



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **93400377.3**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **H01J 23/087**

(22) Date de dépôt : **16.02.93**

(30) Priorité : **21.02.92 FR 9201998**

(43) Date de publication de la demande :  
**25.08.93 Bulletin 93/34**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE FR GB IT**

(71) Demandeur : **THOMSON TUBES  
ELECTRONIQUES  
13, avenue Morane-Saulnier, Bâtiment  
Chavez, Velizy Espace  
F-78140 Velizy (FR)**

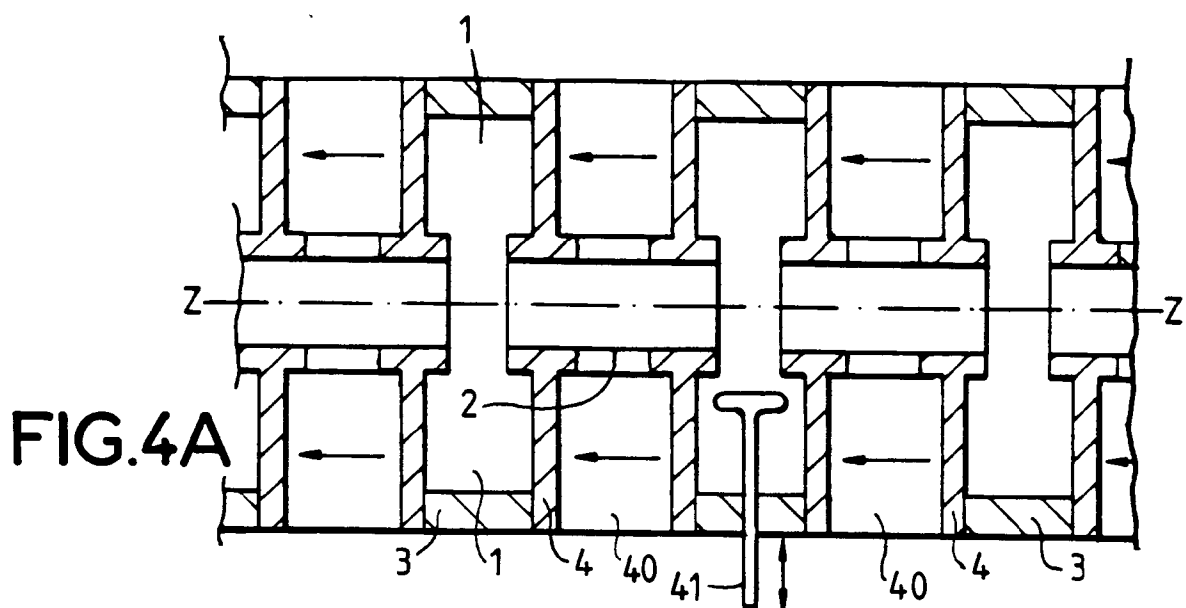
(72) Inventeur : **Durand, Alain  
THOMSON-CSF, SCPI, BP 329  
F-92402 Courbevoie Cedex (FR)**

(74) Mandataire : **Guérin, Michel et al  
THOMSON-CSF, SCPI, B.P. 329, 50, rue  
Jean-Pierre Timbaud  
F-92402 Courbevoie Cédex (FR)**

(54) **Tube hyperfréquence à focalisateur allégé.**

(57) La présente invention concerne un tube hyperfréquence à au moins un faisceau d'électrons. Il comporte une alternance de tubes de glissement (2) et de cavités résonantes (1) traversée par le faisceau d'électrons. Des aimants permanents (40) montés coaxialement autour des tubes de glissement (2) sont prévus pour focaliser le faisceau d'électrons. Les aimants permanents (40) sont orientés dans le même sens.

Application aux tubes hyperfréquences de la famille des klystrons.



La présente invention concerne les tubes hyperfréquences à interaction longitudinale de la famille des klystrons. Elle vise plus particulièrement à réduire leur poids et leur encombrement.

Un klystron classique est un tube hyperfréquence à modulation de vitesse d'un faisceau d'électrons. Son principe est basé sur l'interaction entre un faisceau d'électrons long et fin et des ondes électromagnétiques induites dans des cavités résonantes. Les cavités généralement au nombre de quatre ou cinq sont placées les unes à la suite des autres. Elles sont reliées entre elles par des tubes de glissement. Le faisceau d'électrons, formé dans un canon, traverse successivement les cavités et les tubes de glissement. Il est recueilli dans un collecteur, placé en aval de la dernière cavité.

Un focalisateur placé autour du faisceau l'électrons confine les électrons sur des trajectoires appropriées, de manière à ce que le faisceau d'électrons soit le plus possible cylindrique.

