

(19)



(11)

EP 2 690 702 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

29.01.2014 Bulletin 2014/05

(51) Int Cl.:

H01P 1/208 (2006.01)(21) Numéro de dépôt: **13177687.4**(22) Date de dépôt: **23.07.2013**

(84) Etats contractants désignés:

AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

Etats d'extension désignés:

BA ME(30) Priorité: **27.07.2012 FR 1202128**

(71) Demandeurs:

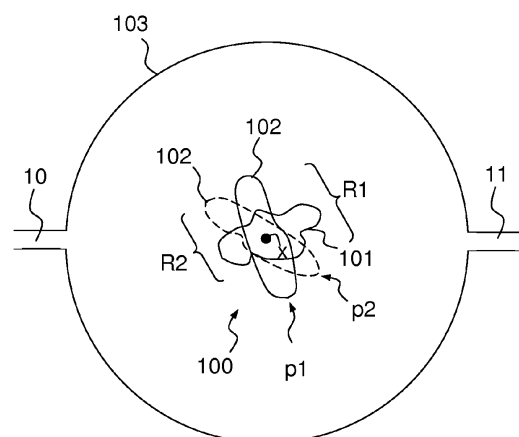
- **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)
- **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**
75016 Paris Cedex (FR)
- **Centre National d'Etudes Spatiales**
75039 Paris Cedex 01 (FR)

(72) Inventeurs:

- **Perigaud, Aurélien**
87350 Panazol (FR)

• **Pacaud, Damien****31870 Beaumont sur Leze (FR)**• **Delhote, Nicolas****87100 Limoges (FR)**• **Tantot, Olivier****87000 Limoges (FR)**• **Bila, Stéphane****87430 Verneuil sur Vienne (FR)**• **Verdeyme, Serge****87700 Aix sur Vienne (FR)**• **Estagerie, Laetitia****31170 Tournefeuille (FR)**(74) Mandataire: **Joubert, Cécile et al****Marks & Clerk France****Counseils en Propriete Industrielle****Immeuble "Visium"****22, avenue Aristide Briand****94117 Arcueil Cedex (FR)**(54) **Filtre accordable en fréquence à résonateur diélectrique**

(57) L'invention concerne un filtre pour onde hyper-fréquence accordable en fréquence à résonateur diélectrique, comprenant une cavité métallique (103) et au moins un empilement (100) selon un axe de rotation (x), l'empilement formant résonateur étant disposé à l'intérieur de la cavité (103) et comprenant au moins un premier élément (101) en matériau diélectrique et au moins un deuxième élément (102) en matériau diélectrique, le deuxième élément (102) étant mobile en rotation par rapport audit premier élément (101) autour de l'axe de rotation (x) et présentant une première position (p1) et au moins une deuxième position (p2) séparées d'un angle de rotation (teta), et les éléments présentant des formes telles que la géométrie globale de l'empilement (100) est différente dans les au moins deux positions (p1, p2), l'empilement (100) formant un premier résonateur (R1) adapté pour que ledit filtre présente une première fréquence centrale lorsque le deuxième élément est dans ladite première position (p1), et formant un deuxième résonateur (R2) adapté pour que le filtre présente une deuxième fréquence centrale lorsque le deuxième élément est dans la deuxième position (p2).

**FIG.4****EP 2 690 702 A1**

Description

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne le domaine des filtres en fréquence dans le domaine des ondes hyperfréquences, typiquement de fréquences comprises entre 1 GHz à 30GHz. Plus particulièrement la présente invention concerne les filtres accordables en fréquence.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Le traitement d'une onde hyperfréquence, par exemple reçue par un satellite, nécessite le développement de composants spécifiques, permettant la propagation, l'amplification, et le filtrage de cette onde.

[0003] Par exemple une onde hyperfréquence reçue par un satellite doit être amplifiée avant d'être renvoyée vers le sol. Cette amplification n'est possible qu'en séparant l'ensemble des fréquences reçues en canaux, correspondant chacun à une bande de fréquence donnée. L'amplification est alors réalisée canal par canal. La séparation des canaux nécessite le développement de filtres passe-bandes.

[0004] Le développement des satellites et la complexité accrue du traitement du signal à effectuer, par exemple une reconfiguration des canaux en vol, a conduit à la nécessité de mettre en oeuvre de filtres passe bande accordables en fréquence, c'est-à-dire pour lesquels il est possible de régler la fréquence centrale de filtrage couramment dénommée fréquence d'accord du filtre.

[0005] Une des technologies connues de filtres passe-bande accordables dans le domaine des ondes hyperfréquence est l'utilisation de composants semi-conducteurs passifs, tel que des diodes PIN, des capacités continuellement variables ou des commutateurs capacitifs. Une autre technologie est l'utilisation de MEMS (pour micro systèmes électromécaniques) de type ohmiques ou capacitifs.

[0006] Ces technologies sont complexes, consommatrices d'énergie électrique et peu fiables. Ces solutions sont également limitées au niveau de la puissance de signal traité. De plus l'accordabilité en fréquence a pour conséquence une dégradation significative des performances du filtre, tel que son facteur de qualité Q.

[0007] Par ailleurs, la technologie des filtres à résonateur diélectrique est connue. Elle permet de réaliser des filtres passe bande non accordables.

[0008] La figure 1 décrit un exemple de filtre à résonateur diélectrique pour onde hyperfréquence non accordable.

[0009] Un élément d'excitation d'entrée 10 introduit l'onde dans la cavité (accès d'entrée), cet élément est typiquement un milieu conducteur tel un câble coaxial ou un guide d'onde.

[0010] La cavité 13 est une cavité fermée constituée de métal, typiquement de l'aluminium ou de l'invar.

[0011] Un élément d'excitation de sortie 11, typique-

ment un milieu conducteur tel un câble coaxial ou un guide d'onde, permet de faire sortir l'onde de la cavité (accès de sortie).

[0012] Le résonateur 12 est constitué d'un élément diélectrique de forme quelconque, typiquement ronde ou carrée et disposé à l'intérieur de la cavité métallique 13. Le matériau diélectrique est typiquement de la zircone, de l'alumine ou du BMT.

[0013] D'un point de vue électromagnétique, un résonateur est caractérisé par sa fréquence de résonance, pour laquelle s'établit un régime stationnaire, périodique, du champ électromagnétique.

[0014] Un filtre passe-bande permet la propagation d'une onde sur une certaine plage de fréquence et atténue cette onde pour les autres fréquences. On définit ainsi une bande passante et une fréquence centrale du filtre. Pour des fréquences autour de sa fréquence centrale, un filtre passe-bande présente une transmission élevée et une réflexion faible.

[0015] Un filtre comprend au moins un résonateur, couplé aux accès du filtre, accès d'entrée et accès de sortie.

[0016] Afin d'augmenter leur sélectivité, c'est-à-dire leur capacité à atténuer le signal hors de la bande passante, ces filtres peuvent être composés d'une pluralité de résonateurs couplés entre eux.

[0017] La fréquence centrale et la bande passante du filtre dépendent à la fois des résonateurs individuels et de leur au moins une fréquence de résonance respectives, et du couplage des résonateurs entre eux ainsi que des couplages aux accès du filtres.

[0018] Des moyens de couplages sont par exemple des ouvertures ou fentes dénommées iris, des sondes électriques ou magnétiques ou des lignes hyperfréquence.

[0019] La bande passante du filtre est caractérisée de différentes manières suivant la nature du filtre.

[0020] Le paramètre S est un paramètre qui rend compte des performances du filtre en termes de réflexion et de transmission. En numérotant les deux ports d'accès 1 et 2, S11 correspond à une mesure de la réflexion et S12, ou S21 à une mesure de la transmission.

