

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 476 908

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 03982**

(54) Tube à ondes progressives pour très hautes fréquences et dispositif amplificateur utilisant un tel tube.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 J 23/30, 25/34.

(22) Date de dépôt 22 février 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 28-8-1981.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Robert Duret et Dominique Henry.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Thomson-CSF, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

L'invention concerne un tube à ondes progressives.

Un tube à ondes progressives (TOP) comprend :

- un canon électronique composé d'une cathode

5 émissive et d'électrodes accélératrices, produisant en fonctionnement un faisceau d'électrons, lequel faisceau doit présenter deux caractéristiques essentielles, à savoir :

a)- véhiculer une puissance suffisante pour permettre l'obtention de la puissance de sortie haute fréquence désirée ;

b)- avoir à la sortie du canon une géométrie qui permette une focalisation correcte sur tout son trajet le long de la ligne à retard du tube ; la focalisation est souvent assurée par des aimants permanents,

- une ligne à retard en interaction avec le faisceau d'électrons. Cette ligne à retard peut être constituée d'une hélice en un fil métallique fin supportée par des montants en une matière isolante de l'électricité, dans un fourreau étanche au vide.

Le diamètre et le pas de l'hélice ainsi que les dimensions des supports et du fil de l'hélice sont choisis de telle façon que le gain du TOP soit maximal dans la plage des fréquences de fonctionnement prévue. Les supports de ligne sont revêtus, par endroits, de dépôts capables d'absorber une partie de l'énergie électromagnétique parcourant la ligne, qui permettent d'obtenir un fonctionnement stable sur court-circuit et d'éviter les risques d'accrochage sur des modes parasites ;

- un collecteur sur lequel les électrons viennent dissiper leur énergie résiduelle après l'interaction en question.

Ces tubes sont utilisés principalement comme amplificateurs, à partir d'une puissance haute fréquence (HF) injectée à l'entrée du tube.

- Plus la fréquence de fonctionnement d'un TOP
- 5 est élevée, plus les dimensions de sa ligne à retard diminuent; le rendement électronique, c'est-à-dire le rapport entre la puissance appliquée au faisceau et la puissance HF disponible à la sortie du tube, diminue alors lui aussi.
- 10 Pour maintenir le niveau de puissance haute fréquence désiré, on est amené à faire circuler un faisceau d'électrons de puissance de plus en plus importante, dans une hélice dont le diamètre, qui varie dans le même sens que la longueur d'onde, est de plus 15 en plus petit.

Ceci conduit à certaines difficultés exposées ci-dessous .

- Pour augmenter la puissance appliquée au faisceau, il faut, en effet, faire croître le courant, car il n'est pas possible d'augmenter la tension au-delà 20 d'une certaine limite avec une ligne à retard, à hélice notamment, sans provoquer l'accrochage d'oscillations sur le mode inverse ("carcinotron"). Pour cela, il faut augmenter la convergence du faisceau, c'est-à-dire le rapport entre la surface émissive de la cathode 25 et la surface du faisceau à son point de section minimale, de façon à maintenir la densité d'émission de la cathode par unité de surface à une valeur compatible avec l'état de l'art actuel; cette condition est difficile à réaliser.
- 30 On ne sait pas, d'autre part, à l'aide des aimants permanents dont on dispose à l'heure actuelle, obtenir les champs magnétiques nécessaires à la focalisation de faisceaux électroniques très denses.
- Selon la présente invention, le fonctionnement 35 du tube à ondes progressives est décalé vers les

3

fréquences les plus hautes de la gamme par l'introduction d'une atténuation répartie sur une fraction des supports, dans les conditions qui vont être précisées ci-dessus.

5 L'invention concerne un tube à ondes progressives pour très hautes fréquences, fonctionnant par interaction entre une onde électromagnétique par courant une ligne à retard, maintenue par des supports, et un faisceau d'électrons se propageant le long de
10 cette ligne entre un canon à électrons, à une extrémité, et un collecteur captant les électrons, à l'autre, caractérisé en ce que les supports sont recouverts, du côté opposé à la ligne et sur une fraction de leur longueur à partir de leur extrémité
15 voisine du canon, d'un revêtement doué de la propriété d'absorption pour l'onde électromagnétique débordant, en fonctionnement, de ladite ligne.

L'invention sera décrite dans le cas d'un TOP à ligne à retard en hélice, étant entendu qu'elle
20 s'applique à tout tube à ondes progressives utilisant une disposition dans laquelle le champ électromagnétique le long de la ligne à retard déborde sur les supports sur toute leur épaisseur.

