



(11) **EP 1 568 098 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**24.01.2007 Bulletin 2007/04**

(21) Numéro de dépôt: **03795990.5**

(22) Date de dépôt: **03.11.2003**

(51) Int Cl.:  
**H01P 1/213<sup>(2006.01)</sup> H04J 1/00<sup>(2006.01)</sup>**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/EP2003/050780**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2004/042863 (21.05.2004 Gazette 2004/21)**

(54) **DISPOSITIF SEPARATEUR DE BANDES HYPERFREQUENCES A LARGE BANDE**  
**BREITBAND-MIKROWELLENBANDTRENNEINRICHTUNG**  
**WIDE BAND MICROWAVE BAND SEPARATING DEVICE**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **08.11.2002 FR 0214049**

(43) Date de publication de la demande:  
**31.08.2005 Bulletin 2005/35**

(73) Titulaire: **Thales**  
**92200 Neuilly Sur Seine (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **MAGE, Jean-Claude**  
**Thales Intellectual Property**  
**F-94117 Arcueil Cedex (FR)**

• **MARCILHAC, Bruno**  
**Thales Intellectual Property**  
**F-94117 Arcueil Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Chaverneff, Vladimir et al**  
**Marks & Clerk France**  
**31-33 Avenue Aristide Briand**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(56) Documents cités:  
**WO-A-99/65102 US-A- 5 838 675**

**EP 1 568 098 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).

## Description

**[0001]** La présente invention se rapporte à un dispositif séparateur de bandes hyperfréquences à large bande.

**[0002]** Les séparateurs de bandes hyperfréquences (également dénommés « multiplexeurs ») sont des dispositifs utilisés en particulier dans des récepteurs hyperfréquences à large bande. Ces récepteurs reçoivent des signaux multicanaux à canaux adjacents que les séparateurs sont chargés de séparer individuellement. Les performances de ces récepteurs hyperfréquences à large bande sont limitées par les différents points suivants :

- l'amplificateur de tête (celui qui suit immédiatement l'antenne réceptrice) présente des non-linéarités entraînant la génération de fréquences harmoniques ;
- les mélangeurs des étages hétérodynes génèrent des produits d'intermodulation ;
- la largeur de bande instantanée de ces récepteurs est limitée;
- les filtres des séparateurs introduisent des pertes d'insertion non négligeables ;
- ces mêmes filtres ont une raideur insuffisante des flancs de leur courbe caractéristique atténuation/fréquence ;
- du fait de cette raideur insuffisante, les bandes contiguës se chevauchent ;
- si l'on veut éviter ce chevauchement, on doit écarter les unes des autres les fréquences centrales des canaux, et donc des filtres correspondants, ce qui crée des trous entre bandes contiguës.

**[0003]** Les filtres passe-bande utilisés actuellement en hyperfréquences sont généralement du type à lignes couplées rectilignes ou repliées en « U ». De tels filtres présentent une raideur insuffisante des flancs de leur caractéristique fréquence/atténuation et des pertes d'insertion.

**[0004]** On connaît d'après le document US 5 838 675 un séparateur de canaux hyperfréquences à structure de type « manifold » et incluant des amplificateurs-limites, ce qui en rend la réalisation complexe.

**[0005]** La présente invention a pour objet un dispositif séparateur pour récepteur hyperfréquences large bande du type précité, ce dispositif séparateur ne présentant pas les inconvénients précités des dispositifs de l'art antérieur.

**[0006]** Le dispositif séparateur conforme à l'invention comporte un ensemble de paires de filtres passe-bande et passe-bas, et dans chaque paire de filtres relative à une bande de fréquences  $F_{b_n}$ - $F_{h_n}$  à séparer d'un ensemble de bandes, le filtre passe-bande a une bande passante comprise entre  $F_{b_n}$  et  $F_{h_n}$  (avec  $F_{b_n} < F_{h_n}$ ), tandis que le filtre passe-bas a une fréquence de coupure située à  $F_{h_{n-1}}$ , tous les filtres étant en matériau supraconducteur refroidi en fonctionnement à une température inférieure à la température critique de ce matériau, cha-

que paire de filtres étant réalisée sur une même barrette individuelle et ayant une entrée commune à laquelle ces filtres sont reliés directement.

