



⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt : **91402223.1**

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01J 25/12, H01J 23/20**

㉔ Date de dépôt : **09.08.91**

③① Priorité : **24.08.90 FR 9010633**

④③ Date de publication de la demande :
18.03.92 Bulletin 92/12

⑥④ Etats contractants désignés :
DE FR GB IT NL

⑦① Demandeur : **THOMSON TUBES
ELECTRONIQUES
38, rue Vauthier
F-92100 Boulogne-Billancourt (FR)**

⑦② Inventeur : **Faillon, Georges
THOMSON-CSF SCPI Cédex 67
F-92045 Paris la Défense (FR)**
Inventeur : **Bastien, Christophe
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 **Klystron à large bande passante instantanée.**

⑤⑦ La présente invention concerne les klystrons.
Ils comportent une succession de cavités séparées par des tubes de glissement, réparties en trois blocs (I,II,III).

Le premier bloc (I) comprend tout ce qui est en amont d'une première cavité centrale (C1), le troisième bloc (III) tout ce qui est en aval d'une seconde cavité centrale (C2) et le deuxième bloc (II) les cavités centrales (C1,C2). Dans chaque bloc, la somme des longueurs des tubes de glissement est égale à :

$$H + (T \times 180^\circ).$$

H est une quantité comprise entre 45 et 135 degrés de plasma et T un entier supérieur ou égal à zéro.
Dans au moins un des blocs, T est supérieur ou égal à un et la longueur d'au moins un tube de ce bloc est supérieure ou égale à 135 degrés de plasma.

Application aux klystrons à large bande.

La présente invention concerne les klystrons amplificateurs à large bande passante instantanée. Elle s'applique aussi bien aux klystrons monofaisceaux que multifaisceaux. La bande passante instantanée est la bande de fréquences dans laquelle le gain du tube est supérieur à une limite, par exemple 1dB en dessous de sa valeur maximale.

5 Un klystron amplificateur monofaisceau 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 longitudinal et des champs électromagnétiques induits dans des cavités résonantes. La composante électrique du champ électromagnétique est parallèle à l'axe du faisceau d'électrons. Un dispositif de focalisation entoure les cavités. Ce dispositif empêche le faisceau d'électrons de diverger. Le champ magnétique créé par ce dispositif est parallèle à l'axe
10 du faisceau d'électrons.

Les cavités généralement au nombre de 4 ou de 5 sont placées à la suite les unes des autres, le long de l'axe du faisceau d'électrons. Elles sont séparées par des tubes de glissement qui sont des tubes de diamètre faible. L'intervalle entre deux tubes de glissement est un espace d'interaction. Le faisceau d'électrons, formé dans un canon, traverse successivement les cavités résonnantes et les tubes de glissement. On introduit dans
15 la première cavité ou cavité d'entrée, une onde hyperfréquence à amplifier ; la dernière cavité ou cavité de sortie est reliée à un organe d'utilisation. Le faisceau d'électrons acquiert en entrant dans la première cavité une modulation de vitesse. Cette modulation de vitesse se transforme en modulation de densité dans le tube de glissement placé en aval de la première cavité et cela permet d'exciter la deuxième cavité.

Les électrons se regroupent en paquets de plus en plus denses. Ces paquets sont obtenus par l'action de toutes les cavités sauf de la dernière et par l'action passive des tubes de glissement. Les cavités modulent la vitesse du faisceau d'électrons. Dans les tubes de glissement des électrons rapides rattrapent des électrons plus lents.

Dans la dernière cavité, le faisceau d'électrons, fortement modulé, cède son énergie, par freinage, au champ électromagnétique de cette cavité et cette énergie se propage jusqu'à l'organe d'utilisation.

25 Un klystron multifaisceau comprend un ou plusieurs canons qui produisent plusieurs faisceaux d'électrons longitudinaux parallèles. Ces faisceaux d'électrons traversent une succession de cavités. Une cavité est traversée par tous les faisceaux. Deux cavités successives sont reliées par autant de tubes de glissement que de faisceaux d'électrons. Le fonctionnement d'un klystron multifaisceau est comparable à celui d'un klystron monofaisceau.

30 Si les cavités d'un klystron sont toutes accordées sur la même fréquence de résonance, la bande passante instantanée mesurée à -1 dB, sera faible, de l'ordre de 1 % par exemple.

Il existe cependant des klystrons amplificateurs, à bande passante instantanée plus large, de l'ordre de plusieurs pour cents et même jusqu'à 10 % .

Pour obtenir un tel résultat, la technique employée est celle des amplificateurs à accords décalés: elle
35 consiste à accorder chaque cavité sur une fréquence différente de celle de ses voisines.

Presque toutes les fréquences d'accord sont réparties dans la bande passante que le klystron doit avoir.

Toutefois, la mise au point d'un klystron à large bande, à accords décalés, est complexe. En effet, la courbe du gain en fonction de la fréquence d'une cavité, associée à ses deux tubes de glissement, ressemble à celle d'un circuit R, L, C parallèle, près de sa fréquence de résonance avec un maximum, mais elle présente aussi
40 un minimum pour une certaine fréquence généralement supérieure à la fréquence de résonance.

On s'aperçoit que si la somme des longueurs des deux tubes de glissement adjacents à la cavité est sensiblement égale à 180 degrés de plasma, le minimum de gain est rejeté vers plus l'infini.

La longueur d'un tube de glissement s'exprime de façon normalisée en degrés de plasma. La longueur d'un tube de glissement L est donnée par:

$$45 \quad L = (360 \times d)/l_q$$

avec l_q longueur d'onde de plasma et d distance physique séparant les centres de deux espaces d'interaction placés de part et d'autre du tube de glissement, dans les cavités correspondantes.

De plus, dans les klystrons à plus de trois cavités, la réponse d'une cavité, située dans la partie centrale du tube, a été affectée par ce qui s'est passé dans les cavités précédentes. Le faisceau d'électrons a été modulé
50 dans les cavités précédentes et plus on se rapproche de la dernière cavité plus le faisceau est modulé. Les paquets d'électrons sont de plus en plus denses, les phénomènes ne sont plus linéaires et les modulations ne sont plus simplement additives. Il faut tenir compte de l'effet de charge d'espace, c'est à dire de la répulsion mutuelle entre électrons.

Un klystron à large bande instantanée, à quatre cavités, a sa cavité d'entrée et sa cavité de sortie accordées sur la fréquence centrale F_0 de la bande passante que doit avoir le klystron. La seconde cavité est généralement accordée sur une fréquence inférieure à la fréquence centrale F_0 tandis que la troisième cavité est accordée sur une fréquence supérieure à la fréquence centrale F_0 . Pour obtenir une bande passante la plus large possible, de manière connue, on s'arrange pour que la seconde cavité et la troisième cavité aient cha-

cune, des tubes de glissement adjacents de longueur telle que leur somme soit sensiblement égale à 180 degrés de plasma.

