

12 **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

- 45 Date de publication du fascicule du brevet : **28.12.83** 51 Int. Cl.³ : **H 01 J 23/24, H 01 J 25/38**
- 21 Numéro de dépôt : **80400940.5**
- 22 Date de dépôt : **24.06.80**

54 **Ligne à retard à pas variable pour tube à onde progressive, et tube à onde progressive muni d'une telle ligne.**

30 Priorité : **03.07.79 FR 7917201**

43 Date de publication de la demande :
07.01.81 Bulletin 81/01

45 Mention de la délivrance du brevet :
28.12.83 Bulletin 83/52

84 Etats contractants désignés :
DE GB

56 Documents cités :

DE-A- 1 541 979

FR-A- 969 886

FR-A- 2 195 839

FR-A- 2 344 953

US-A- 3 548 246

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"

J.F. GITTINS: "POWER TRAVELLING-WAVE TUBES", 1965, The English Universities Press Ltd. Londres, G.B.

Annales de Radioélectricité, no. 9 (1954) p. 311-328, A. Leblond et al. "Etude des lignes à barreaux à structure périodique, deuxième partie"

73 Titulaire : **THOMSON-CSF**
173, Boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

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

74 Mandataire : **Ruellan, Brigitte et al**
THOMSON-CSF SCPI 173, boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

EP 0 022 016 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Ligne à retard à pas variable pour tube à onde progressive, et tube à onde progressive muni d'une telle ligne

La présente invention concerne une ligne à retard pour tube à onde progressive de structure cylindrique, plus particulièrement une ligne à retard du type à plafond(s) et anneaux.

On connaît notamment par le brevet français 1.162.425 une ligne à retard du type ci-dessus constituée d'un guide métallique cylindrique par exemple et, dans les sections droites de ce guide, d'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.

D'autre part, les lignes à retard du type ci-dessus, utilisées dans les tubes à onde progressive apparaissent comme formées d'une succession de tronçons élémentaires ou cellules constituées des éléments décrits ci-dessus, tous identiques, se répétant périodiquement le long de l'axe de propagation du faisceau d'électrons. Toutefois, les tubes à onde progressive utilisant ce type de ligne à pas constant présentent une puissance HF disponible en sortie du tube, limitée au tiers environ de celle appliquée par les alimentations.

En conséquence, la présente invention a pour but, d'accroître le rendement d'interaction des tubes à ondes progressives utilisant des lignes du type à plafond(s) et anneaux en fournissant une nouvelle structure de ligne.

La présente invention a donc pour objet une ligne à retard pour tube à onde progressive constituée de cellules jointives composée chacune des éléments suivants :

— un tronçon de guide d'ondes métallique comportant des plafonds 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 fixé à la paroi du tronçon de guide par des tiges-supports disposées dans les espaces libres entre les plafonds ; 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, caractérisée en ce que la ligne se subdivise en trois groupes de cellules à l'intérieur de chacun desquels le pas est constant, les pas des second et troisième groupes de cellules étant respectivement plus petits et plus grands que celui du premier groupe de cellules lorsqu'on se déplace le long de la ligne en partant du canon à électrons et la variation du pas étant obtenue par dilatation ou contraction d'au moins une cote des cellules. Selon un mode de réalisation préférentiel la variation du pas est réalisée en modifiant à l'intérieur de chaque cellule les cotes des éléments

constitutifs de la cellule, à savoir l'épaisseur de l'ensemble anneaux et tiges supports.

La présente invention peut aussi s'appliquer aux lignes à retard du type ci-dessus comportant un conducteur métallique en contact avec les plafonds sur l'une des faces du tronçon et formant court-circuit entre eux, comme décrit dans la première addition au brevet précédent portant le numéro 82.236. Cette caractéristique permet l'élimination de certains modes parasites de fonctionnement. Dans ce cas, la variation du pas peut être réalisée en modifiant la distance entre anneaux et court-circuits.

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.

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 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. 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 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 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 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 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 et conformément à la présente invention 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.

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 d sur cette figure ; la distance entre anneau 3 et court-circuit 2 par d' sur la figure 2.

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 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 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 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 % 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 centimètres du pas à

plusieurs fois ce pas.

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 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.

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 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 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 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 cellules, 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 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 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 :

— 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 .

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 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 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 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.

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 de trois sections I, II et III, porte le repère 20. Le tube comporte une 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 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, 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 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 pour 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.

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.

