



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑪ Numéro de publication:

0 239 466  
A1

⑫

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑯ Numéro de dépôt: 87400565.5

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>: H 01 J 23/36

⑰ Date de dépôt: 13.03.87

⑲ Priorité: 19.03.86 FR 8603949

⑳ Date de publication de la demande:  
30.09.87 Bulletin 87/40

㉑ Etats contractants désignés: DE GB IT

㉒ Demandeur: THOMSON-CSF  
173, Boulevard Haussmann  
F-75379 Paris Cédex 08 (FR)

㉓ Inventeur: Tran, Duc Tien  
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

Faillon, Georges  
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

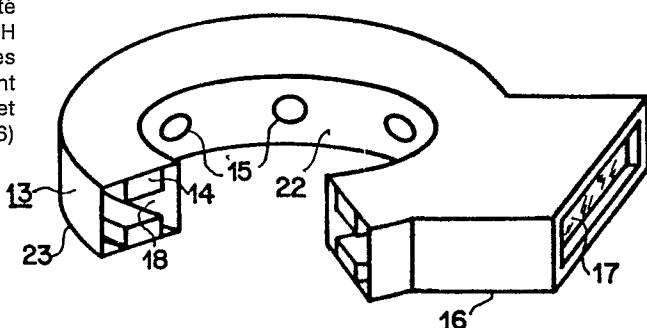
㉔ Mandataire: Mayeux, Michèle et al  
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

㉕ Circuit de sortie pour klystron, et klystron comportant un tel circuit de sortie.

㉖ La présente invention concerne un circuit de sortie destiné aux klystrons conventionnels à un seul faisceau, aussi bien qu'aux klystrons à plusieurs faisceaux.

Ce circuit de sortie (13) est constitué par une cavité annulaire, formée par un guide d'onde de section en forme de H qui est refermé sur lui-même. Le circuit de sortie comporte des orifices de couplage (15) avec la cavité de sortie qui sont régulièrement disposés sur sa paroi cylindrique interne (22) et au moins un orifice de couplage avec un circuit d'utilisation (16) qui est disposé sur sa paroi cylindrique externe (23).

FIG\_4



**Description****CIRCUIT DE SORTIE POUR KLYSTRON ET KLYSTRON COMPORTANT UN TEL CIRCUIT DE SORTIE**

La présente invention concerne des circuits de sortie destinés à des klystrons conventionnels comportant un seul faisceau, aussi bien qu'à des klystrons à plusieurs faisceaux.

Lorsqu'ils sont utilisés dans des klystrons à un seul faisceau, les circuits de sortie selon l'invention permettent de résoudre le problème de la fabrication de la fenêtre de sortie des klystrons de puissance de sortie élevée, par exemple de l'ordre de plusieurs mégawatts en régime continu. L'invention permet d'utiliser pour un seul klystron plusieurs fenêtres de sortie sans perturber le fonctionnement du tube. Ainsi, chaque fenêtre n'est traversée que par une fraction de la puissance de sortie du tube. Même pour les klystrons de puissance de sortie élevée, on peut disposer sans problème de fenêtres ayant les qualités requises.

Les klystrons à plusieurs faisceaux sont connus dans l'art antérieur, par des articles ainsi que par le brevet français N°992.853. On appellera dans la description de la figure 1 le principe de ces klystrons et leur structure. Rien n'est précisé dans l'art antérieur sur le circuit de sortie de ces klystrons. Si l'on utilise pour sortir l'énergie du tube, un seul guide ou une seule boucle, on introduit une dissymétrie qui perturbe le fonctionnement du tube. Une autre possibilité est d'utiliser autant de guides ou de boucles qu'il y a de faisceaux, mais le circuit de sortie ainsi réalisé est très encombrant.

La présente invention concerne un circuit de sortie pour klystron, ce klystron comportant une cavité de sortie à laquelle est couplé le circuit de sortie qui est également couplé à au moins un circuit d'utilisation, caractérisé en ce que le circuit de sortie est constitué par une cavité annulaire, formée par un guide d'onde de section en forme de H qui est refermé sur lui-même, et qui comporte une paroi cylindrique interne et une paroi cylindrique externe, en ce que le circuit de sortie comporte des orifices de couplage avec la cavité de sortie qui sont régulièrement disposés sur sa paroi cylindrique interne et comporte au moins un orifice de couplage avec un circuit d'utilisation disposé sur sa paroi cylindrique externe.

