



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt : **91460041.6**

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01P 1/17**

⑳ Date de dépôt : **01.08.91**

③① Priorité : **24.08.90 FR 9010753**

⑦② Inventeur : **Boulouard, André**

④③ Date de publication de la demande :
26.02.92 Bulletin 92/09

22 Place du Martray
F-22220 Treguier (FR)

⑧④ Etats contractants désignés :
DE GB

Inventeur : **Chares, Marie-Laure**

⑦① Demandeur : **FRANCE TELECOM**
Etablissement autonome de droit Public, 6,
Place d'Alleray
F-75015 Paris (FR)

3 rue de Kériquily

F-22300 Lannion (FR)

Inventeur : **Le Rouzic, Michel**

7 rue des Pinsons

F-22560 Pleumeur Bodou (FR)

⑦④ Mandataire : **Corlau, Vincent**
c/o Cabinet Vidon Immeuble Germanium 80
avenue des Buttes de Coesmes
F-35700 Rennes (FR)

⑤④ **Duplexeur bidirectionnel pour ondes hyperfréquences polarisées réalisable notamment en technologie monolithique sur arséniure de gallium.**

⑤⑦ L'invention concerne une nouvelle structure de duplexeur bidirectionnel pour l'émission et la réception simultanée d'ondes hyperfréquences polarisées circulairement.

Selon l'invention, le duplexeur bidirectionnel est du type destiné à relier un premier jeu de deux entrées/sorties (RF0,RF1;RF2,RF3) à un second jeu de deux entrées/sorties (RF2,RF3;RF0,RF1), chaque entrée/sortie (RF0,RF1,RF2,RF3) du duplexeur étant connectée à la voie de combinaison (20,21,22,23) d'un combineur/diviseur (12,13,14,15), les deux voies de division (24,25,26,27,28,29,30,31) de chaque combineur/diviseur (12,13,14,15) assurant chacune la liaison avec l'une des voies de division (24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31) de l'un des combineurs/diviseurs (12, 13, 14, 15) connectés à une entrée/sortie (RF0, RF1 ; RF2, RF3) distincte du jeu d'entrées/sorties (RF2, RF3 ; RF0, RF1) opposé, à travers des moyens de déphasage (16, 17, 18, 19) distincts.

