

12

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **89400242.7**

51 Int. Cl.4: **H 01 P 7/08**  
**H 01 P 1/203**

22 Date de dépôt: **27.01.89**

30 Priorité: **29.01.88 FR 8801060**

43 Date de publication de la demande:  
**02.08.89 Bulletin 89/31**

84 Etats contractants désignés: **DE FR GB**

71 Demandeur: **ETAT FRANCAIS représenté par le Ministre des PTT (Centre National d'Etudes des Télécommunications)**  
**38-40 rue du Général Leclerc**  
**F-92131 Issy-les-Moulineaux (FR)**

**TELEDIFFUSION DE FRANCE**  
**10, rue d'Oradour sur Glane**  
**F-75932 Paris Cédex 15 (FR)**

72 Inventeur: **Havot, Henry**  
**13 rue de la Prée**  
**F-35510 Cesson-Sévigné (FR)**

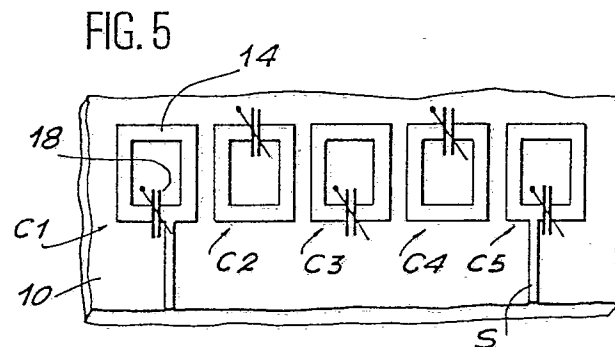
74 Mandataire: **Mongrédién, André et al**  
**c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu**  
**F-75008 Paris (FR)**

54 **Circuit résonnant et filtre utilisant ce circuit.**

57 **Circuit résonnant et filtre utilisant ce circuit.**

Le circuit résonnant comprend, sur un substrat diélectrique (10), des microrubans conducteurs (14) dessinant chacun un contour ouvert, un condensateur (18) étant connecté à travers chaque ouverture. La longueur du microruban est inférieure à  $\lambda/8$ .

Application en radioélectricité et notamment dans la réalisation de filtres pour stations de réception de signaux de télévision diffusés par satellite.



## Description

## CIRCUIT RESONNANT ET FILTRE UTILISANT CE CIRCUIT

5

## DESCRIPTION

La présente invention a pour objet un circuit résonnant et un filtre utilisant ce circuit. Le domaine technique de l'invention est la radioélectricité, l'électronique, le filtrage et le multiplexage de fréquences, etc...

L'invention trouve une application particulière dans la réalisation de stations de réception de signaux de télévision diffusés par satellites.

L'un des problèmes posés dans cette technique est de réaliser, dans la station de réception, un filtre fonctionnant dans la bande de fréquences 950-1750 MHz et permettant de réaménager très facilement les plans de fréquences, en fonction des disponibilités en canaux et de la demande des usagers.

Parmi les nombreux types de filtres existants (du type à cellules LC couplées, hélicoïdaux, coaxiaux, à quartz, à guide d'onde, à résonateur diélectrique,...), il n'en existe pas qui présente à la fois un faible coût, une grande facilité de réglage, une bonne stabilité et une plage de fonctionnement allant de fréquences aussi basses que quelques dizaines de mégahertz à des fréquences supérieures à 2000 MHz.

La présente invention a justement pour but de remédier à cette carence en proposant un circuit et un filtre qui présentent tous ces avantages.

On connaît des résonateurs en anneau fonctionnant selon le principe de l'établissement d'un régime d'ondes stationnaires. Un ruban conducteur (ou micro-ruban) est utilisé dont la longueur est égale à la longueur d'onde associée à la fréquence de résonance (ou éventuellement à la demi-longueur d'onde).

De tels résonateurs en anneau sont décrits par exemple dans l'article intitulé "On the Study of Microstrip Ring and Varactor-Tuned Ring Circuits" publié dans la revue IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. MIT-35, n° 12, Décembre 1987, pp. 1288-1294 ou encore dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique US-A-4,121,182 pour "Electrical Tuning Circuit", ou encore dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique US-A-4,641,116 pour "Microwave Filter", ou encore dans la demande de brevet français FR-A-2 248 621 pour "Dispositif micro-ondes muni d'un résonateur demi-onde" et enfin dans la demande de brevet européen EP-A-0 071 508 pour "Filtre hyperfréquence de petites dimensions à résonateurs linéaires".