**[0007]** La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est un bloc-diagramme d'un dispositif séparateur conforme à l'invention ;
- la figure 2 est une vue en plan d'une paire de filtres faisant partie d'un dispositif séparateur conforme à l'invention ;
- la figure 3 est une vue en plan d'un mode de réalisation préféré d'un filtre passe-bande faisant partie de la paire de filtres de la figure 2 ; et
- la figure 4 est une vue de détail agrandie du filtre de la figure 1.

**[0008]** Le dispositif séparateur 1 schématisé en figure 1 comporte plusieurs paires de filtres, chaque paire de filtres se composant d'un filtre passe-bande et d'un filtre passe-bas. Dans le cas présent, le dispositif séparateur comporte cinq paires de filtres, respectivement référencés 2.1 à 2.5, mais il est bien entendu que le nombre de paires de filtres du dispositif séparateur de l'invention peut être différent, en fonction du nombre de canaux contenus dans le signal reçu par le récepteur hyperfréquences dont fait partie ce dispositif séparateur.

**[0009]** Selon une caractéristique importante de l'invention, la première paire de filtres 2.1 branchée juste après l'entrée 3 est celle se rapportant à la voie de fréquences les plus élevées (voie 1 dans l'exemple), la seconde paire, 2.2 ; branchée juste en aval de la première paire, se rapporte à la voie (voie 2) à fréquences juste inférieures à celles de la voie 1, et ainsi de suite jusqu'à la paire de filtres 2.5 (voie 5).

**[0010]** Selon un exemple de réalisation, les voies 1 à 5 ont respectivement les bandes de fréquences suivantes (en GHz): 16-18, 12-16, 8-12, 4-8 et 2-4, mais il est bien entendu que ces valeurs peuvent être différentes dans d'autres applications.

**[0011]** Chaque paire de filtres 2.1 à 2.5 (2.1 à 2.n dans le cas le plus général) est réalisée sur une même barrette de substrat de support individuelle, de la façon décrite ci-dessous en référence à la figure 2. Les différentes barrettes du séparateur 1 sont fixées dans un boîtier à cases séparées 4, parallèlement les unes aux autres, et découplées entre elles par des blindages électromagnétiques 5.1 à 5.4 formés sur les cloisons des cases du boîtier 4. L'entrée 3 est reliée au point 5 qui est l'entrée commune des filtres de la paire 2.1. La sortie 6 de la paire de filtres 2.1 vers la paire suivante 2.2 est la sortie du filtre passe-bas de la paire 2.1 (à l'opposé de son entrée 5). Cette sortie 6 est reliée à l'entrée 7 de la paire 2.2 qui est l'entrée commune des filtres de la paire 2.2 et ainsi de suite jusqu'à la paire 2.5 (sorties 8, 10, 12 reliées respectivement aux entrées 9, 11, 13). Finalement, la sortie 14 du filtre

passé-bas de la paire 2.5 est reliée soit à une charge fictive adaptée (afin d'absorber des résidus du signal incident) soit, par exemple, à un analyseur de spectre. Sur les sorties 15 à 19 des filtres passe-bande des paires 2.1 à 2.5 respectivement, on recueille les signaux des voies 1 à 5, et uniquement ces signaux (sans harmoniques ni parties extrêmes des voies contiguës).

**[0012]** On a représenté en figure 2 une des barrettes du séparateur 1, par exemple la barrette 2.1. Son filtre passe-bande est réalisé de la façon suivante.

**[0013]** Le filtre passe-bande décrit ici a une bande passante de 2 ou de 4 GHz, pour une fréquence centrale pouvant être comprise entre 3 et 20 GHz environ, mais il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée à ces valeurs, et que l'homme du métier pourra, à la lecture de la présente description, modifier ces valeurs tout en obtenant les mêmes avantages qu'avec le présent exemple.