Dans le cas des klystrons à un seul faisceau, de puissance de sortie élevée, les orifices qui assurent le couplage du circuit de sortie selon l'invention avec la cavité de sortie des klystrons sont munis de fenêtres en matériau diélectrique.

Dans le cas des klystrons à plusieurs faisceaux, les orifices qui assurent le couplage du circuit de sortie selon l'invention avec la cavité de sortie des klystrons doivent être placés en face des faisceaux.

D'autres objets, caractéristiques et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les figures annexées qui représentent :

- la figure 1, le schéma d'un klystron à plusieurs faisceaux selon l'art antérieur ;
- la figure 2, une vue en coupe longitudinale d'un mode de réalisation d'un klystron à

plusieurs faisceaux selon l'invention ;

5 - la figure 3, une vue en coupe selon la direction AA' indiquée sur la figure 2 ;

- la figure 4, une vue en perspective d'un mode de réalisation d'un circuit de sortie selon l'invention ;

10 - les figures 5 et 6, deux vues en coupe montrant la cavité de sortie et le circuit de sortie selon l'invention, dans le cas d'un klystron à plusieurs faisceaux et dans le cas d'un klystron à faisceau unique.

15 Sur les différentes figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments, mais, pour des raisons de clarté, les cotes et proportions des divers éléments ne sont pas respectées.

20 Les klystrons à plusieurs faisceaux sont des klystrons perfectionnés pour lesquels on cherche à la fois la compacité, le haut rendement tout en n'utilisant qu'une faible tension accélératrice.

25 On sait que, avec la conception conventionnelle des klystrons, ces trois dernières exigences sont contradictoires. En effet, le haut rendement ne peut être obtenu qu'avec un faisceau de faible pervéance, c'est-à-dire de haute tension. Or, la longueur des klystrons croît comme la racine carré de la haute tension.

30 Pour contourner cette difficulté, on peut diviser le faisceau en plusieurs faisceaux élémentaires.

35 Le principe peut être expliqué comme suit : soit un faisceau divisé en  $N$  faisceaux élémentaires de courant  $I$  accéléré à une tension  $V$  et soit  $p$  la pervéance et  $\eta$  le rendement de conversion entre la puissance d'alimentation  $V$  et la puissance de haute fréquence  $P$ . Les relations suivantes sont vérifiées :

$$I = pV^{3/2}$$

$$P = \eta p V^{5/2}$$

40 Si l'on accélère  $N$  de ces faisceaux élémentaires, en parallèle, par la même tension  $V$ , la puissance de haute fréquence totale  $P_{TOT}$  est :

$$P_{TOT} = N \cdot \eta \cdot p \cdot V^{5/2}$$

45 On a donc :

$$V = \frac{P_{TOT}}{N \cdot \eta \cdot p}^{2/5}$$

50

55 Pour une même puissance de haute fréquence, la tension d'accélération appliquée entre l'anode et la cathode est donc divisée par le facteur  $N^{2/5}$ .

Pour  $N = 6$ , la tension d'accélération est divisée par  $6^{2/5}$ , c'est-à-dire sensiblement par un facteur 2.

60 La figure 1 montre le schéma d'un klystron à plusieurs faisceaux selon l'art antérieur.

Des faisceaux individuels, émis par des canons à électrons qui portent la référence A, traversent la première cavité B, se groupent dans les tubes de

glissement C puis libèrent leur énergie sous forme de signal haute fréquence dans la cavité de sortie D, avant de tomber sur les collecteurs E.

Comme cela a été expliqué dans l'introduction à la description, rien n'est précisé dans l'art antérieur en ce qui concerne le circuit de sortie de ces klystrons à plusieurs faisceaux.

La figure 2 représente de façon schématique une vue en coupe longitudinale d'un klystron à plusieurs faisceaux selon un mode de réalisation de l'invention.

Ce tube comporte des canons à électrons constitués de cathodes qui portent la référence 1 et d'une anode qui porte la référence 2. Cette anode est percée de trous disposés en face des cathodes.