Revendications

1. Ligne à retard pour tube à onde progressive constituée de cellules jointives (10) composées 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 ; 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, caractérisée en ce que la ligne se subdivise en trois groupes de cellules (I, II, III) à l'intérieur de chacun desquels le pas est constant, les pas des second et troisième groupes de cellules étant respectivement plus petits et plus grands que celui du premier groupe de cellules lorsqu'on se déplace le long de la ligne en partant du canon à électrons et la variation du pas étant obtenue par dilatation ou contraction d'au moins une cote des cellules.

2. 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 le même épaisseur d.

3. Ligne à retard suivant la revendication 1 caractérisée en ce que, dans le cas où la ligne à retard comporte de plus un conducteur métallique (2) en contact avec les plafonds (1) sur l'une des faces du tronçon et formant court-circuit entre eux, la variation de cote consiste en une variation de la distance entre anneaux (3) en court-circuits (2).

4. Ligne à retard suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que conjointement on abaisse l'impédance de couplage.

5. Ligne à retard suivant la revendication 4, caractérisée en ce que l'abaissement de l'impédance de couplage est obtenu en augmentant l'épaisseur (a) des anneaux (3).

6. Ligne à retard suivant la revendication 4, caractérisée en ce que l'abaissement de l'impédance de couplage est obtenu en augmentant la largeur (b) des tiges supports (4) d'anneaux.

7. Tube à onde progressive, amplificateur notamment, comprenant des moyens pour produire un faisceau d'électrons et pour assurer sa propagation vers un 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 question est une ligne suivant la revendication 1.

Claims

1. Delay line for a travelling wave tube formed of joined structures (10) each of which is composed of the following members :

- a section of a metallic waveguide (11) comprising roof members (1) of the same thickness as the section, each roof member occupying a portion of its cross-section and extending from a fraction of its periphery to a determined distance from its center ;

— a coaxial metallic ring (3) secured to the wall of the guide section by mounting rods (4) located within the free spaces between the roof members; the structures together forming a waveguide of uniform section in which the roof members, on the one hand, and the mounting rods, on the other hand, are aligned and extend about the electron beam along its path within the tube, characterized in that the line is subdivided into three sets of structures (I, II, III), the pitch within each set being constant and the pitch of the second and third sets of structures being smaller and larger than that of the first set of structures, respectively, when considered along the line starting from the electron gun, and the pitch variation being obtained by an increase or reduction of at least one dimension of the structures.

2. Delay line according to claim 1, characterized in that the variation of dimension consists in a variation of the thickness of the rings (3) and of their mounting rods (4), all having the same thickness d .

3. Delay line according to claim 1, characterized in that, in case the delay line comprises, in addition, a metallic conductor (2) contacting the roof members (1) on one of the faces of the section to form a short-circuit therebetween, the variation of dimension consisting in a variation of the distance between the rings (3) and the short-circuits (2).

4. Delay line according to any of claims 1 to 3, characterized in that the coupling impedance is simultaneously reduced.

5. Delay line according to claim 4, characterized in that the reduction of the coupling impedance is obtained by increasing the thickness (a) of the rings (3).

6. Delay line according to claim 4, characterized in that the reduction of the coupling impedance is obtained by increasing the width (b) of the ring mounting rods (4).

7. A travelling wave tube, and more especially an amplifying tube, comprising means for generating an electron beam and for propagating it to a collector which captures it, and a delay line which is positioned along the beam path and along which the electromagnetic waves interacting, in operation, with the beam propagate, characterized in that the delay line is a line according to claim 7.

Ansprüche

1. Verzögerungsleitung für eine Wanderfeldröhre, mit aneinander angefügten Zellen (10), die jeweils aus den folgenden Elementen zusammengesetzt sind:

— ein metallischer Wellenleiterabschnitt (11), der Deckenelemente (1) von derselben Dicke wie der Abschnitt enthält, welche jeweils einen Teil

seines Querschnitts einnehmen und sich von einem Bruchteil seines Umfangs bis zu einer bestimmten Entfernung von seiner Mitte erstrecken;

5 — ein koaxialer Metallring (3), der an der Wandung des Wellenleiterabschnitts durch Trägerstangen (4) befestigt ist, die in den freien Räumen zwischen den Deckenelementen angeordnet sind; wobei die Gesamtheit der Zellen 10 einen Wellenleiter gleichförmigen Querschnitts bildet, in dem die Deckenelemente einerseits und die Trägerstangen andererseits miteinander fluchten und sich um das Elektronenbündel herum längs dessen Bahn im Inneren der Röhre 15 erstrecken, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitung unterteilt ist in drei Gruppen von Zellen (I, II, III), innerhalb welchen jeweils die Teilung konstant ist, wobei die Teilung der zweiten Zellengruppe kleiner und die der dritten Zellengruppe größer ist als die der ersten Zellengruppe, bezogen auf eine Bewegungsrichtung entlang der Leitung ausgehend von der Elektronenkanone, wobei die Teilungsvariation durch Dehnung oder 20 erhalten ist.