**[0014]** Le filtre passe-bande 20 représenté sur les figures 2 à 4 du dessin comporte, pour le présent exemple, douze lignes de longueur électrique  $\lambda/2$  couplées entre elles et référencées L1 à L12, mais il est bien entendu que le nombre de lignes d'un filtre peut être différent, avantageusement compris entre 12 et 16. La raideur des flancs de la caractéristique fréquence/atténuation étant une fonction directe du nombre de lignes, on pourra être amené à rechercher un compromis entre une grande raideur et un encombrement important (généralement, les appareils comportant de tels filtres devraient en comporter un grand nombre pour améliorer leurs caractéristiques, alors que leur encombrement doit être limité, par exemple lorsque ces appareils sont aéroportés).

**[0015]** Les lignes L1 et L12 sont des lignes « repliées » à forme générale en « V ». Cependant, selon une caractéristique importante de l'invention, les deux branches de ce « V », au lieu d'être rectilignes, sont chacune en forme de « marche d'escalier » présentant, à mi-hauteur, un palier perpendiculaire à l'axe de symétrie du « V » à chaque extrémité duquel se raccorde un « montant » parallèle à l'axe de symétrie du « V ». Les lignes successives sont disposées tête-bêche, de façon à être couplées de manière optimale et à réduire l'encombrement du filtre. L'extrémité libre de la ligne L12 est directement reliée à un pavé métallisé E formé sur une barrette de support 21 et constituant la borne d'entrée du filtre 20. L'extrémité libre de la ligne L1 est directement reliée à un pavé métallisé S formé sur le substrat 21 et constituant la borne de sortie du filtre 20. Bien entendu, les formes et dimensions des bornes E et S sont déterminées de façon à leur conférer une impédance adéquate. Il est également bien entendu que, si seul le filtre passe-bande 20 est utilisé, l'entrée du filtre peut se faire du côté de la ligne L1, et sa sortie du côté de la ligne L12.

**[0016]** Les lignes L1 à Ln ( $n=12$  dans le présent exemple) sont formées par dépôt de couches minces de matériau supraconducteur sur la barrette 21 en matériau présentant de faibles pertes diélectriques, tel que MgO. La barrette 21 a par exemple une forme rectangulaire,

et les lignes L1 à Ln se succèdent selon une direction 22 parallèle à un grand côté de la barrette 21. Ces lignes ont une forme générale de « V » et les axes de symétrie de ces « V » sont tous parallèles à une direction 23 qui est perpendiculaire à la direction 22, les ouvertures des « V » étant alternativement dirigées en sens contraires. La « hauteur » commune de toutes les lignes L1 à Ln est référencée h (dimension des lignes mesurée parallèlement à la direction 23). Dans le détail, et comme représenté en figure 4 pour quatre lignes successives L<sub>m-1</sub>, L<sub>m</sub>, L<sub>m+1</sub>, L<sub>m+2</sub>, toutes les lignes sont réalisées de la façon suivante, comme expliqué ci-après pour la ligne L<sub>m</sub>, identique à toutes les autres lignes, seule l'orientation des lignes alternant d'une ligne à la suivante.

**[0017]** L'axe de symétrie de la ligne L<sub>m</sub> est référencé 24, et on ne décrit ici qu'une moitié de cette ligne (à gauche de l'axe 24, telle que vue sur la figure 4), l'autre moitié s'en déduisant la symétrie par rapport à l'axe 24. La ligne L<sub>m</sub> comporte un premier tronçon rectiligne 25 s'étendant sur pratiquement la moitié de la hauteur h. Ce tronçon est parallèle à l'axe 24 et en est distant d'environ h/2. Le tronçon 25 est suivi d'un tronçon 26 qui lui est perpendiculaire et se dirige vers l'axe 24 sans toutefois l'atteindre. Le tronçon 26 se prolonge par un tronçon 27 parallèle à l'axe 24, qui se prolonge lui-même par un tronçon 28 perpendiculaire à l'axe 24 et arrivant jusqu'à l'axe 24. L'autre moitié de la ligne L<sub>m</sub> se compose des tronçons 25a à 28a, respectivement symétriques des tronçons 25 à 28 par rapport à l'axe 24.

