



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
02.05.2002 Bulletin 2002/18

(51) Int Cl.7: **H01P 1/203, H01P 7/08**

(21) Numéro de dépôt: **01420209.7**

(22) Date de dépôt: **16.10.2001**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
• **Guillon, Bertrand**
87000 Limoges (FR)
• **Blondy, Pierre**
87000 Limoges (FR)

(30) Priorité: **24.10.2000 FR 0013619**

(74) Mandataire: **Palix, Stéphane et al**
Cabinet Laurent et Charras
20, rue Louis Chirpaz
B.P. 32
69131 Ecully Cedex (FR)

(71) Demandeur: **Memscap**
38330 Saint Ismier (FR)

(54) **Résonateur électrique**

(57) Résonateur électrique élémentaire (1), carac-
térisé en ce qu'il comprend :

- ♦ un ruban conducteur (2) formant une boucle plane à au moins un tour, dont les extrémités forment deux segments parallèles (3, 4) ;
- ♦ un pont conducteur (6) formant une arche enjambant lesdits segments (3, 4) du ruban conducteur

(2), les surfaces en regard de l'arche (6) et desdits segments (3, 4) formant une capacité,

et dans lequel une partie (7) du pont (6) est apte à se déplacer par rapport auxdits segments (3, 4) de la boucle sous l'action d'un signal de commande de manière à faire varier la valeur de ladite capacité, et donc la fréquence d'accord du résonateur.

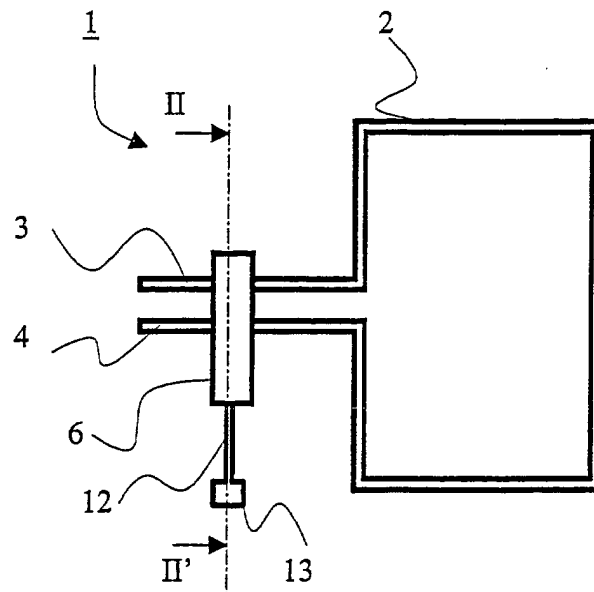


FIG. 1

Description

Domaine technique

[0001] L'invention se rattache au domaine de la micro-électronique, et plus précisément au secteur de la fabrication des microcomposants, notamment destinés à être utilisés dans des applications radio ou hyper fréquence. Elle concerne plus précisément des résonateurs électriques pouvant être incorporés dans des filtres analogiques, et qui permettent le réglage des différents paramètres de tels filtres.

Techniques antérieures

[0002] Comme on le sait, les circuits électroniques utilisés pour des applications radiofréquence ou hyperfréquence, telles que notamment la téléphonie mobile, comportent des filtres incluant des circuits oscillants ou résonateurs. De tels résonateurs sont généralement constitués par l'association d'une inductance et d'une capacité.

[0003] Dans certaines conditions, il est nécessaire de pouvoir adapter les paramètres du filtre, et notamment sa fréquence d'accord ou sa bande passante.

[0004] Ainsi, on a déjà proposé de former des résonateurs en associant un condensateur avec une inductance, l'un ou l'autre de ces composants présentant des paramètres qui peuvent être adaptés. Ainsi, on a proposé de réaliser des résonateurs avec des matériaux dont les propriétés varient avec l'application d'un champ magnétique statique tel que le grenat d'yttrium et de fer, communément appelé YIG. De tels composants présentent l'inconvénient majeur d'un encombrement très important.

[0005] On a également proposé de réaliser des composants dont les propriétés sont variables lorsqu'on les soumet à un champ électrique, tels que les matériaux ferroélectriques. Un tel composant est notamment décrit dans le document "IEEE transactions on microwave theory and techniques", volume 48, numéro 4, Avril 2000, pages 525 à 530. De tels composants présentent l'inconvénient de nécessiter des tensions de polarisation relativement élevées, et de présenter des niveaux de pertes importants.

[0006] On a également proposé de réaliser des capacités variables à base de matériaux semi-conducteurs. La variation de la capacité fonctionne sur le principe des transferts de charge dans les matériaux semi-conducteurs. Les inconvénients de ces dispositifs sont un important niveau de pertes, ainsi qu'une mauvaise tenue aux forts signaux électriques.

[0007] On a également proposé de réaliser les capacités variables en utilisant une batterie de condensateurs élémentaires qui peuvent être connectés en parallèle grâce à des diodes de commutation, qui permettent d'ajouter les capacités de chaque condensateur élémentaire. Une telle possibilité présente l'inconvé-

nient de n'assurer qu'un réglage discret de la capacité, et nécessite en outre des tensions de polarisation relativement élevées.

[0008] De façon générale, l'ensemble des techniques décrites ci-avant ne permet de réaliser que des composants qui possèdent des propriétés relativement médiocres en termes de puissance et de perte.

[0009] Dans les documents "IEEE transactions on microwave theory and techniques", volume 48, numéro 7, Juillet 2000, pages 1240 à 1246, et "IEEE transactions on microwave theory and techniques" volume 48, numéro 8, Août 2000, page 1336 à 1343, on a proposé de réaliser des résonateurs particuliers, utilisant un ruban conducteur disposé en forme de boucle au-dessus d'un plan de masse. Un tel composant, lorsqu'il est alimenté par un signal radio ou hyper fréquence fonctionne grâce à la propagation de ce signal entre le ruban conducteur et le plan de masse sous-jacent. La fréquence d'accord d'un tel résonateur est donc directement déterminée par la longueur du ruban conducteur, et correspond plus précisément à un signal dont la demi longueur d'onde correspond à la longueur développée du ruban.

[0010] On conçoit que ce genre de résonateur distribué possède de multiples inconvénients. En effet, sa fréquence d'accord est directement déterminée par sa géométrie, ce qui signifie qu'au-delà de certaines fréquences de l'ordre du GigaHertz, un tel résonateur possède des dimensions incompatibles avec la réalisation de circuits intégrés.

[0011] En outre, d'un point de vue de sa conception, un tel résonateur nécessite la présence d'un plan de masse pour la propagation du signal, ce qui lui confère donc une structure tridimensionnelle qui implique certaines contraintes sur le procédé de réalisation.

