



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.05.2010 Bulletin 2010/19

(51) Int Cl.:
H01P 1/203 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09175192.5**

(22) Date de dépôt: **06.11.2009**

(84) Etats contractants désignés:
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 SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

(72) Inventeur: **Bourtoutian, Raffi**
38000, Grenoble (FR)

(74) Mandataire: **Bonnet, Michel**
Cabinet Bonnet
93, Rue Réaumur - Boîte 10
75002 Paris (FR)

(30) Priorité: **07.11.2008 FR 0806219**

(71) Demandeur: **Commissariat à l'Energie Atomique**
Bâtiment "Le Ponant D"
25 rue Leblanc
75015 Paris (FR)

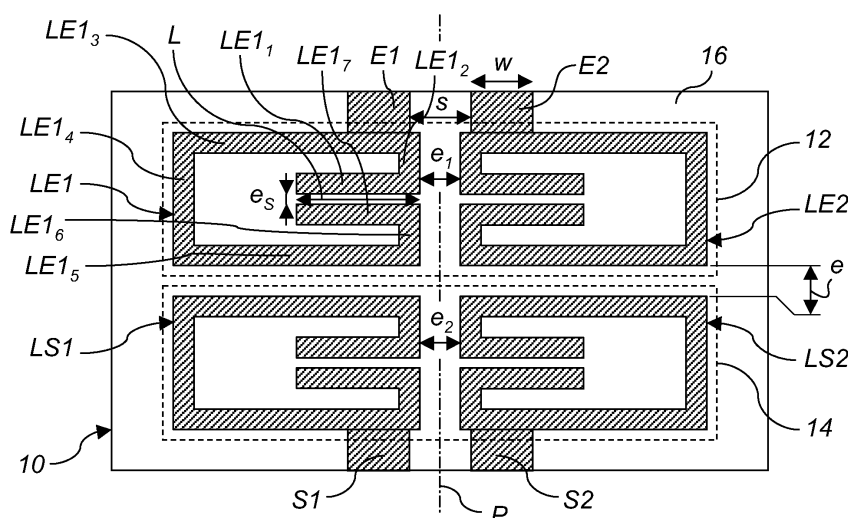
(54) **Dispositif de filtrage différentiel à résonateurs couplés coplanaires et antenne filtrante munie d'un tel dispositif**

(57) Ce dispositif (10) de filtrage différentiel à résonateurs couplés comporte une paire de résonateurs (12, 14) couplés disposés sur une même face (16) d'un substrat diélectrique. Chaque résonateur (12, 14) comporte deux bandes conductrices (LE1, LE2, LS1, LS2) positionnées de façon symétrique par rapport à un plan (P) perpendiculaire à la face (16) sur laquelle est disposé le résonateur (12, 14). Ces deux bandes conductrices (LE1, LE2, LS1, LS2) sont raccordées respectivement à deux conducteurs (E1, E2, S1, S2) d'un port bi-ruban de con-

nexion à une ligne de transmission d'un signal différentiel.

Chaque bande conductrice (LE1, LE2, LS1, LS2) de chaque résonateur (12, 14) est repliée sur elle-même de manière à former un couplage capacitif entre ses deux extrémités. En outre, les deux résonateurs (12, 14) de la paire sont couplés par la disposition en vis à vis de leurs bandes conductrices (LE1, LE2, LS1, LS2) respectives disposées du même côté par rapport audit plan de symétrie (P), sur des portions de longueur respectives de ces bandes conductrices repliées.

Fig.1



Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif de filtrage différentiel à résonateurs couplés. Elle concerne également une antenne filtrante comportant au moins un dispositif de filtrage de ce type.

[0002] Les systèmes d'émission/réception radiofréquence alimentés par des signaux électriques différentiels sont très attrayants pour les systèmes de communications sans fil actuels et futurs, notamment pour les concepts d'objets communicants autonomes. Une alimentation différentielle est une alimentation par deux signaux d'égale amplitude en opposition de phase. Elle contribue à réduire, voire à éliminer, le bruit dit « de mode commun » indésirable dans les systèmes d'émission et de réception.

[0003] Dans le domaine de la téléphonie mobile par exemple, lorsqu'un système non différentiel est utilisé, une dégradation importante des performances du rayonnement est en effet observée quand l'opérateur tient un combiné muni d'un tel système. Cette dégradation est causée par la variation, due à la main de l'opérateur, de la distribution du courant sur le châssis du combiné utilisé comme plan de masse. L'utilisation d'une alimentation différentielle rend le système symétrique et réduit ainsi la concentration de courant sur le boîtier du combiné : elle rend donc le combiné moins sensible au bruit de mode commun introduit par la main de l'opérateur.

[0004] Dans le domaine des antennes, une alimentation non différentielle entraîne le rayonnement d'une composante croisée indésirable due au mode commun circulant sur les câbles d'alimentation non symétriques. L'utilisation d'une alimentation différentielle élimine le rayonnement croisé des câbles de mesure et permet ainsi l'obtention de mesures reproductibles et indépendantes du contexte de mesure ainsi que des diagrammes de rayonnement parfaitement symétriques.

[0005] Dans le domaine des composants actifs, les amplificateurs de puissance de type « push-pull » dont la structure est différentielle présentent plusieurs avantages, tels que le dédoublement de la puissance en sortie et l'élimination des harmoniques d'ordres supérieurs. En réception, les amplificateurs différentiels à faible bruit présentent plusieurs perspectives en terme de réduction du facteur de bruit. Aussi, l'utilisation d'une structure différentielle empêche le déclenchement indésirable des oscillateurs par le bruit de mode commun.

[0006] Pourtant, il existe peu de filtres réalisés en technologie différentielle. Généralement les concepteurs de systèmes différentiels utilisent des filtres non différentiels et assurent le passage en mode différentiel par des circuits symétriseurs tels que des baluns (de l'Anglais « BALanced to UNbalanced ») qui assurent en outre une adaptation d'impédance entre les deux dispositifs à connecter.

[0007] L'utilisation de baluns implique plusieurs inconvénients : augmentation de l'encombrement, du coût et ajout de pertes supplémentaires réduisant ainsi

les performances globales du système. Un autre problème réside dans la difficulté de réaliser des baluns à large bande passante, c'est-à-dire capables d'assurer une transformation parfaite d'un signal non différentiel en un signal différentiel sur toute la bande passante. Ils peuvent entraîner la création de signaux de mode commun et dégrader le fonctionnement global du système. Il en résulte un grand besoin de réaliser des filtres directement en technologie différentielle pour s'affranchir de tous les inconvénients engendrés par l'utilisation de baluns.

[0008] Le brevet européen publié sous le numéro EP 0 542 917 B1 présente un filtre différentiel à anneaux couplés en technologie micro ruban. Ce filtre comporte deux micro rubans couplés pouvant transmettre un signal différentiel.

[0009] L'inconvénient majeur de ce type de filtre différentiel en technologie micro ruban réalisé sur un substrat diélectrique est la nécessité de prévoir un plan de masse sur la face du substrat opposée à celle sur laquelle sont disposés les anneaux. Ce filtre ne peut alors pas être directement connecté à une antenne dipôle différentielle parce que le couplage entre le plan de masse du filtre et l'antenne pourrait dégrader l'adaptation d'impédance de l'antenne. De plus, sa structure bi planaire nécessite de creuser des via dans le substrat pour le montage de composants discrets en série ou en parallèle.

[0010] Par ailleurs, ce filtre à anneaux couplés réalisé en technologie micro ruban présente une bande passante étroite et n'est donc pas adapté aux télécommunications à haut débit exigeant de très larges bandes passantes.

[0011] L'invention concerne donc plus précisément un dispositif de filtrage différentiel comportant une paire de résonateurs couplés disposés sur une même face d'un substrat diélectrique, chaque résonateur comportant deux bandes conductrices positionnées de façon symétrique par rapport à un plan perpendiculaire à la face sur laquelle est disposé le résonateur, ces deux bandes conductrices étant raccordées respectivement à deux conducteurs d'un port bi-ruban de connexion à une ligne de transmission d'un signal différentiel.

[0012] Une technologie pouvant être utilisée pour réaliser ce type de filtre est la technologie CPS différentielle (de l'anglais « CoPlanar Stripline », pour « ligne en bande coplanaire ») telle qu'elle est décrite dans le document « Broadband and compact coupled coplanar stripline filters with impedance steps », de Ning Yang et al, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 55, n° 12, décembre 2007.

[0013] Dans ce document, la réalisation d'un filtre en technologie CPS différentielle est présentée notamment en référence à la figure 12. La technologie CPS facilite la connexion directe de ce filtre avec des dispositifs rayonnants différentiels tels que des antennes dipôles et rend cette connexion moins perturbante pour les antennes. Ce filtre comporte deux résonateurs coplanaires, comportant chacun une portion de ligne bi-ruban constituée de deux bandes conductrices rectilignes parallèles

et symétriques par rapport à un plan perpendiculaire au plan des résonateurs. Ce plan de symétrie représente un plan de masse virtuel pour le filtre du fait de son caractère différentiel.