[0021] Un filtre réalise une fonction de filtrage. Cette fonction peut généralement s'approximer via des modèles mathématiques (des fonctions itératives comme des fonctions Chebychev, Bessel, ...). Ces fonctions sont généralement fondées sur des rapports de polynômes :

Pour un filtre réalisant une fonction de filtrage de type Chebychev ou Chebychev généralisé, la bande passante du filtre est déterminée à équi-ondulation du S11 (ou S22) Par exemple à 15dB ou 20 dB de réduction de la réflexion par rapport à son niveau hors bande. Pour un filtre réalisant une fonction de type Bessel, on prend la bande à -3dB (lorsque S21 croise S11).

[0022] La figure 2 décrit un exemple de filtre 13 avec

trois résonateurs 23, 24, 25 couplés entre eux et situés à l'intérieur de 3 cavités couplées au travers d'iris de couplage. Des murs de séparation, conducteurs, 26, 27 séparent les résonateurs, et les ouvertures 21 et 22 couplent les résonateurs entre eux.

[0023] Un exemple caractéristique de réponse fréquentielle (paramètres S11 et S12) d'un filtre est illustré figure 3. La courbe 31 correspond à la réflexion S11 de l'onde sur le filtre en fonction de sa fréquence. La bande passante équivalent à 20 dB de réflexion est notée 36. Le filtre présente une fréquence centrale correspondant à la fréquence du milieu de la bande passante. La courbe 32 de la figure 3 décrit la transmission S12 correspondante du filtre en fonction de la fréquence.

[0024] L'accord du filtre permettant d'obtenir un maxima de transmission (minima de réflexion) pour une bande de fréquence donnée est très délicat à réaliser et dépend de l'ensemble des paramètres du filtre. Il est de plus dépendant de la température et des conditions d'environnement en général.

[0025] Afin d'effectuer un réglage du filtre pour obtenir une fréquence centrale précise du filtre, les fréquences de résonance des résonateurs du filtre peuvent être très légèrement modifiées à l'aide de vis métalliques, mais ce procédé effectué de manière empirique, est très coûteux en temps et ne permet qu'une très faible accordabilité en fréquence, typiquement de l'ordre de quelques %. Dans ce cas, l'objectif n'est pas l'accordabilité mais l'obtention d'une valeur précise de la fréquence centrale; et l'on souhaite obtenir une sensibilité réduite de la fréquence de chaque résonateur vis-à-vis de la profondeur de la vis.

[0026] La symétrie circulaire ou carrée des résonateurs simplifie la conception du filtre et la sélection du mode (TE pour Transverse Electrique ou TM pour Transverse Magnétique) qui se propage dans le filtre.

[0027] Le document US 7705694 décrit un filtre accordable en bande passante composé d'une pluralité de résonateurs diélectriques couplés entre eux, de forme non uniforme radialement et uniforme selon un axe z perpendiculaire à la direction de propagation. Chaque résonateur est apte à effectuer une rotation autour de l'axe z entre deux positions, qui induit un changement de la valeur de la largeur de la bande passante, typiquement de 51 Mz à 68 Mz. Ce dispositif permet une accordabilité sur la valeur de la largeur de la bande passante du filtre, mais pas sur sa fréquence centrale.

BUT DE L'INVENTION

[0028] La présente invention a pour but de réaliser des filtres accordables en fréquence centrale ne présentant pas les inconvénients précités.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

[0029] A cet effet l'invention a pour objet 1 un filtre pour onde hyperfréquence accordable en fréquence à réso-

nateur diélectrique, comprenant une cavité métallique et au moins un empilement selon un axe de rotation, l'empilement formant résonateur étant disposé à l'intérieur de la cavité et comprenant au moins un premier élément en matériau diélectrique et au moins un deuxième élément en matériau diélectrique, le deuxième élément étant mobile en rotation par rapport au premier élément autour dudit axe de rotation (x) et présentant une première position (p1) et au moins une deuxième position (p2) séparées d'un angle de rotation, et les éléments présentant des formes telles que la géométrie globale de l'empilement est différente dans les au moins deux positions, l'empilement formant un premier résonateur adapté pour que le filtre présente une première fréquence centrale lorsque le deuxième élément est dans la première position, et formant un deuxième résonateur adapté pour que le filtre présente une deuxième fréquence centrale lorsque le deuxième élément est dans la deuxième position.

[0030] Avantageusement, le filtre comprend en outre des moyens de commande de rotation du deuxième élément.

[0031] Avantageusement, le deuxième élément a une forme de plaque sensiblement plane dans un plan perpendiculaire audit axe de rotation x. Selon un mode de réalisation, le deuxième élément comprend un axe de symétrie s disposé dans un plan perpendiculaire audit axe de rotation x. Avantageusement, l'axe de symétrie s passe par l'axe de rotation x. Avantageusement, le deuxième élément a la forme d'une plaque plane ovale. Avantageusement, le premier élément est sensiblement identique au deuxième élément.

[0032] Avantageusement, la première position du deuxième élément mobile est telle que les premier et deuxième éléments sont exactement superposés. Avantageusement, l'angle de rotation est sensiblement égal à 90°. L'empilement peut comprendre un troisième élément sensiblement identique au premier élément et exactement superposé, le deuxième élément mobile étant positionné entre le premier et le troisième élément.

[0033] Selon un mode de réalisation, l'empilement comprend une pluralité d'éléments mobiles sensiblement identiques.

[0034] La pluralité d'éléments mobiles peut présenter une même première position et une même deuxième position.

[0035] Selon un mode de réalisation, le filtre comprend pluralité d'empilements selon une pluralité d'axes de rotation, formant une pluralité de premiers résonateurs couplés entre eux de sorte que ledit filtre présente une première fréquence centrale, et formant une pluralité de deuxième résonateurs couplés entre eux de sorte que le filtre présente une deuxième fréquence centrale.

[0036] Avantageusement, les empilements sont identiques.

[0037] Avantageusement, les axes de rotation sont alignés.

[0038] Selon un mode de réalisation lad première po-

sition et/ou la au moins deuxième positions sont variables en fonction de la température de manière à maintenir les valeurs desdites fréquences centrales constantes lors d'une variation de température.

[0039] Il est également proposé, selon un autre aspect de l'invention, un circuit hyperfréquence comprenant au moins un filtre selon l'invention.

[0040] D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- La figure 1 illustre un exemple de filtre à résonateur diélectrique selon l'état de la technique comprenant un résonateur.
- La figure 2 illustre un exemple de filtre à résonateur diélectrique selon l'état de la technique comprenant une pluralité de résonateurs.
- La figure 3 décrit la courbe de transmission et de réflexion du filtre décrit figure 2.
- La figure 4 décrit un exemple de filtre à résonateur diélectrique accordable en fréquence selon un aspect de l'invention.
- La figure 5 décrit une variante du filtre selon un aspect de l'invention.
- La figure 6 décrit un exemple de réalisation d'un filtre selon l'invention présentant deux éléments diélectriques annulaires.
- La figure 7 décrit un exemple de réalisation d'un filtre selon l'invention présentant trois éléments diélectriques dont un mobile, les deux éléments fixes étant rectangulaires.
- La figure 8 décrit un exemple de filtre selon l'invention comprenant une pluralité d'empilements avec l'élément mobile dans une première position.
- La figure 9 décrit le même exemple que celui décrit figure 8, avec l'élément mobile dans une deuxième position.
- La figure 10 représente les courbes de réflexion et de transmission du filtre décrit figure 8 pour une première position de l'élément mobile.
- La figure 11 représente les courbes de réflexion et de transmission du filtre décrit figure 9 pour une deuxième position de l'élément mobile.

DESCRIPTION DETAILLÉE DE L'INVENTION

[0041] L'invention consiste à réaliser un filtre accordable en fréquence centrale par modification de la forme d'au moins un résonateur diélectrique, réalisée à l'aide d'une rotation d'éléments diélectriques empilés. Le filtre selon l'invention est un filtre passe-bande caractérisé par une fréquence centrale et une bande passante.

[0042] La figure 4 décrit un filtre à résonateur diélectrique accordable en fréquence pour une onde hyperfréquence selon l'invention.

