

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 80400940.5

(51) Int. Cl.³: **H 01 J 23/24**
H 01 J 25/38

(22) Date de dépôt: 24.06.80

(30) Priorité: 03.07.79 FR 7917201

(43) Date de publication de la demande:
07.01.81 Bulletin 81/1

(84) Etats Contractants Désignés:
DE GB IT

(71) Demandeur: "THOMSON-CSF"
173, Boulevard Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(72) Inventeur: Deville, Christian
"THOMSON-CSF" SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(72) Inventeur: Lafuma, Philippe
"THOMSON-CSF" SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(74) Mandataire: Benichou, Robert et al,
"THOMSON-CSF" - SCPI 173 bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(54) Lignes à retard à pas variable pour tube à onde progressive, et tube à onde progressive muni d'une telle ligne.

(57) L'invention concerne une ligne à retard à pas variable pour tube à onde progressive.

La ligne est constituée de cellules (10) construites dans des sections (11) du guide d'ondes dans lequel à lieu le propagation de l'onde électromagnétique mise en jeu dans le fonctionnement du tube. Toutes les cellules sont constituées des mêmes éléments, plafonds (1), anneau (3), tige supports d'anneau (4), court-circuit (2). Le pas variable est obtenu par dilatation ou contraction des cotes à l'intérieur de la section du guide. Une amélioration sensible du rendement du tube est obtenue par l'emploi de lignes faites de trois parties de pas différents, se succédant le long du trajet du faisceau, dont la seconde présente un pas inférieur et la troisième un pas supérieur à celui de la première.

Application à la production de hauts niveaux de puissance à grande bande passante, en ondes centimétriques.

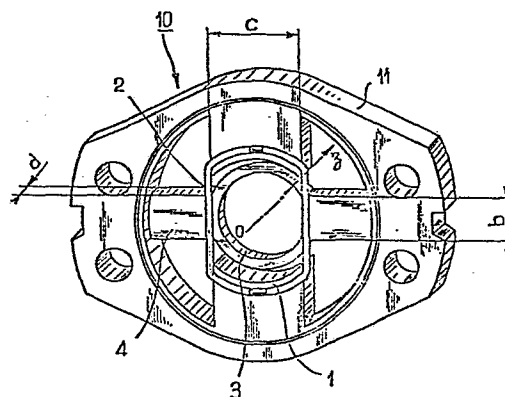


FIG. 1

LIGNE A RETARD A PAS VARIABLE POUR TUBE A ONDE
PROGRESSIVE, ET TUBE A ONDE PROGRESSIVE MUNI D'UNE
TELLE LIGNE.

La présente invention concerne une ligne à retard pour tube à onde progressive de structure cylindrique, amplification notamment, ainsi que le tube muni de cette ligne. Elle a trait plus particulièrement à la réalisation du pas variable dans une telle ligne.

La ligne à retard de l'invention sera dite dans la suite du type à plafond (s) et anneaux.

Elle comporte un guide métallique cylindrique par exemple et, dans les sections droites de ce guide, des anneaux métalliques coaxiaux fixés chacun à la paroi du guide par au moins une tige métallique ; elle comporte, en outre, au moins un plafond constitué par une cale métallique fixée à la paroi intérieure du guide et s'étendant sur toute la longueur de celui-ci toute section de ce plafond par un plan perpendiculaire à l'axe du guide ayant la forme d'un secteur de couronne circulaire.

Dans le tube, le faisceau d'électrons se propage le long de l'axe du guide précédent, qui peut, sans que cela soit obligatoire, constituer l'enveloppe à vide du tube. Le fonctionnement du tube est basé sur l'interaction entre les ondes électromagnétiques qui se propagent le long de la ligne à retard et le faisceau d'électrons.

