

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **89402559.2**

51 Int. Cl.⁵: **H01J 23/087**

22 Date de dépôt: **19.09.89**

30 Priorité: **23.09.88 FR 8812467**

43 Date de publication de la demande:
04.04.90 Bulletin 90/14

84 Etats contractants désignés:
DE FR GB IT

71 Demandeur: **THOMSON-CSF**
51, Esplanade du Général de Gaulle
F-92800 Puteaux(FR)

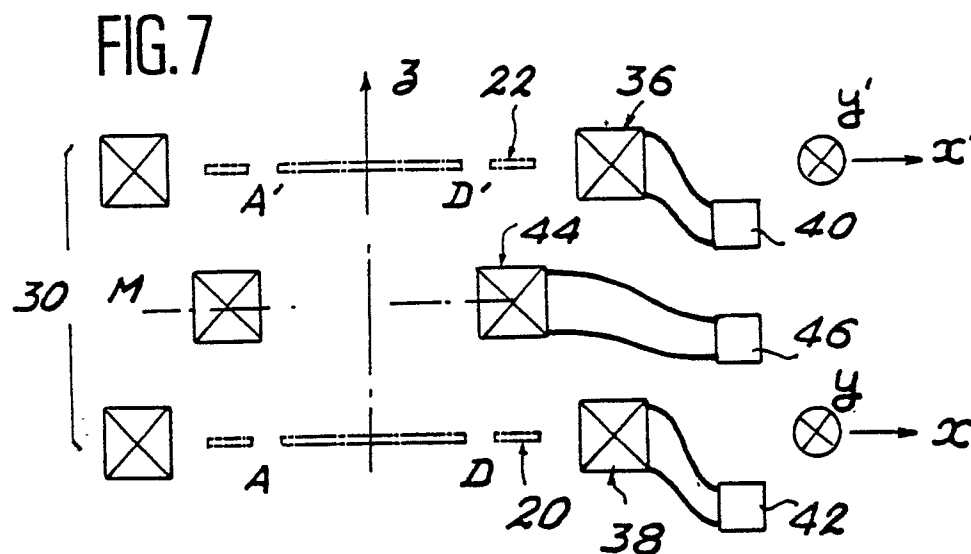
72 Inventeur: **Mourier, Georges**
THOMSON-CSF SCPI-Cédex 67
F-92045 Paris la Défense(FR)

74 Mandataire: **Guérin, Michel et al**
THOMSON-CSF SCPI 51, Esplanade du
Général de Gaulle
F-92045 PARIS LA DEFENSE CEDEX 67(FR)

54 **Dispositif correcteur de trajectoires pour tube électronique.**

57 Ce dispositif comporte un moyen (30) auxiliaire de correction de trajectoire apte à créer un champ magnétique corrigeant les effets de dérive azimutale du faisceau entre un premier et un second disques (20, 22), dérive due à la non uniformité du champ principal entre les deux disques. Ce moyen (30) peut comprendre plusieurs bobines (36, 38, 44) parcourues par des courants et placées au voisinage des disques ou entre ceux-ci.

Application aux klystrons multifaisceaux.



DISPOSITIF CORRECTEUR DE TRAJECTOIRES POUR TUBE ELECTRONIQUE

La présente invention a pour objet un dispositif correcteur de trajectoires pour tube électronique. Elle s'applique notamment aux tubes multifaisceau et en particulier aux tubes hyperfréquences du genre klystron.

La figure 1 montre de manière schématique un tube électronique multifaisceau selon l'art antérieur.

5 La structure est de révolution autour d'un axe z. Des faisceaux d'électrons, au nombre de six dans cet exemple, soit 10, 11, 12, 13, 14, 15, sont produits par un moyen non représenté et traversent respectivement des trous A, B, C, D, E, F, percés dans un premier disque 20 centré sur l'axe z et disposé dans un plan (x, y) et des trous A', B', C', D', E', F' percés dans un second disque 22 centré lui aussi sur l'axe z et situé dans un plan (x', y').

10 Chaque couple A et A', B et B', C et C', D et D', E et E', F et F' est centré sur une droite parallèle à l'axe z.

Les électrons sont guidés par un champ magnétique dit principal, qui est engendré par un système 24 de bobines ayant l'axe z pour axe de symétrie et parcourues par des courants continus. Le champ magnétique principal admet aussi l'axe z comme axe de révolution.