[0043] Le filtre comprend une cavité métallique fermée

103. L'onde hyperfréquence entre dans la cavité à l'aide de éléments d'excitation d'entrée 10 et en ressort à l'aide d'un élément d'excitation de sortie 11. Le filtre comprend également au moins un empilement 100 d'éléments en matériau diélectrique formant un résonateur disposé à l'intérieur de la cavité 103. L'empilement est selon un axe x.

[0044] Le résonateur selon l'invention concentre le champ électrique de l'onde hyperfréquence dans l'empilement diélectrique 100 ou dans son voisinage proche. Du fait de sa concentration dans l'élément diélectrique, le champ électrique est peu présent au niveau de surfaces de la cavité 103, ce qui permet de minimiser les pertes métalliques.

[0045] La cavité 103 garantit l'isolation ou blindage du résonateur par rapport à l'extérieur et sa géométrie contribue également, dans une moindre mesure que l'empilement diélectrique, à l'établissement d'une résonance dans la cavité 103.

[0046] L'empilement 100 comprend au moins un premier élément 101 en matériau diélectrique et au moins un deuxième élément 102 en matériau diélectrique. Les matériaux diélectriques du premier et du deuxième élément peuvent être différents. Le matériau diélectrique comprend par exemple de l'alumine, de la zircone, du BMT, ...

[0047] Le deuxième élément 102 est mobile en rotation par rapport au premier élément 101 autour d'un axe de rotation x. Les éléments diélectriques 101 et 102 ne sont pas en contact mécanique.

[0048] Le deuxième élément présente une première position p1 et au moins une deuxième position p2 correspondant à une rotation d'un angle θ autour de l'axe x du deuxième élément 102 par rapport à la première position p1. Les formes du premier et du deuxième élément sont telles que la géométrie globale de l'empilement 100 est différente dans les deux positions p1 et p2. On entend par géométrie globale la forme globale de l'enveloppe extérieure de l'empilement.

[0049] Les deux formes obtenues pour les deux positions sont telles que, en combinaison avec la géométrie de la cavité, l'ensemble constitue un filtre passe bande pour chacune des deux positions. Les formes des résonateurs sont optimisées de manière à ce que le filtre présente les valeurs de fréquences centrales recherchées, les meilleurs facteurs de qualité et les couplages (résonateur/résonateur ou résonateur/accès) adéquats pour réaliser le filtre voulu.

[0050] Ces formes peuvent être obtenues par exemple via des algorithmes d'optimisation de forme ou des itérations de type « cut and try ». La forme de la cavité peut faire également partie du processus d'optimisation.

[0051] Une attention particulière est portée à la modification de ces performances lorsque le ou les éléments mobiles du résonateur effectuent une rotation. En effet, si les champs se contorsionnent, s'étirent, pour un mode donné en fonction de la rotation des pièces mobiles (ce qui provoque le changement de fréquence souhaité du

résonateur) il en va de même pour le facteur de qualité et les couplages. On cherche alors maximiser l'impact sur la fréquence et minimiser celui sur le facteur de qualité, tout cela tout en contrôlant la loi de variation du (des) couplage(s) selon la rotation. Ces différentes contraintes guident l'obtention de la forme du résonateur, son positionnement dans la cavité et la création des couplages inter-résonateurs. Un mode TE, pour Transverse Electrique, est choisi de manière préférentielle mais non limitative pour ses performances en facteur de qualité. En effet, la contorsion du champ, qui accompagne la rotation des éléments diélectriques, est un excellent moyen de changer la fréquence de ce mode avec une faible variation sur le facteur de qualité du résonateur.

[0052] Lorsque le deuxième élément 102 est dans la première position p1, l'empilement 100 forme un premier résonateur R1 et le filtre présente une première fréquence centrale fc1. Lorsque le deuxième élément 102 est dans une deuxième position p2 parmi au moins une possible, l'empilement 100 forme un deuxième résonateur R2 et le filtre présente une deuxième fréquence centrale fc2.

[0053] Ainsi, le filtre est accordable en fréquence par changement de position du deuxième élément 102 de p1 à p2. On passe ainsi d'un filtre de fréquence centrale fc1 à un filtre de fréquence centrale fc2 par rotation du deuxième élément 102 par rapport au premier élément 101 autour de l'axe de rotation x. Ce changement de fréquence est dénommé saut de canal.

[0054] Selon une variante le deuxième élément 102 présente une pluralité de positions pi, correspondant à différents angles tetai, pour lesquelles l'empilement obtenu forme respectivement une pluralité de résonateur Ri, permettant l'obtention d'un filtre accordable sur une pluralité de fréquences centrales fci.

[0055] Un avantage du filtre selon un aspect de l'invention consiste en une accordabilité en fréquence tout en conservant de bonnes propriétés au niveau du facteur de qualité Q.

[0056] En outre, un tel filtre accordable a une bonne tenue en puissance.

[0057] Un autre avantage est un coût de fabrication peu élevé, du fait de l'utilisation de briques technologiques connues de filtres à résonateurs diélectriques.

[0058] Selon un mode de réalisation, le changement de position du deuxième élément 102 est effectué manuellement par un opérateur. Tel est par exemple le cas pour un filtre générique, fabriqué à l'avance en plusieurs exemplaires, et réglé manuellement à la demande, ce qui permet de réduire les coûts de fabrication et les délais de livraison.

[0059] Selon un autre mode de réalisation, le changement de position du deuxième élément 102 est effectué à l'aide de moyens de commande de la rotation, tel qu'un moteur. L'avantage est que la commande du saut de canal est effectuée à distance, sans opérateur, ce qui est nécessaire lorsque le saut de canal doit s'opérer à bord d'un satellite en orbite (reconfiguration en vol).

[0060] La forme du deuxième élément peut être optimisée selon plusieurs variantes. Selon une variante le deuxième élément 102 a une forme de plaque sensiblement plane dans un plan perpendiculaire à l'axe x. La rotation du deuxième élément 102 est facilitée.

[0061] Selon une variante décrite figure 5 le deuxième élément 102 présente une forme comprenant un axe de symétrie s disposé dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation x. Ainsi, la fabrication du deuxième élément 102 est simplifiée.

[0062] Selon une variante également décrite figure 5, l'axe de symétrie s passe par l'axe de rotation x. Ainsi la commande de la rotation est simplifiée.

[0063] Selon une variante également décrite figure 5, le deuxième élément a la forme d'une plaque plane ovale. Ainsi la fabrication est facilitée, à faible coût. De plus, les simulations pour le calcul du filtre résonant sont simplifiées, du fait de la symétrie.

[0064] Selon une autre variante, le premier élément 101 a une forme identique à la forme du deuxième élément 102. Ainsi le coût de fabrication est diminué.

[0065] Une autre variante est décrite figure 6, l'empilement étant vu de dessus. L'empilement est constitué de deux éléments annulaires circulaires identiques 61 et 62. Dans cet exemple, le diamètre de la cavité 103 est de 17 mm, le diamètre des éléments annulaires 61 et 62 de 8.5 mm. Chaque élément a une épaisseur selon l'axe x de 2.5 mm, pour une hauteur de cavité totale de 15 mm.

[0066] Dans une première position p1 décrite figure 6a, les deux éléments sont exactement superposés. L'élément mobile 62 est apte à effectuer une rotation autour d'un axe x décentré par rapport au centre des éléments circulaires. Les supports mécaniques ne sont pas représentés. Dans une deuxième position p2 décrite figure 6b l'élément mobile 62 a effectué une rotation d'un angle de teta2 autour de l'axe x, et dans une troisième position p3 décrite figure 6c l'élément mobile 62 a effectué une rotation d'un angle de teta3 autour de l'axe x.

[0067] Les figures 6d à 6f illustrent la transmission S21 du filtre en mode TE, la figure 6d correspondant à la transmission du filtre lorsque l'élément mobile 62 est dans la première position p1, la figure 6e correspondant à la transmission du filtre lorsque l'élément mobile 62 est dans la deuxième position p2, la figure 6f correspondant à la transmission du filtre lorsque l'élément mobile 62 est dans la troisième position p3. On constate sur ces courbes une modification de la fréquence centrale de la bande passante fréquentielle du filtre en fonction de la position de l'élément mobile 62.