La longueur totale des tubes de glissement du klystron est alors sensiblement égale à 270 degrés de plasma.

5 Si le klystron a plus de quatre cavités, il est d'usage de limiter la longueur totale de ses tubes de glissement à environ 270 degrés de plasma. Cette valeur de 270 degrés de plasma n'est pas à respecter de façon très rigoureuse et elle peut, d'autre part être modifiée en fonction d'autres caractéristiques.

On constate que l'on peut rajouter des cavités pour élargir la bande passante du klystron et ces cavités sont, de préférence, accordées sur des fréquences supérieures à la fréquence centrale F_0 . On constate aussi 10 très vite que les cavités que l'on rajoute au delà de la sixième ou de la septième ne contribuent plus beaucoup à augmenter la bande passante du klystron. De plus, en raison de la limitation par les 270 degrés de plasma, les cavités rajoutées sont extrêmement proches les unes des autres, elles devraient même se chevaucher ce qui n'est pas réalisable. De toute façon, la construction du tube devient difficile. Les meilleures bandes passantes instantanées obtenues ne dépassent généralement pas 10 %.

15 La présente invention vise à remédier à ces inconvénients et propose un klystron à bande passante instantanée, au minimum une fois et demie plus large que celle qu'il est possible d'obtenir par l'art actuel.

La présente invention consiste à donner des longueurs aux tubes de glissement et des fréquences de résonance aux cavités qui permettent d'optimiser la bande passante du tube sans modifier son fonctionnement.

La présente invention propose un klystron à large bande, comportant:

- 20 – au moins un faisceau d'électrons longitudinal,
- une succession de cavités alignées, réparties en trois blocs, toutes traversées par le faisceau d'électrons.
- un tube de glissement parcouru par le faisceau d'électrons pour relier deux cavités successives,

la succession comprenant une cavité d'entrée, un cavité de sortie, deux cavités centrales successives, la première cavité centrale étant disposée du côté de la cavité d'entrée et étant accordée sur une fréquence inférieure 25 à la fréquence centrale de la bande, la seconde cavité centrale était disposée du côté de la cavité de sortie et étant accordée sur une fréquence supérieure à la fréquence centrale de la bande, et au moins une cavité intermédiaire disposée entre la cavité d'entrée et la première cavité centrale, accordée sur une fréquence inférieure à la fréquence centrale de la bande, le premier bloc comprenant les cavités et les tubes de glissement en amont de la première cavité centrale, le deuxième bloc comprenant les deux cavités centrales et le tube de glissement 30 les reliant, le troisième bloc comprenant au moins la cavité de sortie et le tube de glissement en aval de la seconde cavité centrale.

Le klystron est caractérisé en ce que, dans chaque bloc, la somme des longueurs des tubes de glissement, s'il y en a plusieurs, ou la longueur du tube de glissement, s'il est unique, est égale à:

$$H + (T \times 180) \text{ degrés de plasma,}$$

35 H étant une première quantité comprise entre 45 et 135 degré de plasma et T un nombre entier supérieur ou égal à zéro, T étant supérieur ou égal à un dans au moins un des blocs, et dans ce bloc la longueur d'au moins un tube de glissement étant supérieure ou égale à 135 degrés de plasma.

Lorsque dans le premier bloc, T est supérieur ou égal à un, au moins un tube de glissement relié à la cavité intermédiaire et disposé en aval de la dite cavité intermédiaire a une longueur supérieure ou égale à 135 degrés 40 de plasma.

Le klystron peut comporter au moins une cavité supplémentaire disposée dans le troisième bloc, entre la seconde cavité centrale et la cavité de sortie.

De préférence, dans le premier bloc, la quantité H est égale à 90 degrés + a et dans le troisième bloc, la quantité H est égale à 90 degrés - a, a étant une deuxième quantité de valeur absolue inférieure ou égale à 45 45 degrés de plasma.

La cavité intermédiaire et la première cavité centrale sont accordées, de préférence, sur des fréquences décroissantes et inférieures à la fréquence centrale de la bande.

La seconde cavité centrale et la cavité supplémentaire sont accordées, de préférence, sur des fréquences croissantes et supérieures à la fréquence centrale de la bande.

50 De préférence, la cavité d'entrée est accordée sur une fréquence sensiblement égale à la fréquence centrale de la bande.

De préférence, la cavité de sortie est accordée sur une fréquence sensiblement égale à la fréquence centrale de la bande.

Le klystron peut être soit monofaisceau, soit multifaisceau.

55 D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif, illustrée par les figures annexées qui représentent :

- la figure 1, une coupe longitudinale schématique d'un klystron à cavités décalées selon l'art antérieur;
- la figure 2, les courbes schématiques du gain en fonction de la fréquence de chacune des cavités du

klystron de la figure 1 ainsi que la courbe de réponse ou fréquence du même klystron;

- la figure 3, une courbe réelle du gain en fonction de la fréquence du klystron de la figure 1;
- la figure 4, une coupe longitudinale schématique d'un klystron monofaisceau selon l'invention, à 7 cavités décalées en fréquence;
- la figure 5, une courbe réelle du gain en fonction de la fréquence du klystron de la figure 4;
- la figure 6, une courbe réelle du gain en fonction de la fréquence, d'un klystron selon l'invention, à 9 cavités;
- la figure 7, une coupe longitudinale d'un klystron multifaisceau selon l'invention.

La figure 1 représente schématiquement un klystron monofaisceau selon l'art antérieur.

10 Ce klystron comporte un canon à électrons 7 qui produit un faisceau d'électrons 8 vers un collecteur 9.

Le faisceau d'électrons 8 traverse des cavités successives au nombre de sept, parmi lesquelles on trouve : une cavité d'entrée A1 qui est la plus proche du canon 7, d'autres cavités A2 à A6, une cavité de sortie A7 qui est la plus proche du collecteur 9.

15 Les cavités sont reliées entre elles par des tubes de glissement 1, 2, . . . , 6 qui sont des tubes de faible diamètre ; ils pénètrent dans les cavités. Le tube 1 est placé entre la cavité d'entrée A1 et la cavité A2. Le tube 2 est placé entre la cavité A2 et la cavité A3, etc... Les tubes de glissement n'ont pas la même longueur. Le tube 1 a une longueur h1, le tube 2 une longueur h2 et ainsi de suite jusqu'à h6. Dans la cavité A2, par exemple, les deux tubes 1, 2 en vis à vis sont séparés par un espace d'interaction 11 qui est souvent étroit par rapport aux dimensions de la cavité.

20 La cavité d'entrée A1 est reliée par un dispositif de couplage 10 destiné à introduire une onde hyperfréquence à amplifier. Cette onde est produite par un générateur non représenté.

La cavité de sortie A7 est reliée à un dispositif de couplage 12 destiné à recueillir l'onde hyperfréquence après amplification.