Ce klystron comporte quatre cavités de résonance 3 qui servent à moduler les faisceaux en vitesse. Des tubes de glissement 4 relient les cavités entre elles et permettent d'assurer l'étanchéité.

La focalisation des faisceaux est réalisée par un ensemble de bobines 5. On voit sur la figure 2 qu'on a disposé de part et d'autre de l'ensemble de bobines 5, deux plaques de blindage 6, en matériau magnétique, par exemple en fer doux. Ces plaques sont percées de trous de diamètre très voisin de ceux des faisceaux, de façon à permettre le passage des faisceaux des canons à électrons dans les cavités puis des cavités vers le collecteur 7.

Sur la figure 2, on a représenté deux faisceaux d'électrons 8 et 9.

Ces plaques 6 sont des surfaces équipotentielles d'un point de vue magnétique et contribuent à créer le long du tube un champ magnétique aussi constant que possible.

La plaque de blindage 6 située du côté des canons permet d'empêcher le champ de fuite des bobines d'atteindre les cathodes.

Pour cela les orifices que porte cette plaque de blindage 6 comportent un renflement 10 dirigé vers les cathodes. De plus, un cylindre 11 en matériau magnétique est accolé à cette plaque de blindage 6. Ce cylindre 11 est relié à d'autres pièces 12, qui sont en céramique, pour des raisons d'isolation. Enfin, on peut utiliser une anode 2 en matériau magnétique pour parfaire le blindage des cathodes.

La figure 3 est une vue en coupe selon la direction AA' indiquée sur la figure 2. On voit sur cette coupe que le klystron de la figure 2 comporte six tubes de glissement 4, donc comporte six faisceaux d'électrons. On a représenté les extrémités d'une cavité 3, mais le dispositif de focalisation n'a pas été représenté.

Les tubes de glissement sont disposés selon un cercle centré sur l'axe longitudinal XX' du tube. L'écart angulaire entre les tubes est constant. Ainsi, les champs électriques ont une configuration identique, dans chaque cavité, entre les parties des tubes de glissement qui se font face.

Dans chaque cavité, la distance séparant deux parties d'un tube de glissement qui se font face est de l'ordre du diamètre interne du tube de glissement. La distribution du champ électrique entre deux parties d'un tube de glissement qui se font face présente une symétrie cylindrique autour de l'axe longitudinal du tube de glissement.

Ainsi, chaque cavité 3 du tube a des fréquences de résonance supérieures très éloignées de la fréquence du mode fondamental  $TM_{01}$  du klystron.

Sur la figure 4, on a représenté une vue en perspective d'un mode de réalisation du circuit de sortie 13 selon l'invention.

Ce circuit de sortie permet de recueillir la puissance haute fréquence et de la distribuer au circuit d'utilisation. Ce circuit de sortie est couplé à la cavité de sortie du klystron, c'est-à-dire à la dernière cavité du klystron, celle qui est la plus proche du collecteur. Ce circuit de sortie doit résonner à la même fréquence que la cavité de sortie du tube.

Pour avoir un circuit de sortie d'autant faible dimensions que possible et pour ne pas perturber le fonctionnement du tube en introduisant des dissymétries liées au fait que le tube n'est souvent relié qu'à un seul circuit d'utilisation, on utilise un circuit de sortie constitué par une cavité annulaire, formée par un guide d'onde de section en forme de H qui est refermé sur lui-même.

Sur la figure 4, on voit cette section en forme de H. Les parties pleines 14 n'ont pas été supprimées dans l'exemple de la figure 4 pour simplifier la fabrication mais elles n'interviennent pas dans le fonctionnement.

Ce circuit de sortie 13 est placé autour de la cavité de sortie du klystron, comme cela apparaît clairement sur la figure 2 et sur la figure 5 qui représente de façon plus détaillée que la figure 2 la cavité de sortie et le circuit de sortie.

Le circuit de sortie 13 est couplé à la cavité de sortie du klystron par des orifices 15 qui sont répartis de façon régulière sur la paroi du circuit de sortie qui est en contact avec la cavité de sortie. Cette paroi est la paroi cylindrique interne 22 du circuit de sortie.

Le nombre des orifices N est égal au nombre de faisceaux du klystron. Chaque orifice 15 est positionné de façon à faire face à un faisceau d'électrons.