**[0018]** Soit D la distance entre les tronçons 25 et 25a. Selon un mode de réalisation préféré, la somme des longueurs des tronçons 28 et 28a est sensiblement égale à D/3, et il en résulte que les longueurs des tronçons 26 et 26a sont pratiquement égales chacune à D/3.

**[0019]** Les lignes successives L1 à Ln sont très proches les unes des autres, afin d'assurer entre elles un couplage optimal. Comme indiqué en figure 4, la distance d entre deux lignes adjacentes est avantageusement de quelques dizaines de micromètres et de préférence inférieure à 100  $\mu\text{m}$  pour des lignes de filtres pouvant fonctionner à des fréquences comprises entre 2 et 20 GHz, par exemple.

**[0020]** Le filtre passe-bas 29 de la barrette 2.1 est réalisé de façon connue en soi pour ce qui est de sa topologie, la différence importante par rapport aux filtres passe-bas connus fonctionnant à des fréquences similaires résidant dans le fait que les éléments conducteurs du filtre passe-bas de l'invention sont, non pas des couches métalliques classiques (Cu, Au, ...) mais sont composés de couches minces supraconductrices déposées sur la même barrette de substrat 21 que celui portant le filtre passe-bande décrit ci-dessus. Pour cette raison, on ne décrira ici que brièvement le filtre passe-bas 29. Ce filtre 29 comporte plusieurs cellules L-C, par exemple neuf cellules 30.1 à 30.9. Chacune de ces cellules 30.1 à 30.9 se compose d'une ligne étroite, éventuellement repliée en méandres et faisant office d'inductance (référencée 31.3 pour la cellule 30.3 seulement, pour simplifier le

dessin) et d'une plaque rectangulaire (référéncée 32.3 pour la cellule 30.3) faisant office de condensateur avec la métallisation de l'autre face du substrat 21 (non visible sur le dessin). Dans l'exemple représenté sur la figure 2, les électrodes des condensateurs des cellules 30.1 à 30.8 sont de mêmes dimensions, alors que celle de la cellule 30.9 est de plus petites dimensions. Les inductances des cellules 30.2 à 30.8 sont identiques, tandis que celles des cellules 30.1 et 30.9 sont plus petites. Le condensateur de la dernière cellule 30.9 est relié à un petit pavé S1 constituant la borne de sortie vers la paire suivante (ou vers la terminaison pour la paire 2.5). Bien entendu, les dimensions relatives des inductances et des condensateurs des différentes cellules du filtre passe-bas sont déterminées en fonction des impédances relatives du filtre et des éléments reliés à son entrée et à sa sortie, l'adaptation d'impédance pouvant être prise en charge par la première et la dernière cellules, ou bien être progressive et affecter des cellules voisines. Le cas échéant, les formes et dimensions des conducteurs reliant les cellules du filtre aux bornes 15 et 16 sont telles que ces conducteurs assurent une partie de l'adaptation d'impédance. Dans l'exemple représenté en figure 2, l'inductance 30.1 est reliée non pas directement à la borne d'entrée E, mais à la ligne L12 du filtre passe-bande, presque en son milieu, mais il est bien entendu que cette liaison pourrait être réalisée différemment (inductance 30.1 reliée directement à la borne E ou à un autre endroit de la ligne L12). Bien entendu, non seulement tous les éléments de chaque barrette 2.1 à 2.5 sont en matériau supraconducteur, mais également les liaisons entre barrettes, l'ensemble des circuits représentés en figure 1 étant porté à une température inférieure à la température critique de ce matériau supraconducteur.