[0012] Un premier problème que se propose de résoudre l'invention est celui de la possibilité de régler les différents paramètres d'un résonateur, et notamment sa fréquence d'accord ou sa bande passante, et ce, sur une plage relativement large, tout en restant compatible avec les contraintes d'encombrement des composants utilisés en micro-électronique.

[0013] Un autre problème que se propose de résoudre l'invention est celui de la possibilité de faire varier les paramètres de filtres analogiques incorporant de tels résonateurs.

Exposé de l'invention

[0014] L'invention concerne donc un résonateur électrique élémentaire. Un tel résonateur se caractérise en ce qu'il comprend :

- un ruban conducteur formant une boucle plane à au moins un tour, et dont les extrémités forment deux segments parallèles ;
- un pont conducteur formant une arche enjambant lesdits segments du ruban conducteur, les surfaces en regard de l'arche et desdits segments formant

une capacité ;

- et dans lequel une partie du pont est apte à se déplacer par rapport auxdits segments de la boucle sous l'action d'un signal de commande, de manière à faire varier la valeur de ladite capacité, et donc la fréquence d'accord du résonateur.

[0015] Autrement dit, le résonateur élémentaire conforme à l'invention comprend un ruban formant inductance, et un pont conducteur qui enjambe une partie de l'inductance, de manière à former une capacité variable. L'association de cette capacité et de l'inductance forme un résonateur dont la fréquence d'accord peut être adaptée par la variation de la valeur de cette capacité.

[0016] Dans le reste de la description, le ruban conducteur et le pont conducteur peuvent être réalisés en différents matériaux, à savoir des matériaux métalliques ou bien encore des matériaux semi-conducteurs.

[0017] La boucle plane et le pont conducteur ne nécessitent pas la présence d'un plan de masse pour une quelconque propagation du signal, de sorte que de tels composants peuvent être réalisés très aisément, directement sur des couches de quartz ou de silicium ou d'autres types de substrat. Ces résonateurs peuvent être intégrés dans des microcomposants spécifiques à des fonctions de filtrage, ou bien encore être réalisés par dessus un circuit intégré assurant d'autres fonctionnalités.

[0018] En pratique, le pont conducteur formant la capacité variable peut être déformé par l'application de forces diverses, utilisées dans les technologies couramment connues sous l'abréviation "MEMS" signifiant en anglais "microelectromechanical systems". Ainsi, le pont conducteur peut être déformé sous l'action d'une force électrostatique grâce à une tension continue appliquée entre l'arche et le ruban conducteur. La force qui engendre la déformation de l'arche peut également avoir pour origine un phénomène thermique ou magnétique.

[0019] Avantagusement en pratique, le pont conducteur peut être associé à au moins un pont conducteur complémentaire, disposé en parallèle, et actionné par un signal de commande différent, de manière à faire varier la capacité variable sur une plage élargie. Cela revient donc à fractionner la surface totale formant la capacité, et à faire varier indépendamment la capacité élémentaire de chaque pont.

[0020] Avantagusement en pratique, le résonateur électrique élémentaire peut comporter en outre :

- une piste supplémentaire, parallèle aux segments formant les extrémités de la boucle ;
- un pont conducteur supplémentaire, formant également une capacité variable, enjambant la piste supplémentaire, et un des deux segments formant extrémité de la boucle.

[0021] Autrement dit, dans cette configuration, le ré-

sonateur est associé à une capacité supplémentaire, formant une capacité de découplage.

[0022] Ainsi, le résonateur peut être utilisé en tant que filtre, lorsqu'il comporte deux bornes de connexion, à savoir :

- une première borne située sur la piste supplémentaire ;
- une seconde borne située sur le segment de la boucle qui n'est pas enjambée par le pont conducteur supplémentaire.

[0023] Ce filtre a un comportement électrique correspondant à un schéma équivalent comportant en série un condensateur et un dipôle LC parallèle.

[0024] En réglant la capacité supplémentaire, on règle l'impédance d'entrée du filtre, alors que le réglage de la première capacité variable permet d'accorder la fréquence de résonance du filtre.

[0025] La structure du résonateur élémentaire, (incluant ou non la capacité de découplage telle que décrite ci-avant) peut être utilisée pour construire des filtres à plusieurs pôles, en couplant les différents résonateurs élémentaires entre eux. Il est ainsi possible de former des filtres d'ordre élevé, ou comportant des zéros de transmission.

[0026] En pratique, le couplage des résonateurs élémentaires peut être obtenu par un pont conducteur formant capacité variable, qui enjambe deux segments formant l'extrémité d'une boucle d'un résonateur, ces deux segments appartenant à deux résonateurs différents. Autrement dit, deux résonateurs incluant chacun une boucle et un pont conducteur, sont couplés par une des extrémités de leur boucle, grâce à un pont formant une capacité variable. L'association de ces deux résonateurs est équivalente à un couplage de deux résonateurs élémentaires décrits ci-avant par une capacité de découplage partagée.

[0027] Au niveau d'un schéma équivalent, un tel montage fonctionne comme deux dipôles LC parallèles entre lesquels est connectée une capacité variable. En fonction de la valeur de cette capacité qui couple les deux résonateurs, on peut jouer sur la bande passante d'un filtre qui inclut ces deux résonateurs.

[0028] Le couplage entre deux résonateurs élémentaires peut également avoir lieu par des zones de chaque ruban conducteur situées en regard l'une de l'autre. Autrement dit, chaque boucle possède une fraction de sa longueur disposée côte à côte avec une fraction de l'autre boucle, de sorte que par couplage magnétique, les deux résonateurs sont couplés.

[0029] Ce couplage peut être rendu variable grâce au fait que les zones en regard l'une de l'autre peuvent être enjambées par un pont conducteur supplémentaire formant capacité variable, et qui permet donc le réglage d'intensité du couplage entre les deux résonateurs élémentaires.

[0030] Un exemple particulier de résonateur selon

l'invention peut comporter deux résonateurs élémentaires incluant une boucle et un pont formant capacité variable, et un pont conducteur supplémentaire formant une capacité variable supplémentaire, qui enjambe un des segments formant extrémité de la boucle de chaque résonateur élémentaire. Autrement dit, il s'agit de deux résonateurs couplés au niveau des extrémités de leur boucle par une capacité de découplage partagée.

[0031] En pratique, un tel résonateur peut être intégré dans un filtre qui comporte en outre deux pistes supplémentaires disposées chacune en regard d'une boucle de chaque résonateur élémentaire, chaque piste supplémentaire étant ainsi couplée à la zone de la boucle en regard, les extrémités des deux pistes supplémentaires formant les bornes de connexion du filtre.