[0014] Chaque bande conductrice présente une longueur qui correspond à un quart de la longueur d'onde apparente dans le substrat du filtre à la fréquence haute de fonctionnement du filtre. Les deux bandes conductrices d'un même résonateur sont raccordées, à l'une de leurs deux extrémités, respectivement à deux conducteurs d'un port bi-ruban de connexion à une ligne de transmission d'un signal différentiel. Elle conservent donc chacune une extrémité libre. Le couplage capacitif des deux résonateurs est alors réalisé par la disposition en vis-à-vis des extrémités libres de leurs bandes conductrices respectives. Le filtrage passe-bande est réalisé, d'une part, par les sauts d'impédance entre chaque paire de bandes conductrices et le port auquel elle est raccordée et, d'autre part, par le couplage capacitif des deux résonateurs.

[0015] Une telle topologie permet d'atteindre des bandes passantes élevées à forte réjection hors bande pour des filtres d'ordre 2, 3 ou 4. La disposition en vis-à-vis des deux paires de bandes conductrices rectilignes et parallèles implique une dimension du filtre voisine de la demi longueur d'onde apparente à la fréquence haute de fonctionnement, ce qui est relativement compact. Cette compacité peut même être optimisée en choisissant un substrat dont les propriétés diélectriques permettent de réduire la longueur d'onde apparente. Cependant, certaines applications, notamment à des objets communicants autonomes de petite taille, nécessitent des filtres encore plus compacts.

[0016] Malheureusement, la plupart des dispositifs à technologie CPS connus sont des circuits actifs comme des mélangeurs ou des oscillateurs, ainsi que des amplificateurs différentiels de type push-pull, ou bien des lignes d'alimentation d'antennes différentielles ou de circuits actifs. En général, les filtres planaires différentiels sont réalisés aujourd'hui en technologie micro ruban. Sachant qu'un grand savoir faire existe pour la réalisation de filtres en technologie micro ruban, il est facile de les modifier pour fonctionner en mode différentiel. Mais malgré la ressemblance a priori des deux technologies CPS et micro ruban, le fonctionnement qu'elles impliquent est totalement différent. Deux structures ayant la même topologie en face supérieure du substrat peuvent montrer des caractéristiques différentes à cause de la distribution des champs électriques et magnétiques qui sont différents sur les deux types de lignes. En effet, la présence du plan de masse sur la face inférieure du substrat en technologie micro ruban modifie complètement le fonctionnement d'une structure micro ruban différentielle par rapport à une structure CPS. Il n'est donc pas possible de profiter du savoir faire en technologie micro ruban pour réaliser des filtres CPS, ces deux technologies appartenant à des domaines techniques bien distincts pour la réalisation de filtres différentiels.

[0017] Il peut ainsi être souhaité de prévoir un dispositif de filtrage différentiel présentant une meilleure compacité tout en conservant les mêmes performances en termes de bande passante et de réjection que les quelques filtres connus réalisés en technologie CPS différentielle.

[0018] L'invention a donc pour objet un dispositif de filtrage différentiel à résonateurs couplés, comportant une paire de résonateurs couplés disposés sur une même face d'un substrat diélectrique, chaque résonateur comportant deux bandes conductrices positionnées de façon symétrique par rapport à un plan perpendiculaire à la face sur laquelle est disposé le résonateur, ces deux bandes conductrices étant raccordées respectivement à deux conducteurs d'un port bi-ruban de connexion à une ligne de transmission d'un signal différentiel, **caractérisé en ce que** chaque bande conductrice de chaque résonateur est repliée sur elle-même de manière à former un couplage capacitif entre ses deux extrémités.

[0019] Ainsi, le repliement de chaque bande conductrice sur elle-même permet d'envisager une taille de filtre inférieure, notamment une longueur de filtre inférieure à la demi longueur d'onde apparente, pour des raisons géométriques. En outre, le fait que ce repliement soit conçu de manière à former un couplage capacitif entre les deux extrémités de chaque bande conductrice crée au moins un zéro de transmission en fréquence supplémentaire assurant une haute performance en largeur de bande passante et en réjection hors bande du dispositif de filtrage. Enfin, le couplage capacitif par repliement générant aussi un couplage magnétique, la taille de chaque bande conductrice peut encore être réduite tout en assurant une même fonction filtrante de l'ensemble.

[0020] Avantagusement, les deux résonateurs de la paire sont couplés par la disposition en vis à vis de leurs bandes conductrices respectives disposées du même côté par rapport audit plan de symétrie, sur des portions de longueur respectives de ces bandes conductrices repliées.

[0021] Le couplage capacitif des deux résonateurs est ainsi amélioré, en ne se limitant pas au couplage des extrémités des bandes conductrices.

[0022] De façon optionnelle, chaque bande conductrice de chaque résonateur est de forme générale annulaire, ses extrémités étant repliées à l'intérieur de la forme générale annulaire sur une portion de longueur prédéterminée de celles-ci, le repliement des extrémités étant situé sur une portion de la bande conductrice disposée en vis-à-vis de l'autre bande conductrice du résonateur.

[0023] La portion de longueur sur laquelle est réalisé le repliement peut être choisie pour régler une certaine bande passante voulue du dispositif de filtrage.

[0024] De façon optionnelle également, chaque bande conductrice de chaque résonateur est de forme générale rectangulaire.

[0025] De façon optionnelle également, chaque bande conductrice de chaque résonateur est de forme générale carrée.

[0026] Dans cette configuration géométrique, la com-

pacité est optimale.

[0027] De façon optionnelle également, au moins une partie des portions de bande conductrice formant les côtés de la forme générale rectangulaire ou carrée de chaque bande conductrice comporte des repliements supplémentaires.

[0028] De façon optionnelle également, les repliements supplémentaires sont dirigés vers l'intérieur de la forme générale rectangulaire ou carrée.

[0029] De façon optionnelle également, les deux bandes conductrices de l'un des deux résonateurs sont distantes d'une première distance entre elles et les deux bandes conductrices de l'autre des deux résonateurs sont distantes d'une seconde distance entre elles, cette seconde distance étant différente de la première distance de sorte que le dispositif de filtrage remplisse une fonction supplémentaire d'adaptation d'impédance par présentation d'une impédance de sortie différente de son impédance d'entrée.

[0030] Dans ce cas, le dispositif de filtrage peut être utilisé pour raccorder directement deux circuits d'impédances différentes, tels qu'une antenne et un circuit actif.

[0031] L'invention a également pour objet une antenne dipôle filtrante différentielle comportant au moins un dispositif de filtrage tel que défini précédemment.

[0032] De façon optionnelle, une antenne dipôle filtrante différentielle selon l'invention peut comporter une structure rayonnante conformée pour intégrer dans ses dimensions extérieures ledit dispositif de filtrage.

[0033] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement la structure générale d'un dispositif de filtrage selon un premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2 représente un schéma électrique équivalent du dispositif de filtrage de la figure 1,
- la figure 3 illustre la caractéristique d'une réponse fréquentielle en transmission et en réflexion du dispositif de filtrage de la figure 1,
- la figure 4 représente schématiquement la structure générale d'un dispositif de filtrage selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 5 représente schématiquement la structure générale d'un ensemble de filtrage et d'adaptation d'impédances à deux filtres tels que celui de la figure 4, selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 6 représente schématiquement la structure générale d'un dispositif de filtrage selon un troisième mode de réalisation de l'invention,
- les figures 7, 8 et 9 représentent schématiquement trois modes de réalisation d'antennes filtrantes selon l'invention.

[0034] Le dispositif 10 de filtrage différentiel à résonateurs couplés représenté sur la figure 1 comporte au

moins une paire de résonateurs 12 et 14, couplés entre eux par couplage capacitif et disposés sur une même face plane 16 d'un substrat diélectrique.

[0035] Le premier résonateur 12, constitué d'une portion de ligne bi-ruban, est relié à deux conducteurs E1 et E2 d'un port bi-ruban de connexion à une ligne de transmission d'un signal différentiel. Ces deux conducteurs E1 et E2 du port bi-ruban sont symétriques par rapport à un plan P perpendiculaire à la face plane 16 et formant un plan de masse électrique virtuel. Ils sont d'une largeur w et distants entre eux d'une distance s , ces deux paramètres s et w définissant l'impédance du port bi-ruban.

[0036] De même, Le second résonateur 14, lui aussi constitué d'une portion de ligne bi-ruban, est relié à deux conducteurs S1 et S2 d'un port bi-ruban de connexion à une ligne de transmission d'un signal différentiel. Ces deux conducteurs S1 et S2 du port bi-ruban sont également symétriques par rapport au plan de masse électrique virtuel P.

[0037] Les deux résonateurs 12 et 14 sont eux-mêmes symétriques par rapport à un axe normal au plan P situé sur la face plane 16. Par conséquent, le dispositif de filtrage 10 est symétrique entre son entrée et sa sortie différentielles de sorte que celles-ci peuvent tout à fait être inversées. Ainsi, dans la suite de la description du mode de réalisation représenté sur la figure 1, les deux conducteurs E1 et E2 seront choisis par convention comme étant le port bi-ruban d'entrée du dispositif de filtrage 10, pour la réception d'un signal différentiel non filtré. Les deux conducteurs S1 et S2 seront choisis par convention comme étant le port bi-ruban de sortie du dispositif de filtrage 10, pour la fourniture du signal différentiel filtré.