[0068] Selon un mode de réalisation tel que décrit sur la figure 7, l'empilement comprend un troisième élément 73 de même forme que le premier élément 71 et exactement superposé. Dans l'exemple de la figure 7 les deux éléments fixes 71 et 73 sont de forme rectangulaire. Le deuxième élément 72 mobile est positionné entre le premier et le troisième élément le long de l'axe x.

[0069] Le diamètre de la cavité est dans cet exemple de 17 mm, sa hauteur selon l'axe x de 15 mm.

[0070] L'élément mobile 72 a une longueur de 10 mm le long de son axe de symétrie s dans le plan perpendiculaire à l'axe x . Chaque élément a une hauteur d'environ 1.3 mm selon l'axe x .

[0071] Pour l'élément mobile dans une première position $p1$, décrit figure 7a, le filtre présente une transmission $S21(p1)$ (figure 7c), pour l'élément mobile dans une deuxième position $p2$ (figure 7b), correspondant à un angle de rotation de 90° , le filtre présente une transmission $S21(p2)$ (figure 7d). On constate sur ces courbes une modification de la fréquence centrale de la bande passante fréquentielle du filtre en fonction de la position de l'élément mobile 72.

[0072] Avec un troisième élément dans l'empilement, on obtient un plus grand choix de formes possibles pour les résonateurs $R1$ et $R2$.

[0073] Un angle de rotation entre la première position $p1$ et une deuxième position $p2$ sensiblement égal à 90° permet un maximum d'étirement du champ électrique.

[0074] Selon une variante, l'empilement comprend une pluralité d'éléments mobile présentant tous une forme identique. Ainsi le coût de fabrication est diminué tout en permettant un plus grand choix de formes possibles pour les résonateurs.

[0075] Selon un mode de réalisation de cette variante, les éléments mobiles présentent une même première position $p1$ et une même deuxième position $p2$. Les simulations pour le calcul du filtre résonnant sont simplifiées, du fait de la plus grande symétrie de forme des résonateurs $R1$ et $R2$.

[0076] Selon une variante préférée de l'invention, le filtre comprend une pluralité d'empilements, indicés par l'indice i , E_i , chaque empilement E_i étant selon un axe de rotation x_i . Chaque empilement E_i forme un premier résonateur $R1_i$ dans une première position $p1_i$ et un deuxième résonateur $R2_i$ dans une deuxième position $p2_i$. Les résonateurs sont couplés ensemble par des moyens de couplage, telles que par exemple des ouvertures dans la séparation entre deux résonateurs successifs.

[0077] Le filtre comprenant la pluralité de résonateurs $R1_i$ présente une fréquence centrale $fc1$, et le filtre comprenant la pluralité de résonateurs $R2_i$ présente une fréquence centrale $fc2$ différente de $fc1$.

[0078] Un avantage de cette variante est une plus grande sélectivité du filtre, pour obtenir un rejet plus important du signal du signal dont la fréquence est en dehors de sa bande passante.

[0079] Selon un mode de réalisation, tous les empilements sont identiques. Ainsi la fabrication du filtre est ainsi simplifiée et son coût est diminué.

[0080] Selon un mode de réalisation, les axes de rotations x_i sont alignés. Ainsi l'assemblage et les réglages du filtre sont simplifiés.

[0081] Les figures 8 et 9 décrivent un exemple de filtre selon la variante préférée de l'invention. Le filtre comprend 4 empilements identiques $E1$, $E2$, $E3$ et $E4$ selon 4 axes de rotation $x1$, $x2$, $x3$ et $x4$. Un élément d'excitation

d'entrée 10 introduit l'onde dans la cavité. La cavité 103 est une cavité fermée métallique, constituée d'une pluralité de cavités couplées entre elles.

[0082] Un élément d'excitation de sortie 11 permet de faire sortir l'onde de la cavité.

[0083] La figure 8 représente le filtre avec le deuxième élément dans une première position $p1$, la figure 9 représente le filtre avec le deuxième élément dans une deuxième position $p2$.

[0084] L'empilement élémentaire est composé de trois éléments diélectriques qui sont des plaques ovales identiques. Le deuxième élément mobile 802 est disposé entre un premier élément 801 et un troisième élément 803.

[0085] La figure 8a décrit le filtre vu de dessus et la figure 8b le filtre vu de profil.

[0086] Dans la première position $p1$, identique pour tous les empilements, les trois plaques sont exactement superposées, formant quatre résonateurs identiques $R11$, $R12$, $R13$ et $R14$. Les résonateurs sont reliés entre eux par des moyens de couplage 804.

[0087] La figure 9a décrit le filtre vu de dessus et la figure 9b le filtre vu de profil.

[0088] Dans la deuxième position $p2$, identique pour tous les empilements, le deuxième élément 802 est tourné d'un angle $teta$ de 90° par rapport au premier élément 801 et au troisième élément 803, formant quatre résonateurs identiques $R21$, $R22$, $R23$ et $R24$. Les résonateurs sont reliés entre eux par des moyens de couplage 804.

[0089] La figure 10 décrit la courbe de transmission $S21$ dénommée $T(p1)$ et la courbe de réflexion $S11$ dénommée $R(p1)$ du filtre obtenu avec la pluralité de deuxième élément mobile dans la première position $p1$. Le filtre obtenu est un filtre passe-bande de fréquence centrale $fc1$ de 11.63 GHz et de bande passante $\Delta f1$.

[0090] La figure 11 décrit la courbe de transmission $S21$ dénommée $T(p2)$ et la courbe de réflexion $S11$ dénommée $R(p2)$ du filtre obtenu avec la pluralité de deuxième élément mobile dans la deuxième position $p2$. Le filtre obtenu est un filtre passe bande de fréquence centrale $fc2$ de 11.46 GHz et de bande passante $\Delta f2$.

[0091] Ainsi, par rotation de 90° du deuxième élément 802 des quatre empilements, on obtient un saut de canal entre une fréquence centrale $fc1$ de 11.62 GHz et une fréquence centrale $fc2$ de 11.7 GHz. Le saut est de 80 Mz.

[0092] Dans cet exemple on a cherché à maintenir la bande passante identique pour les deux positions, pour conserver la largeur du canal sans que les performances en termes d'atténuation hors bande du signal ne soient dégradées.

[0093] Mais cet exemple n'est pas limitatif. L'invention permet également d'obtenir un filtre avec simultanément un saut de canal et une variation de bande passante.

[0094] Les fréquences de résonance des résonateurs sont très dépendantes de la température. Pour maintenir les caractéristiques (fréquence centrale, bande passante...) du filtre stables en température, une variante de l'invention est d'asservir la rotation de ou des éléments

mobiles en fonction de la température. Ainsi les positions p1 et/ou p2 sont variables en fonction de la température de manière à conserver les fréquences de résonances stables en fonction de la température. Le filtre est ainsi asservi en température.