Le focalisateur peut être un électro-aimant, en forme de cylindre creux à l'intérieur duquel est plongé l'ensemble des cavités et des tubes de glissement. Les klystrons ayant de tels focalisateurs sont lourds et encombrants.

Des focalisateurs à aimants permanents alternés sont aussi connus. L'ensemble des cavités et des tubes de glissement est entouré d'aimants permanents alternés. Les aimants permanents, de forme annulaire sont sensiblement jointifs. Il sont situés à l'extérieur des cavités et l'encombrement du tube est encore important. Les aimants sont relativement éloignés du faisceau d'électrons et le champ magnétique au niveau du faisceau d'électrons est faible par rapport au champ magnétique existant à proximité des aimants.

Il a déjà été proposé, pour réduire l'encombrement et le poids du tube, de rapprocher les aimants du faisceau d'électrons. On supprime les aimants autour les cavités et ceux qui sont autour des tubes de glissement sont rapprochés du faisceau. Ils sont logés entre les cavités. Les aimants sont toujours alternés mais plus espacés.

Bien que la taille des aimants soit réduite, on peut obtenir une intensité de champ magnétique, au niveau du faisceau, comparable à celle existante avec des aimants autour des cavités. Les aimants étant plus espacés, le pas de focalisation est sensiblement deux fois plus grand que celui obtenu lorsque les aimants entourent l'ensemble des cavités et des tubes de glissement. L'intensité du faisceau d'électrons qui peut être focalisé est réduite en conséquence car l'intensité du faisceau et le pas de focalisation varient en sens inverses.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un tube hyperfréquence dont le focalisateur est allégé et a un encombrement réduit. Le tube ne présente pas les inconvénients soulignés précédemment au point de vue in-

tensité du faisceau.

La présente invention a pour objet un tube hyperfréquence à au moins un faisceau d'électrons comportant une alternance de tubes de glissement et de cavités résonantes traversée par le faisceau d'électrons. Des aimants permanents sont montés coaxialement autour des tubes de glissement pour focaliser le faisceau d'électrons. Ces aimants permanents sont orientés dans le même sens.

De préférence, les aimants sont de forme annulaire et leur rayon intérieur est sensiblement égal au rayon extérieur des tubes de glissement.

Les cavités résonantes peuvent être limitées par des parois transversales au faisceau d'électrons qui servent de masses polaires et les aimants peuvent occuper l'espace existant entre deux masses polaires en vis à vis appartenant à des cavités successives.

Au lieu d'être entourées d'aimants comme dans l'art antérieur, les cavités sont accessibles, elles peuvent contenir un dispositif d'accord en fréquence que l'on actionne de l'extérieur du tube. Elles peuvent être refroidies par un dispositif de refroidissement avec lequel elles sont en contact thermique direct.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description suivante illustrée par les figures annexées qui représentent :

- la figure 1A : une succession de cavités résonantes d'un tube hyperfréquence de type connu;
- la figure 1B: le champ magnétique  $B_z$  le long des cavités de la figure 1A;
- la figure 2: le flux magnétique engendré par un seul aimant entourant une cavité de la figure 1A;
- la figure 3A: une succession de cavités résonantes d'un autre tube de type connu;
- la figure 3B: le champ magnétique  $B_z$  de long des cavités de la figure 3A ;
- la figure 4A: une succession de cavités résonantes d'un tube selon l'invention ;
- la figure 4B: le champ magnétique  $B_z$  le long des cavités de la figure 4A ;
- la figure 5: une succession de cavités résonantes d'une variante d'un tube selon l'invention.

La figure 1A représente, de manière connue, une succession de cavités d'un klystron construit autour d'un axe  $ZZ'$ . La figure 1B montre le champ magnétique  $B_z$  le long de l'axe  $ZZ'$ . Un faisceau d'électrons, non représenté, se propage le long de l'axe  $ZZ'$  et traverse une succession de cavités 1. Ces cavités 1, généralement en forme de parallélépipède ou de cylindre sont reliées entre elles par des tubes de glissement 2.

Les cavités 1 sont généralement délimitées par des parois 3 longitudinales situées vers l'extérieur du tube et par des parois 4 transversales qui servent de masses polaires. Les parois longitudinales 3 sont

souvent en cuivre pour bien tenir le vide, tandis que les parois transversales 4 sont de préférence en acier. Le faisceau d'électrons est focalisé par une succession d'aimants 7 permanents annulaires. Deux cavités 1 successives et un tube de glissement 2 délimitent un espace 6 intercavité. Dans l'exemple décrit, l'espace 6 intercavité est rempli d'un élément 5 en cuivre par exemple. On a disposé un aimant 7 autour de chaque élément 5 en cuivre et un aimant 7 autour de chaque cavité 1. Cette structure est lourde et encombrante car les aimants 7 sont à l'extérieur des cavités. Les aimants 7 sont alternés. Cela signifie que deux aimants 7 successifs ont des pôles de même nom qui se font face.