25 Le tube est à fréquences décalées. La cavité d'entrée A1 et la cavité de sortie A7 sont accordées respectivement sur des fréquences F1, F7, sensiblement égales à la fréquence centrale Fo de la bande passante du klystron.

Le couplage entre la cavité A1 et le générateur est réglé pour que la courbe de réponse en fréquence de la cavité A1 couvre, même de façon inégale, la bande passante du klystron. Cette courbe est représentée avec la référence 21 sur la figure 2.

30 La cavité de sortie A7 ne participe pas au gain du klystron. Son rôle est d'extraire la puissance hyperfréquence créée par toutes les cavités précédentes. Elle doit couvrir toute la bande passante désirée. On n'a pas représenté sa courbe de réponse en fréquence sur la figure 2.

35 La cavité A2 est accordée sur une fréquence F2 comprise dans la bande passante du klystron et inférieure à Fo. Les longueurs h1, h2 de ses deux tubes de glissement adjacents 1, 2 sont longs, de l'ordre de 90 degrés de plasma. La réponse en fréquence de la cavité A2 aura son minimum de gain rejeté au delà de la fréquence maximum de la bande passante du klystron. La réponse en fréquence de la cavité A2 porte la référence 22 sur la figure 2.

La cavité A3 est accordée sur une fréquence F3 comprise dans la bande passante du klystron et supérieure à Fo. Sa courbe de réponse en fréquence porte la référence 23 sur la figure 2.

40 La cavité A4 est accordée sur une fréquence F4 supérieure à F3, la cavité A5 est accordée sur une fréquence F5 supérieure à F4 et ainsi de suite... Les fréquences F4 à F6 sont comprises dans la bande passante du klystron ou légèrement supérieures. Leurs courbes de réponse en fréquence portent respectivement les références 24, 25, 26 sur la figure 2. La courbe 27 en pointillés représente la courbe de réponse en fréquence du klystron.

45 Pour que la bande de fréquence du klystron soit la plus large possible, on fait en sorte que la somme des longueurs de tous les tubes de glissement soit proche de 270 degrés de plasma.

On peut décomposer le klystron en 3 blocs successifs pour pouvoir l'assimiler à un klystron à quatre cavités.

50 Le premier bloc I comprend la cavité d'entrée A1 et le tube de glissement 1. Le deuxième bloc II comprend la cavité A2, le tube de glissement 2 et la cavité A3. Ici la cavité A2 a une fréquence F2 inférieure à Fo. C'est la seule cavité à être accordée sur une fréquence inférieure à Fo dans l'exemple décrit. On pourrait envisager que le tube possède d'autres cavités accordées sur une fréquence inférieure à Fo. La cavité A3 est la première cavité, traversée par les électrons, qui est accordée sur une fréquence supérieure à Fo. En généralisant, le bloc II comprendra la dernière cavité traversée par les électrons, accordée sur une fréquence inférieure à Fo et la première cavité traversée par les électrons, accordée sur une fréquence supérieure à Fo. Ici, la dernière cavité accordée sur une fréquence inférieure à Fo, est la cavité A2 et la première, accordée sur une fréquence supérieure à Fo, est la cavité A3.

Si le tube comprenait plusieurs cavités disposées entre la cavité A1 et la cavité A2, ces cavités et les tubes

de glissement en amont de la cavité A2 feraient partie du bloc I.

Le troisième bloc III comprend les tubes de glissement 3, 4, 5, 6 et les cavités A4, A5, A6, A7.

En extrapolant l'usage des 270 degrés de plasma indiqué précédemment, on constate que l'on peut modifier la longueur totale du ou des tubes de glissement de chaque bloc.

5 S'il n'y a qu'un tube de glissement dans le bloc, la longueur totale est la longueur de ce tube, s'il y en a plusieurs, la longueur totale est la somme des longueurs de tous les tubes de glissement du bloc.

Dans chaque bloc, on peut augmenter ou diminuer cette longueur totale d'une quantité positive, négative ou nulle, de valeur absolue inférieure ou égale à 45 degrés de plasma.

On obtient alors par exemple:

$$\begin{aligned} h_1 &= 90^\circ + a = h \\ h_2 &= 90^\circ + b = h'' \\ h_3 + h_4 + h_5 + h_6 &= 90^\circ - a = h' \end{aligned}$$

a et b sont des quantités, de valeur absolue inférieure ou égale à 45 degrés de plasma.

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 = 270^\circ + b.$$

15 La longueur totale de tous les tubes de glissement du klystron est comprise entre 225 et 315 degrés de plasma.

La figure 3 représente la courbe réelle de réponse en fréquence du klystron de la figure 1.

On constate que la bande passante obtenue n'est toujours pas très large.

Les longueurs des tubes de glissement et les fréquences des cavités sont consignées dans le tableau n°

20 1 placé en fin de description.

Les valeurs de a et b sont respectivement de -19 et 0 degrés de plasma.

Pour augmenter encore la bande passante, il faudrait ajouter encore plus de cavités mais ce n'est guère possible car les cavités seraient trop serrées et tendraient à se chevaucher. De plus, en regardant la figure 2, on constate que la courbe 27 en pointillés décroît brusquement vers les hautes fréquences et marque un creux 28 de gain. Ce creux 28 de gain est sensiblement la somme des creux de gain des courbes 21 à 26. Chaque cavité supplémentaire accordée sur une fréquence supérieure à Fo aurait une réponse en fréquence qui servirait plus à combler le creux 28 de gain qu'à élargir la bande passante.

La figure 4 représente schématiquement un klystron à large bande instantanée, selon l'invention. Les différences entre ce klystron et celui décrit à la figure 1 sont situées au niveau des longueurs des tubes de glissement et au niveau du nombre et des fréquences des cavités.

La bande passante du klystron possède une fréquence centrale Fo, définie comme la moyenne arithmétique des fréquences pour lesquelles la puissance est 1 dB en dessous de la puissance maximum.

Un klystron selon l'invention comporte un canon à électrons 30 qui produit au moins un faisceau d'électrons 31 vers au moins un collecteur 32. Ce faisceau 31 traverse une succession de sept cavités (E, B1, B2, C1, C2, D1, S). S'il y a plusieurs faisceaux d'électrons, chaque cavité est traversée par tous les faisceaux en même temps. Deux cavités successives sont reliées par au moins un tube de glissement (41, 42, 43, 44, 45, 46). S'il y a plusieurs faisceaux d'électrons, deux cavités successives sont reliées par autant de tube de glissement que de faisceaux d'électrons. Les tubes de glissement reliant deux cavités successives ont une longueur sensiblement égale. Sur la figure 4, le klystron représenté est monofaisceau.

40 La succession de cavités comprend une première cavité E ou cavité d'entrée reliée à un dispositif de couplage 33 destiné à introduire une onde hyperfréquence à amplifier, une dernière cavité S ou cavité de sortie reliée à un dispositif de couplage 34 destiné à extraire l'onde hyperfréquence après amplification. On accorde, de préférence, respectivement la cavité E et la cavité S sur des fréquences FE et FS sensiblement égales à Fo.