15 Ce champ magnétique principal est essentiellement dirigé selon l'axe z entre les deux disques 20 et 22, mais la composante axiale Bz de ce champ varie en fonction de la distance à l'axe. En d'autres termes, la composante axiale du champ présente un gradient radial.

Cette non uniformité du champ magnétique ainsi que la position excentrée des faisceaux provoquent une dérive de la trajectoire des électrons.

20 De façon plus précise la trajectoire moyenne des électrons n'est pas dirigée parallèlement à l'axe z. Chaque faisceau subit une dérive radiale ΔR et une dérive azimutale $\Delta \phi$.

Comme on le voit sur la figure 2, le faisceau d'électrons 10 a tendance à venir frapper le disque 22 en A'', au lieu de passer par A'. La situation est analogue pour les autres faisceaux.

25 Il est connu que la dérive radiale ΔR peut être annulée. Il suffit que les flux du champ à travers des cercles passant par les trous A et A' (respectivement B et B', C et C', D et D', E et E', F et F') soient identiques, conformément à la théorie de BUSCH.

Pour le bon fonctionnement du tube, on impose alors au champ magnétique principal deux conditions : son amplitude doit être sensiblement la même au niveau des trous homologues A et A', B et B', ... et les flux à travers les cercles passant par ces espaces doivent être identiques.

30 Mais les tubes ainsi conçus présentent encore un inconvénient qui est de présenter une dérive azimutale, d'amplitude $\Delta \phi$.

La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient en donnant les moyens de supprimer cette dérive azimutale.

35 Pour cela, l'invention préconise l'emploi de bobines et/ou de pièces ferromagnétiques supplémentaires aptes à créer un champ magnétique de correction, qui s'ajoute au champ magnétique principal et ramène les électrons dans l'espace A.

40 De façon plus précise, la présente invention concerne un dispositif correcteur de trajectoires pour tube électronique, ce tube comprenant un moyen principal apte à engendrer un champ magnétique principal de révolution autour d'un axe et des moyens pour créer au moins un faisceau d'électrons écarté de cet axe et passant successivement à travers un premier trou percé dans un premier disque, puis à travers un second trou percé dans un second disque, ce dispositif étant caractérisé par le fait qu'il comprend au moins un moyen auxiliaire mince centré sur l'axe de révolution et apte à créer un champ magnétique auxiliaire de correction ayant même axe de révolution que le champ principal et présentant un gradient radial, ce champ auxiliaire corrigeant les effets de dérive azimutale du faisceau entre le premier et le second trous, dérive due à la non uniformité du champ magnétique principal entre les deux trous.

45 Dans un premier mode de réalisation, le moyen auxiliaire de correction se compose d'une première et d'une seconde bobines parcourues par des courants et placées au voisinage des plans des premier et second trous.

50 Dans un autre mode de réalisation, le moyen auxiliaire de correction se compose d'une bobine parcourue par un courant et placée dans le plan médian par rapport aux plans du premier et du second trous.

Dans une variante de réalisation, le moyen auxiliaire se compose d'une première bobine placée au voisinage du plan du premier trou, d'une seconde bobine placée au voisinage du plan du second trou et d'une troisième bobine placée dans le plan médian, ces bobines étant parcourues par des courants.

Dans un autre mode de réalisation, le moyen auxiliaire de correction se compose d'une pièce

ferromagnétique placée dans le plan médian par rapport aux plans du premier et du second trous, l'axe de révolution étant axe de symétrie de cette pièce. Cette pièce peut être un disque, un cylindre, ou un tore.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui suit, d'exemples donnés à titre explicatif et nullement limitatif. Cette description se réfère à des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente schématiquement, un tube électronique multifaisceau selon l'art antérieur ;
- la figure 2, déjà décrite, est une vue schématique d'un disque montrant la dérive radiale et azimutale d'un faisceau d'électrons selon l'art antérieur ;
- la figure 3 représente schématiquement une vue en coupe d'un tube multifaisceau muni d'un dispositif conforme à l'invention ;
- la figure 4 représente schématiquement une vue en coupe d'un mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention ;
- la figure 5 représente schématiquement une vue en coupe d'un autre mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention ;
- la figure 6 représente schématiquement une vue en coupe d'une variante de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention ;
- la figure 7 représente schématiquement une vue en coupe d'un autre mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention ;
- la figure 8 représente schématiquement une vue en coupe d'une autre variante de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention.