Dans cet art antérieur la forme du ruban est limitée à quelques formes simples aptes à conduire à une forte surtension. On trouve donc en pratique toujours des anneaux circulaires ou éventuellement des U. Par ailleurs, dans cet art antérieur, la dimension du circuit est, par essence, de l'ordre de la longueur d'onde. Dès que la fréquence devient basse, les dimensions du résonateur deviennent prohibitives. Par exemple, à 30 MHz un résonateur de l'art antérieur constitué par un ruban circulaire aura un diamètre de 1,60 m.

La présente invention a justement pour but de remédier à ces inconvénients. A cette fin elle préconise un circuit résonnant utilisant encore un ruban conducteur mais dans des conditions de fonctionnement très différentes de celles de l'art antérieur. Dans l'invention, le ruban joue le rôle d'inductance pure dans la bande d'utilisation du circuit. Pour ce faire, sa longueur est prise inférieure à  $\lambda/8$ , si  $\lambda$  est la longueur d'onde associée à la fréquence de travail du résonateur.

Le fait que le ruban soit un simple élément inductif entraîne que sa forme n'est en rien critique. Il est donc possible de retenir toute forme désirée, en particulier des formes qui permettent un repliement du ruban pour obtenir un gain de place.

Par ailleurs, la limitation de la longueur du ruban en dessous de  $\lambda/8$ , a pour effet de diminuer l'encombrement du circuit. Combinée à la faculté de repliement, cette disposition permet d'obtenir des circuits de très faibles dimensions. Ainsi, pour reprendre l'exemple d'un circuit résonnant à 30 MHz, l'invention permet de construire un circuit de  $15 \times 2$  centimètres, à comparer à l'anneau de 1,60 m de diamètre de l'art antérieur : la réduction dans les dimensions est donc d'un facteur 10.

Si cette réduction est particulièrement appréciable lorsque la fréquence est basse, puisqu'elle permet d'éviter des filtres d'encombrement prohibitif, elle n'est pas négligeable pour autant lorsque la fréquence est élevée, car alors le filtre présente alors des dimensions tellement faibles qu'une intégration devient possible.

La présente invention a également pour objet un filtre comprenant plusieurs circuits résonnants tels qu'ils ont été définis plus haut. Ces circuits (identiques ou différents) sont couplés les uns aux autres. Le couplage est serré, critique ou lâche selon le cas. Comme la forme du ruban n'est pas critique, ainsi qu'il a été souligné plus haut, on a toute latitude pour choisir la forme la mieux appropriée au couplage choisi.

L'invention trouve ainsi un vaste domaine d'application. Des filtres de 30 MHz à 2 ou 3 GHz peuvent être réalisés. La bande passante va de quelques fractions de pourcent à environ 10%.

De toute façon, les caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui suit. Cette description porte sur des exemples donnés à titre explicatif et non limitatif et elle se réfère à des dessins annexés sur lesquels :

- 60 - la figure 1 montre un circuit résonnant,
- la figure 2 illustre le schéma électrique équivalent du circuit résonnant,
- la figure 3 montre une variante à ruban triangulaire,
- la figure 4 illustre une variante à contour replié,

- la figure 5 montre un filtre selon l'invention dans sa totalité,
- la figure 6 donne les dimensions d'un filtre selon un exemple de réalisation,
- la figure 7 montre une caractéristique d'atténuation d'un filtre passe-bande conforme à l'invention, dans une plage allant de 1 MHz à 2000 MHz,
- la figure 8 montre l'atténuation de ce même filtre autour de la fréquence centrale, dans une bande de largeur 100 MHz,
- la figure 9 montre la caractéristique d'un filtre passe-bande selon l'invention autour de la fréquence centrale dans une bande de 40 MHz,
- la figure 10 montre une autre caractéristique (temps de groupe) d'un filtre passe-bande selon l'invention autour de la fréquence centrale, dans une bande de 100 MHz.