[0032] Le couplage entre les pistes supplémentaires et les boucles des résonateurs élémentaires peut être réalisé par deux ponts conducteurs supplémentaires formant capacité variable, enjambant chacun une piste supplémentaire et la zone de la boucle du résonateur élémentaire se situant en regard. Ainsi, en faisant varier le couplage entre les pistes formant l'entrée et la sortie du filtre, et les résonateurs intermédiaires, il est possible de faire varier certaines caractéristiques du filtre telles que les impédances d'entrée et de sortie, la bande passante, et la fréquence centrale.

[0033] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux filtres incluant deux résonateurs, mais couvre les variantes dans lesquelles le nombre de résonateurs est choisi selon de la fonction de transfert souhaité. Il est ainsi possible de multiplier le nombre de résonateurs, le nombre total pouvant ainsi être supérieur à la dizaine.

Description sommaire des figures

[0034] La manière de réaliser l'invention ainsi que les avantages qui en découlent ressortiront bien de la description des modes de réalisation qui suivent, à l'appui des figures annexées dans lesquelles :

La figure 1 est un schéma de la configuration d'un résonateur élémentaire.

La figure 2 est une vue en coupe selon le plan II-II' de la figure 1.

La figure 3 est un schéma d'une variante de réalisation du résonateur de la figure 1.

La figure 4 est un schéma de la configuration d'un filtre incluant un résonateur conforme à l'invention.

La figure 5 est un schéma équivalent du fonctionnement électrique du filtre de la figure 4.

La figure 6 est un schéma de configuration d'un filtre à deux pôles.

La figure 7 est un schéma équivalent du fonctionnement du filtre de la figure 6.

La figure 8 est un diagramme illustrant la fonction transfert en réflexion et en transmission du filtre de la figure 6.

La figure 9 est un schéma de configuration d'un

autre filtre à deux pôles.

La figure 10 est un schéma équivalent du fonctionnement du filtre de la figure 9.

La figure 11 est un schéma de configuration d'un autre filtre à quatre pôles.

La figure 12 est un schéma équivalent du fonctionnement du filtre de la figure 11.

La figure 13 est un diagramme des fonctions de transferts en réflexion et en transmission du filtre de la figure 11.

Manières de réaliser l'invention

[0035] Comme déjà évoqué, l'invention concerne un résonateur électrique qui peut être incorporé dans des filtres analogiques d'une très grande variété.

[0036] La structure élémentaire d'un tel résonateur est illustrée aux figures 1 et 2. Un tel résonateur (1) est essentiellement constitué d'une boucle conductrice (2) et d'un pont (6) conducteur. Plus précisément, la boucle (2) est formée d'un ruban conducteur, c'est-à-dire métallique ou semi-conducteur, dont la géométrie peut adopter une forme carrée comme illustré à la figure 1. Néanmoins, l'invention n'est pas limitée à cette seule forme de réalisation, mais couvre également les boucles de géométrie différente, rectangulaire, polygonale, circulaire ou autres. La boucle (2) illustrée à la figure 1 comporte deux segments terminaux (3, 4) qui en forment les extrémités. Les deux segments (3, 4) sont disposés parallèlement l'un à l'autre de manière à pouvoir refermer la boucle. La superficie de la boucle (2) définit sensiblement la valeur de l'inductance équivalente de la boucle du résonateur.

[0037] Le ruban formant la boucle (2) peut être obtenu selon différentes technologies, en fonction du type de microcomposant qui l'intègre. Ainsi, dans une technologie utilisant un procédé de réalisation électrolytique, le ruban peut être métallique, et obtenu par dépôt électrolytique de cuivre dans des sillons gravés dans un substrat isolant tel que de la silice. Néanmoins, d'autres technologies peuvent également être employées telles que celles utilisant plusieurs niveaux de matériaux semi-conducteurs, séparés par des couches sacrificielles.

[0038] Selon une autre caractéristique de l'invention, le résonateur (1) comporte un pont (6) en un matériau conducteur, métallique ou semi-conducteur, qui enjambe les deux segments (3, 4) qui forment les extrémités de la boucle (2). Ce pont (6) est illustré à la figure 2. Il comporte un segment (7) parallèle au plan du substrat, et deux piliers (8, 9) qui relient le segment horizontal (7) au substrat (11). La surface en regard du segment horizontal (7) et des segments (3, 4) de la boucle (2), forme une capacité. La valeur de cette capacité est essentiellement réglée par la distance séparant le segment (7) du pont (6) et les segments (3, 4) de la boucle.

[0039] Conformément à l'invention, le pont (6) est déformable sous l'action d'une force ajustable, de sorte que la distance entre le segment horizontal (7) et les

segments (3, 4) de la boucle, peut être ajustée.

[0040] De la sorte, la valeur de la capacité existante entre le segment horizontal (7) du pont (6) et les segments (3, 4) de la boucle peut être modifiée, et par conséquent la fréquence d'accord du résonateur.

En pratique, le pont (6) peut être obtenu selon différentes technologies. Dans la technologie par dépôt électrolytique, cette arche (6) est constituée d'un dépôt de cuivre qui peut être réalisé au dessus d'une couche sacrificielle déposée sur du substrat (11), puis ultérieurement éliminée. Néanmoins, d'autres technologies dans lesquelles l'arche n'est pas en cuivre mais en un autre matériau métallique ou bien encore en un matériau semi-conducteur peuvent être employées.

[0041] La déformation du pont (6) peut être obtenue, par application d'une force électrostatique, qui résulte de l'application d'une tension continue entre le pont (6) et les segments (3, 4) de la boucle. A cet effet, le pont (6) se prolonge par une piste (12) jusqu'à un plot de connexion (13) par laquelle est appliquée la tension continue. Comme déjà dit, la force engendrant la déformation du pont peut être d'une autre origine qu'électrostatique et par exemple résulter d'un phénomène de dilatation ou de l'application d'un champ magnétique.

[0042] Comme illustré à la figure 3, la boucle (16) peut présenter un nombre de tours supérieur à un, de manière à augmenter la valeur de l'inductance et donc son coefficient de qualité. Dans ce cas, la portion (18) de la boucle reliant le centre (17) d'enroulement et le segment (3) formant l'extrémité de la boucle, constitue une couche située en dessus ou en dessous du reste de l'enroulement (16).

[0043] Comme également illustré à la figure 3, les segments (3, 4) de la boucle peuvent être enjambés par plusieurs ponts (21, 22, 23), disposés parallèlement, et commandés chacun par un signal distinct, au niveau de trois plots de connexion différents (24, 25, 26).

[0044] La multiplication des ponts enjambant les segments (3, 4) permet d'une part, d'augmenter la surface du condensateur global formé par l'ensemble des ponts (21, 22, 23) et les segments (3, 4), et d'autre part, de permettre une commande distincte de chacun de ces ponts. De la sorte, il est plus facile de couvrir une plus large plage de valeur de capacité, et ce avec une plus grande précision.