De telles lignes sont connues de l'art des tubes à onde progressive, notamment du brevet français 1.162.425. Elles apparaissent comme formées d'une succession de tronçons élémentaires, ou cellules, tous identiques, se répétant périodiquement le long de l'axe de propagation du faisceau d'électrons. Elles

ont donné lieu à diverses variantes dont l'une prévoit, pour l'élimination de certains modes parasites de fonctionnement, et lorsque la ligne comporte plusieurs plafonds, de relier électriquement entre eux ces plafonds, par un simple fil métallique, notamment formant une boucle fermée ; voir la première addition au brevet précédent, portant le numéro 82.236. De façon, l'on obtient, sinon la suppression de ces modes parasites, du moins leur rejet à des fréquences situées en dehors de la bande de fonctionnement du tube sur le mode principal ; c'est ainsi par exemple que pour un tube fonctionnant dans la bande S vers 3 gigahertz, les modes parasites en question sont rejetés généralement vers 6 gigahertz.

On a vite reconnu, d'autre part, dans la technique des tubes à onde progressive, l'intérêt d'un pas variable pour ces lignes, notamment pour des raisons de rendement des tubes auxquels elles sont incorporées. Le pas d'une ligne à retard constituée, comme celles dont il a été question, d'un alignement régulier d'éléments identiques entre eux est la distance entre les points homologues de deux tels éléments consécutifs.

La présente invention concerne une ligne à retard pour tube à onde progressive du type à plafond (s) et anneaux, présentant un tel pas variable.

L'invention sera mieux comprise, en se reportant à la description qui suit et aux figures jointes qui représentent :

- Figure 1 : Une vue d'ensemble en perspective de la cellule constitutive de la ligne à retard de l'invention ;

- Figure 2 : Une vue schématique en coupe d'un tube à onde progressive incorporant une ligne à retard

de l'invention.

Le résultat recherché par l'invention est l'amélioration du rendement des tubes à onde progressive. A cette fin l'invention prévoit de réaliser la
5 ligne à retard de ces tubes avec un pas variable, dans les conditions qui vont être exposées.

La figure 1, représente, en perspective, une cellule élémentaire 10 d'une ligne à retard de l'invention. Chacune de ces cellules consiste, conformément à l'art des brevets cités, en un tronçon de
10 guide métallique à section circulaire 11, comportant deux plafonds métalliques 1 s'étendant symétriquement de la paroi du tronçon de guide jusqu'à une certaine distance du centre de la section droite de celle-ci.
15 Dans un plan parallèle à celui des plafonds, est disposé un anneau métallique circulaire 3 supporté par deux tiges 4 diamétralement opposées fixées à la paroi du tronçon de guide.

Les deux plafonds 1 sont reliés entre eux par
20 une boucle 2 en un matériau conducteur de l'électricité. Dans l'exemple, cette boucle, ou court-circuit est constituée par un conducteur linéaire appliqué sur les deux plafonds et entièrement situé dans leur plan ; la figure montre, sans repères, les quatre
25 trous servant dans l'exemple au refroidissement de la ligne par circulation de fluide ; les différents tronçons de guide semblables à celui décrit sont montés et serrés les uns contre les autres, pour former la ligne à retard de l'invention, les tiges 4 toutes
30 parallèles entre elles, ainsi que les plafonds 1 ; l'ensemble est rendu étanche au vide, par brasage.

Le résultat d'un exemple de cet assemblage est montré en coupe sur la figure 2, où l'on retrouve, avec les mêmes repères, des cellules présentant

la même structure générale que celle de la figure précédente. La figure comporte le long de l'axe Oz de propagation du faisceau, de la gauche vers la droite, trois sections désignées par I, II, et III, dans lesquelles le pas, L de la ligne, constant dans chacune d'elles, a des valeurs différentes. Ce pas L à l'intérieur d'une section est égal à l'épaisseur de la cellule.

La variation du pas L est réalisée, suivant l'invention, en modifiant, à l'intérieur de chaque cellule, soit les cotes des éléments constitutifs de la cellule, épaisseur de l'ensemble anneau et tiges supports, soit la distance entre anneau et court-circuit, notamment.