**[0021]** Le dispositif séparateur décrit ici présente les avantages suivants :

- grâce au fait que tous ses éléments conducteurs sont en matériau supraconducteur, les pertes d'insertion qu'il produit sont très réduites grâce à la faible résistance de surface de ce matériau ;
- grâce à ces pertes d'insertion réduites, on peut brancher le séparateur en tête, immédiatement derrière l'antenne. Ce séparateur est alors suivi d'amplificateurs, ce qui supprime ou diminue très fortement les harmoniques qui, autrement, seraient produites par ces amplificateurs ;
- on réduit la distorsion d'intermodulation des étages hétérodynes ;
- on augmente la largeur de bande instantanée ;
- on augmente la raideur des flancs de la caractéristique atténuation/fréquence des filtres passe-bas et passe-bande, car on peut augmenter le nombre de cellules de chaque filtre grâce à leur très faible résistance ;
- on supprime pratiquement tout chevauchement entre bandes contiguës grâce au fait que les circuits des filtres formés sur les barrettes (2.1 à 2.5) peuvent

avoir des dimensions très précises et grâce au fait que les fréquences sont traitées dans l'ordre décroissant de leurs valeurs ;

- les trous entre bandes contiguës peuvent être supprimés par l'utilisation de deux séparateurs à bandes décalées.

**[0022]** En outre, grâce au refroidissement des circuits supraconducteurs à une température bien précise, on élimine pratiquement toute dérive de phase et on élimine la nécessité de calibrages fréquents des récepteurs.

## Revendications

1. Dispositif séparateur pour récepteurs hyperfréquences large bande, **caractérisé par le fait qu'il** comporte un ensemble de paires de filtres passe-bande et passe-bas (2.1 à 2.5), et que dans chaque paire de filtres relative à une bande de fréquences  $F_{b_n} - F_{h_n}$  à séparer d'un ensemble de bandes, le filtre passe-bande a une bande passante comprise entre  $F_{b_n}$  et  $F_{h_n}$  (avec  $F_{b_n} < F_{h_n}$ ), tandis que le filtre passe-bas a une fréquence de coupure située à  $F_{h_{n-1}}$ , tous les filtres étant en matériau supraconducteur, refroidi, en fonctionnement, à une température inférieure à la température critique de ce matériau, chaque paire de filtres étant réalisée sur une même barrette individuelle (21) et ayant une entrée commune (E) à laquelle sont reliés directement le filtre passe-bas et le filtre passe-bande de cette même barrette, et **par le fait que** la sortie (S) de bande séparée est celle du filtre passe-bande, et que la sortie (S1) vers la paire suivante (6, 8, 10, 12) ou vers une terminaison (14) est celle du filtre passe-bas.
2. Dispositif séparateur selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** les paires de filtres sont disposées, à partir de l'entrée du séparateur, dans l'ordre décroissant des bandes de fréquences à séparer (voie 5 à voie 1).

## Claims

1. Splitter device for wideband microwave receivers, **characterized in that** it comprises a set of pairs of band-pass and low-pass filters (2.1 to 2.5), and **in that**, in each pair of filters relative to a frequency band  $F_{b_n} - F_{h_n}$  to be split from a set of bands, the band-pass filter has a bandwidth between  $F_{b_n}$  and  $F_{h_n}$  (with  $F_{b_n} < F_{h_n}$ ), whereas the low-pass filter has a cut-off frequency located at  $F_{h_{n-1}}$ , all the filters being made of a superconductive material, cooled in operation to a temperature below the critical temperature of this material, each pair of filters being produced on one and the same individual strip (21) and having a common input (E) to which are directly

linked the low-pass filter and the band-pass filter of this same strip, and **in that** the split band output (S) is that of the band-pass filter, and that the output (S1) to the next pair (6, 8, 10, 12) or to a termination (14) is that of the low-pass filter.