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

- Figure 1 : une vue schématique, en coupe, montrant la disposition relative de certaine des éléments constitutifs d'un tube à ondes progressives
30 tel que connu de l'art ;
- Figure 2 : une vue fragmentaire en perspective des mêmes éléments pour un tube de l'invention ;
- Figure 3 : un diagramme comparatif de l'une des caractéristiques de fonctionnement de la ligne à

retard d'un tube à ondes progressives intervenant dans l'invention ;

- Figure 4 : un diagramme montrant le déplacement de la courbe gain/fréquence apporté par 5 l'invention.

La figure 1 montre schématiquement la disposition relative de trois des éléments d'un TOP tel que connu de l'art conforme à ce qui précède, à savoir : une ligne à retard en hélice, 1 dont on admis 10 que la spire pouvait, pour les fins auxquelles est destinée la figure, être représentée par un cercle ; les supports isolants 2, au nombre de trois sur la figure, faits d'une céramique par exemple, maintenant les spires au centre du fourreau du tube ,3, supposé 15 fait de métal à l'endroit de la coupe, bien que fréquemment il soit lui aussi en un matériau isolant de l'électricité, en verre par exemple, sur une grande partie de sa longueur.

Les supports isolants comportent, par endroits, 20 des revêtements conducteurs présentant un pouvoir d'absorption pour l'onde électromagnétique circulant, en fonctionnement, le long de la ligne à retard, 1. Cette absorption assure l'atténuation localisée nécessaire au fonctionnement du tube amplificateur. Sur 25 la figure, à l'endroit de la coupe, ces revêtements ne sont pas visibles.

La figure 2,~montre en perspective, des fragments des trois mêmes éléments pour un tube à ondes progressives de l'invention,dont on a représenté la 30 partie antérieure, c'est-à-dire celle la plus rapprochée du canon, non visible, émettant le faisceau d'électrons dans la direction de la flèche.

Dans l'exemple, les supports de la ligne ont la forme de bâtonnets à section rectangulaire, sans

que cela soit limitatif de l'invention, où ces supports pourraient présenter d'autres formes, à section ronde ou carrée en particulier. Sur ces supports, on voit, sur le dessin, des revêtements absorbants, portant 5 les repères 4 et 5, dont les premiers 4, limités et situés du côté de la ligne, sont ceux connus de l'art antérieur, et destinés à assurer l'atténuation localisée dont il a été question ; et dont les seconds 5, situés à l'extérieur, du côté opposé à la ligne, assurant, selon l'invention, une atténuation supplémentaire de l'onde électromagnétique, celle là répartie le long des montants supports sur une partie de leur longueur ; le dessin, fragmentaire, ne permet pas de voir sur quelle portion de cette longueur s'étendent 10 15 ces revêtements ; un exemple le précisera plus loin.

Cette dernière absorption varie, pour un tronçon de ligne donnée, avec la fréquence de l'onde électromagnétique qui le parcourt.

La figure 3 montre cette variation pour des 20 fréquences F comptées sur plusieurs octaves $f, 2f\dots$, pour des lignes à large bande, comme le sont généralement les lignes à retard, en hélice en particulier, des tubes à ondes progressives : en a pour des supports sans le revêtement absorbant 5 précédent et en 25 b, c et d pour des revêtements de plus en plus épais. En ordonnée est porté l'amortissement A de l'onde électromagnétique en décibels (db), par unité de longueur de ligne L, résultant de cette absorption ; on voit que l'absorption, ou les pertes dans le tronçon, 30 qui croissent avec la fréquence pour un tronçon sans revêtement absorbants 5, peuvent encore croître dans le cas de revêtements absorbants 5 peu épais, puis décroissent au contraire lorsque cette épaisseur est suffisante : sur la figure, dont l'objet 35 est seulement de montrer l'influence de ces revête-

ments, l'échelle des ordonnées n'a pas été chiffrée ; ce point sera précisé plus loin sur un exemple.

Ceci étant, la théorie, développée dans le cas d'une ligne à retard en hélice, montre que le champ 5 hyperfréquence débordant de l'hélice sur ses supports décroît d'autant plus vite, par unité de longueur de ligne, dans la direction de propagation du faisceau, que la fréquence de l'onde véhiculée par la ligne est élevée. Ceci est vrai également dans 10 l'épaisseur des bâtonnets, dans la direction radiale, entre l'hélice et le fourreau. Le résultat en est que, en introduisant une atténuation répartie, comme celle produite par les revêtements extérieurs 5, le long d'une partie de la ligne à retard, on provoque dans cette 15 partie de la ligne un amortissement d'autant plus important que la fréquence est basse. Il s'en suit que le maximum de gain au cours de l'interaction entre le faisceau et la ligne se trouve décalé vers les hautes fréquences de la bande de fonctionnement, 20 du fait de ces revêtements absorbants 5.