La figure 3 représente schématiquement la coupe d'un tube multifaisceau muni d'un dispositif de correction conforme à l'invention.

Un faisceau d'électrons 10 est issu d'un moyen 32 (cathode ou autre) et a sa trajectoire moyenne parallèle à l'axe z, axe de symétrie du système. Cette trajectoire est écartée de l'axe z.

Le faisceau traverse un premier trou A percé dans un premier disque 20 situé dans un plan (x, y) et doit passer par un second trou A' percé dans un second disque 22 situé dans un plan (x', y'). Pour cela, il est guidé par un champ magnétique principal qui satisfait aux conditions suivantes :

- en A et A', l'amplitude du champ est la même,
 - les flux du champ à travers les surfaces des cercles centrés sur z et passant par A et A' sont identiques.
- On annule ainsi la dérive radiale du faisceau d'électrons (respect des conditions imposées par le théorème de BUSCH).

La dérive azimutale est compensée, selon l'invention, par un moyen auxiliaire de correction de trajectoire 30 apte à créer un champ magnétique corrigeant les effets de dérive azimutale de la trajectoire entre le premier et le second espace A, A'.

Des moyens 34 sont prévus pour ajuster le courant qui parcourt les bobines du système principal 24 pour conserver la valeur du flux du champ magnétique total malgré le champ magnétique auxiliaire dû au moyen 30.

La trajectoire des électrons n'est pas en fait rectiligne entre A et A'. Elle s'enroule en hélice autour du champ magnétique. Deux cas peuvent se produire selon les énergies mises en jeu. Dans le premier cas, on suppose que les électrons accomplissent un grand nombre d'orbites entre les deux disques. Dans le second cas, on suppose au contraire qu'ils en accomplissent peu.

Dans le premier cas, l'inventeur a montré que la dérive azimutale des électrons était due à une force passant par l'axe z, force qui communique aux électrons une vitesse tangentielle proportionnelle au gradient de la composante axiale B_z du champ le long du rayon r. En d'autres termes, la vitesse azimutale est proportionnelle à $\partial B_z / \partial r$.

La dérive azimutale totale $\Delta\phi$ est donc proportionnelle à l'intégrale de cette grandeur entre les espaces A et A'.

De façon plus précise, on a :

$$\Delta\phi \approx \frac{\pi}{2q} \int_A^{A'} \frac{v_b^2}{v_z B^2} \frac{\partial B_z}{\partial r} dz = 0$$

- V_b étant la vitesse de rotation d'un électron autour du champ magnétique,
- V_z étant la vitesse de déplacement d'un électron selon la direction de l'axe z,

- B étant l'amplitude du champ magnétique appliqué et B_z sa composante dans la direction z, et r la distance à l'axe.

Dans le second cas, les électrons d'un faisceau ne parcourent que peu d'orbites entre A et A'. L'inventeur a montré alors que la dérive azimuthale $\Delta\phi$ entre A et A' prenait la forme :

$$\Delta\phi \approx - \frac{q}{2\pi} \int_A^{A'} \frac{\phi - \phi_0}{r^2} \frac{dz}{mV_z}$$

- où ϕ est la valeur du flux du champ magnétique traversant le cercle de rayon r, centré sur l'axe de symétrie z et passant par l'électron,

- ϕ_0 est la valeur de ϕ en un point origine de la dérive $\Delta\phi$, et

- q et m sont la charge et la masse de l'électron.

Les termes m et V_z sont sensiblement constants en pratique. $\phi - \phi_0$ peut être positif ou négatif suivant la nature des champs magnétiques mis en oeuvre.

L'intégrale de $\phi - \phi_0$ sur un parcours allant de A à A' doit être rendue nulle.

En particulier, si l'on se place dans l'approximation dite des "lentilles minces", on montre que :

$$\Delta\phi \approx - \frac{q}{2\pi m r^2 V_z} \int_A^{A'} (\phi - \phi_0) dz$$

L'annulation de la dérive azimuthale ($\Delta\phi = 0$) implique que la valeur moyenne du flux ϕ soit égale à ϕ_0 , même si, localement, sa valeur est différente de ϕ_0 .