Le champ magnétique  $B_z$  le long de l'axe  $ZZ'$  est représenté sur la figure 1B. Le champ magnétique  $B_z$  est sensiblement sinusoïdal. Il prend des valeurs extrêmes au niveau de chaque aimant 7 et s'annule au niveau de chaque masse polaire 4. Le champ magnétique  $B_z$  a un pas de focalisation P1 qui correspond à la longueur de deux aimants 7 successifs et de deux masses polaires 4 ou bien d'une cavité 1, d'un espace intercavité 6 et de deux masses polaires 4.

La figure 2A représente les lignes de flux magnétique générées par un seul aimant 7 annulaire placé autour d'une cavité 1 de la figure 1A. Les parois transversales de la cavité servent de masses polaires. Il n'y a pas d'autre corps magnétique à proximité de la cavité. Les lignes de flux dirigées du pôle nord vers le pôle sud se referment sur elles-mêmes. Elles sont guidées par les masses polaires 4. Ces lignes de flux sont très denses autour de l'aimant 7 et s'espacent de plus en plus lorsqu'on s'en éloigne. Sur la figure 2A, on n'a représenté les lignes de flux que sur la moitié supérieure de la figure pour ne pas la surcharger. Au niveau du faisceau d'électrons, à proximité de l'axe  $ZZ'$ , la densité de flux est très inférieure à celle que l'on a à proximité de l'aimant 7. Plus l'aimant 7 est gros plus son effet se ressent au niveau du faisceau d'électrons mais plus l'encombrement du tube est important. L'efficacité de l'aimant sur le faisceau d'électrons est faible par rapport à son encombrement.

La figure 3A représente de manière connue une succession de cavités d'un klystron construit autour d'un axe  $ZZ'$ . La figure 3B montre le champ magnétique  $B_z$  le long de l'axe  $ZZ'$ .

On retrouve comme sur la figure 1A, l'alternance de cavités 1 et de tubes de glissement 2. La différence principale se situe au niveau des aimants 30 permanents annulaires utilisés pour focaliser le faisceau. Il n'y a pas d'aimants autour des cavités 1 comme sur la figure 1A. Maintenant les aimants 30 sont montés coaxialement autour des tubes de glissement 2, dans l'espace intercavité 6. Les aimants 30 successifs sont alternés.

Les aimants 30 sont plus petits, moins lourds et moins nombreux que dans la structure de la figure 1A. Leur action sur les électrons est tout aussi effica-

ce car ils sont plus proches du faisceau d'électrons. Un petit aimant proche du faisceau peut avoir une action comparable à celle d'un gros aimant éloigné du faisceau.

Les aimants 30 sont plus espacés que dans la structure de la figure 1A. Le champ magnétique  $B_z$  le long de l'axe  $ZZ'$  est alternatif comme on peut le voir sur la figure 3B. Il prend les valeurs extrêmes au niveau de chaque aimant 30 et s'annule au niveau des cavités 1.

Le pas de focalisation P2 correspond à la longueur de deux cavités 1, de deux aimants successifs 30 et de quatre masses polaires 4. Le pas de focalisation P2 a doublé par rapport à la figure 1B et l'intensité du faisceau qui peut être focalisé est réduite en conséquence.

La figure 4A représente une succession de cavités d'un klystron selon l'invention. Le klystron est construit autour d'un axe  $ZZ'$ . La figure 4B montre le champ magnétique  $B_z$  le long de l'axe  $ZZ'$ .

Cette figure 4A est comparable à la figure 3A. On retrouve comme sur la figure 3A, la succession de cavités 1, les tubes de glissement 2 et les aimants permanents 10 montés coaxialement autour des tubes de glissement 2. Mais au lieu d'être alternés les aimants permanents 40 sont orientés dans le même sens. Le champ magnétique  $B_z$  sur l'axe  $ZZ'$  a une allure sensiblement sinusoïdale. Il prend des valeurs extrêmes au niveau de chaque cavité 1 et de chaque aimant 40 et s'annule au niveau des masses polaires 4.

Le pas de focalisation P3 correspond à la longueur d'une cavité 1, d'un aimant 40 et de deux masses polaires 4. Il est environ deux fois moins grand que le pas P2 de la structure illustrée à la figure 3A. L'intensité du faisceau qui peut être focalisé est plus grande que précédemment. Le klystron selon l'invention allie à la fois les avantages du klystron avec des aimants permanents alternés placés autour de l'ensemble cavités-tubes de glissement et du klystron avec des aimants permanents alternés logés dans les espaces intercavités, sans toutefois en présenter les inconvénients. Les aimants sont petits et espacés d'où un gain de poids et une réduction des coûts.