Revendications

1. Filtre pour onde hyperfréquence accordable en fréquence à résonateur diélectrique, comprenant une cavité métallique (103) et au moins un empilement (100) selon un axe de rotation (x), ledit empilement formant résonateur étant disposé à l'intérieur de ladite cavité (103) et comprenant au moins un premier élément (101) en matériau diélectrique et au moins un deuxième élément (102) en matériau diélectrique,
 - ledit deuxième élément (102) étant mobile en rotation par rapport audit premier élément (101) autour dudit axe de rotation (x) et présentant une première position (p1) et au moins une deuxième position (p2) séparées d'un angle de rotation (teta), et
 - lesdits éléments présentant des formes telles que la géométrie globale dudit empilement (100) est différente dans lesdites au moins deux positions (p1, p2),
 - ledit empilement (100) formant un premier résonateur (R1) adapté pour que ledit filtre présente une première fréquence centrale (fc1) lorsque ledit deuxième élément est dans ladite première position (p1), et formant un deuxième résonateur (R2) adapté pour que ledit filtre présente une deuxième fréquence centrale (fc2) lorsque ledit deuxième élément est dans ladite deuxième position (p2).
2. Filtre selon la revendication 1 comprenant en outre des moyens de commande de rotation dudit deuxième élément (102).
3. Filtre selon les revendications 1 ou 2 dans lequel ledit deuxième élément (102) a une forme de plaque sensiblement plane dans un plan perpendiculaire audit axe de rotation (x).
4. Filtre selon les revendications 1 à 3 dans lequel ledit deuxième élément (102) comprend un axe de symétrie (s) disposé dans un plan perpendiculaire audit axe de rotation (x).
5. Filtre selon la revendication 4 dans lequel ledit axe de symétrie (s) passe par ledit axe de rotation (x).
6. Filtre selon les revendications 4 à 5 dans lequel ledit deuxième élément (102) a la forme d'une plaque plane ovale.
7. Filtre selon l'une des revendications précédentes dans lequel ledit premier élément (101) est sensiblement identique audit deuxième élément (102).
8. Filtre selon la revendication 7 dans lequel ladite première position (p1) dudit deuxième élément (102) mobile est telle que lesdits premier (101) et deuxième (102) éléments sont exactement superposés.
9. Filtre selon l'une des revendications précédentes dans lequel ledit angle de rotation (teta) est sensiblement égal à 90°.
10. Filtre selon l'une des revendications précédentes dans lequel ledit empilement comprend un troisième élément (803) sensiblement identique audit premier élément (801) et exactement superposé, ledit deuxième élément (802) mobile étant positionné entre ledit premier et ledit troisième élément.
11. Filtre selon l'une des revendications 1 à 9 comprenant une pluralité d'éléments mobiles sensiblement identiques.
12. Filtre selon la revendication 11 dans lequel ledit ladite pluralité d'éléments mobiles présentent une même première position (p1) et une même deuxième position (p2).
13. Filtre selon l'une des revendications précédentes comprenant une pluralité d'empilements (Ei) selon une pluralité d'axes de rotation (xi), formant une pluralité de premiers résonateurs (R1i) couplés entre eux de sorte que ledit filtre présente une première fréquence centrale (fc1), et formant une pluralité de deuxième résonateurs (R2i) couplés entre eux de sorte que ledit filtre présente une deuxième fréquence centrale (fc2).
14. Filtre selon la revendication 13 dans lequel lesdits empilements (Ei) sont identiques.
15. Filtre selon les revendications 13 ou 14 dans lequel lesdits axes de rotation (xi) sont alignés.
16. Filtre selon l'une des revendications précédentes dans lequel ladite première position (p1) et/ou ladite au moins deuxième positions (p2) sont variables en fonction de la température de manière à maintenir les valeurs desdites fréquences centrales (fc1,fc2) constantes lors d'une variation de température.
17. Circuit hyperfréquence comprenant au moins un filtre selon l'une des revendications précédentes.