45 La succession des cavités comprend aussi une première cavité centrale C1 accordée sur une fréquence FC1 inférieure à Fo, placée entre les cavités E et S et une seconde cavité centrale C2 accordée sur une fréquence FC2 supérieure à Fo. La cavité C2 est placée en aval de la cavité C1.

Enfin, la succession des cavités comprend au moins une cavité intermédiaire (B1, B2), placée entre les cavités E et C1, accordée sur une fréquence inférieure à Fo. Sur la figure 4 on a représenté deux cavités intermédiaires B1 et B2. La première cavité intermédiaire B1 est suivie de la deuxième cavité intermédiaire B2. Les fréquences des deux cavités intermédiaires sont respectivement FB1 et FB2, ces fréquences sont inférieures à Fo.

Selon l'invention, on choisit les valeurs des fréquences des cavités intermédiaires de la façon suivante: FB1 supérieure à FB2 et FB2 supérieure à FC1. Les fréquences des cavités B1, B2, C1 qui se suivent à partir de la cavité d'entrée E ont des valeurs décroissantes.

55 La succession des cavités peut aussi comporter, de manière classique, au moins une cavité supplémentaire D1 disposée entre la seconde cavité centrale C2 et la cavité de sortie S. Cette cavité est accordée sur une fréquence FD1 supérieure à Fo. Sur la figure 4, il n'y a qu'une seule cavité intermédiaire D1. On a choisi

FD1 supérieure à FC2. Si on avait placé d'autres cavités D entre D1 et la cavité de sortie S, leurs fréquences auraient été croissantes.

Deux cavités successives sont reliées par un tube de glissement dans un klystron monofaisceau et par plusieurs tubes de glissement parallèles dans un klystron multifaisceau. Deux tubes de glissement reliant des cavités différentes n'ont pas forcément la même longueur. On trouvera entre E et S, les tubes de glissements 41, 42, 43, 44, 45, 46 ayant respectivement pour longueur e, b1, b2, c, d1, s.

Au centre de l'espace d'interaction d'une cavité, à une abscisse, que nous appelons $z = 0$, certains électrons ont ou acquièrent une vitesse plus faible que la moyenne, d'autres ont ou acquièrent une vitesse plus importante que la moyenne.

A l'abscisse $z = lq/4$ (lq est la longueur d'onde de plasma du faisceau), les électrons lents ont été rattrapés par les électrons rapides qui les suivaient. Les électrons se sont regroupés en paquet.

A l'abscisse $z = lq/4$ la densité est donc maximale. Le phénomène se poursuit après $lq/4$ et à l'abscisse $z = lq/2$ les électrons retrouvent la même distribution de vitesse qu'à l'abscisse $z = 0$. Et après cette abscisse $z = lq/2$, les électrons lents à l'abscisse $z = 0$ sont devenus rapides et les électrons rapides à l'abscisse $z = 0$ sont devenus lents. De nouveaux paquets vont être formés comme précédemment et l'on retrouve la même densité maximale à l'abscisse $z = 3lq/4$.

Ce phénomène de mise en paquets et donc de modulation de courant est périodique, de période $lq/2$. Sa signification en est qu'un tube de glissement peut être rallongé de n fois $lq/2$ (n est un entier) ou de n fois 180 degrés de plasma, l'amplitude de la modulation de courant sera toujours la même à son extrémité.

L'art connu fait en sorte que l'optimisation des longueurs de certains tubes de glissement entraîne la diminution de leur longueur et même la superposition de plusieurs cavités, ce qui est impossible concrètement. Ce phénomène périodique permet de modifier la longueur des tubes de glissement du klystron, sans perturber son fonctionnement. Le klystron peut ainsi être optimisé en bande passante.

Le klystron de la figure 4 peut être décomposé en trois blocs I, II, III tels qu'on les a définis précédemment.

Le bloc I comporte toute la partie du tube en amont de la cavité C1, c'est-à-dire la cavité d'entrée E, la cavité B1, la cavité B2 ainsi que les tubes de glissement 41, 42, 43 respectivement de longueur e, b1, b2.

Le bloc II comporte la cavité C1, le tube de glissement 44 de longueur c et la cavité C2. La cavité C1 est la dernière cavité à être accordée sur une fréquence inférieure à F_0 . La cavité C2 est la première cavité à être accordée sur une fréquence supérieure à F_0 .

Le bloc III comporte toute la partie du tube en aval de la cavité C2, c'est-à-dire la cavité D1, la cavité S et les tubes de glissement 44, 45 respectivement de longueur d1 et s.

Selon une caractéristique principale de l'invention, dans chaque bloc, la somme des longueurs des tubes de glissement s'il y en a plusieurs, ou la longueur du tube de glissement s'il est unique est égale à :

$H + (T \times 180)$ degrés de plasma, H étant une première quantité comprise entre 45 et 135 degrés de plasma et T un nombre entier supérieur ou égal à zéro, T prenant une valeur supérieure ou égale à un dans au moins un des blocs, et dans ce bloc, la longueur d'au moins un tube de glissement étant supérieure ou égale à 135 degrés de plasma.

La somme des longueurs des tubes de glissement de chaque bloc, traversé par le même faisceau devient alors :

- pour le bloc I:

$$e + b1 + b2 = h + (m \times 180^\circ)$$

$$e + b1 + b2 = 90^\circ + a + (2 \times 180^\circ)$$

m est un nombre entier supérieur ou égal à zéro. On a donné à m la valeur 2, dans l'exemple décrit. De préférence on donnera à m une valeur supérieure ou égale à un.

- pour le bloc II:

$$c = h'' + (p \times 180^\circ)$$

$$c = 90^\circ + b + (0 \times 180^\circ)$$

p est un nombre entier supérieur ou égal à zéro. On a donné à p la valeur 0, dans l'exemple décrit. On pourrait lui donner une valeur différente de zéro.

- pour le bloc III:

$$d1 + s = h' + (n \times 180^\circ)$$

$$d1 + s = 90^\circ - a + (0 \times 180^\circ)$$

n est un nombre entier supérieur ou égal à zéro. On a donné à n la valeur 0, dans l'exemple décrit. On pourrait lui donner une valeur différente de zéro.

a, b sont des quantités positives, nulles ou négatives de valeur absolue inférieure ou égale à 45 degrés de plasma. Les quantités h, h', h'' sont alors comprises entre 45 et 135 degrés de plasma.

L'exemple décrit à la figure 4 est une réalisation préférée de l'invention. On donne à deux tubes de glissement 42,43 du bloc I une longueur respective b1, b2 telle que:

$$b1 = 180^\circ + e1$$

$$b2 = 180^\circ + e2$$

e1 et e2 sont deux quantités négatives ou nulles, de valeur absolue inférieure ou égale à 45 degrés de plasma. Les longueurs b1 et b2 sont donc comprises entre 135 et 180 degrés de plasma. Les deux tubes 42, 43 sont placés en aval d'une cavité intermédiaire.