Un circuit résonnant selon l'invention est représenté sur la figure 1, en vue de dessus (a), en coupe (b) et dans une variante à boîtier métallique (c). Cet élément comprend un substrat plan 10, en matériau diélectrique (par exemple en verre époxy, en téflon,...). Sur la face inférieure de ce substrat, on trouve dans la variante des figures (a) et (b), une couche conductrice 12 (en cuivre par exemple) formant plan de masse et sur la face supérieure, un microruban 14 en matériau conducteur (en cuivre par exemple). Dans la variante de la figure c, le circuit est disposé dans un boîtier métallique 20 et le plan de masse est constitué par les parois métalliques 22 inférieure et supérieure. Le microruban dessine un contour "ouvert" en ce sens qu'il entoure incomplètement une partie du plan. En d'autres termes, il présente au moins une ouverture. Sur la figure 1, ce contour est rectangulaire et l'ouverture (unique) est référencée 16. Connecté à travers cette ouverture se trouve un condensateur 18 réglable ou ajusté une fois pour toutes.

Le schéma électrique équivalent est représenté sur la figure 2 en considérant encore l'élément en vue de dessus (a) et en coupe (b) dans la variante où le plan de masse est disposé sous le substrat. Sur cette figure, on voit une inductance L, due au microruban non rectiligne, un condensateur d'accord Ca connecté entre les extrémités du ruban, et des condensateurs parasites Cp, qui correspondent au volume séparant le microruban et le plan de masse.

Le fonctionnement de ce résonateur est alors le suivant.

On désigne par l la longueur du microruban et par λ la longueur d'onde dans le substrat à la fréquence de fonctionnement. La longueur l est toujours inférieure ou égale à λ/8 pour pouvoir être assimilé à un élément de self indépendant de la fréquence.

Soit fo la fréquence centrale du filtre à réaliser ; cette fréquence est déterminée par la relation classique :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

où L est l'inductance et C la capacité équivalente du résonateur.

On commence par déterminer une valeur de L réalisable pratiquement. On détermine pour cela la longueur d'onde λo dans le substrat correspondant à fo, puis la valeur de λ o/8 et on choisit une longueur de microruban inférieure à cette valeur. La valeur de l'inductance L peut être obtenue de manière approchée par la formule :

$$L = l \times \frac{Z}{v} \quad (2)$$

Dans cette expression :

- L est la valeur de l'inductance exprimée en Henry,
- l est la longueur du microruban, en mètre,
- Z est l'impédance de la ligne, en Ohm, et
- v est la vitesse de phase.

On a par ailleurs :

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (3)$$

expression dans laquelle :

- c est la vitesse de phase dans le vide (soit  $3 \cdot 10^8$  m/s),
- $\epsilon_{\text{reff}}$  est la constante diélectrique efficace du substrat,

$$\text{soit } \epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 10 \frac{h}{W}}} \quad (4)$$

où :

- $\epsilon_r$  est la constante diélectrique du substrat,
- h est l'épaisseur du substrat,
- W est la largeur du microruban.

La valeur  $C_p$  de la capacité parasite peut être obtenue par une formule du type :

$$C_p \simeq 17,7 \epsilon_r \cdot H \left( \frac{2h}{W} \right) \quad (5)$$

où H désigne un coefficient, fonction de la géométrie du circuit.

La valeur de la capacité d'accord  $C_a$  à placer entre les deux extrémités du ruban se déduit de la formule (1), sachant que :

$$C = C_a + \frac{C_p}{2} \quad (6)$$

Ainsi, se trouvent définis les paramètres du circuit résonnant. La longueur du microruban couplé et le degré de couplage sont déterminés expérimentalement.

Quand la fréquence  $f_0$  croît, la valeur et les dimensions des éléments L et C décroissent et l'on se heurte à une limite dans la réalisation pratique du filtre. Mais cette limite peut être dépassée si l'on répartit la capacité le long du microruban.

Sur la figure 3, par exemple, on voit que le contour (qui est triangulaire) dessiné par le microruban présente deux ouvertures 16, 16' (au lieu d'une seule). Chacune peut être pourvue d'un condensateur réglable 18, 18'. Chaque condensateur peut alors avoir une capacité de 2 Ca.

Naturellement, on pourrait utiliser plus de deux condensateurs, le cas échéant.

Pour repousser encore ces limites, on peut utiliser un substrat ayant une faible constante diélectrique (les relations 2-3 et 4 montrent en effet que si  $\epsilon_r$  diminue  $\epsilon_{\text{reff}}$  diminue, v augmente et L diminue pour une longueur l donnée).

Inversement, quand la fréquence  $f_0$  décroît, la valeur et les dimensions des éléments L et C croissent et l'on atteint une autre limite à la réalisation pratique du filtre. Pour la franchir, il est possible de réduire les dimensions de la cellule en repliant le microruban comme illustré sur la figure 4. Mais cette solution réduit la longueur de couplage avec la cellule suivante.