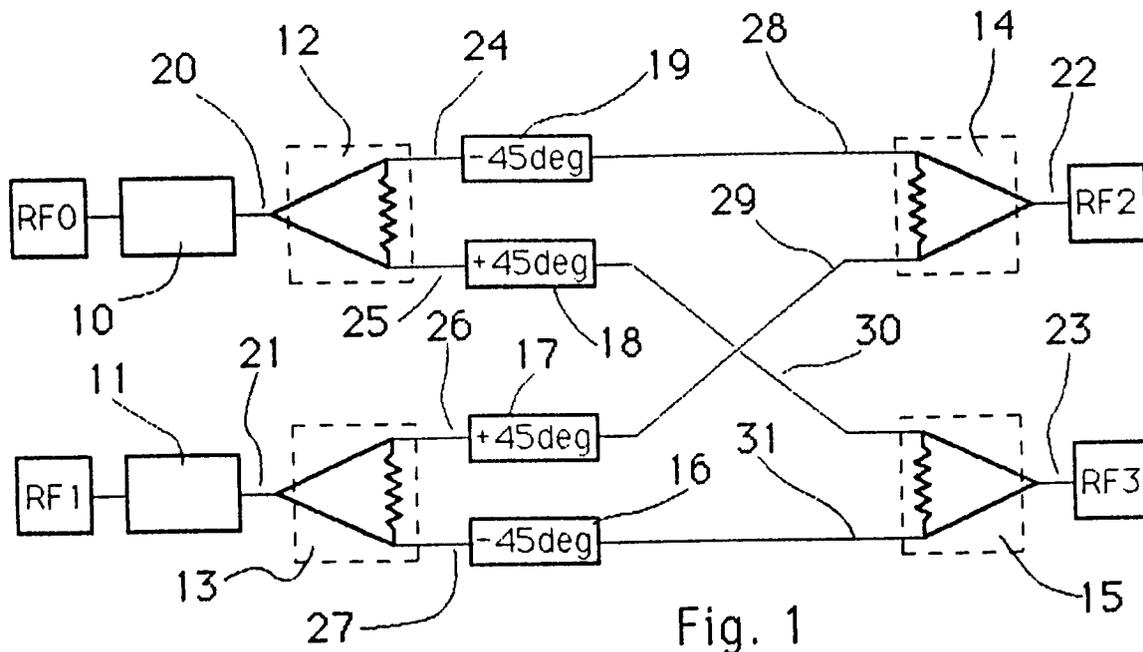


Fig. 1

EP 0 472 483 A1

Le domaine de l'invention est celui des composants de traitement de signaux hyperfréquences polarisés et plus précisément des duplexeurs d'ondes polarisées circulairement. Ces composants peuvent notamment constituer un étage d'un émetteur et/ou d'un récepteur de polarisations circulaires dans le domaine des hyperfréquences.

De façon connue, dans une transmission par satellite, les ondes transmises sont fréquemment polarisées circulairement. En effet, dans ce cas, le calage des antennes de réception en gisement est indifférent.

La réception d'une onde polarisée circulaire s'effectue à l'aide de deux antennes, une des antennes étant polarisée verticalement et l'autre horizontalement. Ainsi, les composantes verticale et horizontale d'une onde à polarisation circulaire droite sont reçues chacune par une antenne distincte et peuvent être combinées par couplage de puissance pour reconstituer au récepteur l'onde polarisée circulaire transmise. Le même raisonnement peut être tenu pour une polarisation circulaire gauche. Les composantes verticale et horizontale reçues doivent présenter un déphasage différentiel de 90 degrés exactement pour éviter une perte de puissance à la combinaison.

L'invention a pour objet de fournir un duplexeur assurant notamment cette fonction de recombinaison des composantes linéaires d'une onde circulaire reçue, et inversement, de décomposition d'une onde circulaire en ses composantes linéaires à l'émission.

On connaît des dispositifs de recombinaison à la réception de l'onde circulaire reçue par deux antennes à 90°. Ceux-ci sont habituellement constitués d'une structure hybride à trois portes. De telles structures hybrides à trois portes sont par exemple décrites dans la revue "R.F. Design" de juillet 1989, pages 56 à 59. Ce document décrit des structures hybrides consistant en des combineurs/diviseurs de Wilkinson en T ou en π . Les combineurs/diviseurs de Wilkinson sont des filtres passe-haut ou passe-bas permettant de réaliser soit la somme de deux signaux, soit la division d'un signal unique en deux signaux égaux, suivant leur sens d'utilisation.

De façon connue, le même type de structure hybride peut être également utilisé à l'émission pour décomposer l'onde à transmettre en deux composante verticale et horizontale appliquées à un jeu de deux antennes de polarisations orthogonales.

Bien évidemment, chacun de ces composants ne peut fonctionner simultanément en émission et en réception. En fait, avec ce type de composants, un dispositif devant pouvoir fonctionner en émission et en réception d'ondes circulaires requiert deux unités distinctes de traitement des signaux, coopérant avec deux oscillateurs locaux distincts, l'un servant pour la réception, et l'autre pour l'émission des signaux.

Pourtant, il existe un besoin de compacité et de

convertibilité de ce type de composants, singulièrement dans les applications embarquées, où il est avantageux de faire remplir plusieurs fonctions à un même composant, lorsque cela est possible.

La présente invention a notamment pour objectif de répondre à ce besoin.

Plus précisément, un premier objectif de la présente invention est de fournir une structure de duplexeur permettant, lorsqu'il est connecté à un jeu d'antennes, de fonctionner en émission de polarisations circulaires aussi bien droite que gauche (avec la même structure) à partir des polarisations linéaires verticale et horizontale d'un signal hyperfréquence.

Un autre objectif de la présente invention est de fournir une telle structure permettant également une réception de polarisations circulaires aussi bien droite que gauche à partir des polarisation linéaires verticale et horizontale du signal hyperfréquence.

Un autre objectif de la présente invention est de fournir une telle structure permettant simultanément l'émission et la réception de polarisations circulaires croisées.

Un autre objectif de la présente invention est de fournir un tel duplexeur ayant une bande de fréquences de fonctionnement de 11,7 à 12,5 GHz environ.