Il est ainsi possible de faire varier lentement et de façon éventuellement continue, suivant la loi désirée, le pas de la ligne à retard. Le taux de retard imprimé à l'onde électromagnétique se propageant le long de la ligne varie en sens inverse du pas.

Dans l'exemple de la figure 2, on a représenté une ligne à trois tronçons principaux de pas différents, ce pas étant constant à l'intérieur de chacun des tronçons ; ces derniers sont reliés entre eux par d'autres portions de ligne, non représentées, où le pas varie de façon progressive de sa valeur dans le tronçon de gauche à celle dans le tronçon de droite. On a exagéré volontairement sur la figure les différences de cote pour faire apparaître la variation de pas d'une section à l'autre. On notera qu'en bande S la ligne à retard présente une longueur de quelques dizaines de centimètres, alors que l'épaisseur d'une cellule est de quelques millimètres seulement.

Comme on le voit sur la figure 2, le pas de la

structure diminue d'abord (section II) par rapport à celui dans la première section, I, près du canon à électrons, puis augmente dans la section III, au delà de sa valeur dans la section I.

5 L'épaisseur de l'ensemble formé par l'anneau 3 et ses tiges supports 4, à peu près uniforme dans l'exemple de la figure 1, est désigné par $\underline{d}$ sur cette figure ; la distance entre anneau 3 et court-circuit 2 par $\underline{d}'$ sur la figure 2.

10 On notera que sur cette dernière figure, qui correspond à l'une des variantes possibles de l'invention, l'épaisseur des tiges supports est très sensiblement supérieure à celle de l'anneau lui-même.

Les travaux expérimentaux de la demanderesse
15 ont, en effet, démontré que pour obtenir l'augmentation de rendement recherchée, toutes choses égales par ailleurs, le pas de la ligne à retard en s'éloignant du canon à électrons, doit d'abord diminuer, puis augmenter dans la dernière partie de la ligne, contrairement à la conception de l'art antérieur selon
20 laquelle le pas de la structure à retard devait diminuer dans la dernière partie de celle-ci, à l'opposé du canon à électrons. En outre, il apparaît que la dispersion des vitesses des électrons au sein du
25 faisceau n'augmente pas de façon prohibitive dans la dernière section, malgré l'augmentation importante de rendement obtenue avec les lignes à retard de l'invention.

Ce rendement a atteint des valeurs de 50 %
30 au cours des essais de la demanderesse, avec des variations extrêmes de pas de + 9 % par rapport au pas initial, c'est-à-dire le pas de la section I. Le rendement dont il s'agit est le rapport de la puissance haute fréquence recueillie à la sortie du tube

à la puissance continue appliquée au tube. Dans le cadre de l'invention, ces variations peuvent aller de quelques centièmes du pas à plusieurs fois ce pas.

5 Comme on l'a dit, la variation du pas de la ligne de l'invention peut être obtenue de deux façons: soit en modifiant l'épaisseur de l'ensemble, 3-4, formé par l'anneau et ses supports, soit en modifiant la distance de l'anneau 3 au court-circuit 2. La
10 première façon de procéder s'avère la plus efficace pour faire varier le pas ; elle a l'avantage en outre d'entraîner une faible perturbation de l'impédance de couplage entre le faisceau d'électrons et la ligne à retard.

15 L'amélioration du rendement obtenu avec la ligne à retard de l'invention se trouve encore accrue du fait précisément de cette impédance de couplage. Avec la disposition de l'invention, en effet, l'augmentation de pas dans la dernière partie de la ligne
20 n'est pas incompatible avec une diminution de l'impédance de couplage dans cette partie, et une moindre dispersion des vitesses électroniques, confirmée par le calcul.

La focalisation du faisceau d'électrons s'en
25 trouve facilitée et le coefficient de transmission du faisceau amélioré : les pertes d'électrons le long de la ligne sont moins grandes, ce qui permet un facteur d'utilisation du faisceau meilleur et une puissance moyenne haute fréquence disponible à la
30 sortie du tube plus forte, toutes choses étant égales par ailleurs.