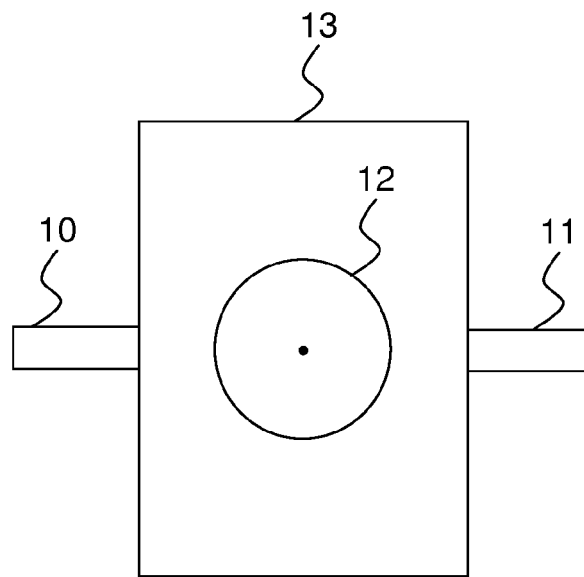


FIG.1

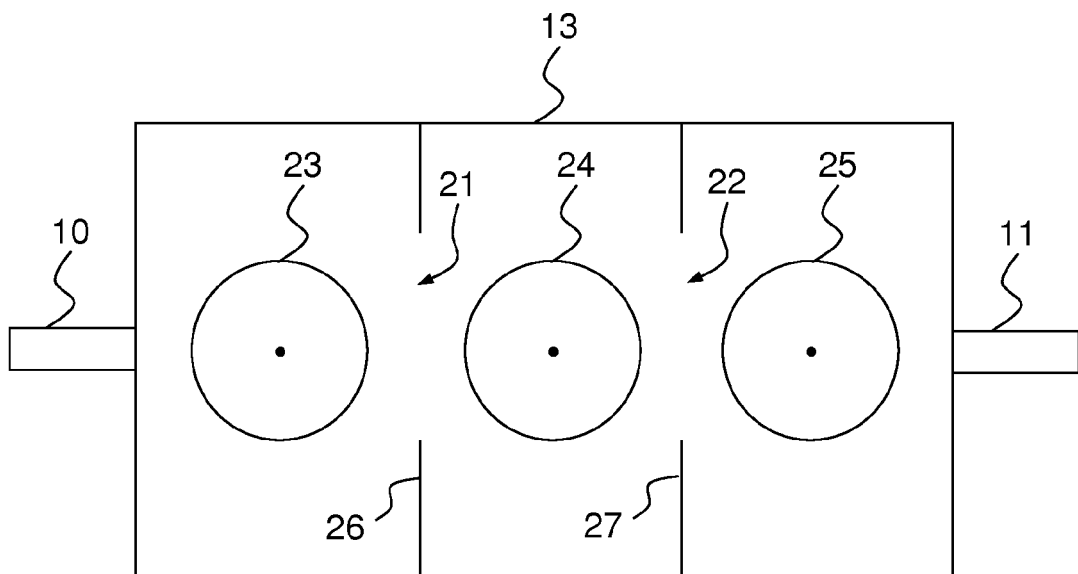


FIG.2

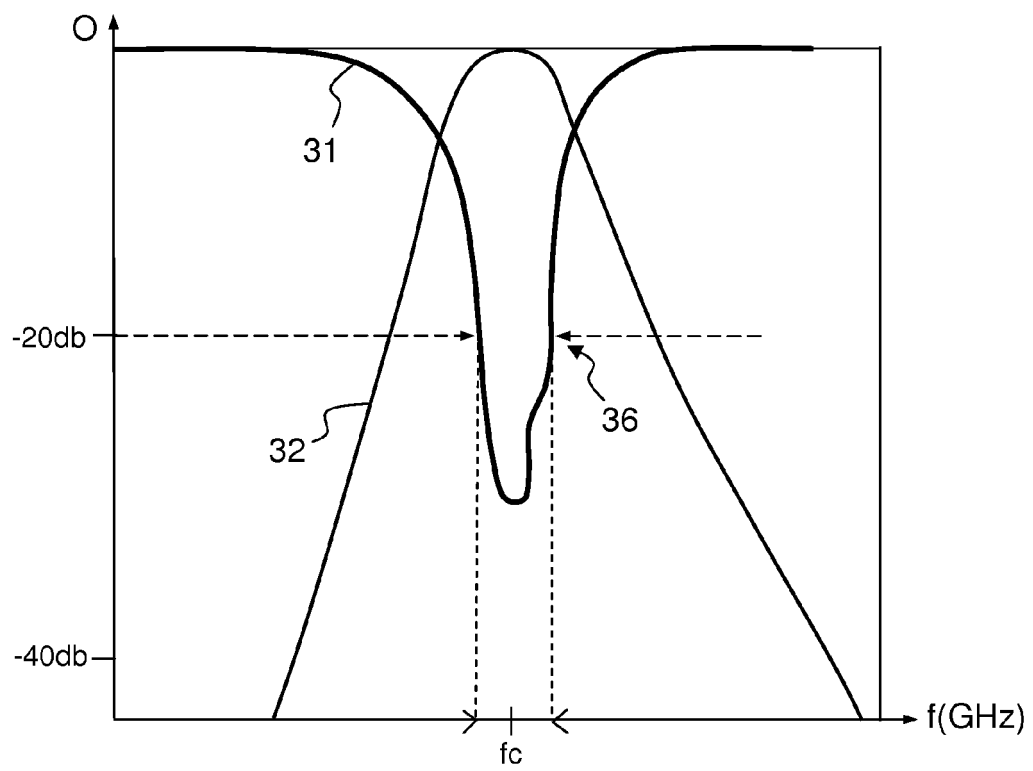


FIG.3

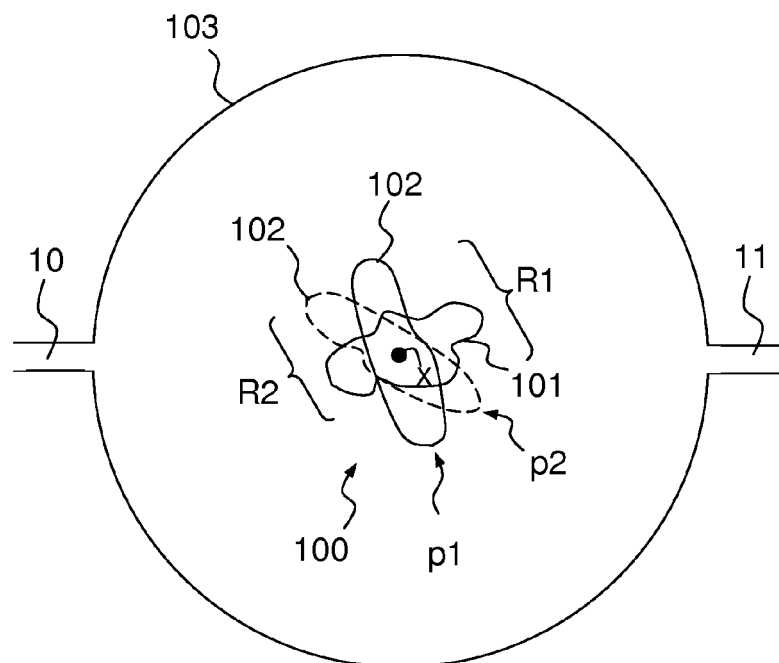


FIG.4

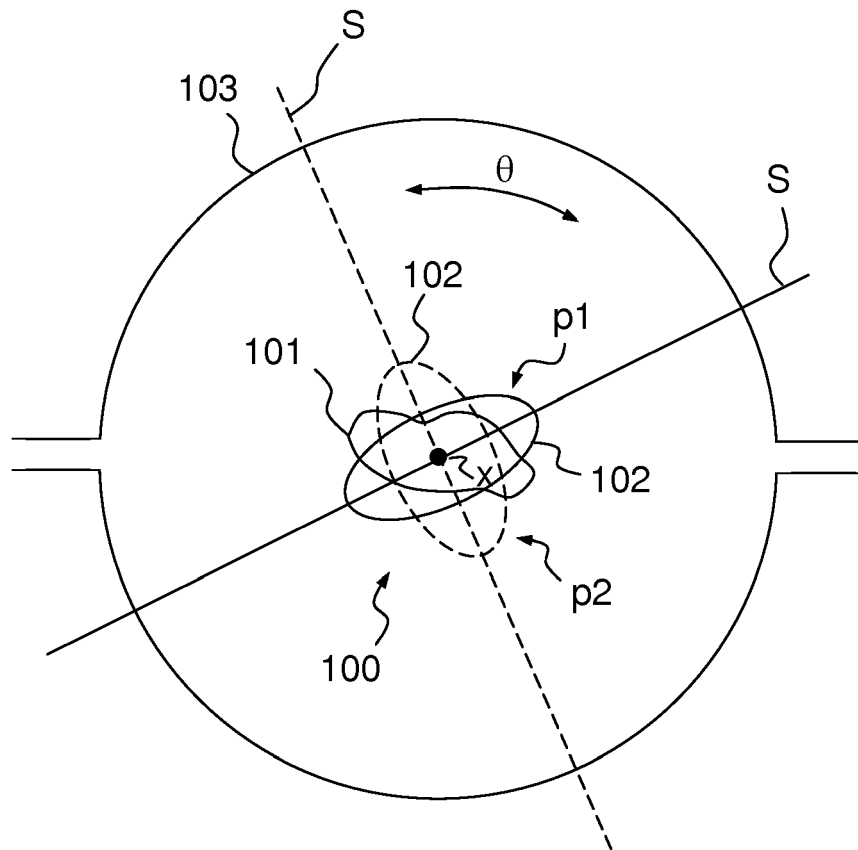


FIG.5

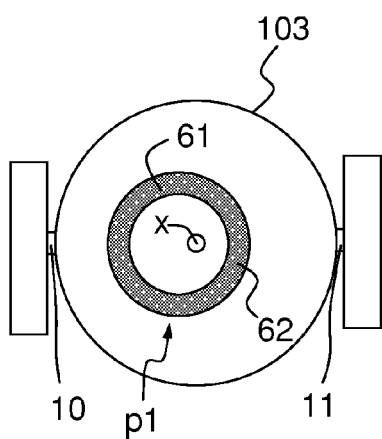


FIG. 6a

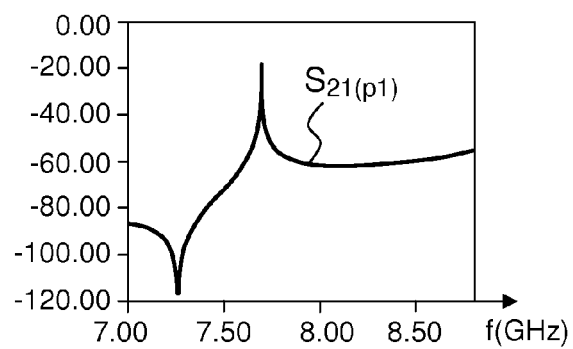


FIG. 6d

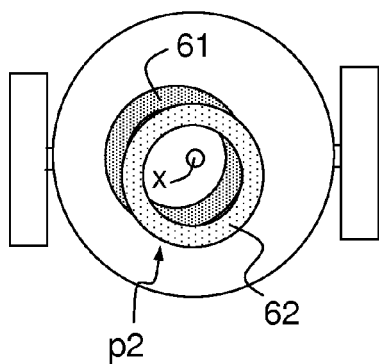


FIG. 6b

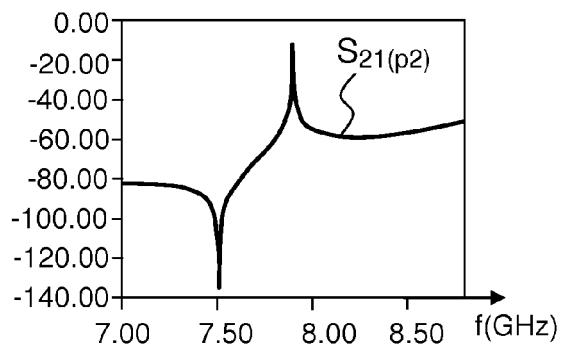


FIG. 6e