[0038] Plus précisément, le premier résonateur 12 comporte deux bandes conductrices identifiées par leurs références LE1 et LE2. Ces deux bandes conductrices LE1 et LE2 sont positionnées de façon symétrique par rapport au plan de masse électrique virtuel P. Elles sont respectivement reliées aux deux conducteurs E1 et E2 du port d'entrée. Le second résonateur 14 comporte deux bandes conductrices identifiées par leurs références LS1 et LS2. Ces deux bandes conductrices LS1 et LS2 sont également positionnées de façon symétrique par rapport au plan de masse électrique virtuel P. Elles sont respectivement reliées aux deux conducteurs S1 et S2 du port de sortie.

[0039] Le couplage capacitif des deux résonateurs 12 et 14 est assuré par la disposition en vis-à-vis mais sans contact de leurs paires de bandes conductrices respectives. Ainsi, les bandes conductrices LE1 et LS1, situées d'un même côté par rapport au plan de masse électrique virtuel P, sont disposées en vis-à-vis à une distance e l'une de l'autre. De même, les bandes conductrices LE2 et LS2, situées de l'autre côté par rapport au plan de masse électrique virtuel P, sont disposées en vis-à-vis à la même distance e l'une de l'autre.

[0040] Cette distance e entre les deux résonateurs 12 et 14 influence principalement la bande passante du dis-

positif de filtrage 10 et a un effet secondaire sur son impédance caractéristique. Plus e diminue, c'est-à-dire plus le couplage capacitif est fort entre les deux résonateurs, plus la bande passante est large. Cela a aussi pour effet d'augmenter l'impédance. Plus précisément, la bande passante est élargie par l'apparition de deux zéros de réflexion distincts à l'intérieur de cette bande passante, correspondant à deux fréquences de résonance distinctes, lorsque e est suffisamment petit pour réaliser le couplage capacitif entre les deux résonateurs. Plus la distance e est faible, plus les deux zéros de réflexion créés s'éloignent l'un de l'autre, élargissant ainsi la bande passante. Cependant, s'ils sont trop éloignés, ils peuvent engendrer la séparation de la bande passante élargie en deux bandes passantes distinctes par réapparition d'une réflexion importante entre les deux zéros, ce qui va à l'encontre de l'effet recherché. Par conséquent, la distance e doit être suffisamment petite pour augmenter la bande passante mais aussi suffisamment importante pour ne pas générer de réflexion non souhaitée à l'intérieur de la bande passante.

[0041] De façon classique, pour un bon fonctionnement des résonateurs d'un dispositif de filtrage à résonateurs couplés, chaque bande conductrice doit être de longueur $\lambda/4$, où λ est la longueur d'onde apparente, pour un substrat considéré, correspondant à la fréquence haute de fonctionnement du dispositif de filtrage. Ainsi, si les bandes conductrices étaient disposés linéairement dans le prolongement des ports d'entrée et sortie du dispositif de filtrage 10, l'ensemble atteindrait une longueur voisine de $\lambda/2$: en pratique, pour une fréquence de 3 GHz, on obtiendrait par exemple une longueur proche de 3 cm.

[0042] Mais en fait, les bandes conductrices LE1, LE2, LS1 et LS2 sont avantageusement repliées sur elles-mêmes de manière à former localement des couplages capacitifs et magnétiques supplémentaires entre leurs deux extrémités. La taille du dispositif de filtrage 10 est ainsi réduite pour au moins deux raisons : les repliements engendrent géométriquement une réduction de taille de l'ensemble, mais en outre, grâce aux couplages capacitifs et magnétiques, la taille de chaque bande conductrice peut encore être réduite tout en assurant un bon fonctionnement des résonateurs. Ce couplage capacitif et magnétique génère en outre une rétroaction entre l'entrée et la sortie de chaque bande conductrice, de manière à créer un ou plusieurs zéros de transmission supplémentaires à des fréquences supérieures à la limite supérieure de la bande passante du dispositif de filtrage 10. La réjection en bande haute est ainsi améliorée.

[0043] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 1 les quatre bandes conductrices sont de forme générale annulaire, leurs extrémités étant repliées à l'intérieur de cette forme générale annulaire sur une portion de longueur prédéterminée de celles-ci.

[0044] Pour un bon fonctionnement du dispositif de filtrage 10, le repliement des extrémités de chaque bande conductrice est situé sur une portion de cette bande conductrice disposée en vis-à-vis de l'autre bande conduc-

trice du même résonateur. Ainsi, les repliements d'extrémités des bandes conductrices LE1 et LE2 sont disposés en vis-à-vis de part et d'autre du plan de symétrie P et à proximité de celui-ci.

[0045] Plus précisément, la bande conductrice LE1 est de forme générale rectangulaire et constituée de segments conducteurs rectilignes. Un premier segment LE1₁ comportant une première extrémité libre de la bande conductrice LE1 s'étend vers l'intérieur du rectangle formé par la bande conductrice sur une longueur L dans une direction orthogonale au plan de masse virtuel P. Un deuxième segment LE1₂, raccordé à ce premier segment à angle droit, constitue une partie du côté du rectangle parallèle au plan de masse virtuel P et proche de celui-ci. Un troisième segment LE1₃, raccordé à ce deuxième segment à angle droit, constitue le côté du rectangle orthogonal au plan de masse virtuel P et relié au conducteur E1 du port d'entrée. Un quatrième segment LE1₄, raccordé à ce troisième segment à angle droit, constitue le côté du rectangle parallèle au plan de masse virtuel P et proche d'un bord extérieur du substrat. Un cinquième segment LE1₅, raccordé à ce quatrième segment à angle droit, constitue le côté du rectangle orthogonal au plan de masse virtuel P et opposé au côté LE1₃. Un sixième segment LE1₆, raccordé à ce cinquième segment à angle droit, constitue comme le deuxième segment LE1₂ une partie du côté du rectangle parallèle au plan de masse virtuel P et proche de celui-ci. Enfin, un septième segment LE1₇ comportant la deuxième extrémité libre de la bande conductrice LE1, raccordé au sixième segment à angle droit, s'étend vers l'intérieur du rectangle sur la longueur L dans une direction orthogonale au plan de masse virtuel P, c'est-à-dire parallèlement au segment LE1₁ et en vis-à-vis de celui-ci sur toute la longueur L de repliement.

[0046] Les segments LE1₁ et LE1₇ sont distants d'une distance constante e_s sur toute leur longueur ce qui assure leur couplage capacitif.

[0047] La bande conductrice LE1 peut aussi être vue comme constituée d'une bande conductrice principale pliée raccordée à l'une de ses extrémités au conducteur E1, cette bande conductrice principale comportant les segments LE1₁, LE1₂ et la partie du segment LE1₃ située entre le segment LE1₂ et le conducteur E1, et d'une dérivation de type « stub » repliée sur la bande conductrice principale, cette dérivation de type « stub » comportant l'autre partie du segment LE1₃, et les segments LE1₄ à LE1₇. La dérivation de type « stub » est alors considérée comme posée à la jonction entre la bande conductrice principale et le conducteur E1. Elle devrait théoriquement présenter une longueur totale de $\lambda/4$, mais les couplages capacitifs et magnétiques engendrés par le repliement de la bande conductrice LE1 sur elle-même permettent de réduire cette longueur, notamment de 10 à 20 % sur la dérivation en « stub ».

[0048] Il est en outre intéressant de noter qu'une taille suffisamment réduite du segment LE1₄ permet de rapprocher les segments LE1₃ et LE1₅, mais aussi les seg-

ments $LE1_3$ et $LE1_1$, ou les segments $LE1_5$ et $LE1_7$, de manière à multiplier le nombre de couplages capacitifs et magnétiques engendrés par le repliement de la bande conductrice $LE1$ sur elle-même. Ces multiples couplages améliorent le fonctionnement du dispositif de filtrage 10.

[0049] La longueur L de couplage entre les deux extrémités repliées, i.e. les deux segments $LE1_1$ et $LE1_7$, influence principalement la bande passante du dispositif de filtrage 10, mais a également un effet secondaire sur la réjection en bande haute. Plus elle augmente, plus la bande passante est réduite mais plus la réjection en bande haute est améliorée.

[0050] La distance e_s entre les deux extrémités repliées influence principalement la réjection en bande haute du dispositif de filtrage 10 : plus elle est réduite, plus la réjection en bande haute est améliorée. On notera cependant que cette distance ne peut être inférieure à une limite imposée par la précision de la gravure de la bande conductrice $LE1$ sur le substrat.

[0051] La bande conductrice $LE2$ est constituée, comme la bande conductrice $LE1$, de sept segments conducteurs $LE2_1$ à $LE2_7$ disposés sur la face plane 16 du substrat de façon symétrique aux sept segments $LE1_1$ à $LE1_7$ par rapport au plan de masse virtuel P . Les deux bandes conductrices $LE1$ et $LE2$ sont distantes d'une distance constante e_1 , correspondant à la distance qui sépare les segments $LE1_2$ et $LE1_6$, d'une part, des segments $LE2_2$ et $LE2_6$, d'autre part.

[0052] Cette distance e_1 influence principalement l'impédance du premier résonateur 12, c'est-à-dire l'impédance d'entrée du dispositif de filtrage 10, mais a également un effet secondaire sur la bande passante du dispositif de filtrage 10. Plus elle augmente, plus l'impédance augmente et de façon moins marquée, plus la bande passante est réduite.