5

2. Splitter device according to Claim 1, **characterized in that** the pairs of filters are disposed, from the input of the splitter, in descending order of the frequency bands to be split (channel 5 to channel 1).

10

### Patentansprüche

1. Trennvorrichtung für Breitband-Mikrowellenempfänger, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Einheit von Paaren aus Bandpassfiltern und Tiefpassfiltern (2.1 bis 2.5) aufweist, und dass in jedem Filterpaar, das sich auf ein von einer Einheit von Bändern zu trennendes Frequenzband  $Fb_n - Fh_n$  bezieht, das Bandpassfilter ein Durchlassband zwischen  $Fb_n$  und  $Fh_n$  (mit  $Fb_n < Fh_n$ ) hat, während das Tiefpassfilter eine Grenzfrequenz hat, die auf  $Fh_{n-1}$  liegt, wobei alle Filter aus supraleitendem Material sind, das im Betrieb auf eine Temperatur unter der kritischen Temperatur dieses Materials gekühlt wird, wobei jedes Filterpaar auf der gleichen individuellen Leiste (21) hergestellt ist und einen gemeinsamen Eingang (E) hat, mit dem das Tiefpassfilter und das Bandpassfilter dieser Leiste direkt verbunden sind, und **dadurch**, dass der getrennte Bandausgang (S) derjenige des Bandpassfilters ist, und dass der Ausgang (S1) zum folgenden Paar (6, 8, 10, 12) oder zu einem Abschluss (14) derjenige des Tiefpassfilters ist.
2. Trennvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filterpaare ausgehend vom Eingang des Separators in abnehmender Reihenfolge der zu trennenden Frequenzbänder (Kanal 5 zu Kanals 1) angeordnet sind.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