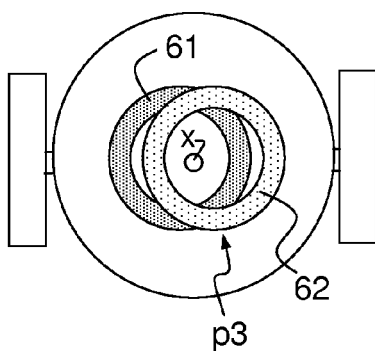


FIG. 6c

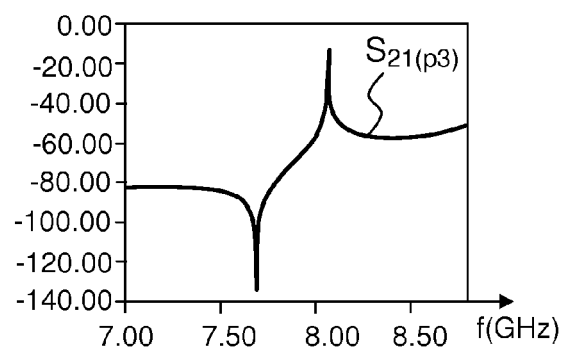


FIG. 6f

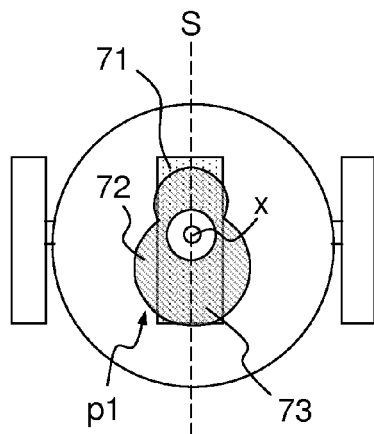


FIG. 7a

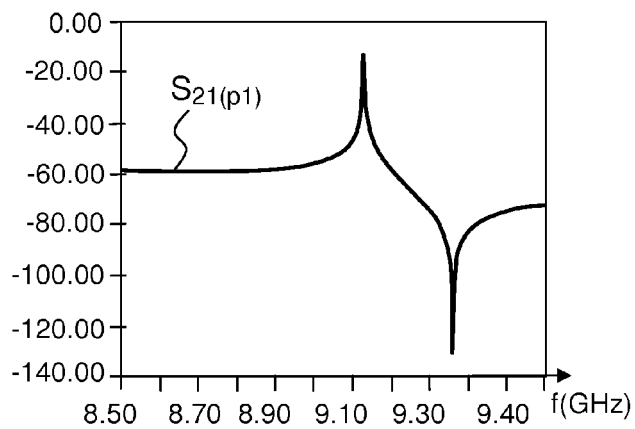


FIG. 7c

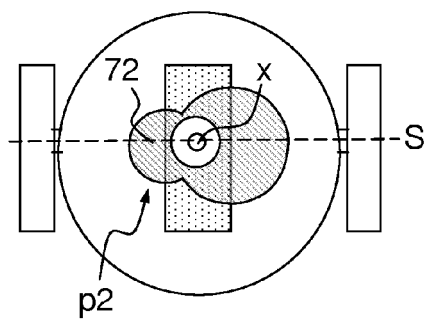


FIG. 7b

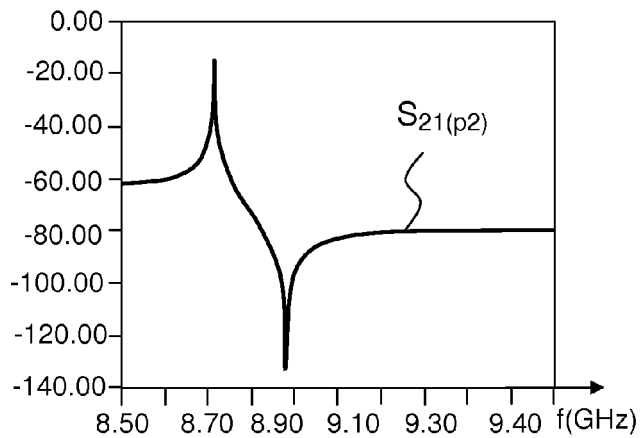
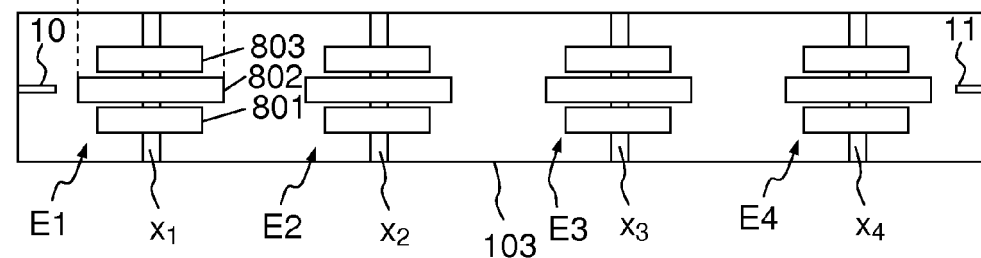
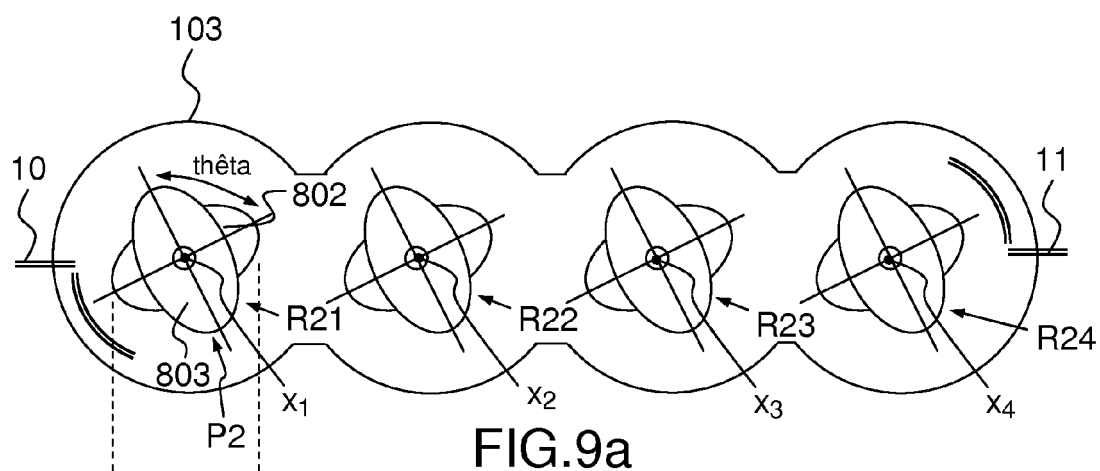
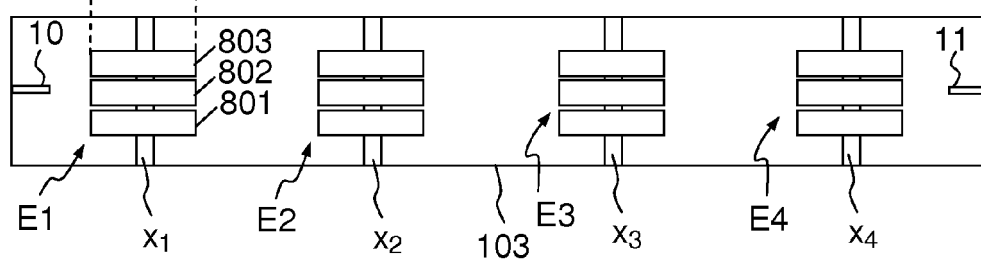
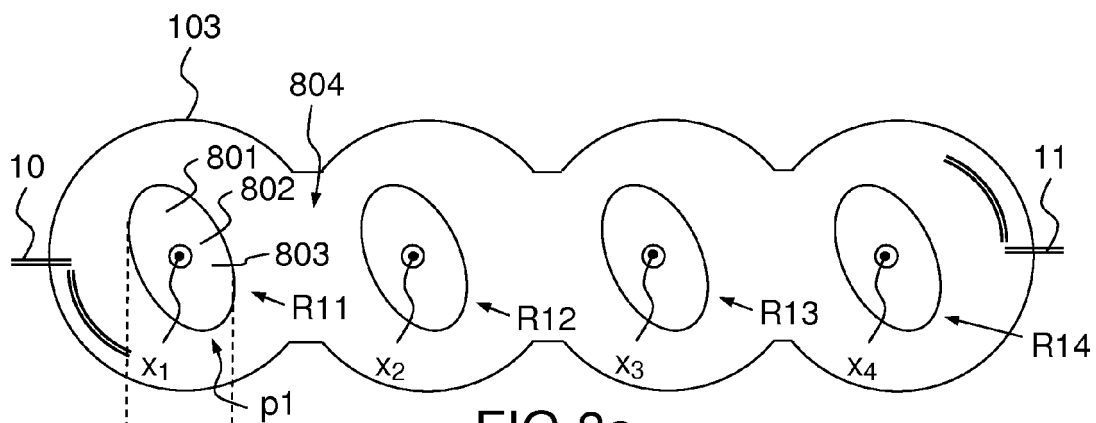