Le circuit de sortie est également couplé au circuit d'utilisation, qui est un guide d'onde 16 sur l'exemple des figures 4 et 5, par un orifice 19 porté par la paroi du circuit de sortie qui fait face à la paroi portant les orifices 15. Cette paroi est la paroi cylindrique externe 23 du circuit de sortie.

Il est possible de coupler le circuit de sortie à plusieurs circuits d'utilisation.

Les orifices 15 peuvent être vides comme c'est le cas sur la figure 4. Dans ce cas, c'est le circuit d'utilisation 16 qui comporte une fenêtre 17 assurant l'étanchéité au vide tout en laissant passer la puissance haute fréquence. La fenêtre 17 peut être placée au niveau de l'orifice de couplage 19 entre le circuit de sortie et le circuit d'utilisation, ou peut être placée plus loin dans le guide 16 comme c'est le cas sur la figure 5.

Lorsque la puissance de sortie est importante, on a intérêt à placer des fenêtres au niveau de chaque orifice 15. Si le klystron comporte N faisceaux, et donc N orifices de couplage 15, chaque fenêtre placée dans un orifice de couplage 15 ne laisse passer que la Nième partie de la puissance totale.

La section transversale en forme de H du circuit de sortie 13 se comporte comme une capacité et permet d'obtenir un circuit résonnant à la fréquence de la cavité de sortie du tube mais dont les dimensions sont plus faibles que dans le cas par exemple d'une section transversale rectangulaire.

Le mode de fonctionnement de ce circuit de sortie est du type transverse électrique.

Par ailleurs, un autre avantage de cette section transversale en forme de H est que la partie ré-entrant 18 de ce circuit permet d'éviter que la disposition du ou des orifices de couplage 19 - voir la figure 5 - entre le circuit de sortie 13 et le ou les circuits d'utilisation du tube ne vienne perturber la symétrie des faisceaux. On peut donc sans inconvénient coupler le circuit de sortie 13 par un seul orifice de couplage 19 à un circuit d'utilisation unique ou coupler le circuit de sortie 13 par plusieurs orifices de couplage 19, positionnés de façon quelconque, à plusieurs circuits d'utilisation.

Comme cela a été expliqué dans l'introduction à la description, le circuit de sortie selon l'invention présente un grand intérêt lorsqu'il est utilisé sur des klystrons conventionnels à un seul faisceau de puissance de sortie élevée.

La figure 6 est une vue en coupe transversale montrant la cavité de sortie d'un klystron à faisceau unique et le circuit de sortie selon l'invention qui est couplé à cette cavité.

Le faisceau unique se propage selon l'axe XX' du klystron.

Les orifices de couplage 15 entre la cavité de sortie et le circuit de sortie sont munis de fenêtres 21 en matériau diélectrique qui assurent l'étanchéité et qui ne sont traversées que par une fraction de la puissance de sortie totale. Si l'on utilise N fenêtres, chaque fenêtre n'est traversée que par une fraction égale à  $1/N$  de la puissance de sortie totale. On peut donc sans difficulté disposer de fenêtres ayant les qualités requises.

Dans le cas de klystrons à faisceau unique, le nombre N d'orifices de couplage 15 est choisi en fonction de la puissance de sortie du tube et des caractéristiques des fenêtres utilisées.

Pour ne pas perturber le fonctionnement du tube, il faut que comme dans le cas des klystrons à plusieurs faisceaux, les orifices de couplage 15 entre la cavité de sortie du tube et le circuit de sortie soient régulièrement répartis sur la paroi du circuit de sortie qui est en contact avec la cavité de sortie, comme cela a été représenté dans l'exemple de la figure 4.

Lorsque le circuit de sortie selon l'invention est utilisé dans un klystron à faisceau unique dont la puissance de sortie n'est pas élevée, on peut laisser les orifices de couplage 15 vides et disposer une fenêtre dans chaque circuit d'utilisation.