[0053] Les deux résonateurs 12 et 14 étant symétriques par rapport à un axe normal au plan de masse virtuel P situé sur la face plane 16, les bandes conductrices $LS1$ et $LS2$ sont constituées chacune, comme les bandes conductrices $LE1$ et $LE2$, de sept segments conducteurs $LS1_1$ à $LS1_7$ et $LS2_1$ à $LS2_7$ respectivement, imprimés sur la face plane 16 du substrat de façon symétrique aux segments des bandes conductrices $LE1$ et $LE2$ par rapport à cet axe. Par symétrie également, les deux bandes conductrices $LS1$ et $LS2$ sont distantes d'une distance constante e_2 égale à e_1 , correspondant à la distance qui sépare les segments $LS1_2$ et $LS1_6$, d'une part, des segments $LS2_2$ et $LS2_6$, d'autre part.

[0054] Cette distance e_2 influence également principalement l'impédance du second résonateur 14, c'est-à-dire l'impédance de sortie du dispositif de filtrage 10, mais a également un effet secondaire sur la bande passante du dispositif de filtrage 10. Plus elle augmente, plus l'impédance augmente et de façon moins marquée, plus la bande passante est réduite.

[0055] La distance e séparant les deux résonateurs 12 et 14 correspond à la distance qui sépare les segments $LE1_5$ et $LE2_5$, d'une part, des segments $LS1_5$ et $LS2_5$,

d'autre part. Le couplage capacitif entre les deux résonateurs 12 et 14 est donc établi sur toute la longueur des segments $LE1_5$ et $LE2_5$, d'une part, et des segments $LS1_5$ et $LS2_5$, d'autre part.

[0056] Dans une topologie telle que celle illustrée sur la figure 1, où la longueur du rectangle formé par l'une quelconque des bandes conductrices est environ deux fois supérieure à sa largeur et où le repliement de longueur L se fait sur la moitié de la longueur du rectangle à l'intérieur de celui-ci, on obtient des dimensions du rectangle formé par chaque bande conductrice voisines de $\lambda/30$ par $\lambda/60$, soit des dimensions du dispositif de filtrage 10 voisines de $\lambda/15$ par $\lambda/30$. Ces dimensions permettent d'atteindre une compacité nettement meilleure que celles des dispositifs existants.

[0057] La figure 2 présente schématiquement un circuit électrique équivalent du dispositif de filtrage 10 précédemment décrit.

[0058] Dans ce circuit, un premier inverseur 20 représente un saut d'impédance, de Z_0 à Z_1 , en entrée du dispositif de filtrage 10. L'impédance Z_0 est déterminée par les paramètres s et w des conducteurs $E1$ et $E2$ du port d'entrée, tandis que l'impédance Z_1 est déterminée notamment par la distance e_1 entre les bandes conductrices $LE1$ et $LE2$.

[0059] Un second inverseur 22 représente le saut d'impédance correspondant, de Z_1 à Z_0 , en sortie du dispositif de filtrage 10.

[0060] Les premier et second résonateurs couplés 12 et 14 sont représentés chacun par un circuit LC à capacité C et inductance L en parallèle. Ces deux circuits LC sont reliés, d'une part, respectivement aux premier et second inverseurs 20 et 22 et, d'autre part, à la masse.

[0061] Enfin, le repliement des bandes conductrices $LE1$, $LE2$, $LS1$ et $LS2$ crée des couplages supplémentaires, à l'intérieur de chaque résonateur mais également entre les résonateurs, pouvant être représentés par un circuit LC de rétroaction 24, à capacité $C1$ et inductance $L1$ en parallèle, relié, d'une part, à la jonction 26 entre le premier résonateur 12 et le premier inverseur 20 et, d'autre part, à la jonction 28 entre le second résonateur 14 et le second inverseur 22. Ce circuit LC de rétroaction 24 améliore la réjection en bande haute du dispositif de filtrage 10 par l'ajout d'un ou de plusieurs zéros de transmission dans les fréquences élevées.

[0062] Le graphique illustré sur la figure 3 représente la caractéristique d'une réponse fréquentielle en transmission et en réflexion du dispositif de filtrage décrit précédemment.

[0063] Le coefficient de réflexion S_{11} de cette réponse fréquentielle montre une bande passante à -10 dB (définition généralement admise de la bande passante en réflexion) comprise entre environ 3,2 et 4,4 GHz. Comme indiqué précédemment, la bande passante est élargie par la présence de deux zéros de réflexion distincts à l'intérieur de cette bande passante, ces deux zéros étant dus à la présence des deux résonateurs couplés distants de e dans le dispositif de filtrage 10. Cependant, on voit

bien sur la figure 3 que s'ils sont trop éloignés, la portion de courbe S_{11} située entre ces deux zéros de réflexion peut remonter au dessus de -10 dB, ce qui engendre une séparation de la bande passante élargie en deux bandes passantes distinctes. Par conséquent, la distance e ne doit pas être trop faible pour ne pas provoquer de réflexion supérieure à -10 dB dans la bande passante élargie.

[0064] Le coefficient de transmission S_{21} de la réponse fréquentielle montre une bande passante à -3 dB (définition généralement admise de la bande passante en transmission), comprise entre environ 2,7 et 4,5 GHz, ainsi que deux zéros de transmission à environ 5,1 et 6,9 GHz.

[0065] L'un de ces deux zéros de transmission hors bande est dû au couplage entre les deux résonateurs du dispositif de filtrage 10 sur toute la longueur de leurs portions $LE1_5$, $LE2_5$ d'une part et $LS1_5$, $LS2_5$ d'autre part. L'autre de ces deux zéros de transmission est dû aux couplages intra-résonateurs supplémentaires créés par le repliement des bandes conductrices sur elles-mêmes. Ces deux zéros de transmission entraînent une forte réjection du filtre en bande haute et une asymétrie de la réponse fréquentielle du fait de la réjection moyenne en bande basse. Mais cette asymétrie peut s'avérer avantageuse, notamment pour une application d'intégration directe du dispositif de filtrage 10 dans une antenne différentielle. En effet, de telles antennes présentent généralement de fortes résonances à basse fréquence et équivalent par conséquent à des filtres passe-haut, ce qui compense l'asymétrie du dispositif de filtrage 10 en améliorant sa réjection en bande basse.

[0066] Un deuxième mode de réalisation d'un dispositif de filtrage différentiel selon l'invention est représenté schématiquement sur la figure 4. Ce dispositif 10' comporte une paire de résonateurs 12' et 14', couplés entre eux par couplage capacitif et disposés sur une même face plane 16 d'un substrat diélectrique. Ces deux résonateurs sont similaires à ceux, 12 et 14, du dispositif de la figure 1.

[0067] En revanche, dans ce deuxième mode de réalisation, les deux résonateurs 12' et 14' ne sont pas symétriques par rapport à un axe normal au plan P situé sur la face plane 16. En effet, la distance e_1 séparant les deux bandes conductrices $LE1$ et $LE2$ du premier résonateur 12' est distincte de la distance e_2 séparant les deux bandes conductrices $LS1$ et $LS2$ du second résonateur 12'. Dans l'exemple illustré, la distance e_2 est supérieure à la distance e_1 .

[0068] Cependant, le couplage capacitif entre les deux résonateurs 12' et 14' n'est pas rompu pour autant. En effet, du fait du repliement des bandes conductrices sur elles-mêmes, celles-ci restent en vis-à-vis sur au moins une portion de leur longueur, plus précisément sur au moins une portion des longueurs $LE1_5$ et $LS1_5$, d'une part, et des longueurs $LE2_5$ et $LS2_5$, d'autre part. En comparaison avec l'existant, il ne serait par exemple pas possible de concevoir une telle différence entre les distances

e_1 et e_2 dans le dispositif de filtrage décrit en référence à la figure 12 du document « Broadband and compact coupled coplanar stripline filters with impedance steps » précité, parce que dans ce document, ce sont les extrémités libres des bandes conductrices qui sont disposées en vis-à-vis de sorte qu'un décalage, même léger, entre elles romprait le couplage capacitif entre les deux résonateurs.

[0069] Puisque ces distances e_1 et e_2 permettent de régler respectivement les impédances d'entrée et de sortie du dispositif de filtrage 10', il est ainsi possible de concevoir un dispositif de filtrage passe bande qui remplisse en outre une fonction d'adaptation d'impédances entre les circuits auxquels il est destiné à être connecté.

Dans l'exemple illustré sur la figure 4, la distance e_1 engendre ainsi une impédance d'entrée Z_1 inférieure à l'impédance de sortie Z_2 engendrée par la distance e_2 .

[0070] Ce deuxième mode de réalisation permet l'intégration directe d'un dispositif de filtrage selon l'invention avec des antennes différentielles et des circuits actifs différentiels d'impédances différentes. On notera cependant qu'une telle intégration directe avec un seul dispositif filtrant fonctionne d'autant mieux que la différence entre les impédances Z_1 et Z_2 est faible.

[0071] De façon alternative, un ensemble de plusieurs dispositifs de filtrage selon le deuxième mode de réalisation de l'invention ajoutés en série peut être utilisé de manière à faciliter l'adaptation d'impédance entre des circuits à impédances très différentes.

[0072] Un tel ensemble à deux dispositifs de filtrage est par exemple représenté schématiquement sur la figure 5.