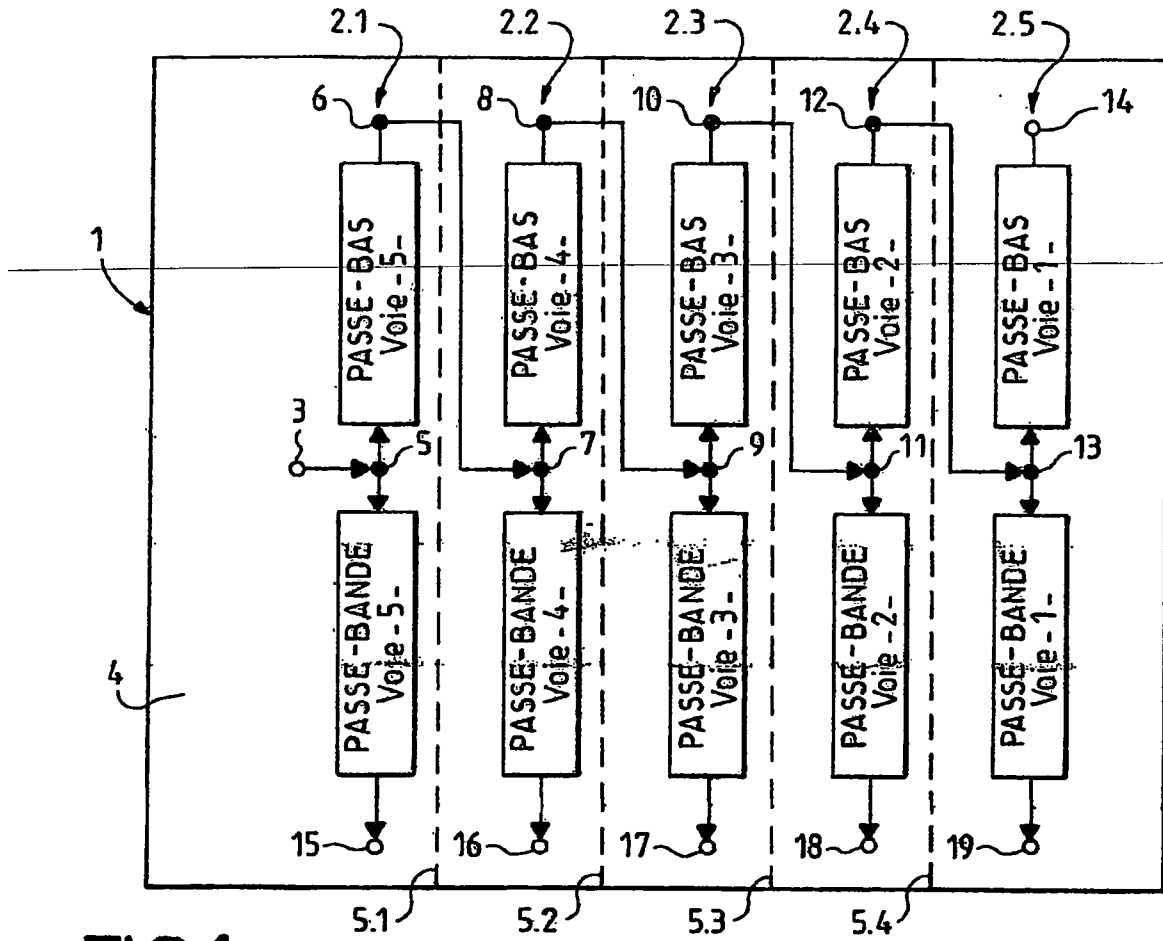


FIG. 1

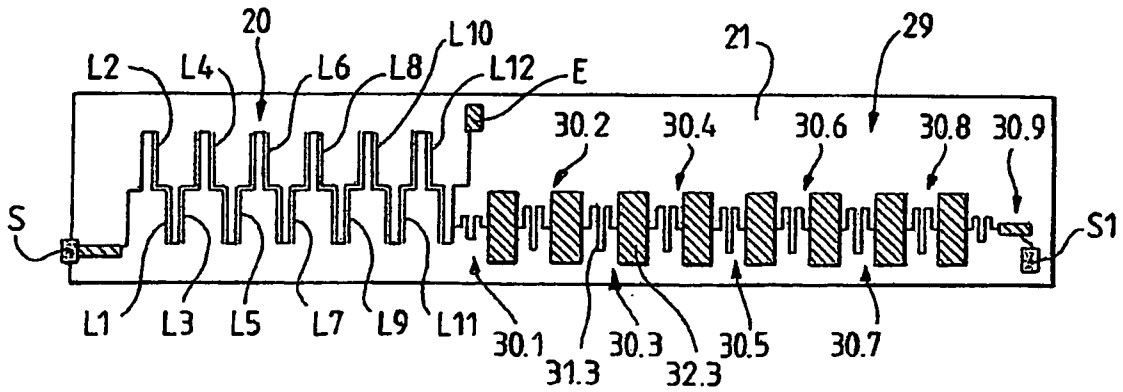


FIG. 2