Les aimants placés dans l'espace intercavité autour des tubes de glissement permettent de réduire l'encombrement du klystron. Les cavités n'étant pas entourées d'un aimant sont accessibles ce qui est appréciable si l'on veut placer dans au moins une cavité un dispositif d'accord en fréquence. C'est ce qu'illustre la figure 4A. Un dispositif à palette 41 pénètre dans une des cavités et peut être manuellement approché ou éloigné du faisceau d'électrons. Ce dispositif 41 est actionné de l'extérieur du tube. L'accessibilité des cavités se ressent aussi en entrée et en sortie du tube, au niveau de l'injection et de l'extraction des ondes électromagnétiques.

Le klystron selon l'invention présente aussi un

grand avantage au niveau de son refroidissement. Ce refroidissement peut se faire directement au niveau des cavités 1. C'est ce qu'illustre la figure 5. Le refroidissement se fait par conduction. Un dispositif de refroidissement 50 avec des ailettes, par exemple, entoure les cavités 1. Les ailettes sont dirigées vers l'extérieur du tube et sont en contact thermique direct avec les cavités 1.

Un dispositif de refroidissement à circulation de fluide pourrait être utilisé. Dans les klystrons connus, à aimants permanents autour des cavités, le refroidissement ne pouvait se faire que via les masses polaires.

On a représenté l'allure des lignes de flux mais seulement sur la partie supérieure de la figure 5 pour ne pas la surcharger. La densité des lignes de flux à proximité de l'axe ZZ' est plus importante que sur la figure 2.

De préférence, les aimants 40 annulaires utilisés dans le tube selon l'invention, ont un diamètre intérieur sensiblement égal au diamètre extérieur des tubes 2 de glissement. Ils occupent avantageusement tout l'espace intercavité 6 sans dépasser vers l'extérieur du tube, au delà des parois longitudinales 3 des cavités. Les tubes selon l'invention peuvent être aussi bien des klystrons monofaisceaux que des klystrons multifaisceaux.

## Revendications

**1** - Tube hyperfréquence à au moins un faisceau d'électrons longitudinal comportant une alternance de tubes (2) de glissement et de cavités résonantes (1) traversée par le faisceau d'électrons, des aimants permanents (40) montés coaxialement autour des tubes (2) de glissement pour focaliser le faisceau d'électrons, caractérisé en ce que les aimants (40) permanents sont orientés dans le même sens et sont disposés entre les cavités.

**2** - Tube hyperfréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce que les aimants permanents (40) ont une forme annulaire.

**3** - Tube hyperfréquence selon la revendication 2, caractérisé en ce que le rayon intérieur des aimants permanents (40) est sensiblement égal au rayon extérieur des tubes de glissement (2).

**4** - Tube hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les cavités résonantes (1) sont limitées par des parois (4) transversales au faisceau d'électrons, ces parois (4) formant des masses polaires.