[0073] Dans cet ensemble, un amplificateur 30 est raccordé à l'entrée d'un premier dispositif de filtrage 32, via le port d'entrée 34 de ce premier dispositif de filtrage. L'impédance de l'amplificateur 30 ayant une valeur Z_1 , le premier dispositif de filtrage 32 est conçu, par réglage de la distance entre les bandes conductrices repliées de son premier résonateur, pour présenter une impédance d'entrée de valeur conjuguée Z_1^* assurant ainsi un transfert de puissance maximal entre le premier dispositif de filtrage 32 et l'amplificateur 30.

[0074] Une antenne 36 est raccordée à la sortie d'un second dispositif de filtrage 38, via le port de sortie 40 de ce second dispositif de filtrage. L'impédance de l'antenne 36 ayant une valeur Z_2 , le second dispositif de filtrage 38 est conçu, par réglage de la distance entre les bandes conductrices repliées de son second résonateur, pour présenter une impédance de sortie de valeur conjuguée Z_2^* assurant ainsi un transfert de puissance maximal entre le second dispositif de filtrage 38 et l'antenne 36.

[0075] Enfin, les deux dispositifs de filtrage 32 et 38 sont raccordés entre eux, soit directement, soit indirectement via une ligne quart d'onde 42 remplissant une fonction d'inverseur, la sortie du premier dispositif de filtrage 32 et l'entrée du second dispositif de filtrage 38 étant conçues, par réglage de la distance entre les ban-

des conductrices repliées du second résonateur du premier dispositif de filtrage 32 et de la distance entre les bandes conductrices repliées du premier résonateur du second dispositif de filtrage 38, pour présenter une même impédance Z_0 . Cette même impédance Z_0 assure l'adaptation d'impédances et peut être choisie de façon à assurer la meilleure réjection possible.

[0076] Ainsi, l'adaptation des impédances Z_1 et Z_2 qui peuvent être très différentes se fait en passant par une impédance intermédiaire Z_0 grâce à l'ensemble comportant les deux dispositifs de filtrage asymétriques 32 et 38.

[0077] La présence éventuelle d'une ligne quart d'onde 42 entre les deux dispositifs de filtrage 32 et 38 permet en outre d'améliorer globalement les performances du filtre d'ordre supérieur ainsi constitué, en termes de bande passante.

[0078] Un troisième mode de réalisation d'un dispositif de filtrage différentiel selon l'invention est représenté schématiquement sur la figure 6. Ce dispositif de filtrage 10" comporte une paire de résonateurs 12" et 14", couplés entre eux par couplage capacitif et disposés sur une même face plane 16 d'un substrat diélectrique.

[0079] Dans ce troisième mode de réalisation, les deux résonateurs 12" et 14" sont symétriques par rapport à un axe normal au plan P situé sur la face plane 16. Par conséquent, la distance e_1 séparant les deux bandes conductrices LE1 et LE2 du premier résonateur 12" est égale à la distance e_2 séparant les deux bandes conductrices LS1 et LS2 du second résonateur 14". En variante, dans un autre mode de réalisation, ces deux distances pourraient être différentes, comme dans le deuxième mode de réalisation, pour que le dispositif de filtrage remplisse en outre une fonction d'adaptation d'impédances.

[0080] En revanche, ce troisième mode de réalisation se distingue des premier et deuxième modes de réalisation par la forme générale des bandes conductrices repliées.

[0081] En effet, dans ce mode de réalisation, les quatre bandes conductrices sont de forme générale annulaire, leurs extrémités étant repliées à l'intérieur de cette forme générale annulaire sur une portion de longueur prédéterminée de celles-ci, mais elles sont plus précisément de forme générale carrée. En outre, chacune d'entre elles comporte des repliements supplémentaires sur au moins une partie des côtés de la forme générale carrée.

[0082] Par exemple, la bande conductrice LE1 comporte trois repliements supplémentaires LE1₈, LE1₉ et LE1₁₀ dans les trois côtés de la forme générale carrée ne comportant pas le repliement de ses deux extrémités. Pour améliorer la compacité de l'ensemble, les trois repliements supplémentaires sont dirigés vers l'intérieur de la forme générale carrée. Ils sont par exemple en forme de créneau. Par symétrie, les bandes conductrices LE2, LS1 et LS2 comportent les mêmes repliements supplémentaires, référencés LE2₈, LE2₉ et LE2₁₀ pour la bande conductrice LE2 ; LS1₈, LS1₉ et LS1₁₀ pour la bande conductrice LS1 ; LS2₈, LS2₉ et LS2₁₀ pour la bande conductrice LS2.

[0083] Dans ce mode de réalisation, la forme générale carrée de chaque bande conductrice LE1, LE2, LS1 et LS2 implique une forme générale carrée du dispositif de filtrage 10". La compacité de ce dernier est donc optimale.

[0084] De plus, les repliements supplémentaires créent des couplages capacitifs et magnétiques supplémentaires susceptibles d'améliorer davantage les performances du dispositif de filtrage 10".

[0085] Comme indiqué précédemment, la longueur L du repliement des deux extrémités de chaque bande conductrice à l'intérieur de sa forme générale carrée peut être réglée de manière à régler la largeur de bande du dispositif de filtrage 10".

[0086] Dans cette topologie carrée, on obtient par exemple des dimensions du dispositif de filtrage 10" voisines de $\lambda/20$ par côté. On notera qu'un dispositif de filtrage selon l'invention n'est pas limité aux modes de réalisation décrits ci-dessus. D'autres formes géométriques sont envisageables pour un dispositif de filtrage selon l'invention, à partir du moment où elles prévoient un repliement de chaque bande conductrice de chaque résonateur sur elle-même de manière à former un couplage capacitif entre ses deux extrémités.

[0087] Les figures 7 à 9 illustrent schématiquement trois exemples d'antennes dipôles filtrantes différentielles intégrant chacune avantageusement au moins un dispositif de filtrage tel que ceux décrits précédemment.

[0088] L'antenne dipôle filtrante 50 représentée sur la figure 7 comporte d'une part un dipôle électrique rayonnant 52 et d'autre part un dispositif de filtrage 54 tel que celui décrit en référence à la figure 1. Le dipôle électrique 52 est plus précisément un dipôle épais coplanaire gravé sur un substrat et dont la structure rayonnante est de forme elliptique. Ce type de dipôle est à très large bande passante. La bande passante relative définie par la relation $\lambda f/f_0$, où Δf est la largeur de la bande passante et f_0 la fréquence centrale de fonctionnement de l'antenne, peut dépasser 100 %.

[0089] Les deux bras du dipôle 52 sont directement connectés aux deux conducteurs du port de sortie du dispositif de filtrage 54. En variante, le dipôle 52 et le dispositif de filtrage 54 pourraient être connectés par l'intermédiaire d'une ligne quart d'onde : cela permettrait d'obtenir une antenne filtrante à performance améliorée. Les deux conducteurs du port d'entrée du dispositif de filtrage 54 sont quant à eux destinés à être alimentés en signal différentiel.

[0090] L'antenne dipôle filtrante 60 représentée sur la figure 8 comporte d'une part un dipôle électrique rayonnant 62 et d'autre part un ensemble de filtrage comportant deux dispositifs de filtrage 64 et 66 tels que celui décrit en référence à la figure 6. Le dipôle électrique 62 est plus précisément un dipôle épais coplanaire gravé sur un substrat et dont la structure rayonnante est de forme « papillon ». Plus précisément, la structure rayonnante du dipôle présente une partie fine, dans une zone centrale de l'antenne comportant la connexion aux dis-

positifs de filtrage 64 et 66, qui s'élargit vers l'extérieur de l'antenne des deux côtés du dipôle. Ce type de dipôle rayonnant est à bande passante moyenne. Sa bande passante relative $\Delta f/f_0$ est de l'ordre de 20 %.

[0091] Les deux bras du dipôle 62 sont directement connectés aux deux conducteurs du port de sortie du premier dispositif de filtrage 64. En variante, le dipôle 62 et le premier dispositif de filtrage 64 pourraient être connectés par l'intermédiaire d'une ligne quart d'onde.

[0092] Les deux conducteurs du port d'entrée du premier dispositif de filtrage 64 sont directement connectés aux deux conducteurs du port de sortie du second dispositif de filtrage 66. En variante également, le premier dispositif de filtrage 64 et le second dispositif de filtrage 66 pourraient être connectés par l'intermédiaire d'une ligne quart d'onde pour obtenir un filtre d'ordre supérieur à performance améliorée. Les deux conducteurs du port d'entrée du second dispositif de filtrage 66 sont quant à eux destinés à être alimentés en signal différentiel.

[0093] Enfin, l'antenne dipôle filtrante 70 représentée sur la figure 9 comporte d'une part un dipôle électrique rayonnant 72 et d'autre part un ensemble de filtrage comportant deux dispositifs de filtrage 74 et 76 identiques aux deux dispositifs 64 et 66. Le dipôle électrique 72 est plus précisément un dipôle épais coplanaire gravé sur un substrat et dont la structure rayonnante est de forme « papillon ». Il diffère cependant du dipôle électrique 62 notamment en ce que les deux extrémités larges de sa structure rayonnante, orientées vers l'extérieur de l'antenne, sont conformées pour intégrer dans leurs dimensions extérieures (i.e. plus grande longueur et plus grande largeur) les deux dispositifs de filtrage 74 et 76. Il en résulte un gain supplémentaire en compacité de l'antenne filtrante 70 par rapport à l'antenne filtrante 60.