Un objectif complémentaire de la présente invention est qu'une telle structure bidirectionnelle soit réalisable en technologie MMIC (circuit intégré microonde monolithique), par exemple sur arséniure de gallium, notamment pour réduire son encombrement et sa consommation.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints grâce à un duplexeur bidirectionnel pour ondes hyperfréquences polarisées, du type destiné à relier un premier jeu de deux entrées/sorties à un second jeu de deux entrées/sorties, chaque entrée/sortie du duplexeur étant connectée à la voie de combinaison d'un combineur/diviseur, les deux voies de division de chaque combineur/diviseur assurant chacune la liaison avec l'une des voies de division de l'un des combineurs/diviseurs connectés à une entrée/sortie distincte du jeu d'entrées/sorties opposé, à travers des moyens de déphasage distincts.

La voie de combinaison d'un combineur/diviseur est définie comme étant celle sur laquelle on obtient la somme des signaux appliqués sur les deux voies de division du combineur/diviseur. En utilisation "diviseur" du combineur/diviseur, la voie de combinaison est celle sur laquelle on applique un signal pour le partager en deux signaux égaux.

Les voies de division d'un combineur/diviseur sont définies comme étant celles sur lesquelles on applique deux signaux que l'on veut sommer, c'est à dire combiner, le résultat de la sommation étant obtenu sur la voie de combinaison. Les voies de division sont, inversement, aussi celles sur lesquelles on obtient deux signaux égaux résultant de la disjonction

en deux d'un signal appliqué sur la voie de combinaison du combineur/diviseur, lorsque celui-ci est utilisé en diviseur.

Avantageusement, les moyens de combinaison/division sont des triportes du type Wilkinson en T ou en π , déphasant chacun de $+90^\circ$ ou -90° .

Les triportes du type Wilkinson présentent notamment l'avantage d'être peu encombrants et de présenter des taux d'ondes stationnaires faibles.

De préférence, le duplexeur bidirectionnel selon l'invention comprend des moyens d'ajustage de phase, en T ou en π , disposés chacun entre les voies de combinaison de combineurs/diviseurs et les deux entrées/sorties de l'un des jeux d'entrées/sorties du duplexeur.

Les moyens d'ajustage de phase ont pour fonction d'ajuster précisément un déphasage différentiel de 90° entre les signaux sortant ou entrant dans le duplexeur, notamment pour éviter une perte de puissance de transmission et une diaphonie entre les signaux.

Selon un mode de mise en oeuvre avantageux de la présente invention, les moyens d'ajustage de phase comprennent des transistors à effet de champ montés en capacités variables.

L'avantage de ce type de montage est que le réglage de la phase d'un signal est commandable par ajustement de la tension de grille des transistors à effet de champ. De plus, le duplexeur selon l'invention présente ainsi une consommation en courant quasiment nulle en continu, la seule consommation provenant du courant de fuite des grilles des transistors à effet de champ.

Avantageusement, les moyens de déphasage assurent un déphasage de $+\pi/4$ ou $-\pi/4$. Ils peuvent être constitués par des cellules de déphasage de type passe-haut ou passe-bas.

Préférentiellement, le signe (+ ou -) du déphasage de $\pi/4$ est affecté sélectivement à chacun des moyens de déphasage de la structure de façon que, chacune des entrées/sorties d'un premier jeu acheminant une composante linéaire distincte (verticale ou horizontale), on émet ou on reçoit l'onde circulaire polarisée correspondante sélectivement sur l'une ou sur l'autre des entrées/sorties du jeu opposé, suivant que la polarisation est droite ou gauche.

Avantageusement, les entrées/sorties des jeux sont adaptées sur 50Ω .

Un mode de mise en oeuvre préférentiel de la présente invention consiste à réaliser un tel duplexeur en technologie monolithique sur arséniure de gallium. Une telle implantation permet de réduire considérablement l'encombrement du duplexeur selon l'invention.

Préférentiellement, un des jeux de deux entrées/sorties est relié à un jeu d'antennes à polarisation verticale et horizontale et l'autre des jeux de deux entrées/sorties est relié à une unité d'émission

et/ou de réception.

Le duplexeur selon l'invention est préférentiellement utilisé pour l'émission et la réception de polarisations circulaires tant droites que gauches.