[0045] Le résonateur élémentaire illustré à la figure 1 peut être intégré dans des filtres plus complexes, tels qu'illustrés aux figures 4, 6, 9 et 11.

Exemple 1

[0046] Ainsi, le filtre illustré à la figure 4 comporte un résonateur élémentaire incluant une boucle (32) et un pont (36) enjambant les segments (33, 34) de la boucle (32).

[0047] Bien entendu, bien que cela ne soit pas illustré, la boucle (32) peut comporter de multiples tours, et le pont (36) peut être décomposé en une pluralité de ponts

élémentaires.

[0048] Ce filtre (30) comporte une piste supplémentaire (31), disposée parallèlement au segment (34). Cette piste (31) réalisée de la même manière que la boucle (32) est enjambée par un pont (37) qui enjambe également le segment (34) de la boucle (32). Ce pont (37) forme une capacité variable avec le segment (34) de la boucle (32) et la piste (31). Cette capacité variable est commandée selon la même méthode que le pont (36). Il peut notamment être constitué d'une pluralité de ponts élémentaires en parallèle.

[0049] Le schéma équivalent du filtre de la figure 4 est illustré à la figure 5. Ainsi, l'inductance de la boucle (32) correspond sensiblement à l'inductance L de la figure 5. La capacité variable du pont (36) correspond à la capacité C de la figure 5. La capacité formée par le pont (37) correspond à la capacité variable C1 de la figure 5, de sorte qu'entre les bornes 38 et 39, le filtre de la figure 4 correspond à un circuit LC parallèle en série avec la capacité C1. La variation de la hauteur du pont (36) permet de faire varier la capacité C, et donc la fréquence d'accord du résonateur LC. La variation de la capacité C1 permet d'adapter l'impédance du filtre.

Exemple 2

[0050] Les figures 6, 7, 8 correspondent à un second filtre dont la configuration est illustrée à la figure 6. Ce filtre reprend deux filtres correspondant à la figure 4, et dans lesquels les boucles sont couplées par des zones en regard.

[0051] Plus précisément, ce filtre (40) comprend deux résonateurs élémentaires comprenant chacun une boucle (41, 42) chaque boucle comporte deux segments en extrémité (43, 44, 45, 46). Ces segments d'extrémité (43, 44 ; 45, 46) sont enjambés deux par deux par des capacités variables (47, 48). Chacun de ces résonateurs comprend également une piste supplémentaire (49, 50) qui est enjambée, avec un des segments (44, 46), par un pont supplémentaire (51, 52).

[0052] Les zones (57, 58) des boucles (41, 42) sont disposées parallèlement, en regard l'une de l'autre. Ces deux zones (57, 58) sont suffisamment proches pour que le champ magnétique généré par le courant parcourant la zone (57) induise un courant dans la zone (58) de l'autre boucle, et vice versa. De la sorte, les inductances formées par les boucles (41, 42) sont couplées magnétiquement.

[0053] Dans une forme non illustrée, les zones (57, 58) peuvent être enjambées par un pont conducteur supplémentaire assurant un couplage capacitif entre les boucles (41, 42).

[0054] Le schéma équivalent de ce filtre, entre les bornes d'entrée (53, 54) et de sortie (55, 56) est illustré à la figure 7 dans laquelle on observe les capacités C1 et C2 correspondant aux ponts principaux (47, 48), déterminant la fréquence d'accord de chacun des résonateurs élémentaires. Les capacités C3 et C4 correspon-

dent aux capacités de découplage formées par les ponts (51, 52). La mutuelle inductance M correspond au couplage présent entre les zones (57, 58) des boucles (41, 42). On a représenté en figure 8 quatre courbes illustrant les fonctions de transfert du filtre de la figure 6, pour différentes valeurs des différentes capacités.

[0055] Ainsi, les courbes (60, 61) en trait plein correspondent respectivement aux paramètres de réflexion (ou S_{11}) et de transmission (S_{12}) du filtre. Les courbes (62, 63) en trait pointillé, correspondent respectivement aux mêmes paramètres, avec une diminution des capacités de manière à augmenter la fréquence de résonance en maintenant l'adaptation du filtre.

[0056] Ce type de filtre peut être notamment utilisé comme filtre présélecteur pour téléphonie mobile, en s'adaptant sur plusieurs standards, et plus généralement sur des récepteurs radiofréquences multi-bandes, multi-standards.

Exemple 3

[0057] Les figures 9, 10 et 11 se rapportent à un autre filtre réalisé à partir de résonateurs élémentaires.

[0058] Ainsi, un tel filtre (70) comporte deux boucles (71, 72) possédant chacune des segments d'extrémités (73, 74, 75, 76), les segments (73, 74) de la boucle (71) sont enjambés par un pont (77). Les segments (75, 76) de la boucle (72) sont enjambés par un pont formant capacité variable (78).

[0059] En outre, le segment (74) de la boucle (71) et le segment (75) de la boucle (72) sont enjambés par un pont conducteur supplémentaire (79). Ce pont supplémentaire (79) assure donc un couplage capacitif entre les résonateurs formés des boucles (71, 72).

[0060] Par ailleurs, les boucles (71, 72) présentent chacune une zone (81, 82) venant au regard chacune d'une piste supplémentaire (83, 84). Les pistes (83, 81) et (82, 84) sont suffisamment proches pour être couplées magnétiquement. Le filtre (70) comporte des bornes d'entrée (85, 86, 87, 88) situées aux extrémités respectives des pistes (83, 84).

[0061] La figure 10 illustre 1e schéma équivalent électrique du filtre de la figure 9 dans lequel on observe, en partant de 1a gauche :

- la mutuelle inductance M entre la piste (81, 83),
- l'inductance L de la boucle (71),
- la capacité C_2 du pont formée par le pont (77),
- la capacité C_1 de couplage entre les boucles (71, 72) engendrées par le pont (79),
- la capacité C_3 formée par le pont (78),
- l'inductance L formée par la boucle (72),
- et la mutuelle inductance entre la zone (82) de la boucle (72) et la zone (84) située entre les bornes de sortie (87, 88).

[0062] En faisant varier les différentes capacités C_1 , C_2 , C_3 , il est ainsi possible de jouer sur la position re-

lative des différents pôles du filtre, ou sur sa fréquence centrale. Le couplage magnétique entre les zones (83, 81) et (82, 84) pourrait également être complété par un couplage capacitif par l'intermédiaire de ponts déformables non représentés.

[0063] Les différents paramètres en transmission et en réflexion du filtre de la figure 9 sont similaires à ceux du filtre de l'exemple 2, avec toutefois la possibilité de régler la bande passante du filtre, le couplage d'entrée étant fixe.

Exemple 4

[0064] La figure 11 illustre un autre filtre réalisé conformément à l'invention et qui intègre quatre résonateurs élémentaires.