## Revendications

1. Circuit de sortie pour klystron, ce klystron comportant une cavité de sortie (3) à laquelle est couplé le circuit de sortie (13) qui est

également couplé à au moins un circuit d'utilisation (16), caractérisé en ce que le circuit de sortie (13) est constitué par une cavité annulaire, formée par un guide d'onde de section en forme de H qui est refermé sur lui-même, et qui comporte une paroi cylindrique interne (22) et une paroi cylindrique externe (23), en ce que le circuit de sortie comporte des orifices de couplage (15) avec la cavité de sortie qui sont régulièrement disposés sur sa paroi cylindrique interne (22) et comporte au moins un orifice de couplage (19) avec un circuit d'utilisation (16) disposé sur sa paroi cylindrique externe (23).

2. Circuit de sortie selon la revendication 1, caractérisé en ce que les orifices de couplage (15) du circuit de sortie (13) avec la cavité de sortie (3) sont fermés par des fenêtres (21) en matériau diélectrique.

3. Circuit de sortie selon la revendication 1, couplé à au moins un circuit d'utilisation (16) fermé par une fenêtre (17) en matériau diélectrique, caractérisé en ce que les orifices de couplage (15) du circuit de sortie (13) avec la cavité de sortie (3) sont vides.

4. Klystron à un seul faisceau, comportant une cavité de sortie (3) couplée à un circuit de sortie (13), caractérisé en ce qu'il s'agit d'un circuit de sortie selon l'une des revendications 1 à 3.

5. Klystron à plusieurs faisceaux, comportant une cavité de sortie (3) couplée à un circuit de sortie (13), caractérisé en ce qu'il s'agit d'un circuit de sortie selon l'une des revendications 1 à 3 et en ce que le circuit de sortie comporte un nombre d'orifices de couplage (15) avec la cavité de sortie (3) égal au nombre de faisceaux du klystron et en ce que ces orifices (15) sont placés en vis-à-vis des faisceaux.

6. Klystron selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs cavités de résonance (3) et un dispositif de focalisation (5), disposé autour des cavités.

7. Klystron selon la revendication 6, comportant un nombre de canons à électrons égal au nombre de faisceaux, ces canons ayant une anode (2) commune, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de blindage constitué : - de deux plaques (6) en matériau magnétique, disposées de part et d'autre du dispositif de focalisation (6), et percées de trous permettant le passage des faisceaux ;

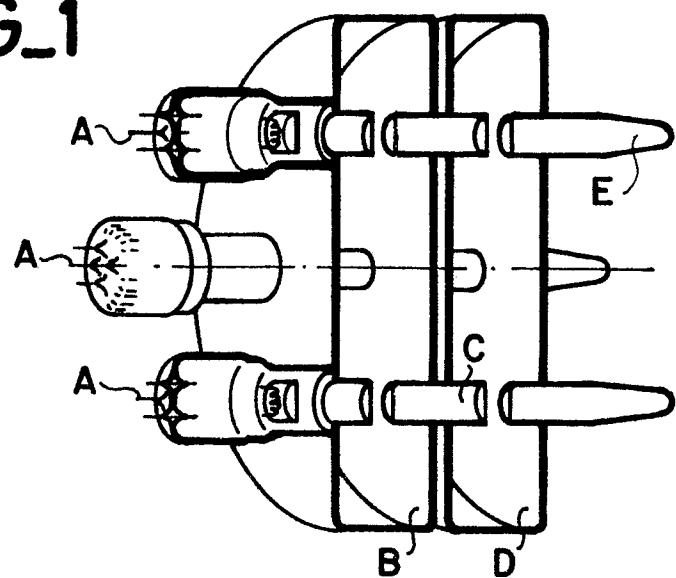
- d'un cylindre (11) en matériau magnétique accolé à la plaque (6) située du côté des canons à électrons du klystron ;

- d'une anode (2) en matériau magnétique.