Le duplexeur selon l'invention est enfin particulièrement adapté pour l'émission et la réception simultanées de polarisations circulaires croisées.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de mise en oeuvre préférentiel et des dessins annexés dans lesquels :

– la figure 1 est un schéma synoptique d'un duplexeur selon la présente invention ;

– les figures 2A et 2B représentent le fonctionnement en émission du duplexeur selon la présente invention ;

– les figures 3A et 3B représentent le fonctionnement en réception du duplexeur selon la présente invention ;

– les figures 4A et 4B représentent le fonctionnement simultané en émission et en réception du duplexeur selon la présente invention ;

– la figure 5 est un schéma détaillé d'un mode de réalisation préférentiel de la structure du duplexeur bidirectionnel de la présente invention ;

– la figure 6 représente une simulation de la variation en décibels de l'isolation entre les deux branches constituant le duplexeur selon la présente invention, en fonction de la fréquence de fonctionnement, ainsi que la caractéristique de transfert ;

– la figure 7 représente une simulation des variations angulaires des paramètres S₃₁ et S₃₂ de la matrice caractéristique du duplexeur selon la présente invention, en fonction de la fréquence ;

– la figure 8 représente un exemple de topographie sur circuit intégré d'un tel duplexeur, réalisé en technologie MMIC.

La figure 1 est un schéma synoptique d'un duplexeur selon la présente invention.

Le duplexeur selon l'invention présente une structure constituée de deux branches identiques comportant chacune deux entrées/sorties RF0, RF1, RF2, RF3. Chaque entrée/sortie RF0, RF1, RF2, RF3 est reliée à une voie de combinaison 20,21,22,23 d'un combineur/diviseur 12, 13, 14 et 15. Chaque combineur/diviseur 12,13,14,15 comporte deux voies de division respectivement référencées 24,25,26,27,28, 29,30,31. Les combineurs/diviseurs 12,13,14 et 15 permettent soit de diviser en deux signaux égaux un signal appliqué sur leurs voies de combinaison 20, 21, 22,23, les deux signaux égaux étant alors présentés sur les voies de division 24,25,26, 27, 28, 29, 30,31, soit de sommer deux signaux présentés sur les voies de division 24,25,26, 27, 28, 29,30,31, le résultat de la sommation apparaissant alors sur les voies de combinaison 20,21,22 et 23.

Les voies de combinaison 20,21,22 et 23 de chaque combineur/diviseur 12,13,14 et 15 sont chacune reliées à une entrée/sortie d'un groupe d'entrées/sorties RF0,RF1;RF2,RF3 et les voies de division 24 à 31 des combineurs/diviseurs d'un groupe d'entrées/sorties RF0,RF1,RF2,RF3 sont reliées aux voies de division des combineurs/diviseurs reliés aux entrées/sorties de l'autre groupe d'entrées/sorties à travers des moyens de déphasage 16, 17, 18, 19.

Les moyens de déphasage 16,17,18,19 déphasent le signal de $\pm 45^\circ$. Ainsi, chaque moyen de combinaison/division d'un des jeux d'entrées/sorties effectue une sommation d'un signal déphasé de $+\pi/4$ provenant d'une première entrée de l'autre des jeux d'entrées/sorties et d'un signal déphasé de $-\pi/4$ provenant d'une seconde entrée de l'autre des jeux d'entrées/sorties.

Les entrées/sorties RF0, RF1, RF2 et RF3 présentent chacune une impédance de 50Ω en entrée et en sortie.

Un mode de mise en oeuvre préférentiel de la présente invention consiste à relier les entrées/sorties RF0 et RF1 à des antennes, une des antennes étant polarisée horizontalement et l'autre verticalement.

Pour que la différence de phase entre les deux branches soit précise, il est avantageux de disposer entre les entrées/sorties RF0 et RF1 et les combineurs/diviseurs 12,13 des cellules d'ajustage de phase 10 et 11. Les cellules 10,11 ont pour fonction d'ajuster précisément un déphasage différentiel de 90° entre les signaux entrant ou sortant des deux branches. Cette fonction permet d'éviter toute diaphonie entre les signaux envoyés par le duplexeur ou provenant des antennes.

Les combineurs/diviseurs 12,13,14 et 15 sont avantageusement du type Wilkinson à base de cellules en T déphasant chacune de -90° entre 50 et 100Ω . On obtient de cette façon des combineurs/diviseurs adaptés sur 50Ω en entrée et en sortie (selon un autre mode de réalisation, les combineurs/diviseurs 12,13,14 et 15 déphasent chacun de $+90^\circ$ entre 50 et 100Ω).