En outre, en "grossissant" les cellules élémentaires pour augmenter leur pas, on diminue l'impédance thermique de la ligne à l'endroit de ces cel-

lules, tout en augmentant ses possibilités de dissipation, ce qui est doublement avantageux.

On notera enfin qu'une faible impédance de couplage correspond en général à une structure peu
5 dispersive, c'est-à-dire une large bande passante. Les dispositions prévues par l'invention pour augmenter le rendement du tube vont donc dans le sens d'une plus grande largeur de bande, ce qui, comme on sait, est l'une des caractéristiques principales des tubes à
10 onde progressive.

D'autres modifications à l'intérieur de la cellule permettent, en même temps que la variation du pas, d'abaisser l'impédance de couplage, notamment l'augmentation de :

- 15 - l'épaisseur des anneaux 3 - cote a - pouvant notamment aller du simple au double ;
- la largeur des tiges supports d'anneau 4 - cote b,
- la largeur des plafonds 1 - cote c.

20 On peut ajouter des cannelures aux plafonds, c'est-à-dire prévoir pour ceux-ci des bords en gradins. Par ces moyens, il est possible aisément de réduire cette impédance au tiers ou au quart de sa valeur.

La structure de la ligne à retard à pas variable de l'invention présente de nombreux avantages, qui
25 résultent de ce qui précède, sans entraîner de complications technologiques de réalisation.

On a énuméré dans ce qui précède un certain nombre des dispositions prévues par l'invention pour
30 faire varier les caractéristiques de la cellule constitutive de la ligne. Il va sans dire que l'on peut, dans le cadre de l'invention, combiner ces dispositions.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés mais s'applique, de façon générale,

à toute ligne à retard à plafond (s) et anneaux, notamment au cas des lignes qui comprendraient un nombre de plafonds, différent de celui de l'exemple représenté, disposés dans les intervalles entre les tiges supports
5 des anneaux. Elle s'applique, entre autres, aussi au cas de guides d'ondes ayant une section autre que la section circulaire représentée et, de façon générale, elle comprend toutes les variantes accessibles à l'homme de l'art à partir de celle représentée.

10 La figure 2 à laquelle on s'est référé pour la description de la ligne à retard de l'invention montre en coupe l'ensemble d'un tube construit avec cette ligne ; cette dernière, formée des trois sections I, II, et III, porte le repère 20. Le tube comporte une
15 enveloppe métallique 21 fermée à ses deux extrémités par un collecteur d'électrons 22 et par un pied isolant 23 dans lequel est logé un canon à électrons dont on a représenté la cathode en 24 et son filament chauffant en 25, une électrode de focalisation 26, ainsi qu'une
20 électrode d'accélération 27. La cathode émet, sous l'action de la source d'alimentation 28, un faisceau d'électrons 29 dont le contour est représenté en pointillé. La ligne à retard est couplée aux circuits d'entrée et de sortie du tube, amplificateur dans l'exemple,
25 par les antennes 30 et 31. Sur la figure, le repère 32 désigne le jonc de brasure assurant l'assemblage étanche au vide des cellules 10 entre elles. Pour la clarté, enfin, on a limité, dans chaque section, les cellules à un petit nombre, alors qu'en réalité chacune de ces
30 sections peut en comprendre de l'ordre de plusieurs dizaines.

Un tube équipé d'une ligne à retard selon l'invention a fourni sur la fréquence de 3 gigahertz une puissance haute fréquence de 300 kilowatts crête, pour

une puissance crête totale appliquée de 600 kilowatts, sous la forme d'impulsions de 25 μ s avec un facteur de forme de 60 et une intensité de faisceau de 17 ampères. La ligne comportait une centaine de cellules.