On constate ainsi que la compensation de la dérive azimuthale aboutit, dans le premier cas, à des conditions aux extrémités sur les trajectoires, et, dans le second cas, à des conditions de moyenne sur les trajectoires. Ces conditions sont par ailleurs compatibles.

En d'autres termes, selon l'invention, on crée volontairement un champ auxiliaire à fort gradient radial pour que la dérive induite par ce gradient auxiliaire compense la dérive occasionnée par la non uniformité du champ principal.

La fonction du moyen 30 auxiliaire de correction de trajectoire est de satisfaire à ces conditions. Ce moyen est de forme mince ou plate car c'est dans ces conditions qu'on obtient un champ de faible amplitude mais de fort gradient.

La figure 4 représente schématiquement et en coupe un premier mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention. Le moyen auxiliaire 30 consiste en deux bobines plates 36 et 38 alimentées en courant chacune par un générateur 40, 42. La bobine 38 est située au voisinage du plan (x, y) contenant le premier disque traversé par le faisceau d'électrons. La bobine 36 est située au voisinage du plan x', y' contenant le second disque. Ces bobines 36, 38 sont parallèles à ces plans (x, y) et (x', y') et centrées sur l'axe z.

Le gradient du champ axial induit par une bobine est positif dans son plan, à l'intérieur de la bobine. Par contre, ce gradient est négatif dans le plan médian d'un système à deux bobines suffisamment éloignées. On peut donc annuler l'effet de la composante $\delta B_z / \delta r$ le long d'un trajet de A vers A' en ajustant les dimensions et l'écartement des deux bobines 36 et 38.

Les bobines 36, 38 induisent donc des champs magnétiques de compensation aux extrémités de la zone située entre les disques 20 et 22. Elles permettent alors la compensation de la dérive azimuthale dans le cas où les électrons des faisceaux décrivent un grand nombre d'orbites sur leur trajectoire.

L'homme de l'art sait établir, par le calcul numérique, les relations entre les dimensions des bobines et les champs et adapter le dispositif à chaque cas particulier. La variation de Hz autour de l'axe change de signe lorsque la distance entre les bobines est égale à leur rayon (cas de Helmholtz). Le calcul exact dans chaque cas se fait par ordinateur.

La figure 5 représente schématiquement une vue en coupe d'un autre mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention. Le moyen 30 consiste en une bobine plate 44 parcourue par un courant engendré par un générateur 46. Cette bobine 44 est placée dans le plan médian M par rapport aux plans (x, y) et (x', y'). La distance séparant deux espaces diamétralement opposés (tels que A et D sur la figure 5) doit être inférieure au diamètre de la bobine 44. Mais le diamètre de celle-ci est tel que la bobine soit très

proche de la trajectoire des électrons. La bobine 44 peut avoir un diamètre supérieur de 10 % à la distance entre A et D par exemple.

Cette bobine 44 induit un champ magnétique de compensation au niveau du plan médian M. Elle permet la compensation de la dérive azimutale dans le cas où les électrons décrivent peu d'orbites tout au long de leur trajectoire.

Selon la variante illustrée sur la figure 6, un résultat analogue peut être obtenu par une pièce ferromagnétique 48 placée dans le plan médian M par rapport aux plans (x, y) et (x', y') , l'axe z étant un axe de symétrie pour cette pièce.

Cette pièce peut être un disque, un cylindre ou un tore par exemple. Le diamètre de cette pièce est inférieur à la distance entre deux espaces diamétralement opposés (A, D sur la figure 6).

Bien entendu, on peut combiner les différents dispositifs décrits ci-dessus pour obtenir une compensation plus efficace de la dérive azimutale.

Ainsi, est représenté sur la figure 7, un dispositif qui combine les dispositifs des figures 4 et 5. Ce dispositif s'applique à tous les cas, que les électrons décrivent peu ou beaucoup d'orbites sur leur trajectoire. Il s'applique particulièrement bien aux cas intermédiaires.

Dans la configuration de la figure 7, le moyen auxiliaire de correction 30 consiste donc en deux bobines 36, 38 reliées respectivement à des générateurs de courant 40, 42 et en une bobine 44 de plus faible diamètre reliée à un générateur de courant 46. Les deux bobines 36, 38 sont disposées chacune dans l'un des plans (x, y) et (x', y') , la bobine 44 étant située dans le plan médian M par rapport à ces plans.