La description suivante des figures 2A, 2B, 3A, 3B, 4A et 4B permettra de comprendre le fonctionnement du duplexeur selon la présente invention.

Les entrées/sorties RF0 et RF1 sont respectivement reliées à une antenne à polarisation horizontale et à une antenne à polarisation verticale. Des modules émetteurs sont branchés aux entrées/sorties RF2 et RF3.

Les figures 2A et 2B représentent le fonctionnement à l'émission du duplexeur selon la présente invention.

A l'émission, le signal hyperfréquence traverse la structure de l'invention selon le sens des flèches.

La figure 2A représente le fonctionnement du duplexeur selon l'invention lors d'une émission d'une

polarisation circulaire droite (notée CD).

Un signal de polarisation circulaire droite à transmettre est appliqué à l'entrée/sortie RF2 du duplexeur et est divisé en deux composantes par le combineur/diviseur 14. La voie 28 déphase le signal résultant de la division d'un angle de -45° grâce au déphaseur 19 et la voie 29 déphase l'autre partie du signal de $+45^\circ$ grâce au déphaseur 17. Les deux signaux sont ensuite appliqués à deux antennes séparées à polarisation verticale (V) et horizontale (H).

La figure 2B représente le fonctionnement du duplexeur selon l'invention lors d'une émission d'un signal de polarisation circulaire gauche (notée CG).

Un signal de polarisation circulaire gauche à transmettre est appliqué à l'entrée/sortie RF3 du duplexeur. L'entrée/sortie RF3 est reliée au combineur/diviseur 15 par la voie de combinaison 23. Le signal appliqué est divisé en deux voies 30 et 31, le déphaseur 16 de la voie 31 déphasant le signal de -45° , et le déphaseur 18 de la voie 30 déphasant le signal de $+45^\circ$. Les signaux résultants sont appliqués à deux antennes séparées à polarisation verticale V et horizontale H.

Le duplexeur selon la présente invention permet donc d'émettre, selon la voie d'entrée/sortie choisie, RF2 ou RF3, un signal de polarisation circulaire droite ou gauche.

Les figures 3A et 3B représentent le fonctionnement du duplexeur selon la présente invention en réception.

En réception, les signaux reçus par les deux antennes traversent le duplexeur selon l'invention dans le sens indiqué par les flèches. Les entrées/sorties RF2 et RF3 sont reliées à des unités de traitement faisant office de récepteurs.

La figure 3A représente le fonctionnement du duplexeur en réception des composantes verticale et horizontale d'un signal de polarisation circulaire droite et la figure 3B en réception des composantes verticale et horizontale d'un signal de polarisation circulaire gauche.

Les signaux présents sur les deux voies d'entrée RF0 et RF1 sont respectivement à polarisation horizontale et verticale.

Dans la figure 3A les signaux reçus par les antennes sont les composantes verticale et horizontale d'un signal de polarisation circulaire droite.

Le signal appliqué à l'entrée/sortie RF1 est déphasé de $+45^\circ$ par le déphaseur 17, et le signal appliqué à l'entrée/sortie RF0 de -45° par le déphaseur 19. Les signaux résultants sont alors combinés par le combineur/diviseur 14 pour obtenir sur la sortie RF2 un signal de polarisation circulaire droite.

Aucun signal n'apparaît en RF3, puisqu'aucune composante d'un signal de polarisation circulaire gauche n'a été reçu par les antennes.

Dans la figure 3B, les signaux reçus par les

antennes sont les composantes verticale et horizontale d'un signal de polarisation circulaire gauche.

Le signal reçu par l'entrée/sortie RF0 est divisé en deux puis le signal d'une voie de division est déphasé de + 45° par le déphaseur 18. Le signal reçu par l'entrée/sortie RF1 est également divisé en deux et une voie de division est déphasée de - 45° par le déphaseur 16. Le combineur/diviseur 15 somme les signaux sortant des déphaseurs 16 et 18 et l'on obtient sur la sortie RF3 un signal à polarisation circulaire gauche.

Aucun signal n'apparaît sur la sortie RF2, puisqu'aucune composante d'un signal de polarisation circulaire droite n'a été reçu par les antennes.