La figure 5 montre un filtre complet composé de cinq circuits C1 à C5 sur un substrat unique 10 avec une microbande d'entrée E et une microbande de sortie S.

On notera également que le filtre de l'invention utilise en entrée et en sortie un couplage direct qui réalise l'adaptation entre le premier et le dernier résonateurs et les circuits d'utilisation.

Dans le cas illustré sur la figure 5, les contours dessinés par le microruban sont rectangulaires, deux contours adjacents ayant deux côtés parallèles. Mais on pourrait utiliser aussi des circuits triangulaires par exemple montés tête-bêche.

Dans une autre variante on peut imbriquer les circuits les uns dans les autres.

La figure 6 donne les principales dimensions d'un exemple de filtre conçu pour présenter une fréquence centrale  $f_0$  égale à 1131,620 MHz. Les dimensions sont en millimètres. Les condensateurs sont réglables de 0,5 à 5 pF. Le substrat est en verre époxy de 16/10 de mm d'épaisseur.

Dans cet exemple de réalisation, les contours dessinés par les microrubans sont en forme de U, c'est-à-dire de rectangles auxquels il manque un côté. L'orientation de ces U alterne d'un résonateur à l'autre, de sorte que les condensateurs sont placés des deux côtés du filtre, tantôt en haut, tantôt en bas (au sens de la figure 6).

Les figures 7, 8 et 9 montrent la caractéristique d'atténuation d'un filtre obtenu selon l'invention, avec des échelles de fréquence (en abscisses) différentes. Sur la figure 7, la courbe va de 1 à 2000 MHz ; sur la figure 8, la largeur de la bande de mesure est de 100 MHz ; sur la figure 9, elle est de 40 MHz.

La courbe de la figure 10 représente la caractéristique de temps de groupe du filtre en nanoseconde par division.

Naturellement, si la description qui précède met l'accent sur des contours rectangulaires ce n'est qu'à titre explicatif. Toute autre forme est possible : triangulaire, circulaire, elliptique, en losange, etc.

5

**Revendications**

- 1. Circuit résonnant comprenant :
  - un conducteur (12) formant plan de masse,
  - en regard de ce plan de masse un microruban conducteur (14) déposé sur l'une des faces d'un substrat diélectrique, ce microruban dessinant un contour ayant une ouverture,
  - un condensateur (18) connecté à travers l'ouverture (16) du contour, caractérisé par le fait que la longueur du microruban est inférieure à  $\lambda/8$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde associée à la fréquence de résonance.
- 2. Circuit résonnant selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le conducteur formant plan de masse est une couche conductrice déposée sur l'autre face du substrat (10) en matériau diélectrique.
- 3. Circuit résonnant selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il est disposé dans un boîtier conducteur (20) et que le conducteur formant plan de masse est constitué par le boîtier (20-22).
- 4. Circuit résonnant selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le contour présente au moins en partie une forme prise dans le groupe qui comprend les formes rectangulaire, triangulaire, circulaire, elliptique, en losange, en U, etc..
- 5. Circuit résonnant selon la revendication 1, caractérisé par le fait que contour présente plusieurs ouvertures (16, 16') pourvue chacune d'un condensateur (18, 18').
- 6. Filtre à résonateurs plans, caractérisé par le fait qu'il comprend plusieurs circuits résonnants selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, couplés entre eux.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