Bien entendu, et comme il résulte déjà de ce qui précède, il va de soi que l'invention ne se limite nullement aux exemples de réalisation décrits ci-dessus. Elle en embrasse au contraire toutes les variantes. Comme on l'a représenté figure 8, on peut, par exemple, combiner les dispositifs décrits sur les figures 5 et 6, ou encore les dispositifs représentés sur les figures 4 et 6.

Revendications

1. Dispositif correcteur de trajectoires pour tube électronique, ce tube comprenant un moyen principal (24) apte à engendrer un champ magnétique principal de révolution autour d'un axe (z) et des moyens pour créer au moins un faisceau d'électrons (10, 11, 12, 13, 14, 15) écarté de cet axe (z) et passant successivement à travers un premier trou (A, B, C, D, E, F) percé dans un premier disque (20), puis à travers un second trou (A', B', C', D', E', F') percé dans un second disque (22), ce dispositif étant caractérisé par le fait qu'il comprend au moins un moyen auxiliaire mince centré sur l'axe de révolution (z) et apte à créer un champ magnétique de correction ayant même axe de révolution que le champ principal, et présentant un gradient radial, ce champ auxiliaire corrigeant les effets de dérive azimutale du faisceau (10, 11, 12, 13, 14, 15) entre le premier (A, B, C, D, E, F) et le second trous (A', B', C', D', E', F'), dérive due à la non uniformité du champ principal entre les deux trous.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moyen (30) auxiliaire de correction se compose d'une première et d'une seconde bobines plates (20, 22) parcourues par des courants et placées au voisinage des plans (x, y, x', y') des premier et second disques (20, 22).

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moyen auxiliaire de correction (30) se compose d'une seule bobine plate (46) parcourue par un courant et placée dans le plan médian (M) par rapport aux plans (x, y, x', y') des premier et second disques (20, 22).

4. Dispositif selon les revendications 2 et 3, caractérisé par le fait que le moyen auxiliaire de correction (30) se compose d'une première bobine plate (38) placée au voisinage du plan (x, y) du premier disque (20), d'une seconde bobine plate (36) placée au voisinage du plan (x', y') du second disque (22) et d'une troisième bobine (44) placée dans le plan médian (M), ces bobines (36, 38, 44) étant parcourues par des courants.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moyen auxiliaire de correction (30) se compose d'une pièce ferromagnétique (48) placée dans le plan médian (M) par rapport aux plans (x, y) , (x', y') du premier et du second disques (20, 22), l'axe de révolution (z) étant axe de symétrie de cette pièce (48).