[0065] Plus précisément, ce filtre (100) est dérivé de l'association des filtres illustrés aux figures 6 et 9. Ainsi, les boucles (101, 102) sont dans une configuration similaire à celle de la figure 6, et comportent chacune un pont (103, 104) qui enjambe leurs segments d'extrémités (105, 106, 107, 108). Ces boucles (101, 102) comportent également une piste supplémentaire (109, 110). Ces pistes (109, 110) sont enjambées par des ponts (111, 112) qui enjambent également les segments (106, 108) des boucles (101, 102).

[0066] Les boucles (101, 102) possèdent des zones parallèles (113, 114) qui sont donc couplées magnétiquement, ce couplage magnétique est renforcé par un couplage capacitif grâce au pont (115) qui engendre les deux zones (113, 114).

[0067] Le filtre (100) comporte également deux boucles (121, 122) dont les segments en extrémités (123, 124, 125, 126) sont respectivement enjambées deux à deux par des ponts (127, 128).

[0068] Ces boucles (121, 122) reprennent la structure centrale du filtre de la figure 9.

[0069] En outre, ces deux boucles (121, 122) sont couplées par un pont (130) qui enjambe 1e segment (124) de la boucle (121) et le segment (125) de la boucle (122).

[0070] Les boucles (121, 122) sont respectivement couplées aux boucles (101, 102). Ce couplage est réalisé par la proximité des zones (131, 132) en ce qui concerne les boucles (101, 121) ainsi que par les zones (133, 134) pour les boucles (122, 102). Ce couplage peut être renforcé par des ponts (135, 136) formant capacité variable.

[0071] On a représenté en figure 12 un schéma équivalent dans lequel on observe deux capacités C_1 et C_2 , qui servent à régler le couplage d'entrée du filtre. On observe également quatre inductances L_1 , L_2 , qui correspondent aux boucles (101, 121, 133, 102) de la figure 11. Par proximité, ces 4 inductances sont couplées, ce qui est représenté sur le schéma par des mutuelles inductances (L_{m1} et L_{m2}). Deux boucles, en haut de la figure 12, sont couplées par une mutuelle capacitance (C_m). Disposé de la sorte, l'ensemble des résonateurs

et des structures de couplage permet de réaliser une fonction de filtrage comportant des zéros de transmission ou une égalisation du temps de groupe. L'ensemble des paramètres du filtre : bande passante, fréquence centrale, position des zéros de transmission, impédance d'entrée peuvent être réglés en ajustant les capacités.

[0072] On a représenté en figure 13 les paramètres de réflexion et de transmission du filtre de la figure 11 mesurés entre les bornes (141, 142, 143, 144) pour deux ensembles de valeurs des capacités. Plus précisément, les courbes en traits pleins (145) et (146) représentent les paramètres S_{11} et S_{12} de ce filtre. Les courbes en traits pointillés (147) et (148) représentent les mêmes paramètres après modification des valeurs de capacités réglables.

[0073] Il ressort de ce qui précède que le résonateur est conforme à l'invention, et les différents filtres dans lequel il peut être intégré présentent de multiples avantages et notamment :

- l'absence de plan de masse, et donc une géométrie planaire qui le rend très facile pour une intégration soit dans un microcomposant spécifique, soit dans un microcomposant incluant d'autres fonctionnalités, soit directement au-dessus d'un circuit intégré pré-existant ;
- la possibilité de l'inclure dans de multiples filtres, comportant un nombre de pôles particulièrement élevés ;
- la possibilité de faire varier à l'intérieur de tels filtres tous les paramètres caractéristiques, c'est-à-dire notamment des fréquences d'accord, la position des zéros de transmission, la bande passante.

[0074] Ces différents avantages permettent de réaliser de multiples filtres analogiques utilisés dans des gammes de fréquences très larges allant du GigaHertz à quelques dizaines de GigaHertz.

[0075] Ce résonateur peut donc être aisément intégré dans des microcomposants utilisés dans des applications radio ou hyper fréquence, et notamment dans le domaine de la téléphonie mobile, ou plus généralement dans tous les dispositifs radio analogiques et numériques, pouvant recevoir plusieurs standards.

Revendications

1. Résonateur électrique élémentaire (1), **caractérisé en ce qu'il comprend :**

- ♦ un ruban conducteur (2) formant une boucle plane à au moins un tour, dont les extrémités forment deux segments parallèles (3, 4) ;
- ♦ un pont conducteur (6) formant une arche enjambant lesdits segments (3, 4) du ruban conducteur (2), les surfaces en regard de l'arche

(6) et desdits segments (3, 4) formant une capacité,

et dans lequel une partie (7) du pont (6) est apte à se déplacer par rapport auxdits segments (3, 4) de la boucle sous l'action d'un signal de commande de manière à faire varier la valeur de ladite capacité, et donc la fréquence d'accord du résonateur.

2. Résonateur électrique élémentaire (30) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre :

- ♦ une piste supplémentaire (31), parallèle aux segments (33, 34) formant les extrémités de la boucle (32) ;
- ♦ un pont conducteur supplémentaire (37), formant également une capacité variable, enjambant ladite piste supplémentaire (31) et un (34) des deux segments formant extrémité de la boucle (32).

3. Résonateur électrique élémentaire selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte deux bornes de connexion, à savoir :

- ♦ une première borne (39) située sur la piste supplémentaire (31) ;
- ♦ une seconde borne (38) située sur le segment (33) qui n'est pas enjambé par le pont conducteur supplémentaire (37).

4. Résonateur électrique élémentaire selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'au** moins un des ponts conducteurs (21) est associé à au moins un pont conducteur complémentaire (22, 23), disposé en parallèle, et actionné par un signal de commande différent, de manière à faire varier la capacité variable sur une plage élargie.

5. Résonateur électrique, **caractérisé en ce qu'il** est composé de plusieurs résonateurs élémentaires selon la revendication 1 ou 2 couplés.

6. Résonateur électrique (70) selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'au** moins deux des résonateurs élémentaires sont couplés par un pont conducteur (79) formant capacité variable, qui enjambe deux segments (74, 75) formant l'extrémité d'une boucle (71, 72) d'un résonateur élémentaire, ces deux segments (74, 75) appartenant à deux résonateurs différents.

7. Résonateur électrique (40) selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'au** moins deux des résonateurs élémentaires sont couplés par des zones (53, 54) de chaque ruban conducteur (41, 42) situées en regard l'une de l'autre.