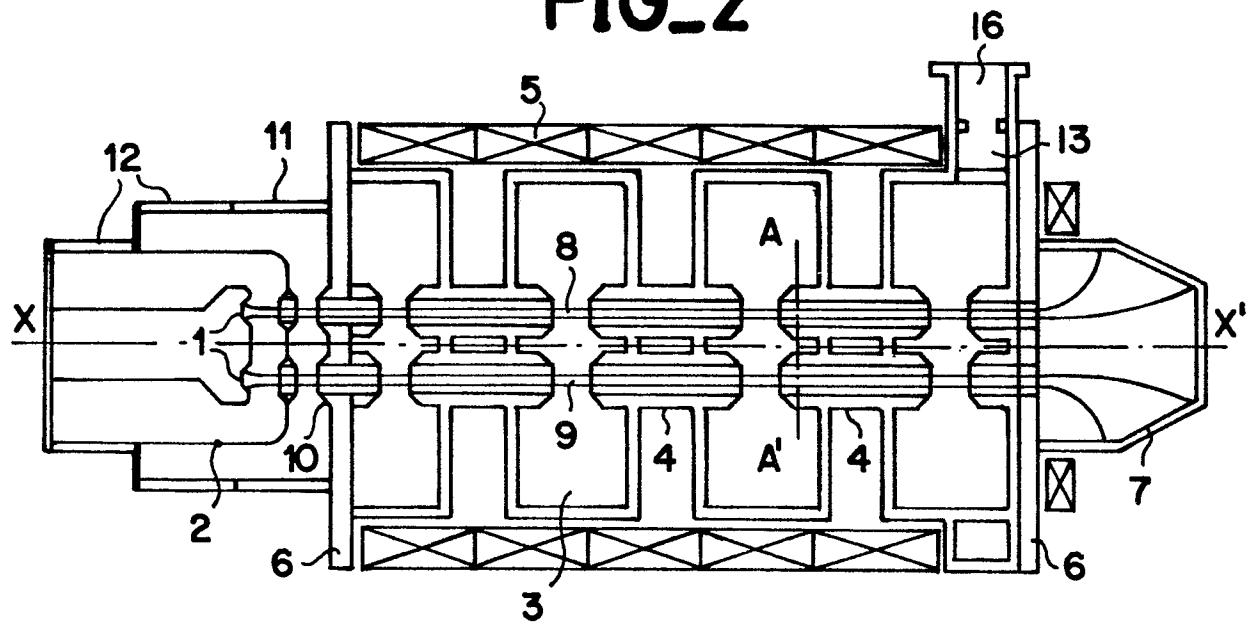
8. Klystron selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comporte des tubes de glissement (4) régulièrement disposés sur un cercle centré sur l'axe longitudinal du tube et en ce que dans chaque cavité (3), la distance séparant deux parties d'un tube de glissement (4) qui se font face est de l'ordre du diamètre interne du tube.