Bien entendu, le gain à ces fréquences est inférieur à celui qui serait obtenu, à plus basse fréquence, sans ces revêtements absorbants répartis, mais un fonctionnement acceptable du tube reste pos- 25 sible, comme on le verra. Les revêtements répartis, par le décalage vers les fréquences hautes qu'ils permettent, apportent un avantage qui est appréciable, même compte tenu de l'affaiblissement du gain qu'ils entraînent.

30 La figure 4 montre un exemple de résultats obtenus. Cette figure est un diagramme comparatif des courbes du gain G en fonction de la fréquence F, pour un tube de l'art antérieur, courbe I, et pour le même tube muni des revêtements répartis, 5 selon 35 l'invention, courbe II.

Le tube comportait une ligne à retard en hélice, cylindrique, de 2 mm de diamètre et de 175 mm

de longueur ; les bâtonnets supports étaient des barreaux à section rectangulaire de 1 x 0,6 mm s'étendant tout le long de la ligne et pourvus d'un revêtement absorbant sur leur grande face extérieure,

5 opposée à celle en contact avec l'hélice, sur les 125 premiers millimètres en partant du canon. Le décalage de fréquence observé, au maximum de gain, était de 4 gigahertz avec une perte de gain de 10 db. Cette perte était compensée pour un même niveau de

10 sortie haute fréquence dans la charge couplée à la partie extrême du tube, à l'autre bout de l'hélice, par une augmentation du signal injecté à l'entrée. Le tube fonctionnait à 16 gigahertz au lieu de 12 dans les conditions de l'art antérieur ; il compor-

15 tait, bien entendu, les mêmes moyens d'atténuation localisés dans les deux cas, réalisés, par endroits, sur les bâtonnets, comme indiqué à propos de la figure 2.

Les applications des tubes à ondes progressives de l'invention sont les mêmes que celles des tubes du même genre de l'art antérieur, les télécommunications notamment. On préfère la solution du décalage de la fréquence de fonctionnement d'un tube, initialement centré sur une fréquence plus basse, à

25 celle de la réalisation du tube centré sur la fréquence haute, à cause des inconvénients auxquels une telle réalisation se heurte, comme exposé plus haut.

On donne ci-dessous un exemple de la méthode de réalisation du tube de l'invention.

Après usinage, les bâtonnets sont revêtus d'un dépôt de carbone pyrolytique sur toute leur surface, par cracking d'un hydrocarbure. Le bâtonnet est ensuite placé dans un montage masquant la surface

35 sur laquelle on souhaite conserver le dépôt, l'une

des grandes faces du bâtonnet dans le cas de la forme en parallélépipède de l'exemple de la figure 2. Un sablage permet d'éliminer le carbone sur la partie restante. L'atténuation localisée est réalisée en-
suite par dépôt par échauffement local du bâtonnet,
et cracking du même hydrocarbure sous pression réduite.

Les bâtonnets sont préférentiellement en nitrure de bore anisotrope, comme dans le cas de l'exemple cité ; le revêtement 5 en carbone avait une épaisseur de
10 micromètres, sensiblement, dans cet exemple.

D'autres méthodes sont possibles. On peut utiliser, selon les techniques connues, d'autres substances absorbantes que celle citée, par exemple de l'Aquadag (marque déposée), suspension colloïdale aqueuse de graphite, ou des dépôts métalliques résistants ; ces substances peuvent être appliquées sur le bâtonnet par simple enduction ou pulvérisation, par pulvérisation cathodique, par dépôt en phase vapeur, etc., suivant la substance utilisée et la
nature du bâtonnet, dont le matériau constitutif peut être, outre celui cité, une céramique, l'alumine, le quartz, le nitrure de bore isotrope, la glucine...
20
25

L'invention couvre aussi le dispositif amplificateur construit avec le tube à ondes progressives de l'invention.

1. Tube à ondes progressives pour très hautes fréquences, fonctionnant par interaction entre une onde électromagnétique parcourant une ligne à retard, maintenue par des supports, et un faisceau d'électrons se propageant le long de cette ligne entre un canon à électrons, à une extrémité, et un collecteur captant les électrons, à l'autre, caractérisé en ce que les supports sont recouverts, du côté opposé à la ligne et sur une fraction de leur longueur à partir de leur extrémité voisine du canon, d'un revêtement doué de la propriété d'absorption pour l'onde électromagnétique débordant, en fonctionnement, de ladite ligne.