8. Résonateur électrique selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les deux zones en regard l'une de l'autre sont enjambées par un pont conducteur formant capacité variable, de manière à régler l'intensité du couplage entre les deux résonateurs élémentaires. 5
9. Résonateur électrique (70) selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'il** est composé de deux résonateurs élémentaires selon la revendication 1, et d'un pont métallique conducteur (79) formant capacité variable, enjambant un des segments (74, 75) formant extrémité de la boucle (71, 72) de chaque résonateur élémentaire. 10
15
10. Résonateur électrique selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre deux pistes supplémentaires (83, 84) disposées chacune en regard d'une zone (81, 82) d'une boucle (71, 72) de chaque résonateur élémentaire, chaque piste supplémentaire (83, 84) étant ainsi couplée à la zone (81, 82) de la boucle en regard, et dans laquelle les extrémités (85, 86, 87, 88) des deux pistes supplémentaires (83, 84) forment des bornes de connexion. 20
25
11. Résonateur électrique selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre deux ponts conducteurs supplémentaires formant capacité variable, enjambant chacun une piste supplémentaire et la zone de la boucle du résonateur élémentaire se situant en regard. 30
12. Résonateur multiple **caractérisé en ce qu'il** comporte plusieurs résonateurs selon l'une des revendications 5 à 9, dont certaines boucles appartenant aux résonateurs élémentaires qu'ils composent sont couplées. 35
40
45
50
55