[0094] Par ailleurs, comme dans l'exemple précédent :

- les deux bras du dipôle 72 sont directement connectés aux deux conducteurs du port de sortie du premier dispositif de filtrage 74,
- les deux conducteurs du port d'entrée du premier dispositif de filtrage 74 sont directement connectés aux deux conducteurs du port de sortie du second dispositif de filtrage 76, et
- les deux conducteurs du port d'entrée du second dispositif de filtrage 76 sont quant à eux destinés à être alimentés en signal différentiel.

[0095] A nombre de dispositifs de filtrage constant, une antenne dipôle filtrante différentielle selon l'invention est plus petite qu'une antenne correspondante classique, grâce à la meilleure compacité des dispositifs de filtrage utilisés. De façon alternative, à taille globale constante, une antenne dipôle filtrante différentielle selon l'invention est plus performante parce qu'elle peut comporter un plus grand nombre de dispositifs de filtrage permettant de réaliser un filtrage d'ordre encore plus élevé, donc plus performant en terme de bande passante.

[0096] Il apparaît clairement qu'un dispositif de filtrage

tel que l'un de ceux décrits précédemment peut atteindre une compacité bien meilleure que celle des filtres différentiels connus réalisés en technologie CPS, tout en conservant leurs avantages.

[0097] Compte tenu des bandes de fréquences dans lesquelles il peut fonctionner, il est particulièrement adapté aux nouveaux protocoles de radiocommunication qui requièrent des bandes passantes très larges. Sa compacité et ses hautes performances le rendent en outre avantageux pour des objets miniatures communicants.

[0098] La structure coplanaire de ce dispositif de filtrage facilite en outre sa réalisation en technologie hybride et son intégration en technologie monolithique avec des structures comportant des éléments discrets montés en surface. Notamment, il est simple de le concevoir en intégration avec une antenne dipôle différentielle à structure rayonnante coplanaire large bande, comme cela a été illustré par plusieurs exemples, par gravure chimique ou mécanique sur des substrats à faible ou haute permittivité selon les applications et performances voulues.

[0099] Ce dispositif de filtrage peut aussi trouver des applications dans la bande des fréquences millimétriques où sa faible taille et ses fortes performances lui permettent d'être intégré en technologie monolithique avec des antennes et des circuits actifs.

[0100] Enfin, plus spécifiquement, la possibilité de régler différemment les impédances d'entrée et de sortie de ce filtre, conformément au deuxième mode de réalisation décrit, permet d'envisager la conception conjointe de ce type de dispositif de filtrage avec des antennes et des circuits actifs présentant des impédances différentes.

Revendications

1. Dispositif (10 ; 10' ; 10'') de filtrage différentiel à résonateurs couplés, comportant une paire de résonateurs (12, 14) couplés disposés sur une même face (16) d'un substrat diélectrique, chaque résonateur (12, 14) comportant deux bandes conductrices (LE1, LE2, LS1, LS2) positionnées de façon symétrique par rapport à un plan (P) perpendiculaire à la face (16) sur laquelle est disposé le résonateur (12, 14), ces deux bandes conductrices (LE1, LE2, LS1, LS2) étant raccordées respectivement à deux conducteurs (E1, E2, S1, S2) d'un port bi-ruban de connexion à une ligne de transmission d'un signal différentiel, **caractérisé en ce que** chaque bande conductrice (LE1, LE2, LS1, LS2) de chaque résonateur (12, 14) est repliée sur elle-même de manière à former un couplage capacitif entre ses deux extrémités, et **en ce que** les deux résonateurs (12, 14) de la paire sont couplés par la disposition en vis à vis de leurs bandes conductrices (LE1, LE2, LS1, LS2) respectives disposées du même côté par rapport audit plan de symétrie (P), sur des portions de longueur

- respectives de ces bandes conductrices repliées.
2. Dispositif de filtrage différentiel (10 ; 10' ; 10") selon la revendication 1, dans lequel chaque bande conductrice (LE1, LE2, LS1, LS2) de chaque résonateur (12, 14) est de forme générale annulaire, ses extrémités étant repliées à l'intérieur de la forme générale annulaire sur une portion de longueur (L) prédéterminée de celles-ci, le repliement des extrémités étant situé sur une portion de la bande conductrice disposée en vis-à-vis de l'autre bande conductrice du résonateur. 5 10
 3. Dispositif de filtrage différentiel (10 ; 10' ; 10") selon la revendication 2, dans lequel chaque bande conductrice (LE1, LE2, LS1, LS2) de chaque résonateur (12, 14) est de forme générale rectangulaire. 15
 4. Dispositif de filtrage différentiel (10 ; 10' ; 10") selon la revendication 3, dans lequel chaque bande conductrice (LE1, LE2, LS1, LS2) de chaque résonateur (12, 14) est de forme générale carrée. 20
 5. Dispositif de filtrage différentiel (10 ; 10' ; 10") selon la revendication 3 ou 4, dans lequel au moins une partie des portions de bande conductrice formant les côtés de la forme générale rectangulaire ou carrée de chaque bande conductrice (LE1, LE2, LS1, LS2) comporte des repliements supplémentaires (LE1₈, LE1₉, LE1₁₀, LE2₈, LE2₉, LE2₁₀, LS1₈, LS1₉, LS1₁₀, LS2₈, LS2₉, LS2₁₀). 25 30
 6. Dispositif de filtrage différentiel (10 ; 10' ; 10") selon la revendication 5, dans lequel les repliements supplémentaires (LE1₈, LE1₉, LE1₁₀, LE2₈, LE2₉, LE2₁₀, LS1₈, LS1₉, LS1₁₀, LS2₈, LS2₉, LS2₁₀) sont dirigés vers l'intérieur de la forme générale rectangulaire ou carrée. 35
 7. Dispositif de filtrage différentiel (10 ; 10' ; 10") selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les deux bandes conductrices (LE1, LE2, LS1, LS2) de l'un (12, 14) des deux résonateurs sont distantes d'une première distance (e_1 , e_2) entre elles et les deux bandes conductrices (LS1, LS2, LE1, LE2) de l'autre (14, 12) des deux résonateurs sont distantes d'une seconde distance (e_2 , e_1) entre elles, cette seconde distance (e_2 , e_1) étant différente de la première distance (e_1 , e_2) de sorte que le dispositif de filtrage (10, 10', 10") remplisse une fonction supplémentaire d'adaptation d'impédance par présentation d'une impédance de sortie différente de son impédance d'entrée. 40 45 50
 8. Antenne dipôle filtrante différentielle (50 ; 60 ; 70) comportant au moins un dispositif de filtrage (54 ; 64, 66 ; 74, 76) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7. 55
 9. Antenne dipôle filtrante différentielle (70) selon la revendication 8, comportant une structure rayonnante (72) conformée pour intégrer dans ses dimensions extérieures ledit dispositif de filtrage (74, 76).