FIG. 7d



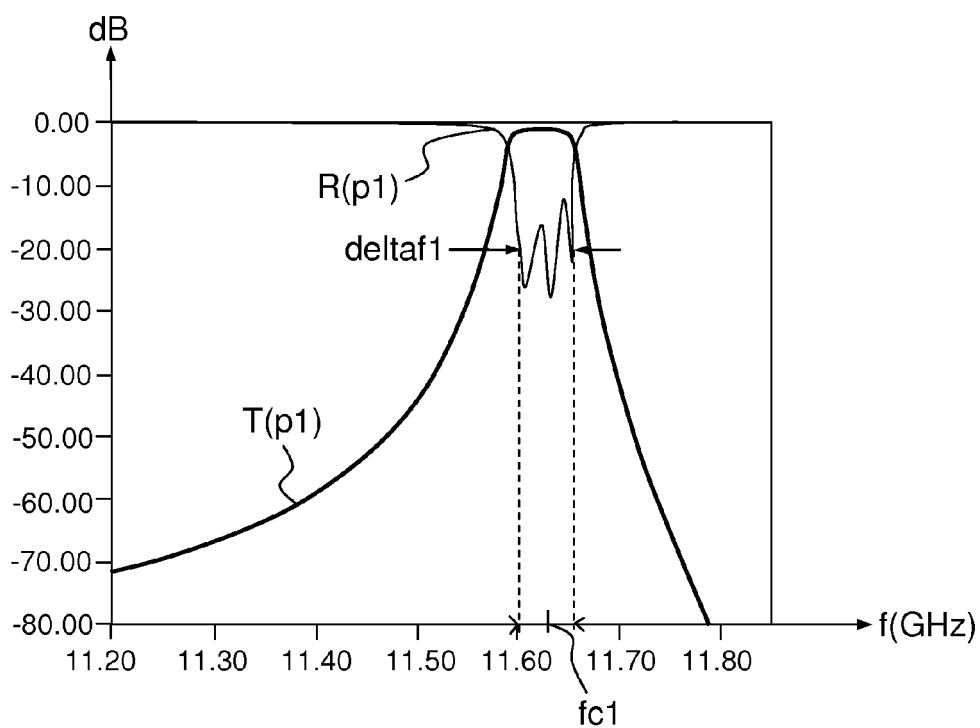


FIG.10

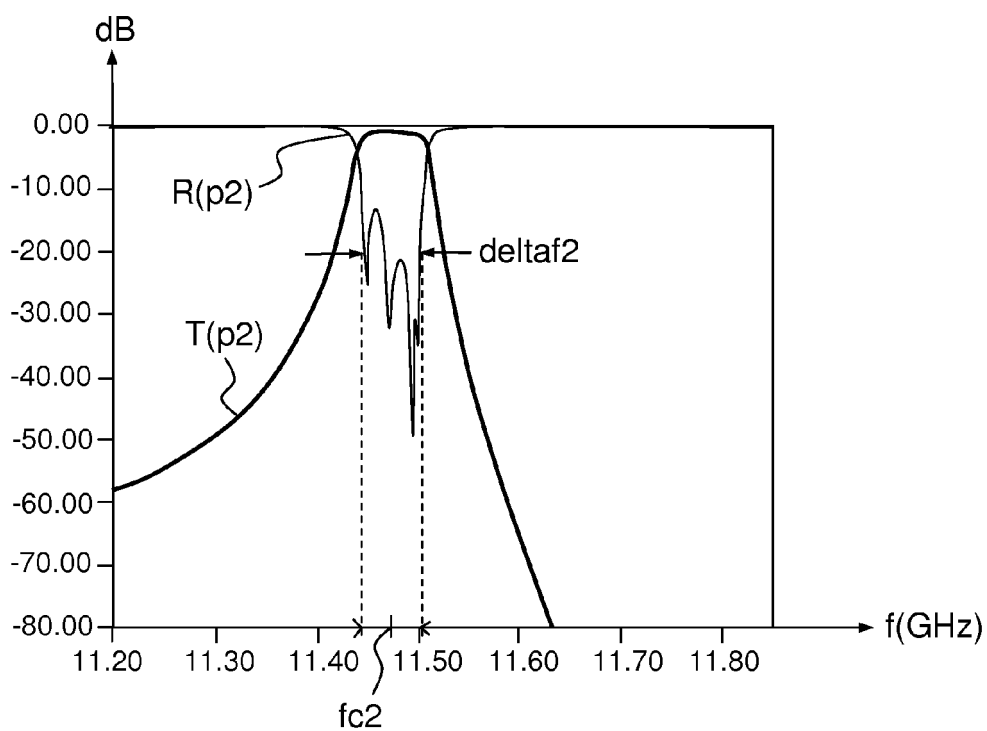


FIG.11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 17 7687

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	WO 99/66585 A2 (ALLGON AB [SE]; AAKESSON DANIEL [SE]; OESTIN JOAKIM [SE]) 23 décembre 1999 (1999-12-23) * page 7, ligne 16 - page 8, ligne 21; figure 2 *	1-17	INV. H01P1/208
A	JP H05 95214 A (FUJITSU LTD) 16 avril 1993 (1993-04-16) * abrégé; figures 1-5 *	1-17	
A	EP 1 575 118 A1 (MA COM INC [US]) 14 septembre 2005 (2005-09-14) * alinéa [0055] - alinéa [0058]; figures 8A-8C * * alinéa [0062]; figures 10A-10B *	1-17	
A	US 2012/049649 A1 (FUKUNAGA TATSUYA [JP]) 1 mars 2012 (2012-03-01) * alinéa [0032] - alinéa [0043]; figures 1-3 *	1-17	
A	US 2003/137368 A1 (SAITO KENJI [JP] ET AL) 24 juillet 2003 (2003-07-24) * alinéa [0081] - alinéa [0085]; figures 12A-14 *	1-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01P
A	US 2004/051602 A1 (PANCE KRISTI DHIMITER [US] ET AL) 18 mars 2004 (2004-03-18) * alinéa [0066] - alinéa [0076]; figures 9A-9F *	1-17	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 28 novembre 2013	Examineur Pastor Jiménez, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 13 17 7687

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

28-11-2013

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9966585 A2	23-12-1999	AU 4816799 A CN 1305650 A DE 69934005 T2 DK 1088362 T3 EP 1088362 A2 SE 9802191 A US 6496089 B1 WO 9966585 A2	05-01-2000 25-07-2001 16-05-2007 05-03-2007 04-04-2001 19-12-1999 17-12-2002 23-12-1999
JP H0595214 A	16-04-1993	AUCUN	
EP 1575118 A1	14-09-2005	CN 1691404 A EP 1575118 A1 JP 2005260976 A KR 20060043849 A US 2005200437 A1 US 2006197631 A1	02-11-2005 14-09-2005 22-09-2005 15-05-2006 15-09-2005 07-09-2006
US 2012049649 A1	01-03-2012	CN 102386884 A JP 5081284 B2 JP 2012054697 A TW 201218499 A US 2012049649 A1	21-03-2012 28-11-2012 15-03-2012 01-05-2012 01-03-2012
US 2003137368 A1	24-07-2003	DE 10214895 A1 GB 2378585 A JP 3633520 B2 JP 2002368508 A US 2003137368 A1	07-11-2002 12-02-2003 30-03-2005 20-12-2002 24-07-2003
US 2004051602 A1	18-03-2004	AU 2003288905 A1 US 2004051602 A1 WO 2004027917 A2	08-04-2004 18-03-2004 01-04-2004

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 7705694 B [0027]