2. Verzögerungsleitung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Maßes in einer Veränderung der Dicke der Ringe (3) und ihrer Trägerstangen (4) besteht, die alle dieselbe Dicke d aufweisen.

3. Verzögerungsleitung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Verzögerungsleitung, die ferner einen metallischen Leiter (2) umfaßt, der mit den Deckenelementen (1) an einer der Flächen des Abschnitts in Berührung ist und zwischen ihnen einen Kurzschluß herstellt, die Maßvariation in einer Änderung der Entfernung zwischen Ringen (3) und Kurzschlüssen (2) besteht.

4. Verzögerungsleitung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig die Kopplungsimpedanz vermindert wird.

5. Verzögerungsleitung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkung der Kopplungsimpedanz durch Vergrößern der Dicke (a) der Ringe (3) erhalten ist.

6. Verzögerungsleitung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkung der Kopplungsimpedanz durch Vergrößerung der Breite (b) der Trägerstangen (4) für die Ringe erhalten ist.

7. Wanderfeldröhre, besonders eine verstärkerröhre, umfassend eine Einrichtung, welche ein Elektronenbündel erzeugt und es zu einem es einfangenden Kollektor übernimmt, und eine Verzögerungsleitung, welche der Elektronenbahn entlang angeordnet ist und längs welcher die in Betrieb mit dem Bündel zusammenwirkenden elektromagnetischen Wellen ausbreiten, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungsleitung eine Leitung gemäß dem Anspruch 1 ist.