La longueur totale de tous les tubes de glissement du klystron, traversés par le même faisceau devient :

$$e + b1 + b2 + c + d1 + s = 270^\circ + b + (t \times 180^\circ)$$

avec $t = n + m + p$ (t est un entier supérieur ou égal à un).

On retrouve une longueur totale de sensiblement 270 degrés de plasma à t fois 180 degrés près et autant de cavités qu'il est nécessaire. Plus précisément, la longueur totale des tubes de glissement du klystron est comprise entre:

$$225 + (t \times 180) \text{ degrés de plasma et } 315 + (t \times 180) \text{ degrés de plasma.}$$

La figure 5 représente la réponse en fréquence réelle du klystron de la figure 4.

Les valeurs des fréquences et des longueurs des tubes de glissement sont consignées dans le tableau n°

2 placé à la fin de la description.

Dans cet exemple :

$$Fo = 3000 \text{ MHz}$$

$$a = -18 \text{ degrés de plasma}$$

$$b = 0 \text{ degré de plasma}$$

$$e1 = -35 \text{ degrés de plasma}$$

$$e2 = -35 \text{ degrés de plasma.}$$

La figure 6 représente la réponse en fréquence réelle d'un autre klystron selon l'invention. Ce klystron est monofaisceau et a neuf cavités à accords décalés: E, B1, B2, C1, C2, D1, D2, D3, S. La bande passante instantanée est plus large de + 130 % par rapport à celle représentée à la figure 3.

Les valeurs des fréquences et des longueurs des tubes de glissement sont consignées dans le tableau n° 3 placé à la fin de la description. La fréquence FE est très peu différente de Fo.

Dans cet exemple :

$$Fo = 2815 \text{ MHz}$$

$$a = -19 \text{ degrés de plasma}$$

$$b = 0 \text{ degré de plasma}$$

$$e1 = -35 \text{ degrés de plasma}$$

$$e2 = -35 \text{ degrés de plasma.}$$

La figure 7 représente une coupe longitudinale d'un klystron multifaisceau conforme à l'invention. Ce klystron a neuf cavités (E, B1, B2, C1, C2, D1, D2, D3, S) à accords décalés. Un canon à électrons 80 unique produit plusieurs faisceaux d'électrons 81 vers un collecteur unique 82. Sur la figure, on ne voit que deux faisceaux d'électrons 81, il peut y en avoir plus. Les faisceaux d'électrons sont parallèles. Les cavités successives sont reliées entre elles par autant de tubes de glissement que de faisceaux d'électrons 81. Les tubes 91 relient la cavité E à la cavité B1, les tubes 92 la cavité B1 à la cavité B2 et ainsi de suite jusqu'aux tubes 98. La cavité E est reliée à un dispositif de couplage 83 et la cavité S à un autre dispositif de couplage 84. Les longueurs des tubes de glissement et les fréquences des cavités peuvent prendre, par exemple, les valeurs consignées dans le tableau n° 4.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples décrits. Des modifications peuvent être apportées notamment dans le choix des fréquences (FS peut être différente de Fo par exemple), du nombre de cavités intermédiaires, du nombre de tubes de glissement de longueur supérieure ou égale à 135 degrés de plasma.

En particulier, ce n'est pas obligatoirement le premier bloc qui a une longueur totale égale à: $H + (T \times 180)$, avec T supérieur ou égal à un, ce peut être aussi le deuxième bloc ou le troisième bloc.

Cavité	Fréquence en MHz	longueur du tube de glissement en degrés de plasma
A1	F1 = 3000	h1 = 70
A2	F2 = 2900	h2 = 90
A3	F3 = 3130	h3 = 23
A4	F4 = 3180	h4 = 23
A5	F5 = 3210	h5 = 23
A6	F6 = 3290	h6 = 40
A7	F7 = 3000	

TABLEAU 1

Cavité	Fréquence en MHz	Longueur du tube de glissement en degrés de plasma
E	FE = 3000	e = 142
B1	FB1 = 2840	b1 = 145
B2	FB2 = 2790	b2 = 145
C1	FC1 = 2760	c = 90
C2	FC2 = 3160	d1 = 68
D1	FD1 = 3250	s = 40
S	FS = 3000	

TABLEAU 2

Cavité	Fréquence en MHz	Longueur du tube de glissement en degrés de plasma
E	FE = 2775	e = 141
B1	FB1 = 2670	b1 = 145
B2	FB2 = 2640	b2 = 145
C1	FC1 = 2600	c = 90
C2	FC2 = 2920	d1 = 23
D1	FD1 = 2970	d2 = 23
D2	FD2 = 2990	d3 = 23
D3	FD3 = 3080	s = 40
S	FS = 2815	

TABLEAU 3

Revendications

1 - Klystron à large bande de fréquence comportant :

– au moins un faisceau d'électrons longitudinal,

– une succession de cavités alignées, toutes traversées par le faisceau d'électrons, réparties en trois blocs (I, II, III),

– un tube de glissement (41, 42, 43...) parcouru par le faisceau d'électrons, pour relier deux cavités successives, cette succession comprenant une cavité d'entrée (E), une cavité de sortie (S), deux cavités centrales (C1, C2) successives, la première cavité centrale (C1) étant disposée du côté de la cavité d'entrée (E) et étant accordée sur une fréquence (FC1) inférieure à la fréquence centrale (Fo) de la bande, la seconde cavité centrale (C2) étant disposée du côté de la cavité de sortie (S) et étant accordée sur une fréquence (FC2) supérieure à la fréquence centrale (Fo) de la bande, et au moins une cavité intermédiaire (B1, B2) disposée entre la cavité d'entrée (E) et la première cavité centrale (C1), accordée sur une fréquence (FB1, FB2) inférieure à la fréquence centrale (Fo) de la bande, le premier bloc (I) comprenant les cavités (E, B1, B2) et les tubes de glissement (41, 42, 43) en amont de la première cavité centrale (C1), le deuxième bloc (II) comprenant les deux cavités centrales (C1, C2) et le tube de glissement (44) les reliant, le troisième bloc (III) comprenant au moins la cavité de sortie (S) et le tube de glissement (45, 46) en aval de la seconde cavité centrale (C2),

caractérisé en ce que dans chaque bloc, la somme des longueurs des tubes de glissement s'il y en a plusieurs, ou la longueur du tube de glissement s'il est unique, est égale à:

$$H + (T \times 180) \text{ degrés de plasma,}$$

H étant une première quantité comprise entre 45 et 135 degrés de plasma et T un nombre entier supérieur ou égal à zéro, T prenant une valeur supérieure ou égale à un, dans au moins un des blocs et dans ce bloc la longueur d'au moins un tube de glissement étant supérieure ou égale à 135 degrés de plasma.