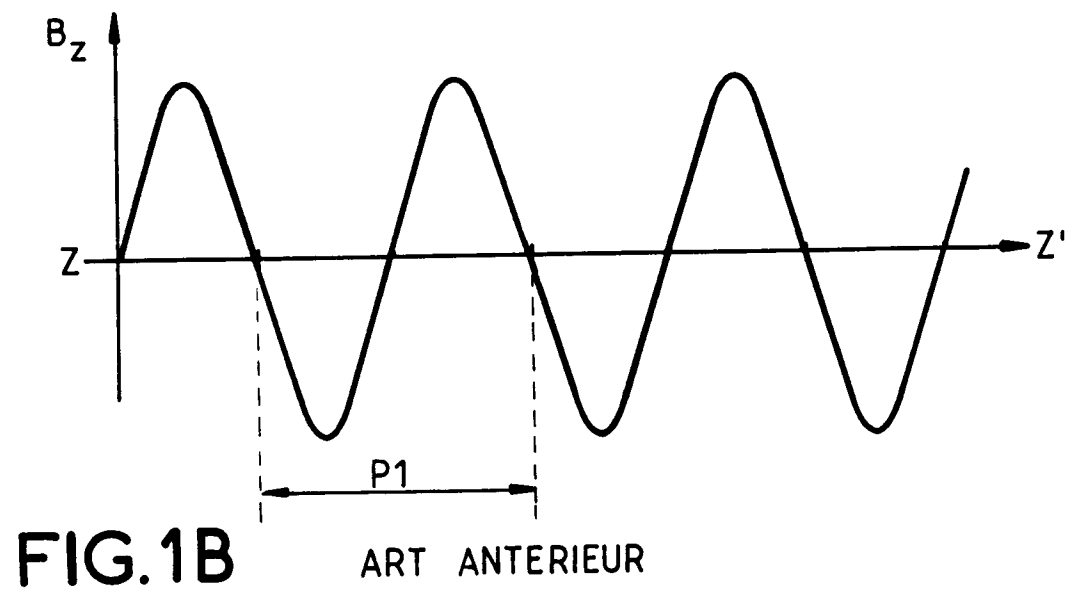
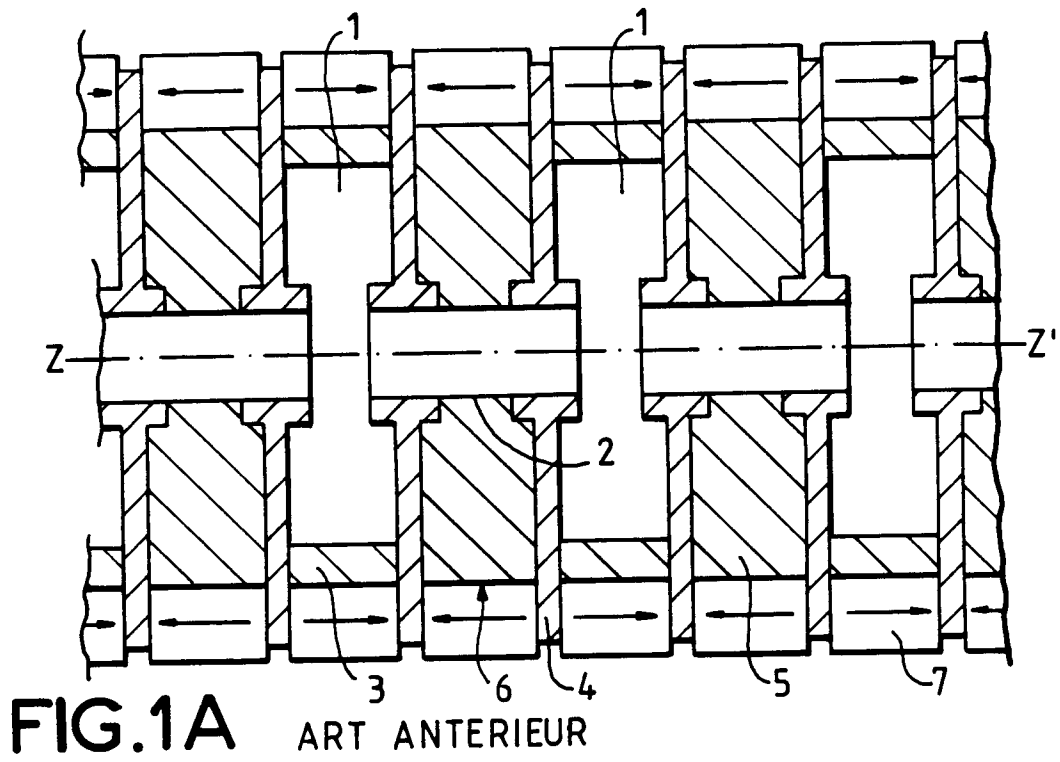
**5** - Tube hyperfréquence selon la revendication 4, caractérisé en ce que les aimants permanents (40) occupent un espace compris entre deux masses polaires (4) appartenant à des cavités (1) successives.

**6** - Tube hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'un dispositif d'ac-

cord en fréquence (41) est prévu dans au moins une des cavités résonantes (1), ce dispositif (41) étant actionné de l'extérieur du tube.

**7** - Tube hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'un dispositif de refroidissement (50), disposé vers l'extérieur du tube, entoure les cavités (1) résonantes et est en contact direct avec les cavités (1) résonantes.