65

5

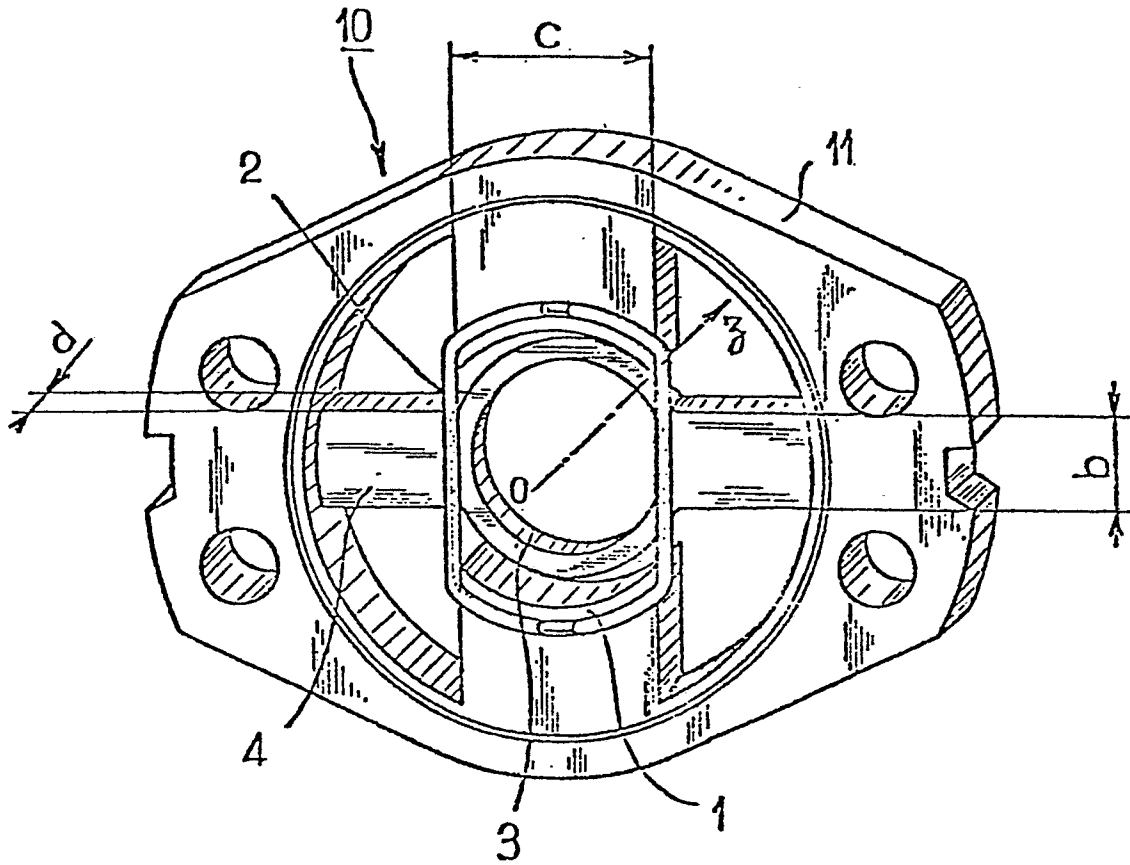


FIG. 1

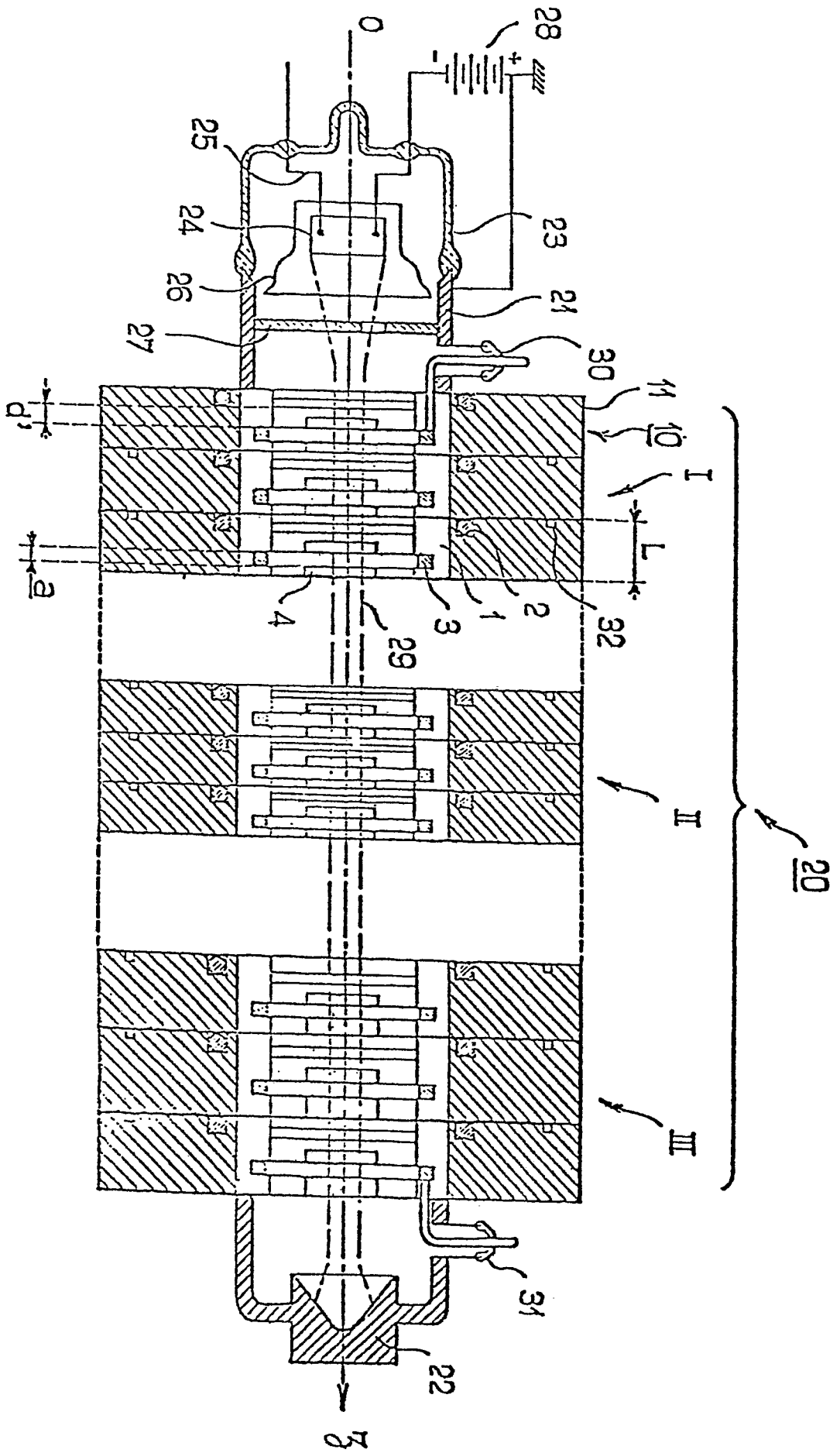


FIG. 2