- 5 L'invention s'applique de façon générale à la production de hauts niveaux de puissance à grande bande passante et avec un rendement élevé dans le domaine des micro-ondes, centimétriques notamment.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Ligne à retard à pas variable pour tube à onde progressive constituée de cellules jointives (10) composée chacune des éléments suivants :

- un tronçon de guide d'ondes métallique (11) comportant des plafonds (1) de même épaisseur que le tronçon, occupant, chacun, une partie de sa section, et s'étendant d'une fraction de son pourtour à une certaine distance de son centre ;
- un anneau métallique coaxial (3) fixé à la paroi du tronçon de guide par des tiges-supports (4) disposées dans les espaces libres entre les plafonds ;
- un conducteur métallique (2) en contact avec les plafonds (1) sur l'une des faces du tronçon, et formant court-circuit entre eux, l'ensemble des cellules constituant un guide d'ondes de section uniforme, dans lequel les plafonds d'une part, et les tiges supports d'autre part, sont alignés, s'étendant autour du faisceau d'électrons le long de son trajet dans le tube, ligne à retard caractérisée en ce que, pour une section de guide donnée, les cellules présentent entre elles des différences de dimensions obtenues par dilatation ou contraction d'au moins une de leurs cotes à l'intérieur de cette section.

2. Ligne à retard suivant la revendication 1, caractérisée en ce que la variation de cote consiste en une variation de la distance d'entre anneaux (3) et court-circuits (2).

3. Ligne à retard suivant la revendication 1, caractérisée en ce que la variation de cote consiste en une variation de l'épaisseur des anneaux (3) et de leurs tiges supports (4), tous de même épaisseur d.

4. Ligne à retard suivant la revendication 1, caractérisée en ce que la variation de cote consiste en

une variation de l'épaisseur des anneaux (3).

5 5. Ligne à retard suivant la revendication 1, caractérisée en ce que la variation de cote consiste en une variation de la fraction du pourtour de la section à partir de laquelle s'étendent les plafonds (1).

6. Ligne à retard suivant la revendication 1, caractérisée en ce que la variation de cote consiste en une variation de la largeur occupée par les tiges supports (4) entre les plafonds.

10 7. Ligne à retard suivant la revendication 1, caractérisée en ce que, le tronçon de guide d'onde (11) ayant une section circulaire, les anneaux (3) sont circulaires, en ce que les plafonds (1) ainsi que les tiges supports (4) ont la forme de secteurs de couron-
15 nes circulaires, et en ce que les courts-circuits (2) sont constitués de boucles circulaires.

8. Ligne à retard à pas variable pour tube à onde progressive, suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend trois parties I, II,
20 III de pas (L) différents, se succédant sur le trajet du faisceau d'électrons, dans chacune desquelles le pas est constant, et dont la seconde présente un pas inférieur et la troisième un pas supérieur à celui de la première, deux parties successives étant éventuel-
25 lement séparées par des séries de cellules assurant le raccordement progressif de leur pas.

9. Tube à onde progressive, amplificateur notamment, comprenant des moyens pour produire un faisceau d'électrons et pour assurer sa propagation vers un
30 collecteur par lequel il est capté, et une ligne à retard disposée le long du trajet du faisceau, le long de laquelle se propagent les ondes électromagnétiques qui sont en interaction, en fonctionnement, avec le faisceau, caractérisé en ce que la ligne à retard en
35 question est une ligne suivant la revendication 8.