FIG. 1

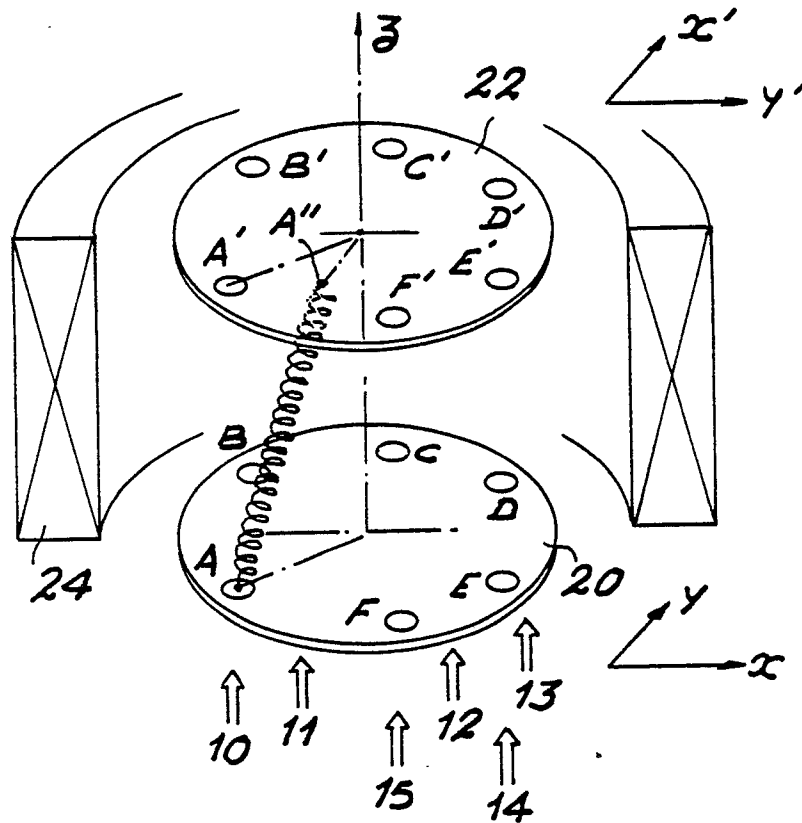


FIG. 2

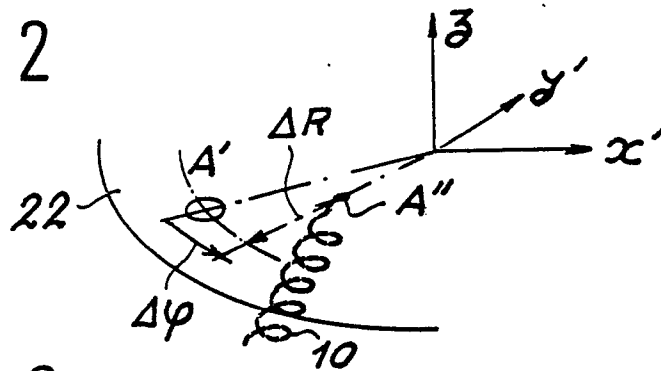


FIG. 3

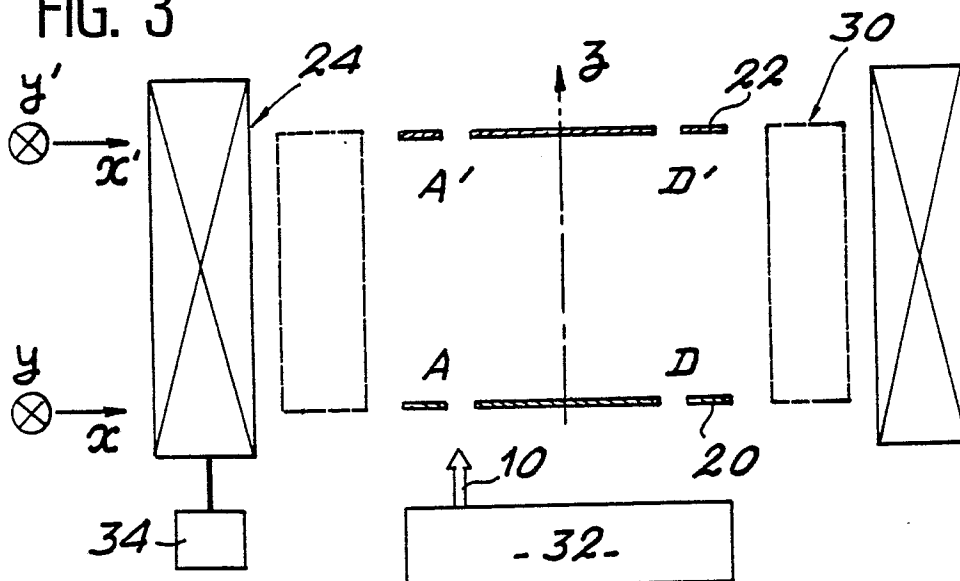


FIG. 4

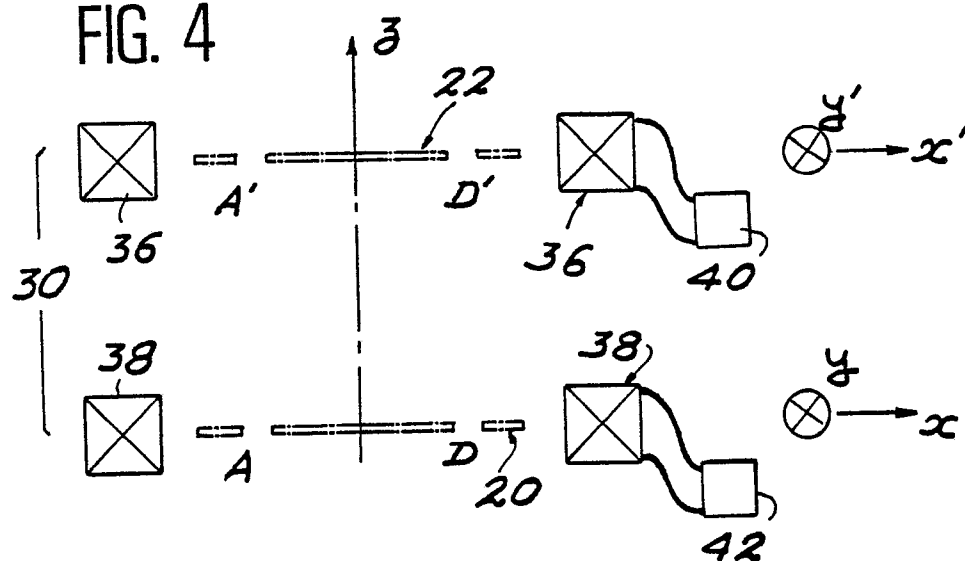