**8** - Tube hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il appartient à la famille des klystrons.



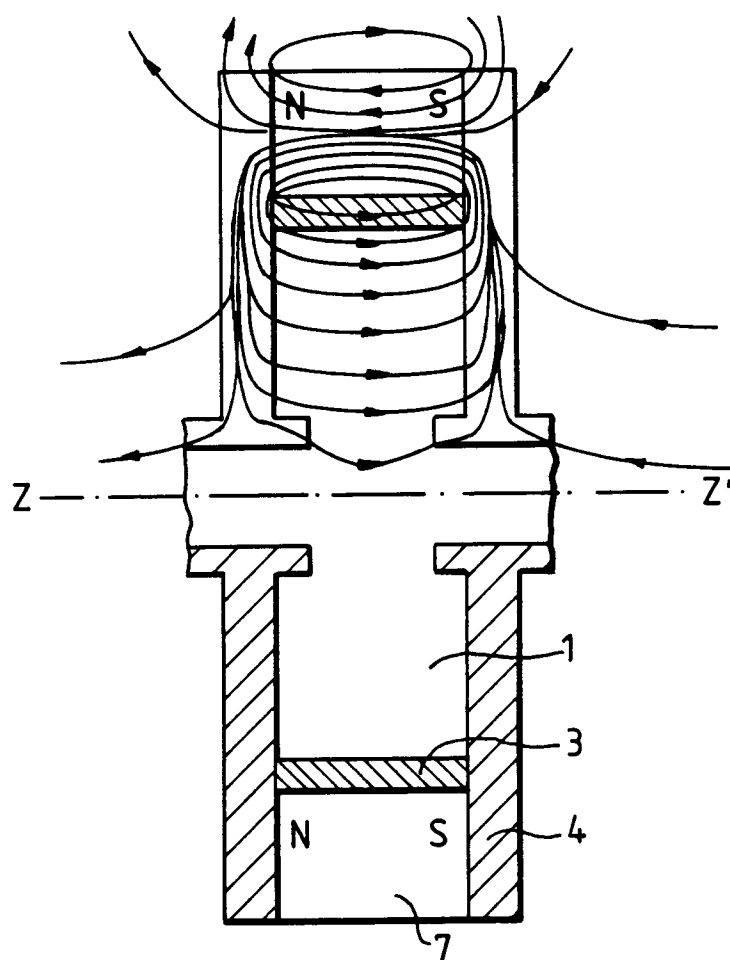
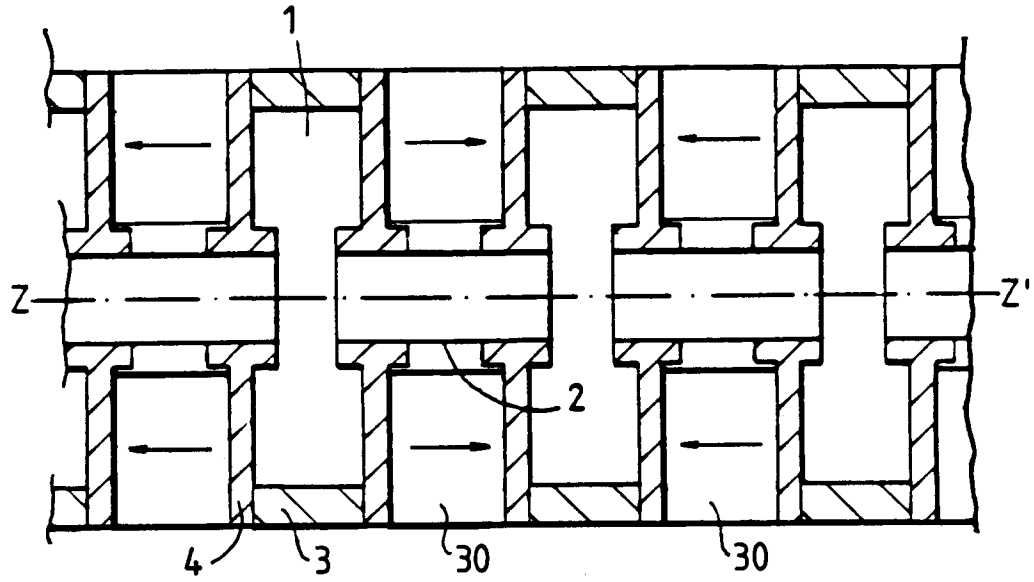
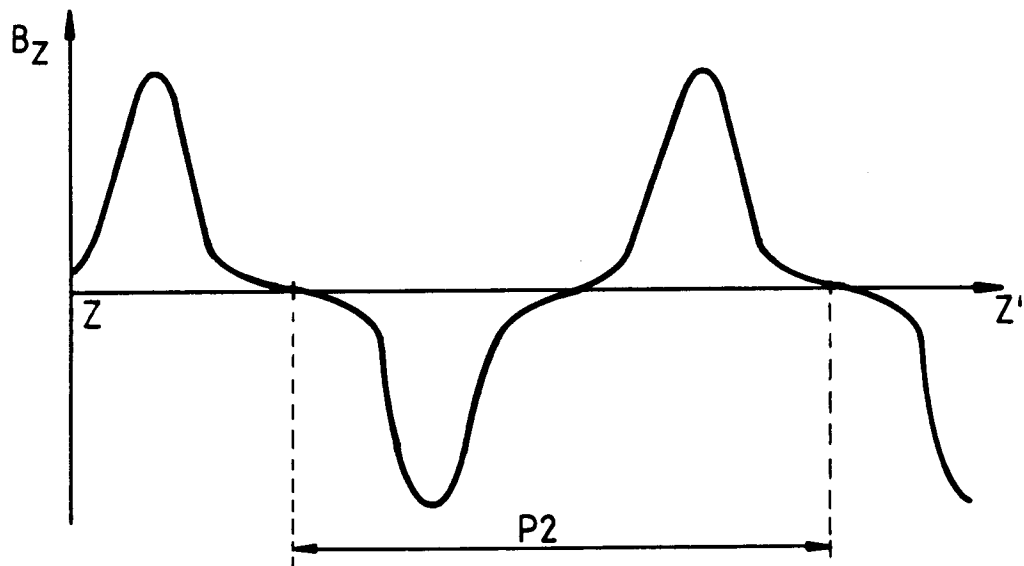