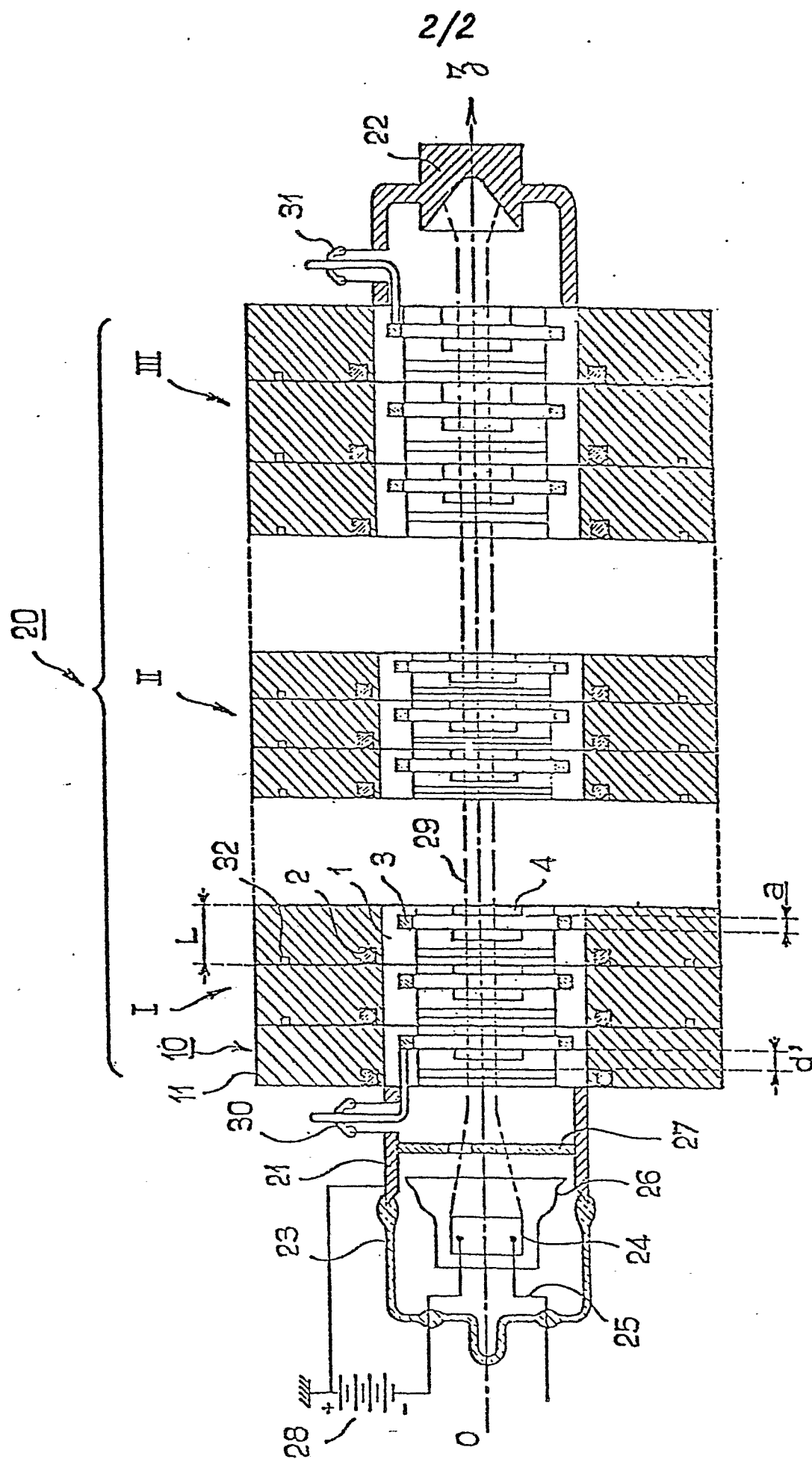


FIG-2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0022016

Numéro de la demande

EP 80 40 0940

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	NACHRICHTENTECHNISCHE ZEITSCHRIFT NTZ, vol. 30, no. 12, décembre 1977, pages 912-916 Berlin, DE. M. DESMUR et al.: "Gepulste 160-kW-Wanderfeldröhre für das S-Band" * En entier *	1,7	H 01 J 23/24 25/38
A	J.F. GITTINS: "POWER TRAVELLING-WAVE TUBES", 1965, The English Universities Press Ltd. Londres, G.B. * Pages 35-38; paragraphe 2.4 *	1-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
A	FR - A - 2 195 839 (SIEMENS) * Page 4, lignes 26-39; figures 2,3 *	1-6	H 01 J 23/24 25/38
A	DE - A - 1 541 979 (SIEMENS) * En entier *	1-6,8,9	
A	FR - A - 2 344 953 (NIPPON ELECTRIC) * En entier *	1-6,8,9	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13-10-1980	Examineur LAUGEL