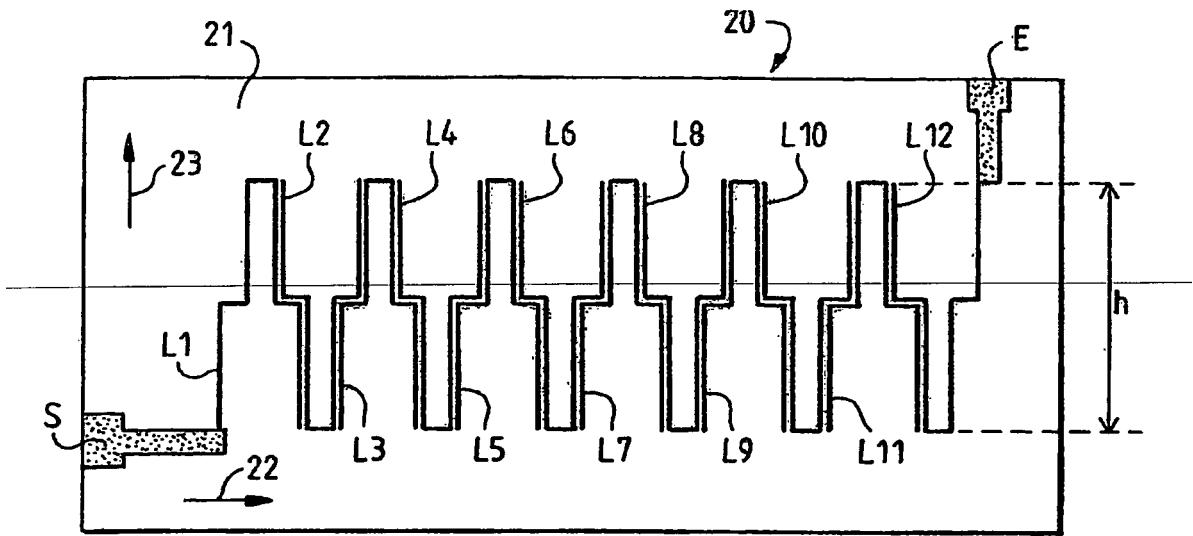


FIG. 3

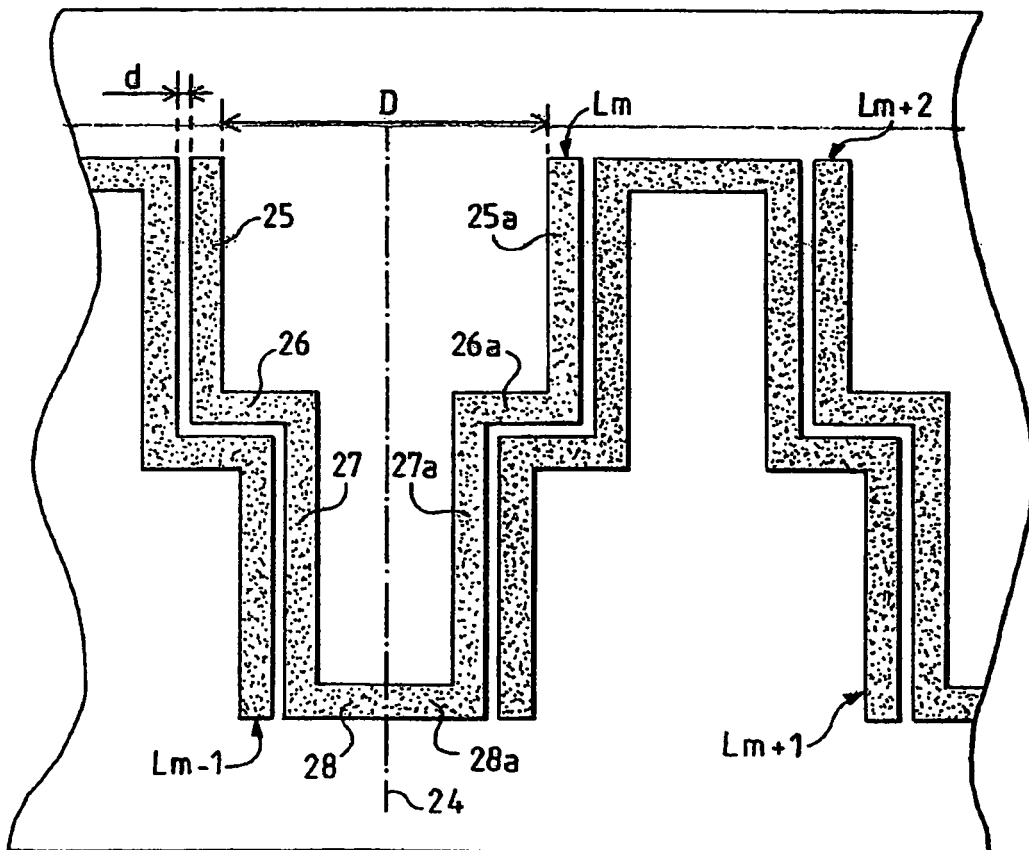


FIG. 4