Fig.1

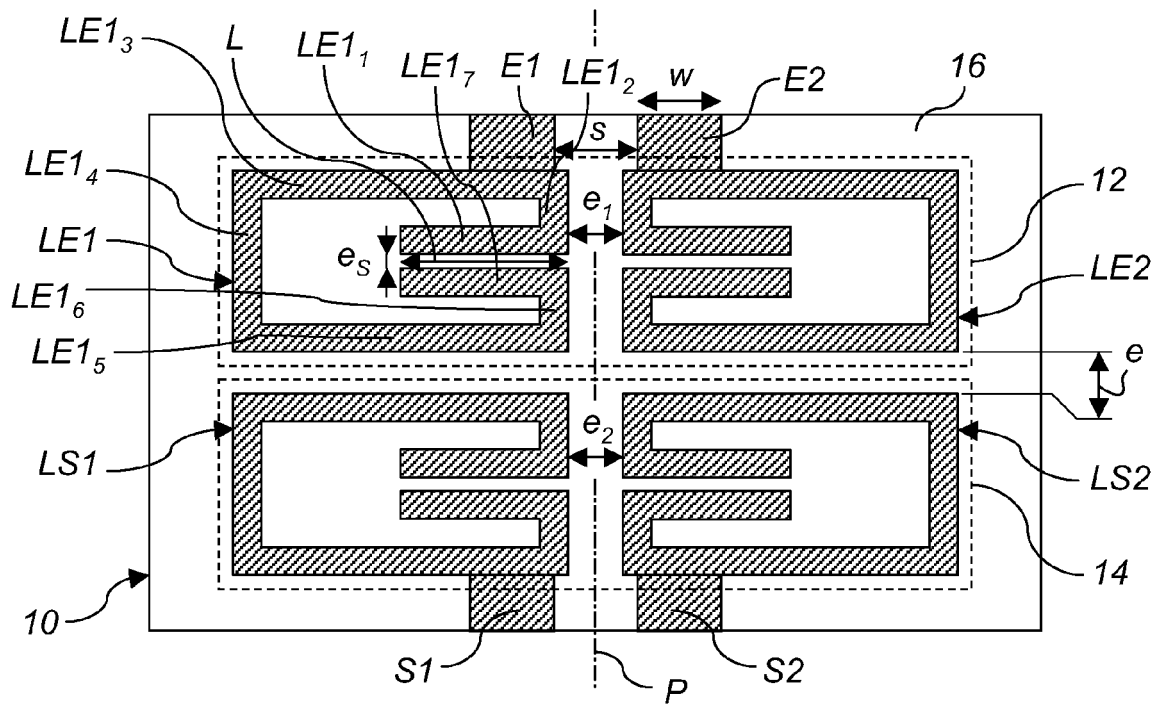
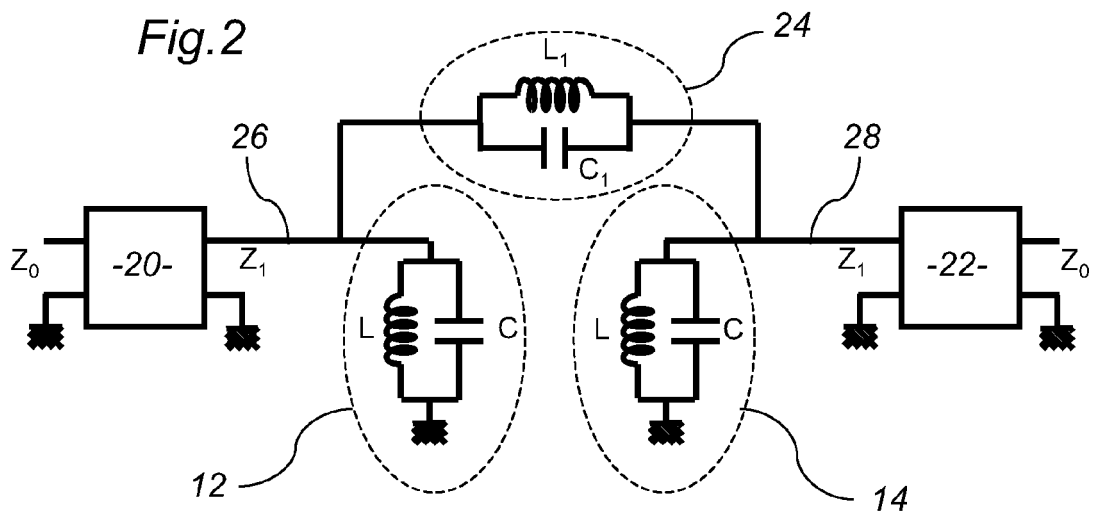


Fig.2



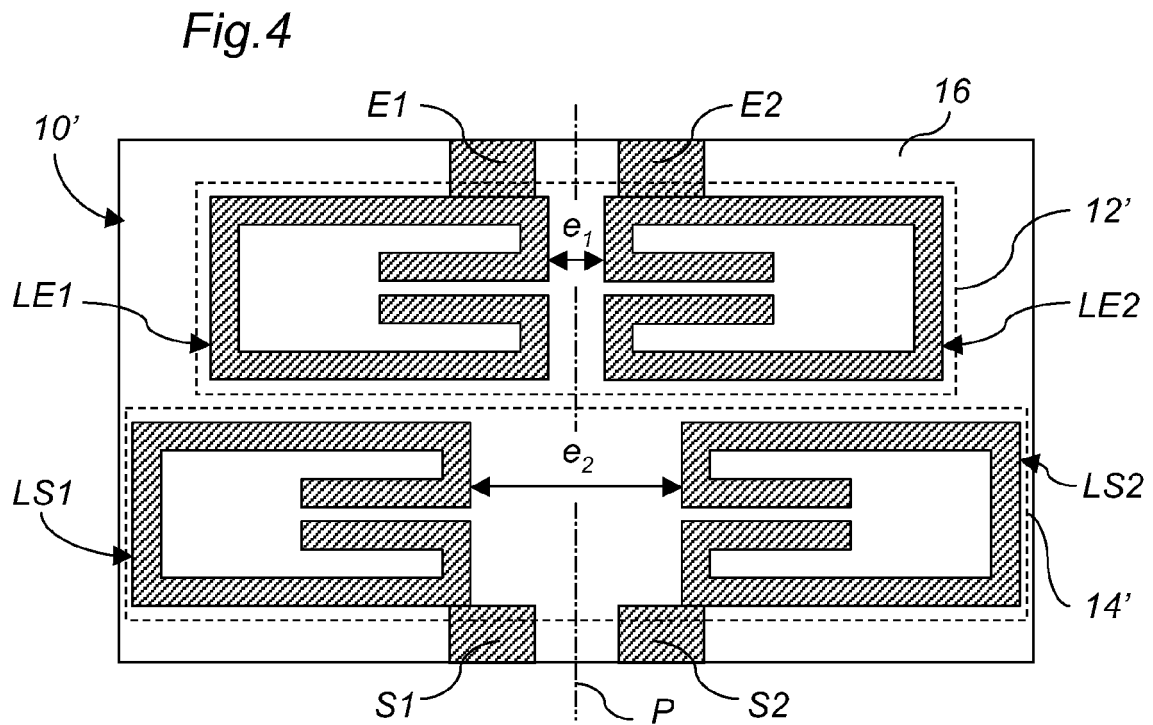
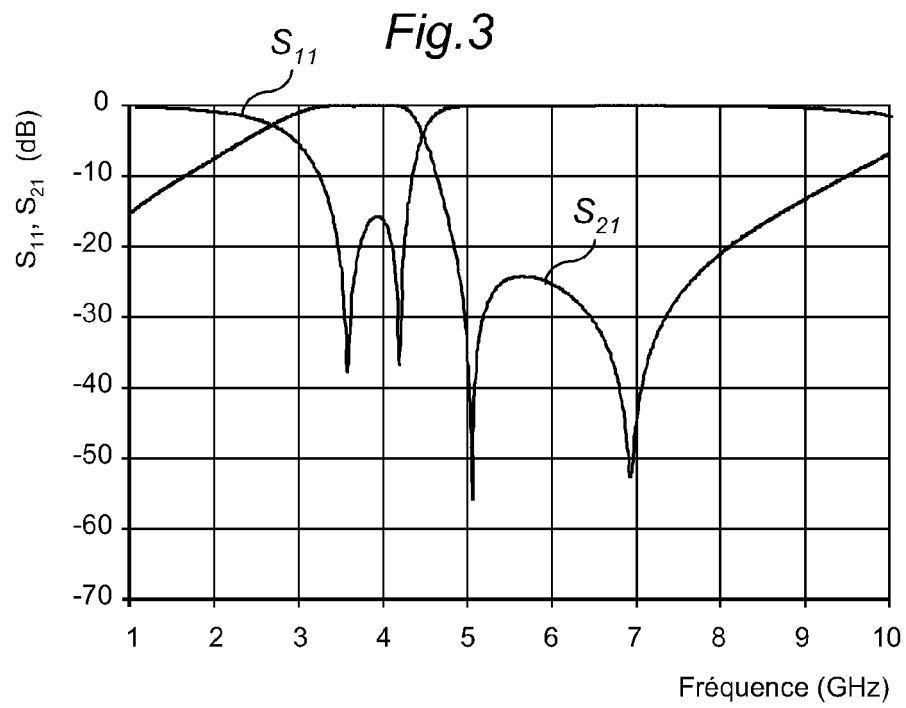


