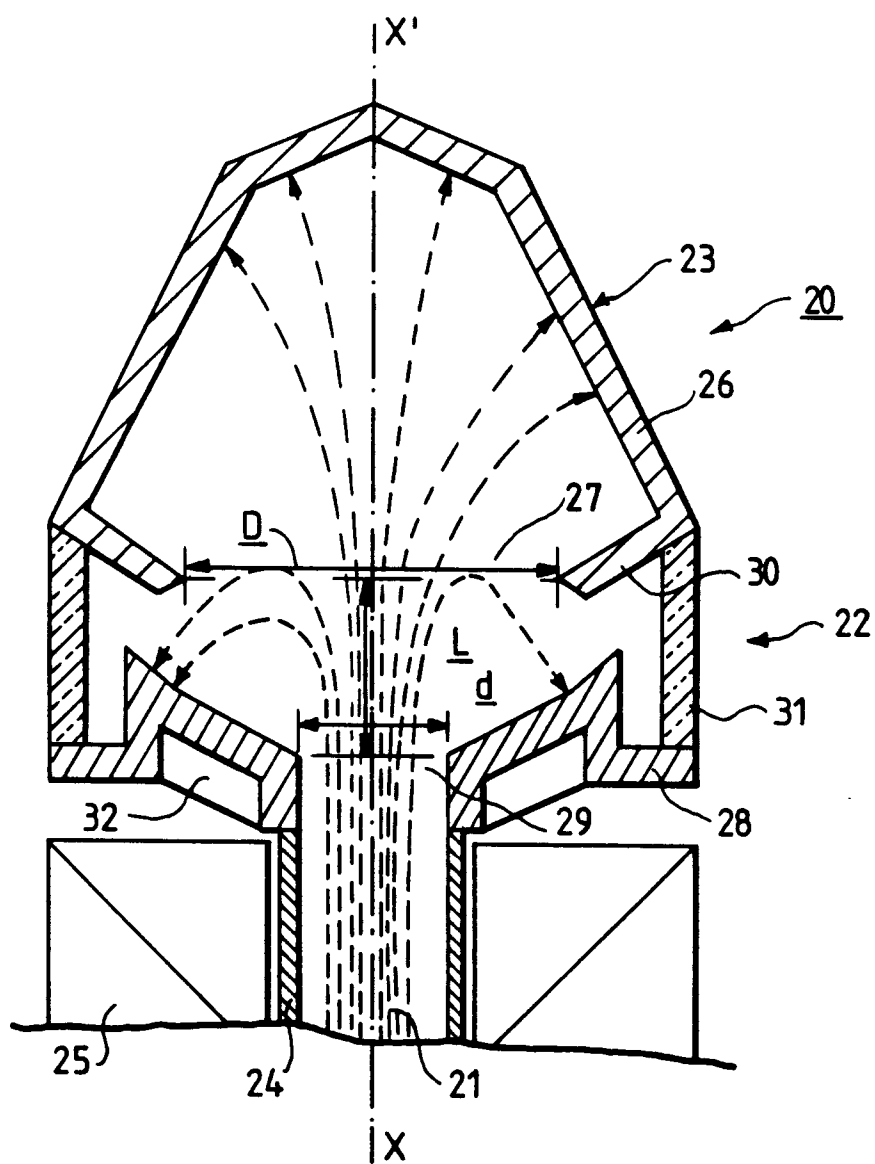


FIG. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 2784

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.5)
X	INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING, Technical Digest, Los Angeles, CA, December 7-10, 1986 E.W. McCUNE: "A UHF-TV klystron using multistage depressed collector technology", pages 160-163	1-3, 5, 6, 8	H01J23/027
A	* abrégé; figure 3 * * page 162, dernier alinéa *	4, 7	
A	US-A-3 368 102 (SAHARIAN) * colonne 1, ligne 69 - colonne 2, ligne 28 * * colonne 2, ligne 39 - ligne 42; figures *	1-4	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 324 (E-951)(4267) 11 Juillet 1990 & JP-A-2 109 234 (TOSHIBA CORP.) 20 Avril 1990 * abrégé *	1-5	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 85 (E-591)(2932) 17 Mars 1988 & JP-A-62 222 543 (NEC CORP.) 30 Septembre 1987 * abrégé *	1-4, 9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 15 JANVIER 1992	Examineur MARTIN Y VICENTE M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)