FIG. 5

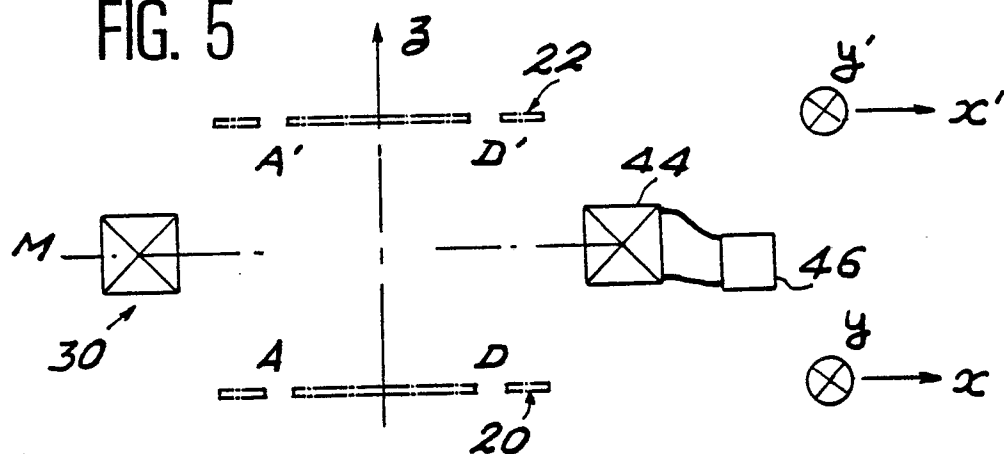
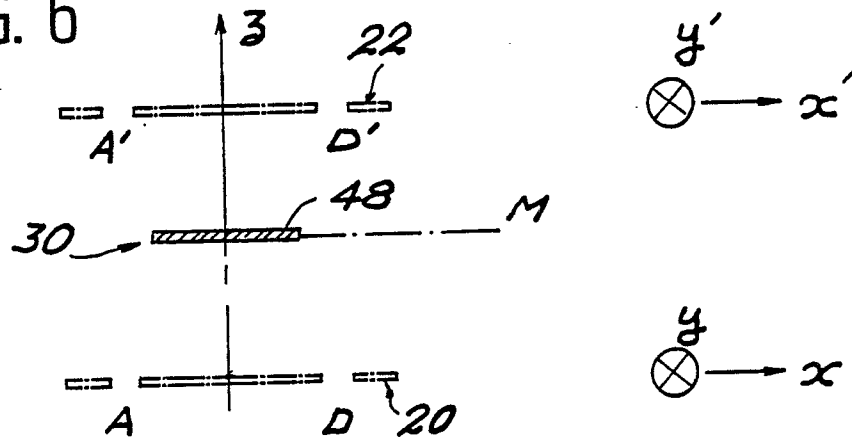
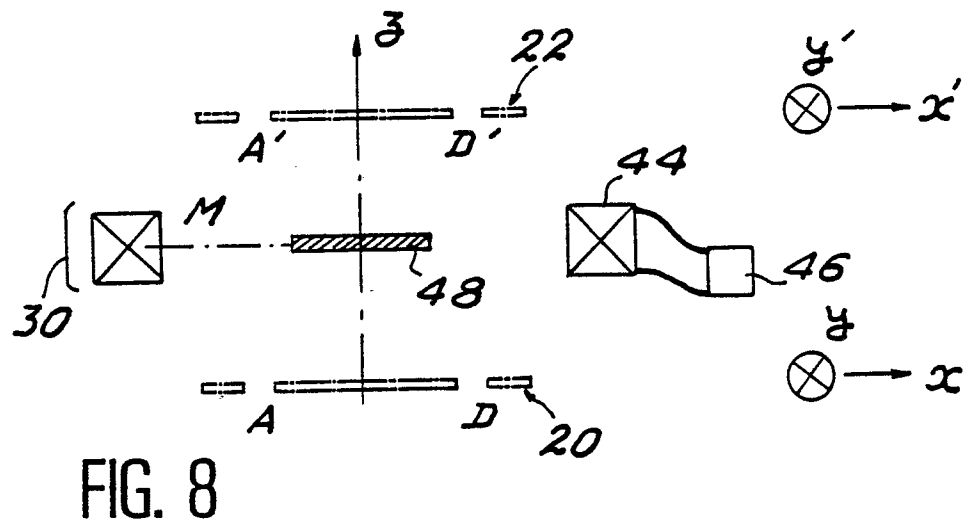
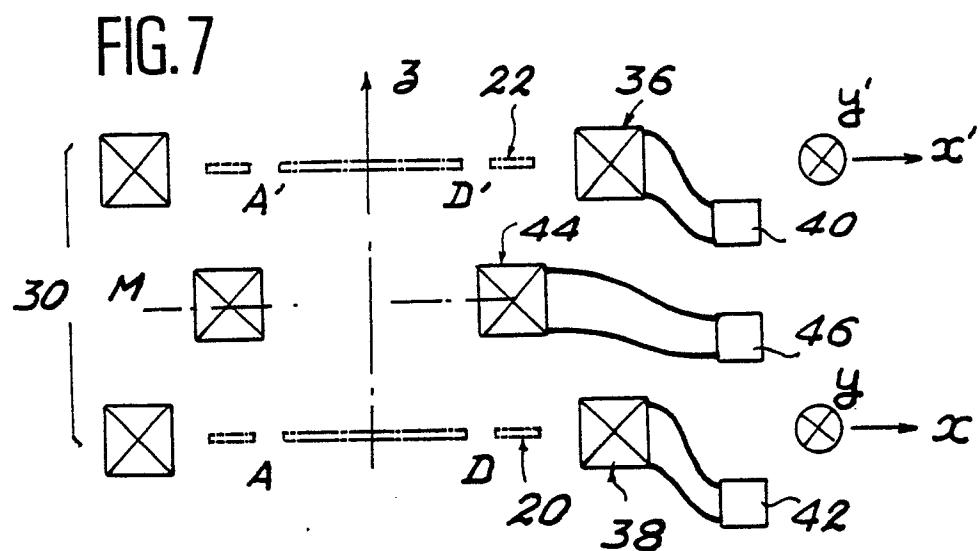