2 - Klystron selon la revendication 1, caractérisé en ce que, lorsque dans le premier bloc (I), T est supérieur ou égal à un, au moins un tube de glissement (42,43) relié à une cavité intermédiaire (B1, B2), disposé en aval de la dite cavité, a une longueur (b1, b2) supérieure ou égale à 135 degrés de plasma.

3 - Klystron selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins une cavité supplémentaire

(D1) est disposée entre la seconde cavité centrale (C2) et la cavité de sortie (S).

4 - Klystron selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première quantité H est égale à 90 degrés + α dans le premier bloc (I) et à 90 degrés - α dans le troisième bloc (III), α étant une deuxième quantité négative, nulle ou positive, de valeur absolue inférieure ou égale à 45 degrés de plasma.

5 **5** - Klystron selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la cavité intermédiaire (B1, B2) et la première cavité centrale (C1) sont accordées sur des fréquences décroissantes (FB1, FB2, FC1).

6 - Klystron selon l'une des revendications 3 à 5 caractérisé en ce que, la seconde cavité centrale (C2) et la cavité supplémentaire (D1) sont accordées sur des fréquences croissantes (FC2, FD1).

10 **7** - Klystron selon l'une des revendication 1 à 6, caractérisé en ce que la cavité d'entrée (E) est accordée sur une fréquence (FE) sensiblement égale à la fréquence centrale (Fo) de la bande.

8 - Klystron selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la cavité de sortie (S) est accordée sur une fréquence (FS) sensiblement égale à la fréquence centrale (Fo) de la bande.

9 - Klystron selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est monofaisceau.

15 **10** - Klystron selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs faisceaux traversant tous la succession de cavités.