Le duplexeur selon la présente invention permet donc la réception de signaux de polarisation circulaire droite ou gauche. Il peut être considéré comme un discriminateur de polarisation du fait de sa structure.

Les figures 4A et 4B représentent le fonctionnement simultané à l'émission et en réception du duplexeur selon la présente invention.

La figure 4A représente le fonctionnement simultané du duplexeur selon la présente invention en émission d'un signal de polarisation circulaire droite (traits pointillés) et en réception d'un signal de polarisation circulaire gauche (trait plein).

Un signal de polarisation circulaire droite est appliqué par un émetteur à l'entrée/sortie RF2 du duplexeur et divisé en deux signaux par le combineur/diviseur 14 (figures 1, 2A et 3A), chacun des signaux résultant étant par la suite déphasé, l'un de + 45° par le déphaseur 17, l'autre de - 45° par le déphaseur 19, puis appliqué respectivement à une antenne de polarisation verticale et horizontale.

Le signal émis résultant est un signal de polarisation circulaire droite.

Pendant l'émission de ce signal, les composantes verticale et horizontale d'un signal de polarisation circulaire gauche (trait plein) sont captées par le jeu d'antennes. La division de chacun de ces signaux, les déphasages appliqués et la combinaison des signaux résultants s'opèrent comme décrit en référence à la figure 3B.

Le duplexeur selon l'invention permet donc simultanément l'émission d'un signal de polarisation circulaire droite et la réception des composantes d'un signal de polarisation circulaire gauche.

La figure 4B représente le fonctionnement simultané du duplexeur selon la présente invention en émission d'un signal de polarisation circulaire gauche (traits pointillés) et en réception d'un signal de polarisation circulaire droite (trait plein).

Le fonctionnement représenté est analogue à ceux décrits en référence aux figures 2B et 3A ces fonctionnements étant simultanés.

La structure du duplexeur selon la présente invention permet donc à la fois d'émettre un signal de polarisation circulaire droite, et de recevoir un signal

de polarisation circulaire gauche, et inversement.

Un des avantages de la présente invention est que les émissions et les réceptions peuvent être effectuées simultanément à la même fréquence, c'est-à-dire qu'un même oscillateur local peut être utilisé en émission et en réception.

La figure 5 est un schéma détaillé d'un mode de réalisation préférentiel de la structure du duplexeur bidirectionnel de l'invention.

Ce schéma détaillé est conforme au schéma de principe de la figure 1.

On y retrouve les quatre entrées/sorties RF0, RF1, RF2 et RF3 constituant deux jeux d'entrées/sorties opposés, les moyens de combinaison/division 12,13,14,15 et les modules déphaseurs 16,17,18 et 19.

Les entrées/sorties RF0, RF1, RF2 et RF3 présentent avantageusement une impédance d'entrée de 50 Ω.

Des cellules d'ajustage de phase 10 et 11 sont disposées entre la structure croisée du duplexeur et les antennes branchées aux entrées/sorties RF0 et RF1.

Les cellules d'ajustage de phase 10 et 11 présentent une structure en π et constituent des filtres de type passe-bas C1,L1,C1. Afin de permettre un ajustage précis de la phase, les signaux provenant des antennes et/ou injectés aux antennes devant être déphasés de 90°, la présente invention propose d'utiliser des capacités variables constituées par des transistors T1 à effet de champ dont le drain et la source sont reliés à la masse. Dans cette configuration, les transistors T1 présentent des capacités Cgs variables selon les polarisations de grille Vgg1 et Vgg2.

Selon un mode de mise en oeuvre préférentiel de la présente invention, les tensions Vgg1 et Vgg2 appliquées aux grilles des transistors T1 sont ajustées manuellement.

Il est bien entendu possible de régler ces tensions d'une autre manière, notamment à l'aide d'une boucle d'asservissement mesurant la différence de phase entre les signaux présents aux points RF0 et RF1. Il va de soi que le réglage de phase peut être réalisé par tout autre moyen approprié. Les transistors T1 peuvent par exemple être remplacés par des diodes varactor polarisées en inverse, leur capacité variant en fonction de la tension appliquée à leur cathode.