FIG. 6







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	FR-A- 994 988 (C.S.F.) * En entier *	1-4	H 01 J 23/087
Y	---	5	
A	FR-A-1 324 415 (C.F.T.H.) * En entier *	1	
A	US-A-4 433 270 (S.S. DROZDOV et al.) * En entier *	1	
Y	US-A-2 925 517 (M.S. GLASS) * Colonne 5, lignes 33-37; figures 4-6 *	5	
A	A. LEBLOND: "Les tubes hyperfréquences", vol. 2, 1972, pages 4-13, Masson et Cie, Paris, FR; "Optique électronique ondes de charge spatiale bruit (Amplificateurs o et m)" * Page 11, lignes 1-9 *	1	
A	R. WARNECKE et al.: "Les tubes électroniques à commande par modulation de vitesse", 1951, pages 474-475, Gauthier-Villars, Paris, FR * Page 475, moitié 2 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 000 309 (C.E.A.) * Page 2, lignes 33-40; page 6, ligne 27 - page 7, ligne 4; figures 3,4 *	1-4	H 01 J
A	US-A-2 811 663 (G.R. BREWER et al.)		
A	GB-A- 918 731 (MULLARD)		
A	GB-A- 922 532 (MULLARD)		
	--- -/-		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19-12-1989	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	



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)
A	DE-A-1 491 370 (MINISTER OF AVIATION) ----		
A	US-A-2 966 609 (W.R. TURNER) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19-12-1989	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	