20

25

30

35

40

45

50

55

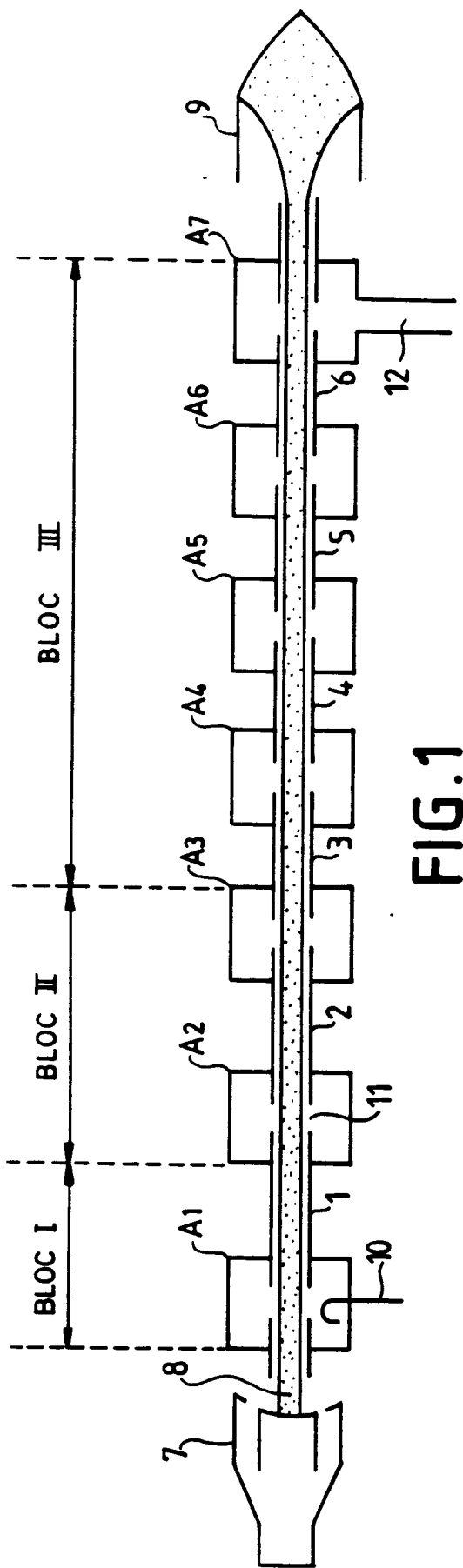


FIG. 1

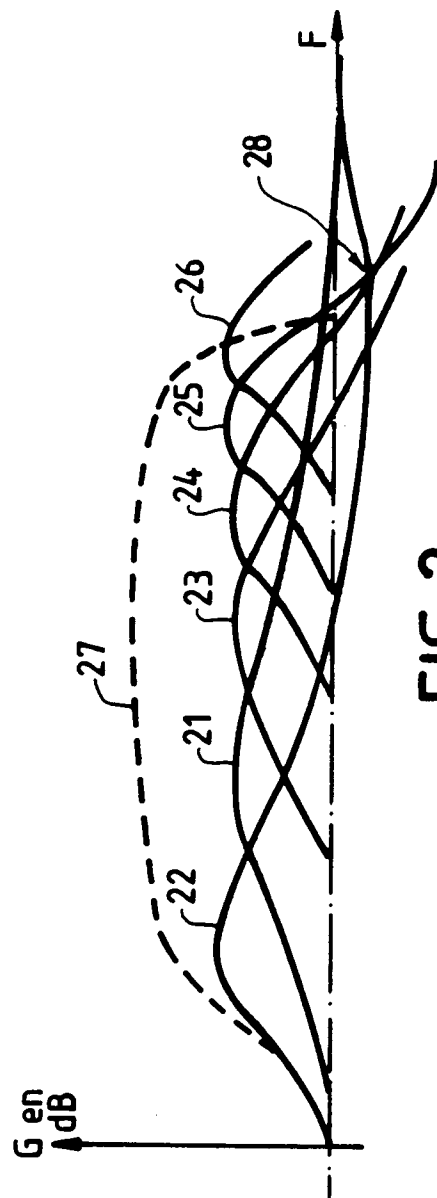


FIG. 2

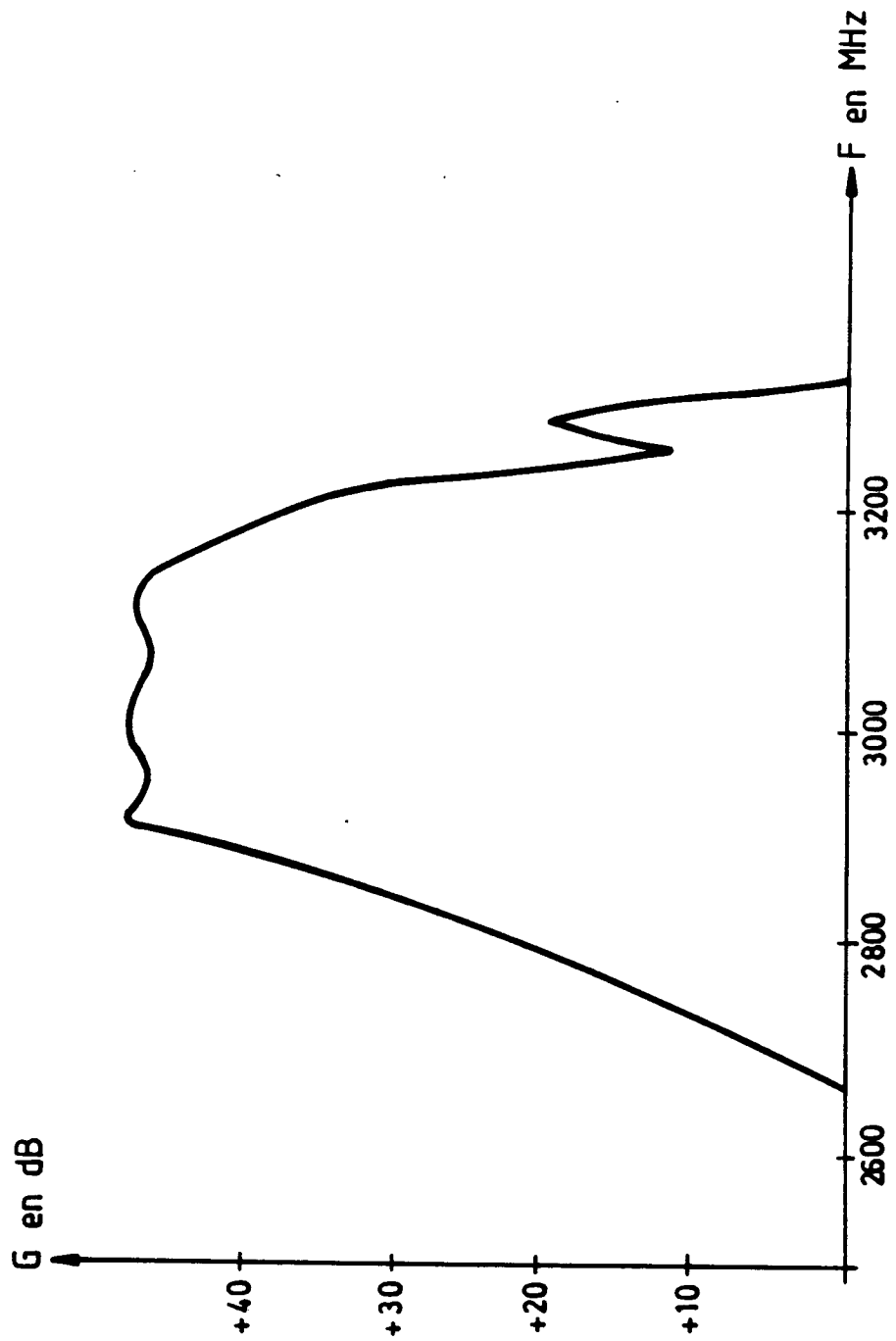


FIG.3

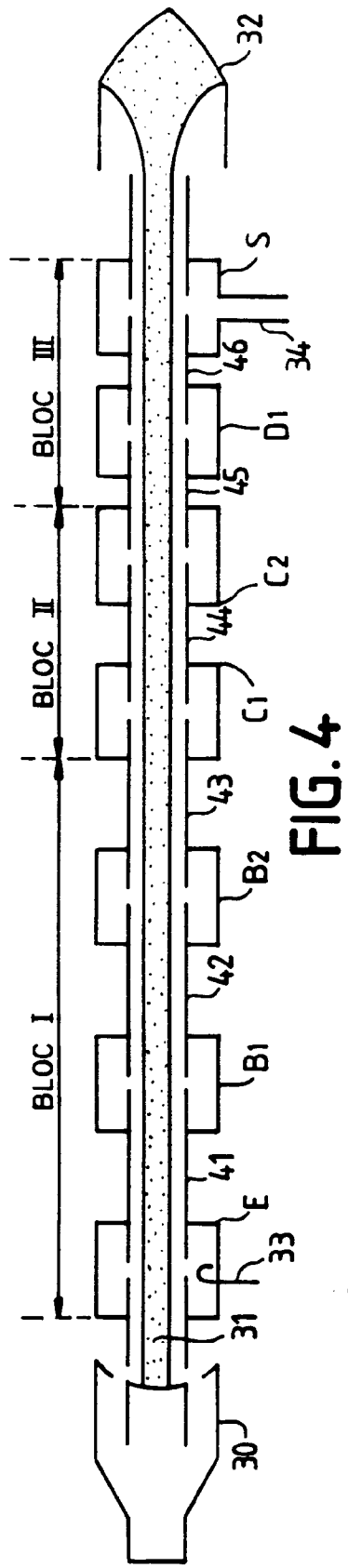


FIG. 4

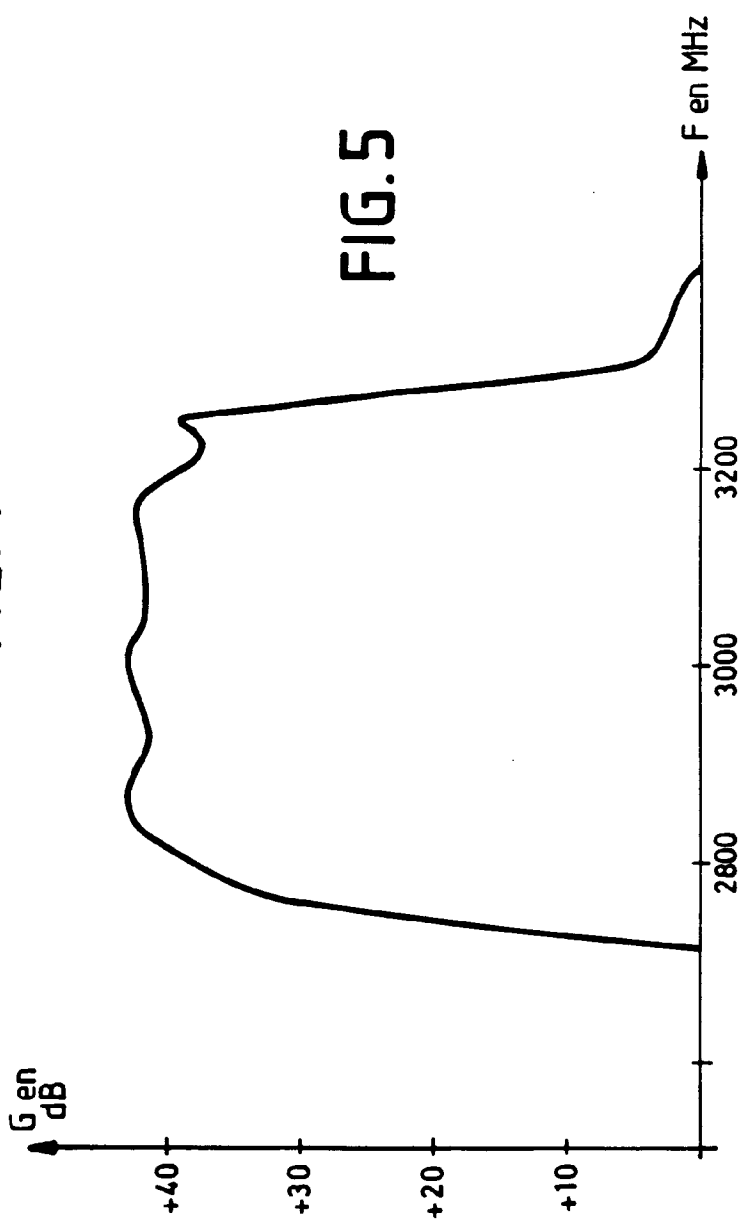


FIG. 5

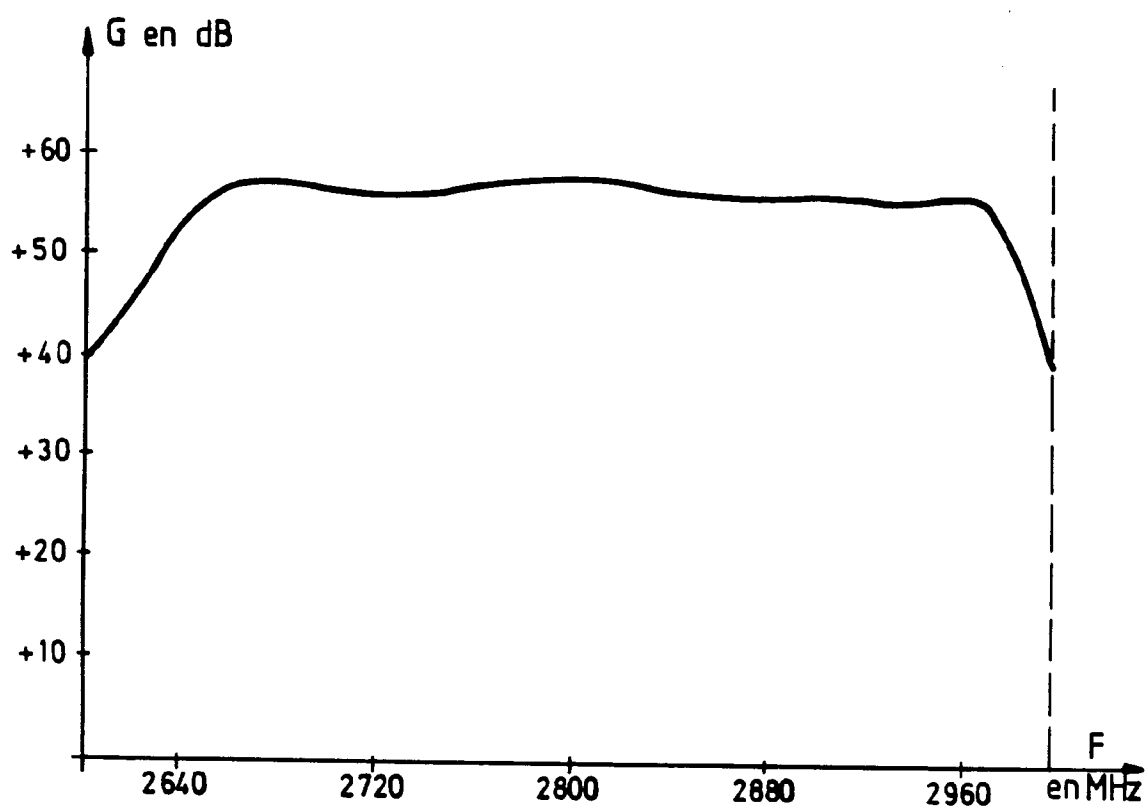


FIG.6

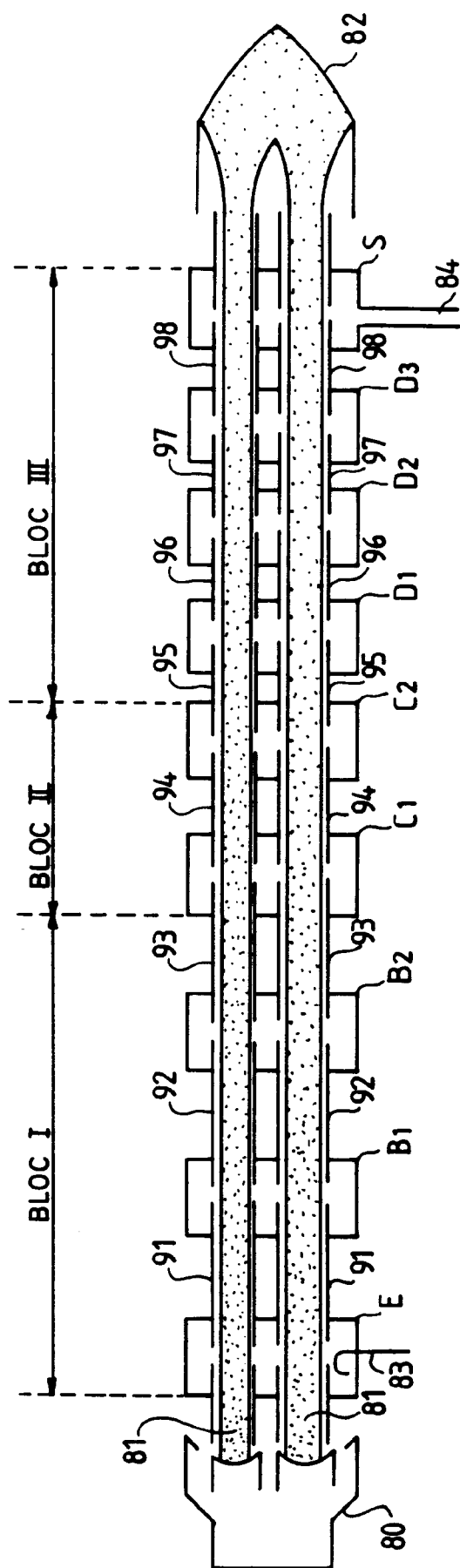


FIG. 7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 2223

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	NEC RESEARCH AND DEVELOPMENT no. 1, Janvier 1986, TOKYO, JP pages 101 - 107; NAGASHIMA ET AL.: 'Super-High-Power Klystron for the JT-60' * page 102, colonne de droite, ligne 36 - ligne 40 * ---	1,9	H01J25/12 H01J23/20
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1, no. 18 (E-003)24 Mars 1977 & JP-A-51 115 768 (NIPPON DENKI K.K.) 12 Octobre 1976 * abrégé * ---	1,9	
A	US-A-3 195 007 (WATSON ET AL.) * colonne 1, ligne 10 - ligne 13; figure 1 * * colonne 2, ligne 7 - ligne 14 * * colonne 2, ligne 59 - ligne 60 * * colonne 4, ligne 21 - ligne 39 * -----	1,9	
			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 21 NOVEMBRE 1991	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 I : 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)