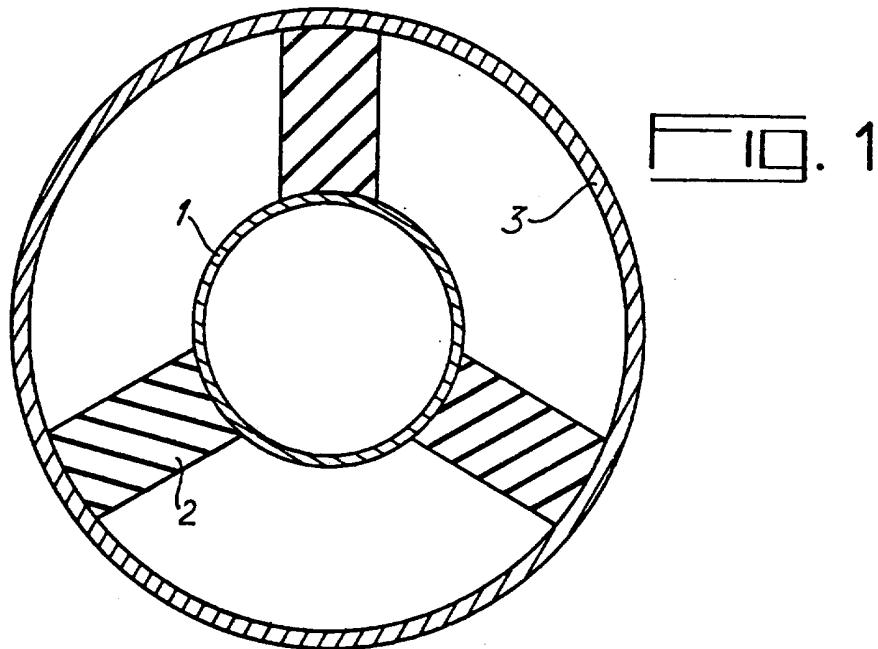
2. Tube à ondes progressives, suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la ligne à retard est faite d'un fil conducteur enroulé en hélice, en ce que les supports consistent en des bâtonnets en contact avec celle-ci, et en ce que le faisceau se propage à l'intérieur de la ligne, sensiblement suivant son axe.

3. Tube à ondes progressives suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau constitutif des supports est le nitrure de bore anisotrope, et celui des revêtements absorbants le carbone pyrolytique.

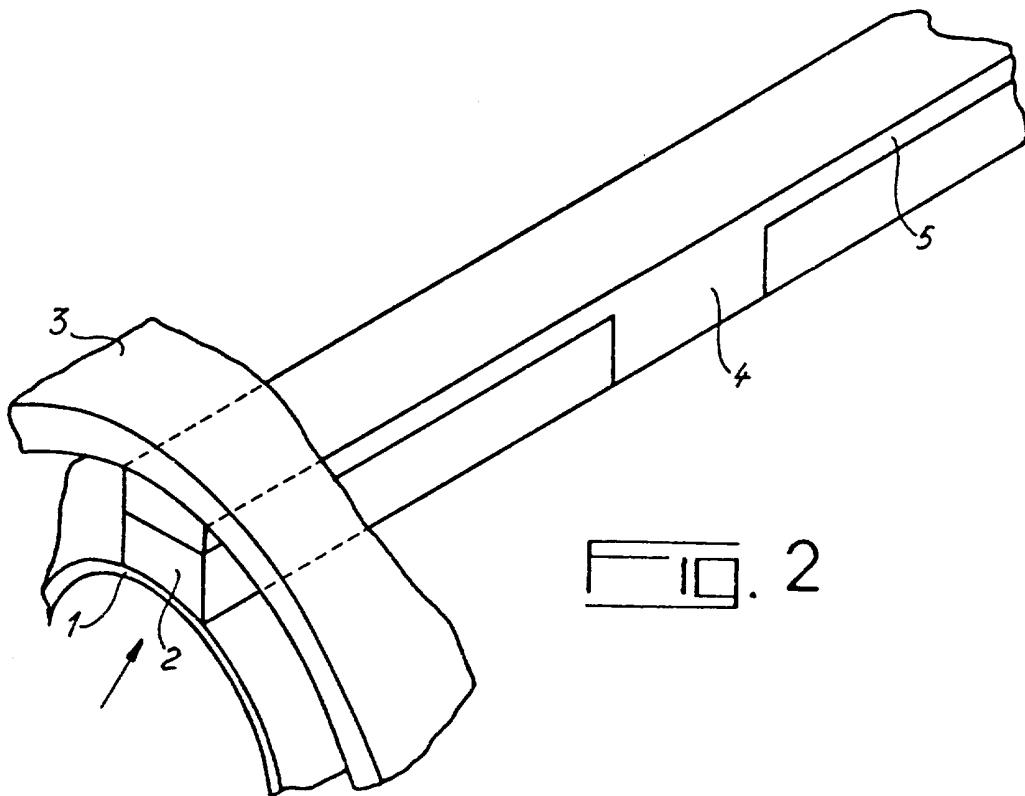
4. Amplificateur pour très hautes fréquences, caractérisé en ce qu'il comporte un tube à ondes progressives suivant l'une des revendications 1 à 3.

2476908

1/2



[] 1. 1



[] 1. 2