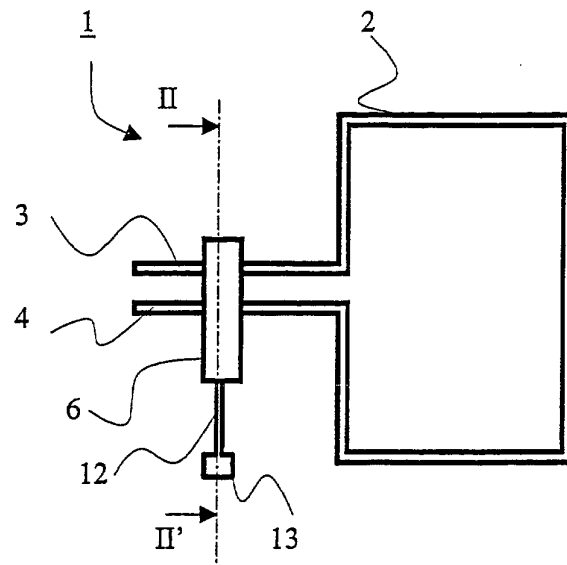


FIG. 1

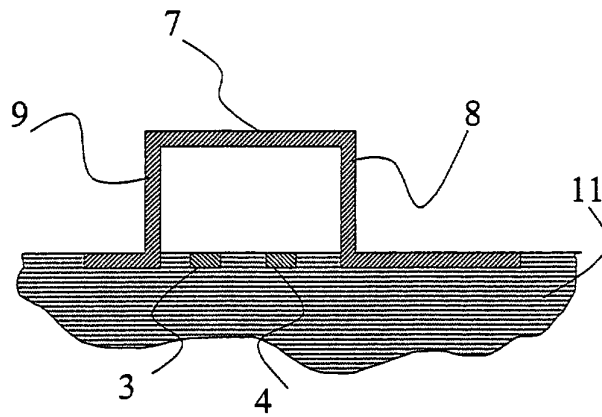


FIG. 2

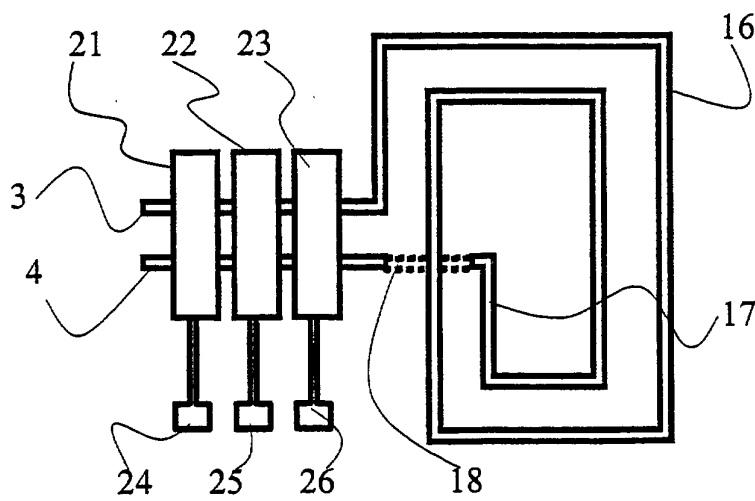


FIG. 3

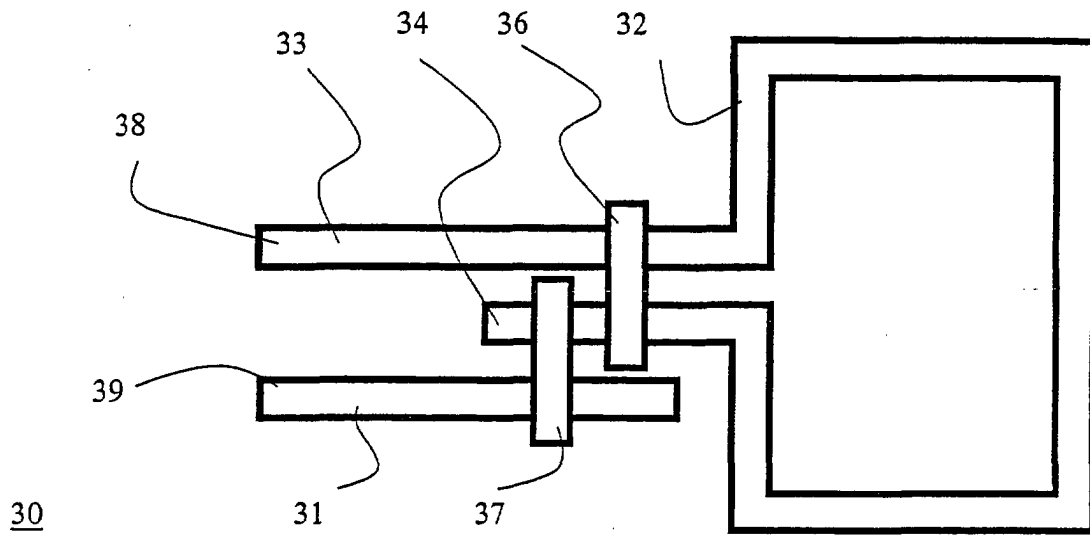


FIG. 4

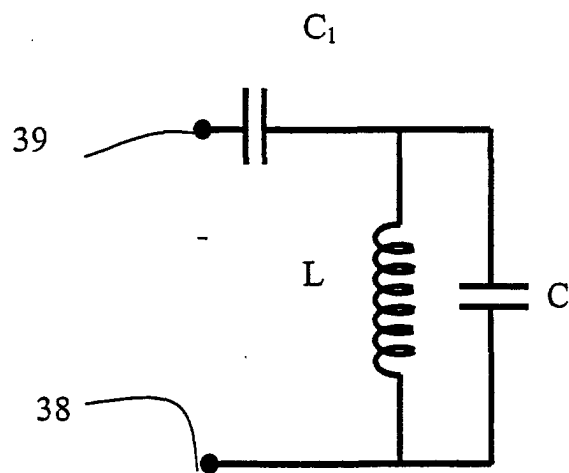


FIG. 5

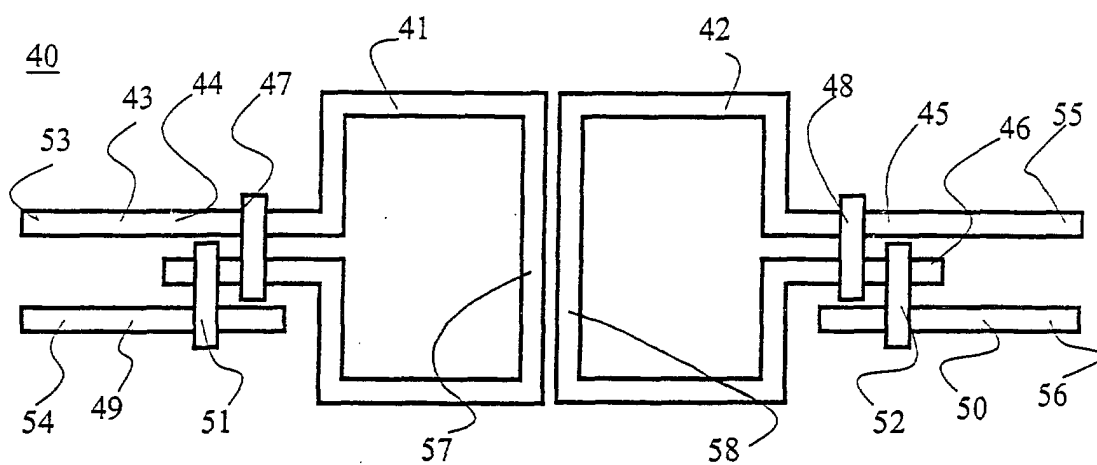


FIG. 6

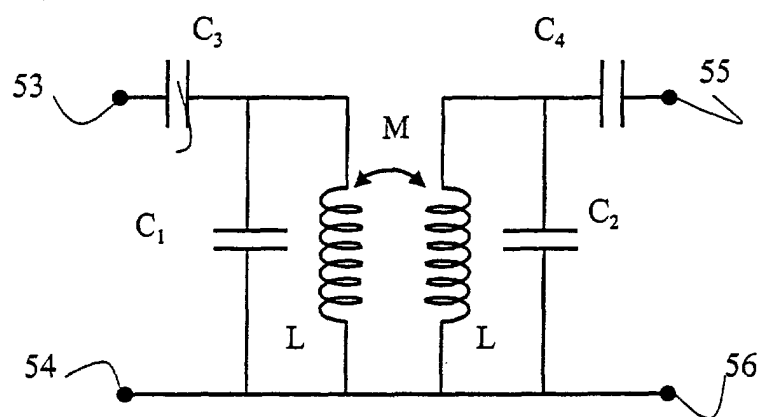


FIG. 7

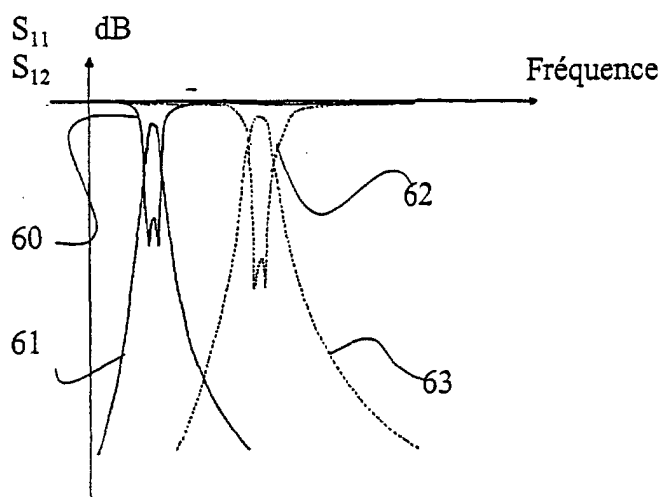


FIG. 8

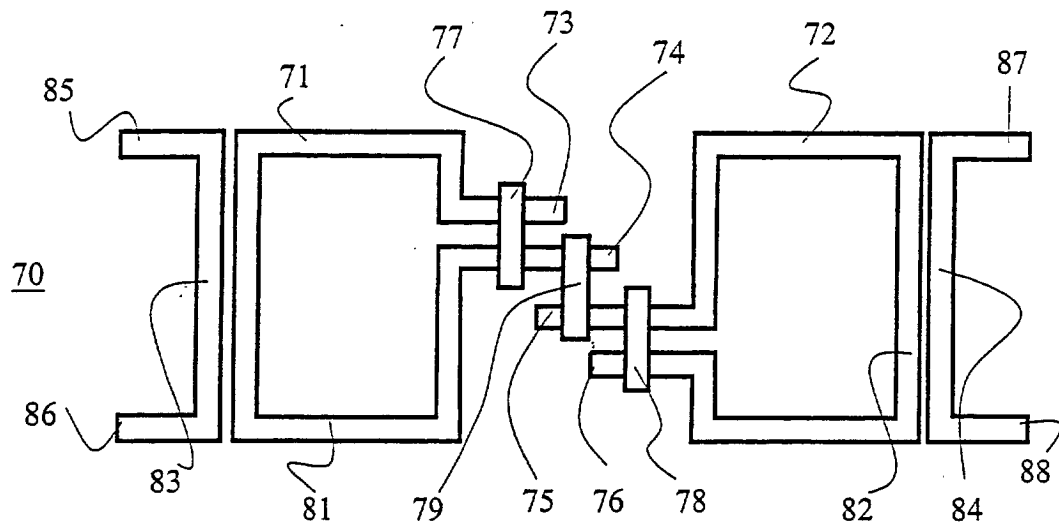


FIG. 9

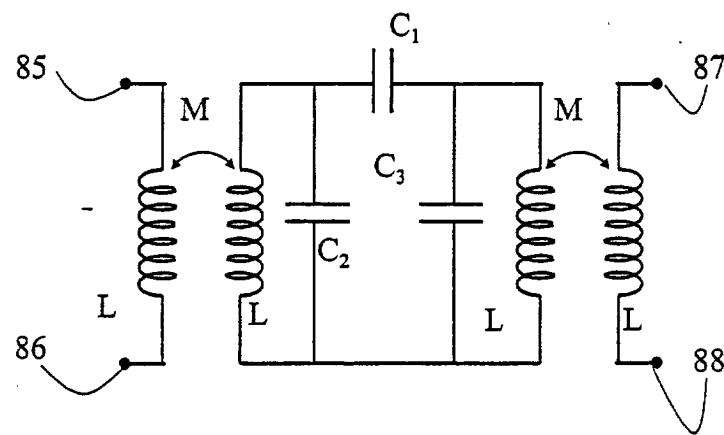


FIG. 10

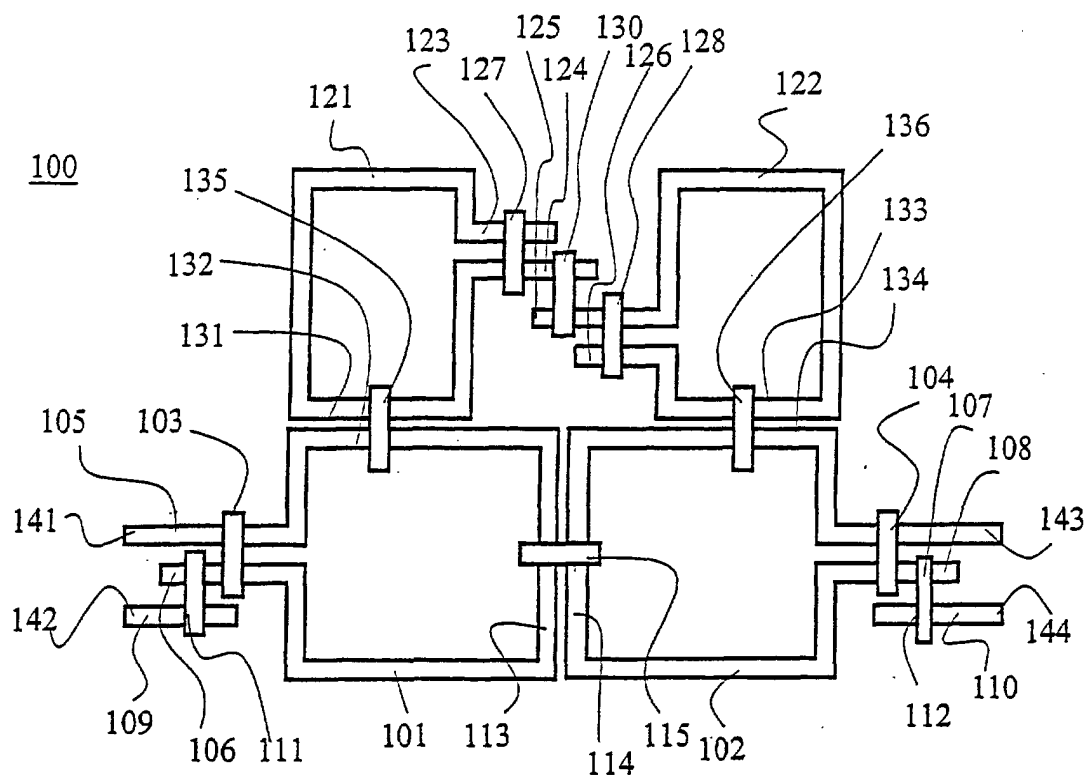


FIG. 11

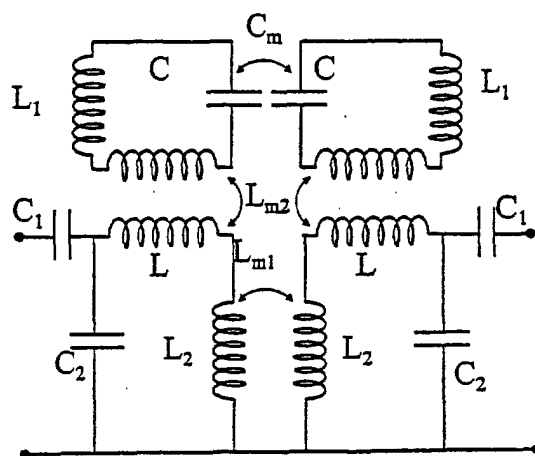


FIG. 12

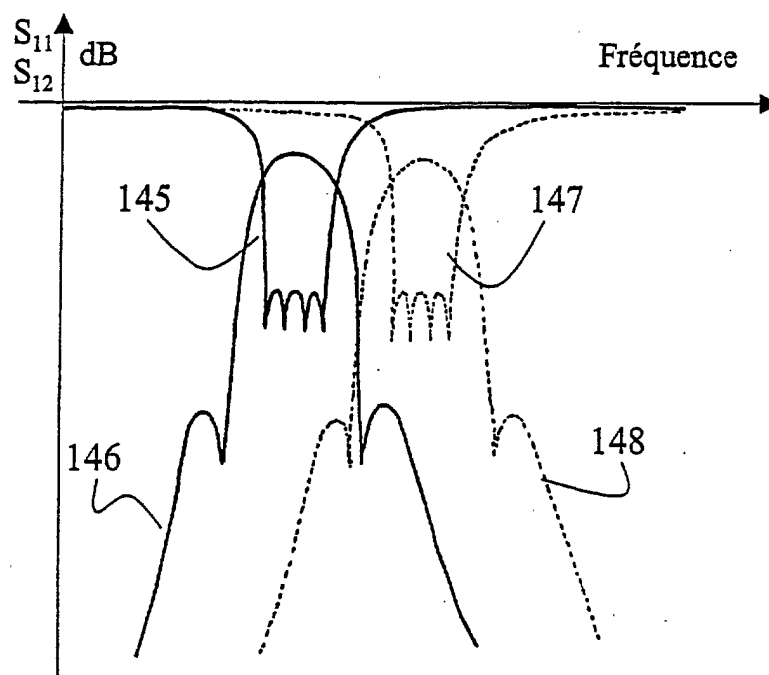


FIG. 13



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 01 42 0209

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.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 466 (E-1421), 25 août 1993 (1993-08-25) & JP 05 110315 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 30 avril 1993 (1993-04-30) * abrégé *	1	H01P1/203 H01P7/08
A	WO 00 55936 A (SUPERCONDUCTOR TECHNOLOGIES) 21 septembre 2000 (2000-09-21) * page 7, ligne 32 - page 9, ligne 23; figures 1,2 *	1	
A	C.S. AITCHISON ET AL.: "LUMPED-CIRCUIT ELEMENTS AT MICROWAVE FREQUENCIES" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES., vol. 19, no. 12, décembre 1971 (1971-12), pages 928-937, XP002168256 IEEE INC. NEW YORK., US ISSN: 0018-9480 * figure 3 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			H01P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		26 novembre 2001	Den Otter, A
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 03.92 (P04C02)

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

EP 01 42 0209

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.

26-11-2001

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 05110315	A	30-04-1993	AUCUN	
WO 0055936	A	21-09-2000	WO 0055936 A1	21-09-2000

EPO FORM P0460

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