0239466

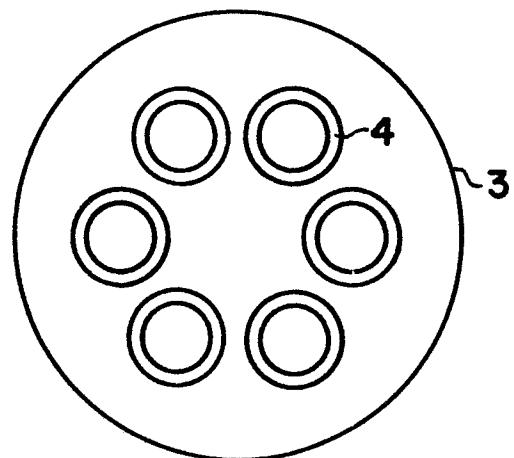
**FIG\_1**



**FIG\_2**

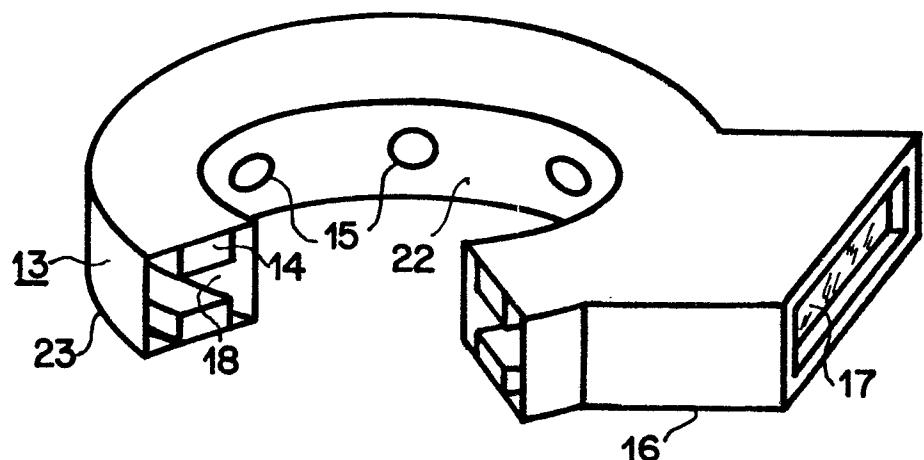


**FIG\_3**

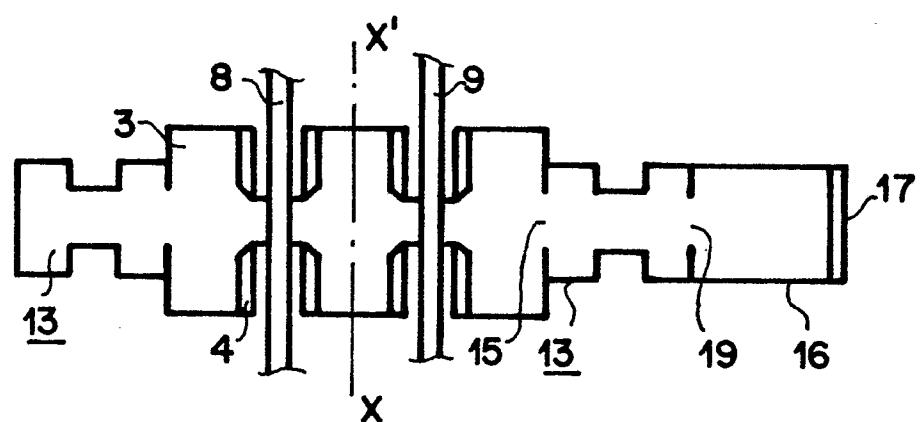


0239466

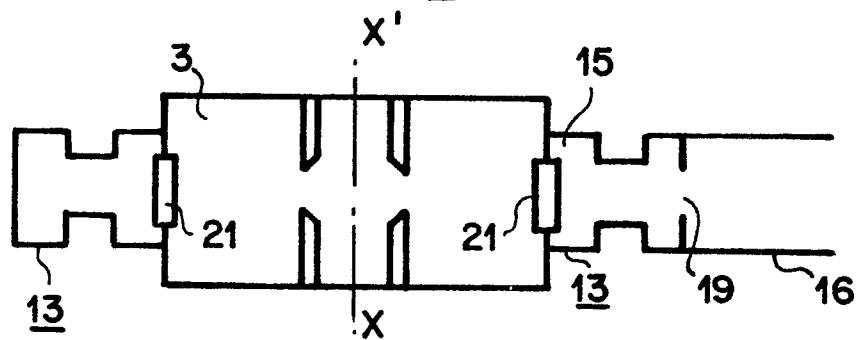
**FIG. 4**



## FIG\_5



**FIG\_6**





**RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE**

EP 87 40 0565

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.4)
Y	US-A-2 901 660 (A.F. PEARCE et al.) * Colonne 4, lignes 19-24; figure 10 *	1, 4	H 01 J 23/36
A	---	6	
Y	GB-A- 826 788 (E.K. COLE et al.) * Page 1, lignes 20-32, 69-72; figures *	1, 4	
A	---	1-3	
	FR-A-1 173 546 (C.F.T.H.) * Page 1, colonne de droite, dernier alinéa - page 2, colonne de gauche, alinéa 1; page 2, colonne de gauche, alinéa 2 - colonne de droite, alinéa 1; figures *		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	---		H 01 J H 01 P
A	US-A-2 963 663 (E.A.J. MARCATILI) * Figures 4, 5 *	1	
A	---	1	
A	FR-A-2 336 788 (THOMSON-CSF) * Page 7, lignes 21-30; figure 6 *	1	
A	---	5-7	
	FR-A-1 572 746 (VARIAN) * Figures 5, 7 *		
	---	-/-	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 23-06-1987	Examinateur LAUGEL R.M.L.	
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	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		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	
A : arrière-plan technologique		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	
O : divulgation non-écrite		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 : 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**

Page 2

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	US-A-2 381 320 (G.L. TAWNEY) -----	8	
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)			
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	23-06-1987	LAUGEL R.M.L.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche

Date d'achèvement de la recherche

---

**Examinateur**

#### 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 dans la demande

OEB Form 1503 03/82