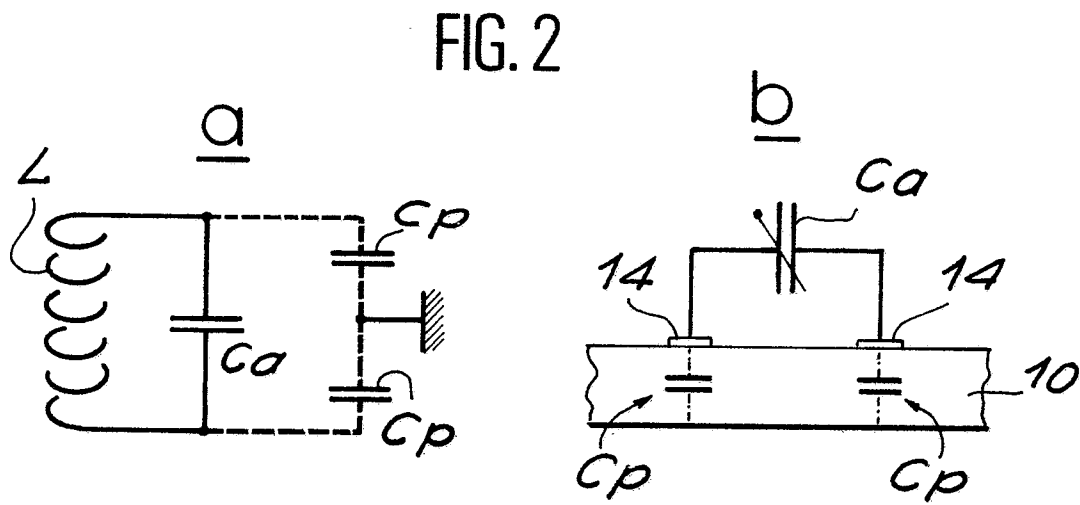
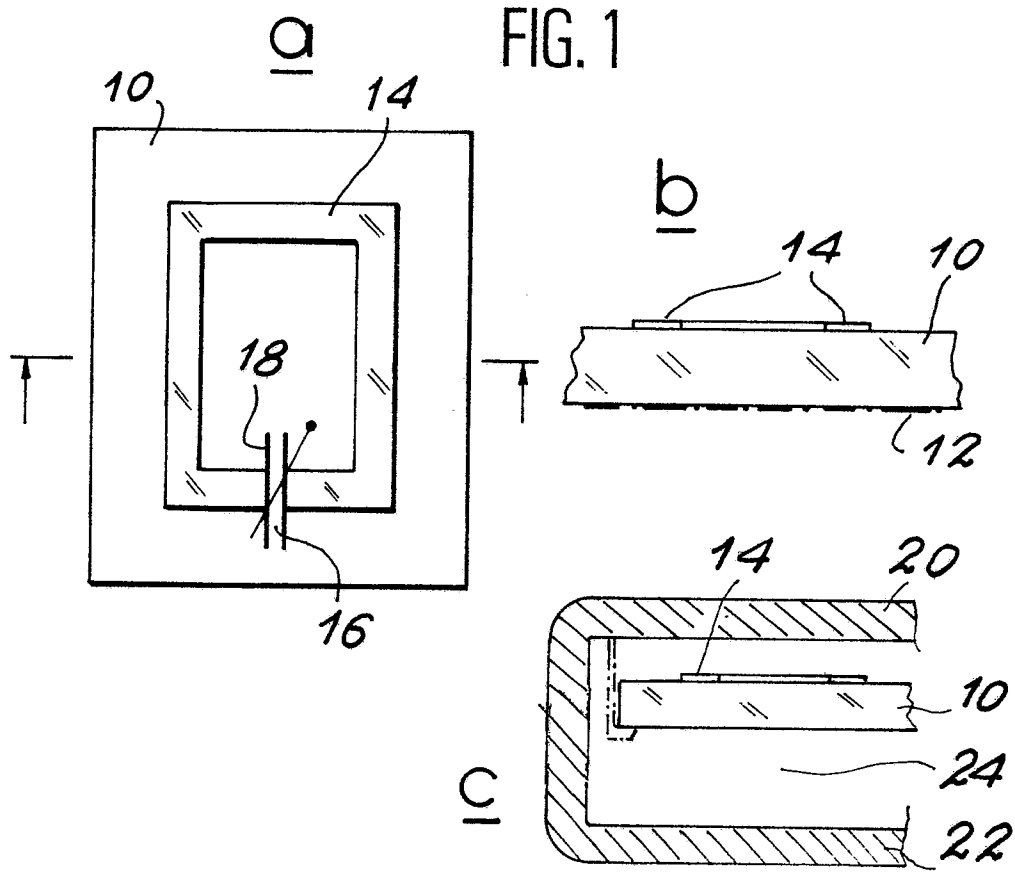