Comme déjà précisé, les moyens de combinaison/division 12,13,14, et 15 sont avantageusement du type Wilkinson à trois accès. Ils sont à base de cellules en T (L2,C2,L2) déphasant chacune le signal de - 90° entre 50 et 100 Ω, et sont ainsi adaptés sur 50 Ω en entrée et en sortie. Une résistance R2 relie les deux voies de division de chaque combineur/diviseur. Les capacités C2 des combineurs/diviseurs de Wilkinson présentent de faibles valeurs et sont dédoublées pour des commodités technologiques.

Les résistances R2 des combineurs/diviseurs de Wilkinson 12,13,14 et 15 impliquent une perte de transmission du signal de 3 dB, mais ce type de combineur/diviseur permet en revanche une sommation ou division de puissance de signaux avec des T.O.S. (taux d'onde stationnaire) relativement faibles. Le combineur/diviseur de Wilkinson présente également l'avantage d'être d'un encombrement réduit, caractéristique importante, notamment dans le cas où le duplexeur selon la présente invention est amené à être réalisé en technologie monolithique, par exemple sur arséniure de gallium.

Les combineurs/diviseurs de Wilkinson peuvent également être remplacés par des combineurs/diviseurs 3 dB réactifs, bien que leur encombrement soit un peu plus important. En effet, ceux-ci présentent quatre accès et il est donc nécessaire de refermer un accès sur une résistance. L'utilisation d'un nombre d'éléments plus important augmente de ce fait la surface utile nécessaire pour leur implantation.

Les modules déphaseurs sont des déphaseurs en T du type L4,C4,L4 pour les modules déphaseurs - 45° (modules 16 et 19) et du type C3,L3,C3 pour les modules + 45° (modules 17 et 18). Les capacités C4 des déphaseurs 16 et 19 sont également dédoublées pour des raisons technologiques. Les modules de déphasage peuvent également être des modules en π , comprendre des composants supplémentaires, par exemple quatre ou cinq éléments, ou être remplacés par des lignes de transmission de longueur L/4 où L est la longueur d'onde du signal transmis.

Cette dernière solution présente cependant l'inconvénient d'être plus encombrante. En effet, pour une fréquence de fonctionnement de 12 MHz par exemple, une telle ligne de transmission devra avoir une longueur de l'ordre de 6 mm, d'où un rendement plus faible du duplexeur.

Un des avantages de la présente invention est que la consommation du duplexeur représenté est négligeable en continu, les transistors T1 n'étant pas polarisés sur le drain. La seule consommation en continu provient du courant de fuite de grille du transistor à effet de champ T1. En conséquence, l'échauffement du dispositif est négligeable en continu.

Bien entendu, les différents éléments constituant la structure du duplexeur selon la présente invention peuvent être aisément modifiés par l'homme du métier sans pour autant sortir du cadre de la présente invention.

Le duplexeur selon l'invention est avantageusement réalisé en technologie MMIC. Les transistors T1 peuvent être soit intégrés, soit déportés hors du circuit intégré. Dans ce dernier cas, on utilisera préférentiellement des transistors INP, ceux-ci pouvant fonctionner à des fréquences élevées.

D'autres modes d'implantation du duplexeur sont envisageables, utilisant notamment des lignes micro-rubans.

Un mode d'utilisation particulier de la présente invention consiste à effectuer de la transmission/réception de signaux hyperfréquences dans la bande 11,7-12,5 GHz.

Pour un fonctionnement dans cette bande de fréquence, les valeurs des composants sont avantageusement les suivantes :

– transistor :

T1 = transistor à effet de champ : 0,5 μm ,
deux doigts de 75 μm ,
V_p = -1 Volt

– résistances :

R1 = 2150 Ω (implant : 215 $\Omega/\text{carré}$, L = 100 μm , W = 10 μm)

R2 = 100 Ω (métal : 30 $\Omega/\text{carré}$, L = 33,3 μm , W = 10 μm)

– inductances :

L1 = 549,63 pH (N = 2,5 tours, D = 113 μm , W = 10 μm)

L2 = 886,27 pH (N = 2,75 tours, D = 134,7 μm , W = 10 μm)

L3 = 685,71 pH (N = 1,5 tours, D = 178,5 μm , W = 10 μm)

L4 = 239,94 pH (N = 1,5 tours, D = 92 μm , W = 10 μm)

– capacités :

C1 = 2500 fF (250 pF/mm², L = 133 μm , W = 75 μm)

C2 = 220,52 fF (250 pF/mm², L = 29,7 μm , W = 29,7 μm)

C3 = 538,93 fF (250 pF/mm², L = 46,3 μm , W = 46,3 μm)

C4 = 256 fF (250 pF/mm², L = 32 μm , W = 32 μm)

C5 = 3600 fF (250 pF/mm², L = 120 μm , W = 120 μm)

Les figures 6 et 7 représentent les variations de certains paramètres caractéristiques du duplexeur selon l'invention, en fonction de la fréquence de travail, celle-ci variant de 11,7 à 12,5 GHz. Ces résultats ont été obtenus par simulation du duplexeur représenté à la figure 5, avec les valeurs de composants précédentes.