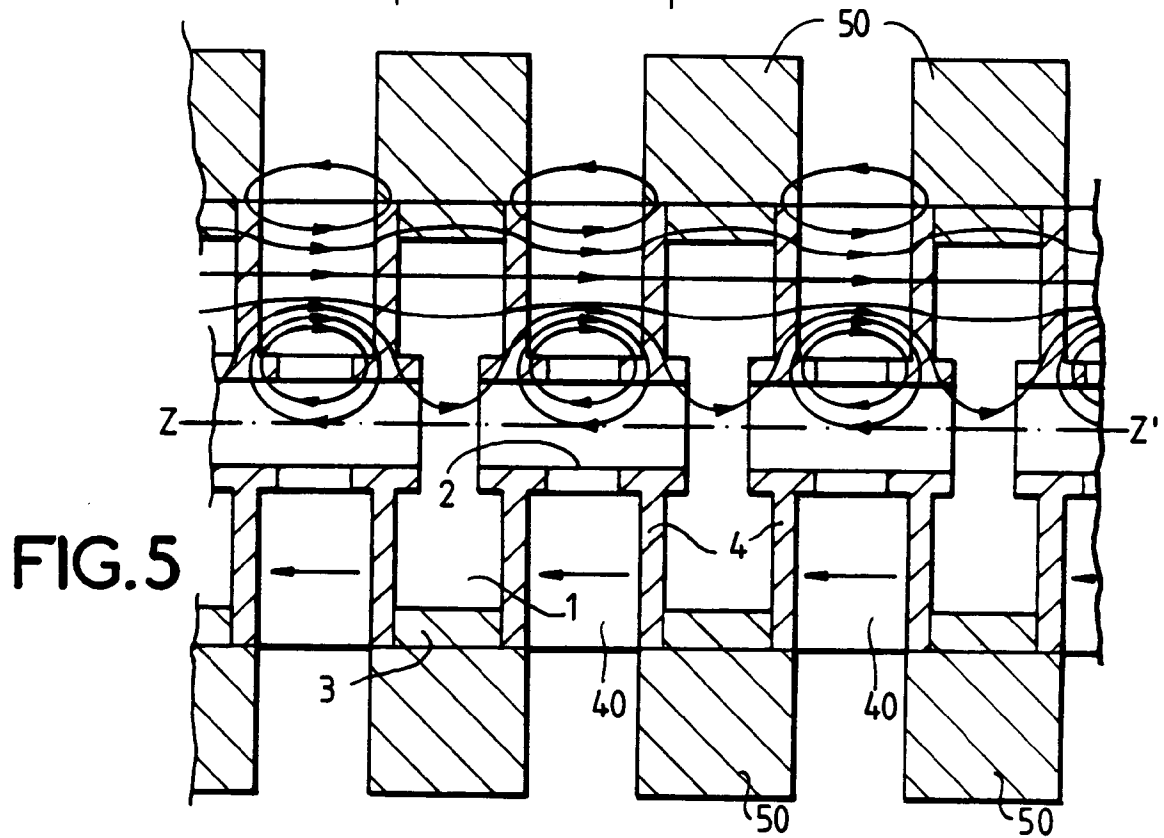
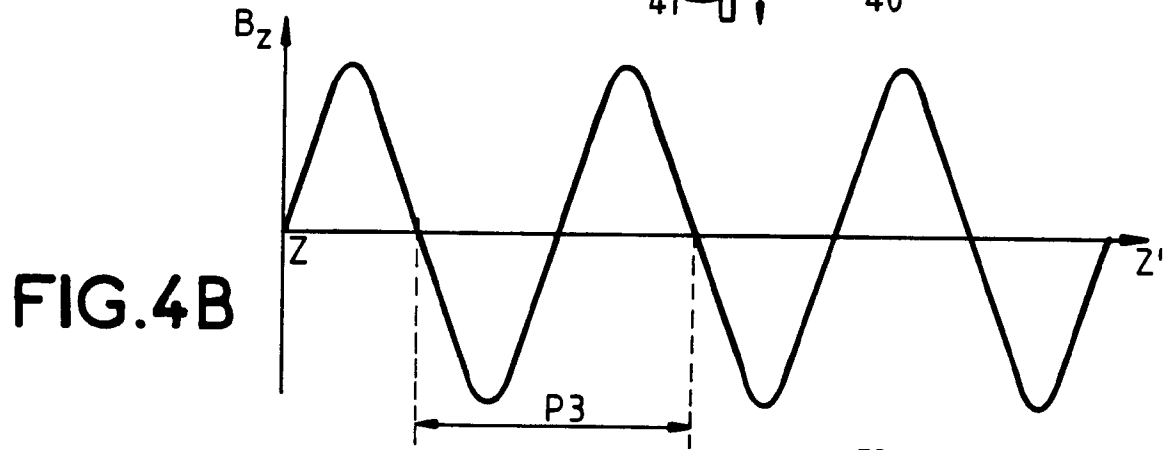
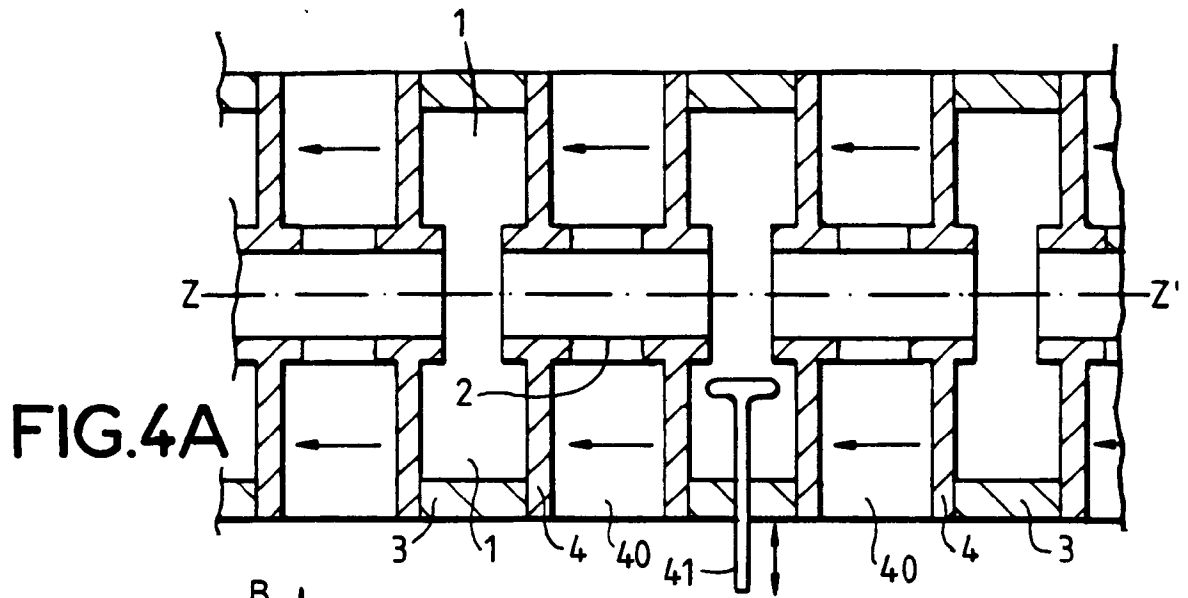
FIG. 2



**FIG. 3A** ART ANTERIEUR



**FIG. 3 B** ART ANTERIEUR







Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 93 40 0377

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	ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS IN JAPAN vol. 50, no. 1, Janvier 1967, NEW YORK US pages 81 - 89 SUZUKI ET AL. 'Electron beam focusing by periodic permanent magnet for millimeter-wave tubes'	1-5	H01J23/087
Y	* alinéa 1 * * page 83, colonne de droite, dernier alinéa ; figure 8 * * page 86 *	6,7	
X	FR-A-2 017 585 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN)	1,2,4,5, 8	
Y	* alinéa 1 * * page 2, ligne 23 * * page 3, ligne 15 - ligne 16; figure 1 *	3,6,7	
Y	EP-A-0 445 009 (THOMSON TUBES ELECTRONIQUES) * figure 1 *	1-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Y	US-A-3 678 327 (SCHMIDT) * abrégé; figures 1,2 *	1-7	H01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28 MAI 1993	Examineur MARTIN Y VICENTE M.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></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 &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)