FIG. 3

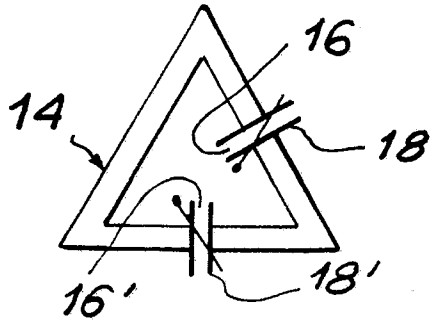


FIG. 4

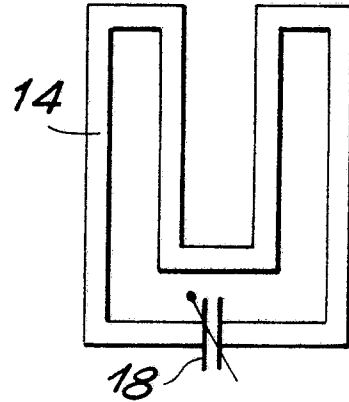


FIG. 5

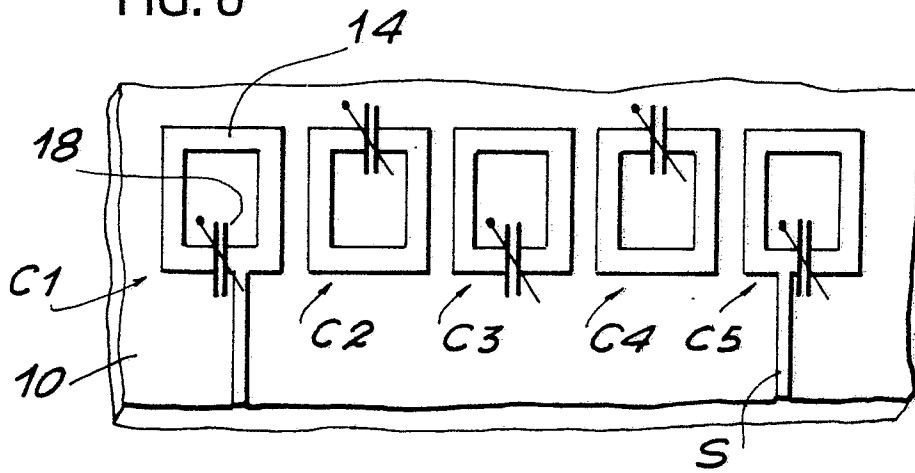
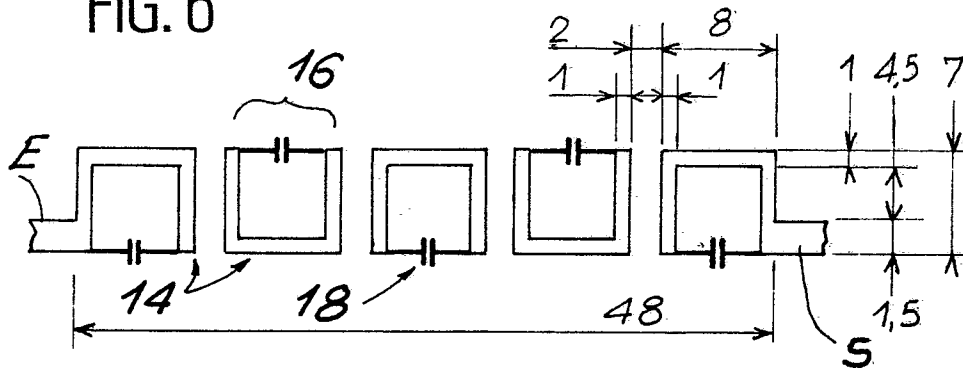
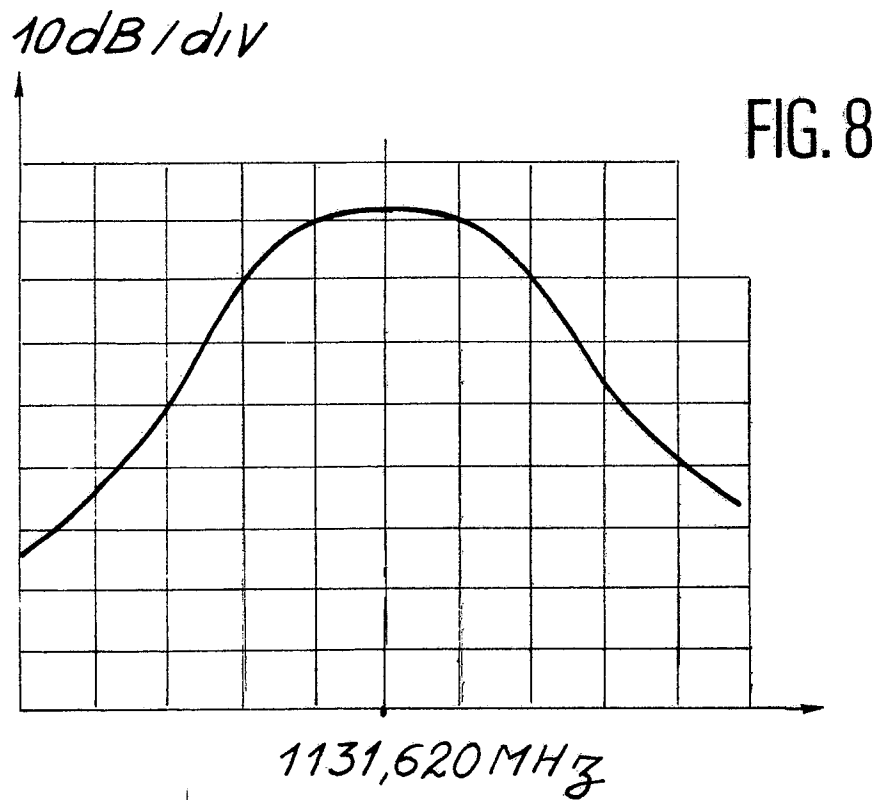
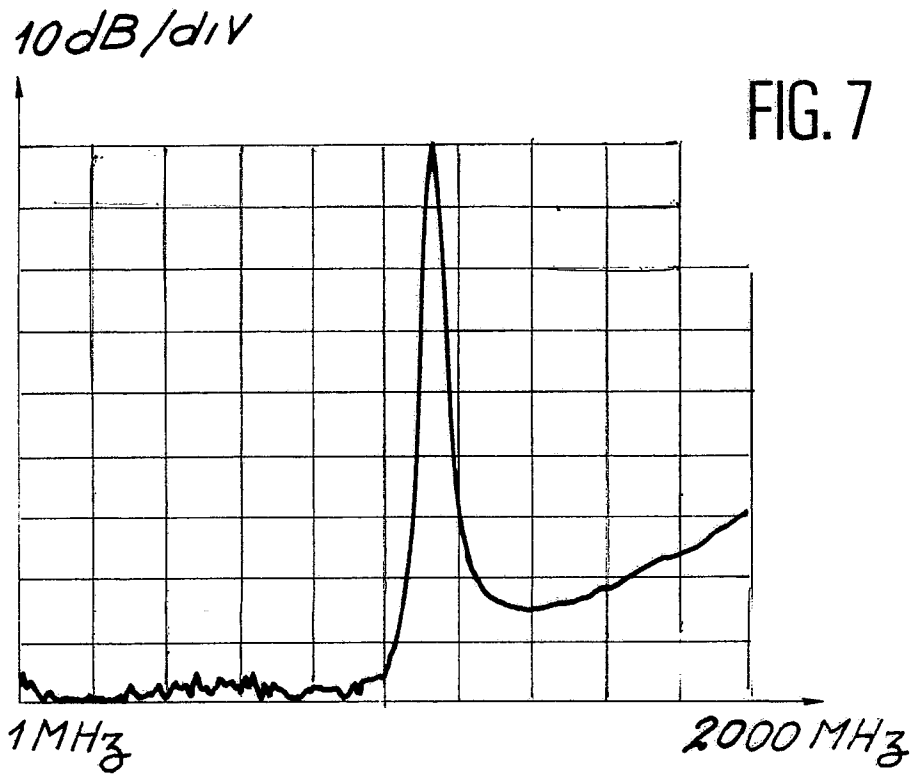
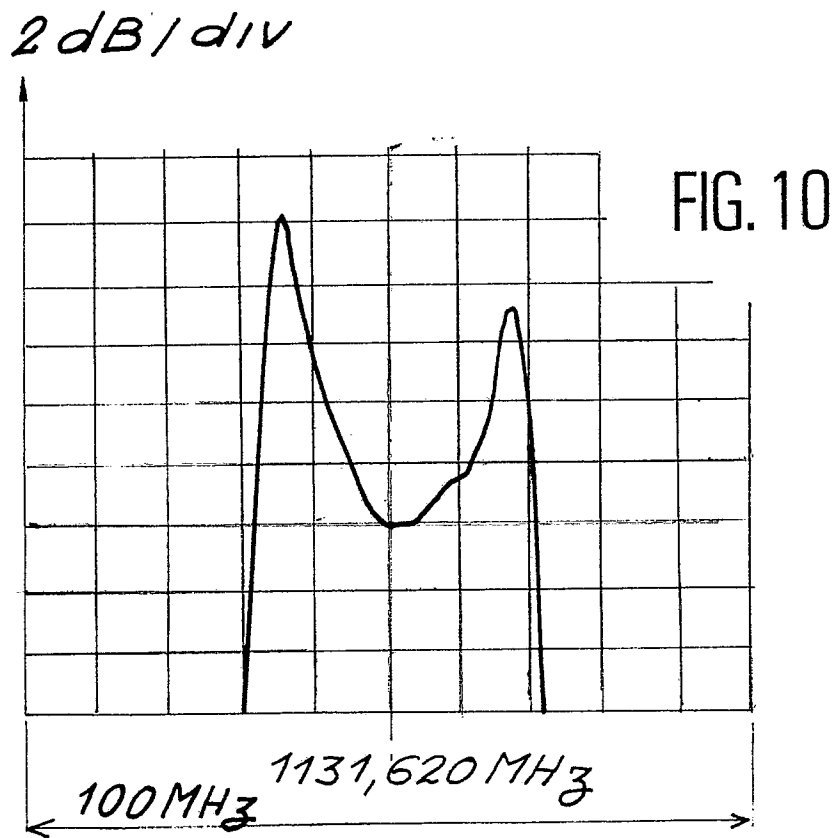
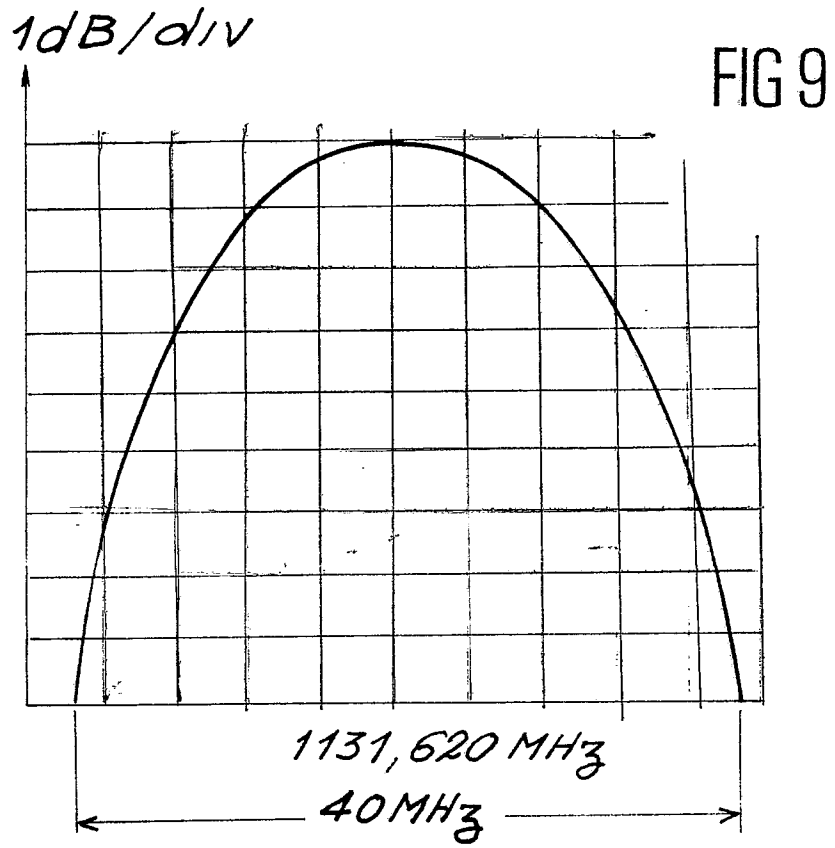


FIG. 6











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.4)
X	1986 IEEE-MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, Baltimore, Maryland, 2-4 juin 1986, pages 411-414, IEEE, New York, US; M. MAKIMOTO et al.: "Varactor tuned bandpass filters using microstrip-line ring resonators" * En entier * ---	1-6	H 01 P 7/08 H 01 P 1/203
A	IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE AND TECHNIQUES, vol. MTT-35, no. 12, décembre 1987, pages 1288-1295, IEEE, New York, US; K. CHANG et al.: "On the study of microstrip ring and varactor-tuned ring circuits" * En entier * ---	1-6	
A	US-A-4 121 182 (M. MAKIMOTO et al.) * En entier * ---	1-6	
A	US-A-4 641 116 (J. SHIBATA et al.) * En entier * ---	1-6	
A	FR-A-2 248 621 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN) * Page 7, lignes 13-24; figures * ---	1,2,4	
A	EP-A-0 071 508 (THOMSON-CSF) * Résumé; figure 3 * -----	1,2,4	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			H 01 P
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-04-1989	Examineur LAUGEL R. M. L.
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 L : 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			