Fig.5

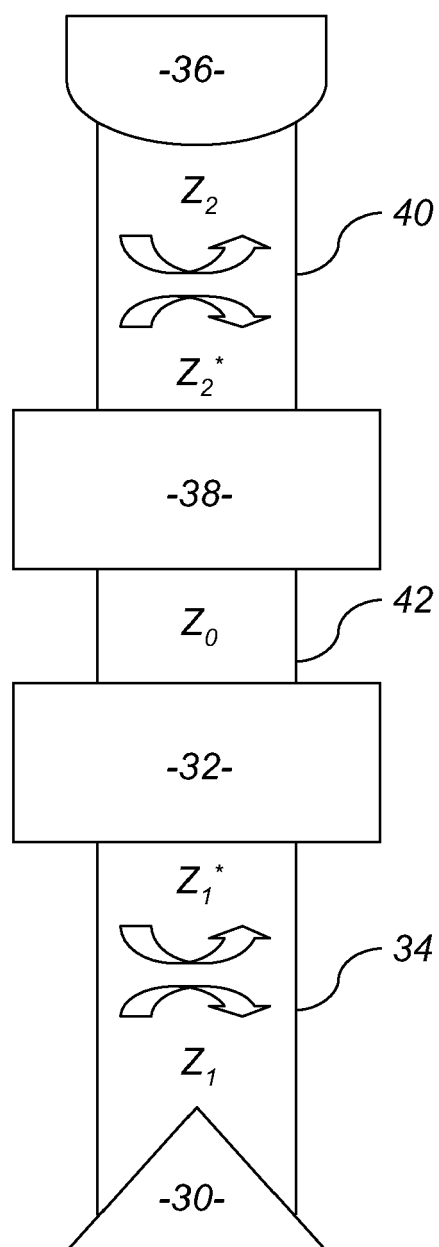


Fig.6

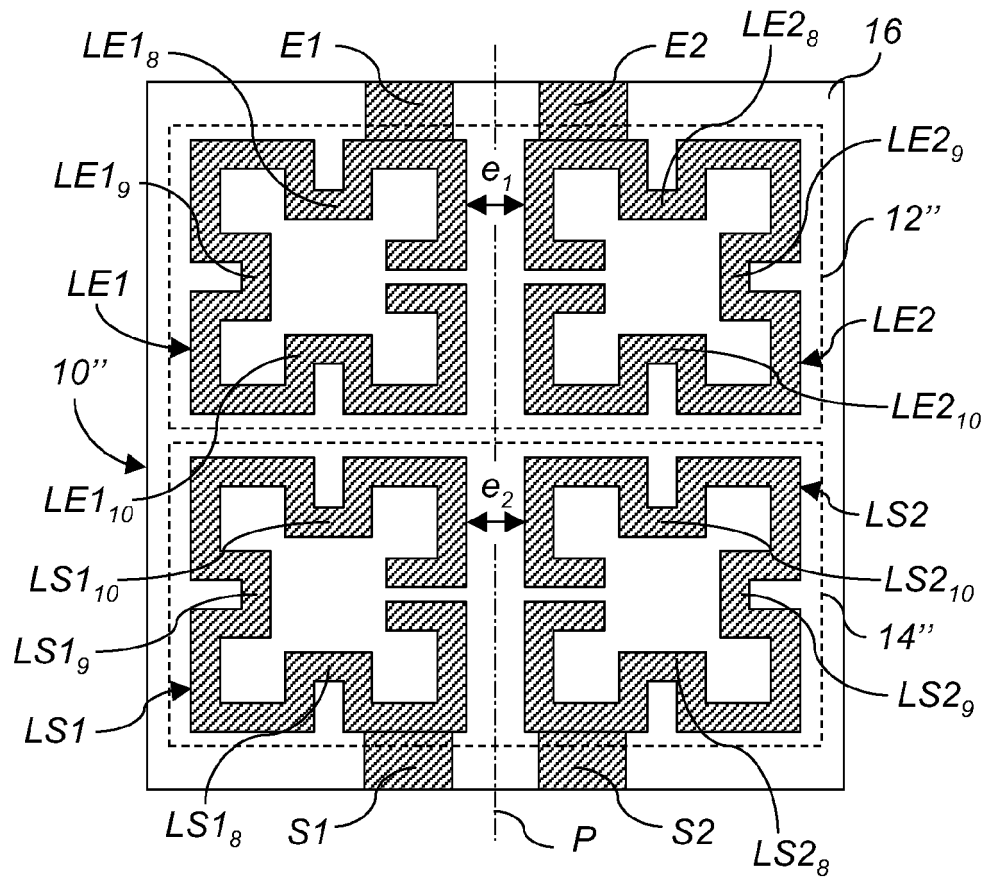


Fig.7

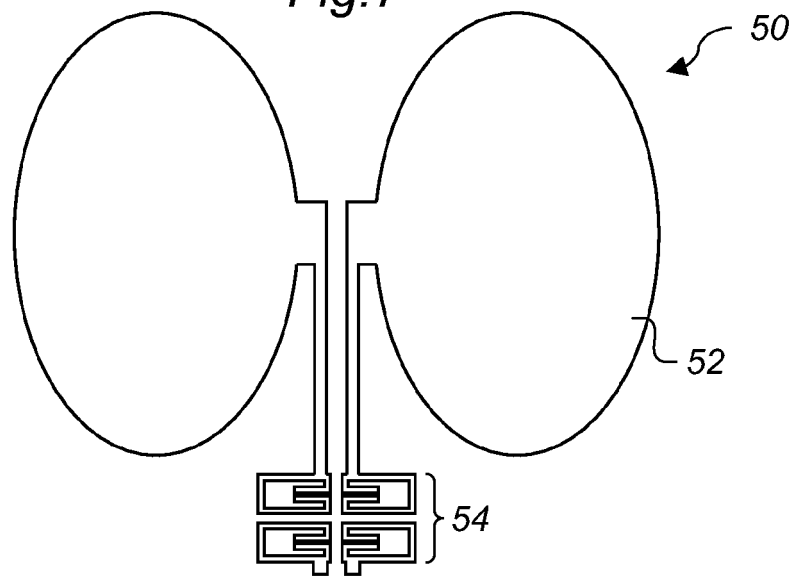


Fig.8

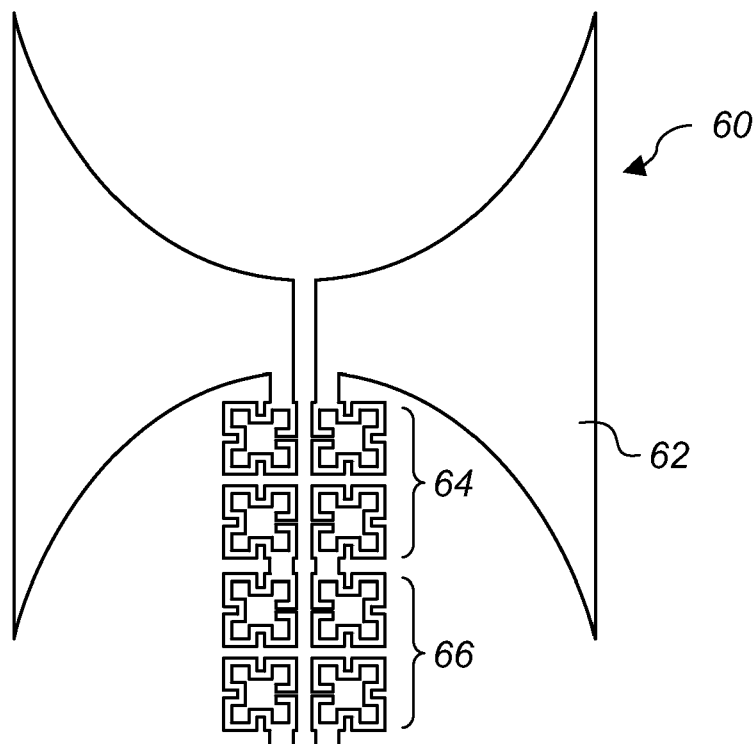
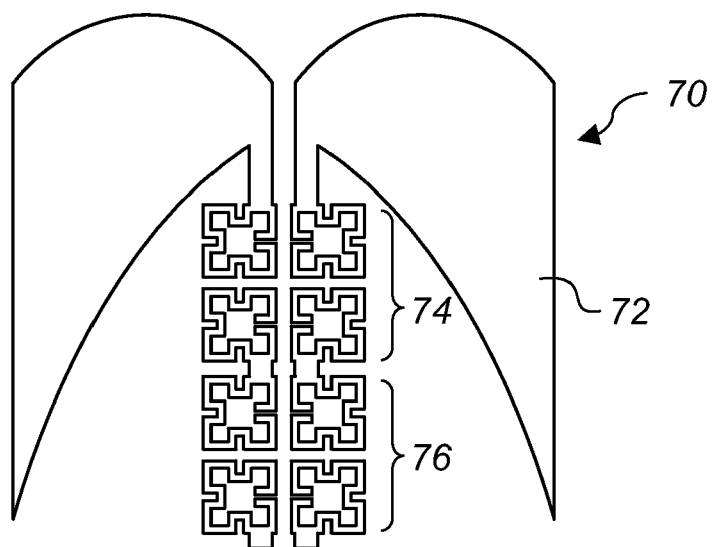


Fig.9





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 09 17 5192

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	EP 1 328 039 A (BROADCOM CORP [US]) 16 juillet 2003 (2003-07-16) * alinéas [0036], [0037]; figure 3B *	1-9	INV. H01P1/203
Y	GB 2 260 651 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 21 avril 1993 (1993-04-21) * page 19, ligne 15 - page 21, ligne 11; figure 11 *	1-9	
A	JP 2007 201764 A (TDK CORP) 9 août 2007 (2007-08-09) * figures 19,20 *	1	
A	JP 2005 333392 A (SONY CORP) 2 décembre 2005 (2005-12-02) * figures 1,2 *	1	
A	EP 1 562 256 A (TAIYO YUDEN KK [JP]) 10 août 2005 (2005-08-10) * alinéas [0068] - [0070]; figure 2 *	1	
A	WO 98/00880 A (SUPERCONDUCTING CORE TECHNOLOG [US]) 8 janvier 1998 (1998-01-08) * page 8, ligne 1 - page 9, ligne 8; figure 1a *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 10 février 2010	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 03.02 (P04C02)

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

EP 09 17 5192

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.

10-02-2010

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1328039	A	16-07-2003	US 2003128085 A1	10-07-2003
			US 2003128084 A1	10-07-2003
			US 2005093661 A1	05-05-2005

GB 2260651	A	21-04-1993	GB 2222312 A	28-02-1990
			US 5055809 A	08-10-1991

JP 2007201764	A	09-08-2007	JP 4236667 B2	11-03-2009

JP 2005333392	A	02-12-2005	AUCUN	

EP 1562256	A	10-08-2005	CN 1655394 A	17-08-2005
			JP 3944193 B2	11-07-2007
			JP 2005260903 A	22-09-2005
			US 2005184831 A1	25-08-2005

WO 9800880	A	08-01-1998	AU 4038697 A	21-01-1998

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

- EP 0542917 B1 [0008]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **Ning Yang et al.** Broadband and compact coupled coplanar stripline filters with impedance steps. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Décembre 2007, vol. 55 (12 [0012]