Le duplexeur selon l'invention constitue un octopôle puisqu'il comporte quatre entrées/sorties. Du fait de la structure symétrique de ce duplexeur, il peut être caractérisé par une matrice S de trois lignes et trois colonnes, une des entrées/sorties étant reliée à la masse à travers une résistance.

Une configuration possible consiste à relier l'entrée/sortie RF0 à la masse par une résistance de 50 Ω et à appliquer des signaux à l'entrée RF1. Les entrées/sorties RF2 et RF3 constituent dès lors les sorties du dispositif.

Les entrées/sorties RF0,RF1,RF2 et RF3 correspondent respectivement aux ports 1,2,3 et 4 relatifs aux paramètres S.

La figure 6 représente les variations en décibels

des paramètres S 31, S 32 et S 21 du duplexeur selon la présente invention, en fonction de la fréquence de fonctionnement, ces variations résultant d'une simulation.

Le tracé 60 représente une simulation de la variation en décibels du paramètre S 21 en fonction de la fréquence de fonctionnement. Le paramètre S 21 caractérise l'isolation entre les deux branches du duplexeur selon l'invention. On constate que cette isolation est correcte dans la bande 11,7-12,5 GHz, celle-ci étant au minimum égale à - 30 dB pour une fréquence de 12,5 GHz. L'isolation entre les deux branches atteint - 37 dB pour une fréquence de fonctionnement de 12 GHz environ.

Le tracé 61 représente une simulation de la variation en décibels des paramètres S 31 et S 32. Ce paramètre caractérise les pertes d'insertion de chaque branche en tenant compte du fait que les signaux sont corrélés sur les entrées/sorties RF0 et RF1, et ce sur toute la bande de fréquence 11,7-12,5 GHz.

Les pertes de chaque voie correspondent aux paramètres S 31 et S 32, ces paramètres étant définis par:

- S 31 = signal de sortie en RF2/signal incident en RF0 ;
- S 32 = signal de sortie en RF2/signal incident en RF1.

Les pertes d'insertion de chaque branche sont égales à - 4,21 ± 0,018 dB.

La figure 7 représente les variations angulaires des paramètres S 31 et S32 en fonction de la fréquence.

Le tracé 70 représente la variation de phase du paramètre S 32, c'est-à-dire le déphasage entre les sorties RF1 et RF2. Le tracé 70 présente une variation linéaire en fonction de la fréquence, le déphasage entre les sorties RF1 et RF2 diminuant lorsque la fréquence augmente.

Le tracé 71 présente la variation de phase du paramètre S 31 en fonction de la fréquence, c'est-à-dire entre la sortie RF2 et l'entrée RF0. Sa variation en fonction de la fréquence est également linéaire et diminue lorsque la fréquence augmente.

On constate que le déphasage différentiel entre les tracés 70 et 71 est quasiment constant et vaut $89,88 \pm 0,71^\circ$. Ce déphasage différentiel est ajustable grâce aux cellules d'ajustage de phase 10 et 11.

Le discriminateur de polarisation selon l'invention trouve application dans de nombreux domaines. Par exemple, il peut avantageusement être utilisé en tant que changeur de polarisation à l'aide d'un répéteur. Ainsi, une onde à polarisation circulaire gauche peut être transformée en onde à polarisation circulaire droite et réciproquement.

L'invention trouve également application dans l'émission et la réception d'ondes circulaires à partir d'antennes ou de réseaux d'antennes imprimés. Elle peut également être utilisée dans le cadre du

duplexeur à réutilisation de fréquence à polarisation croisée.

Une autre application de la présente invention est de servir à la transmission d'ondes hyperfréquences polarisées verticalement et/ou horizontalement.

La figure 8 représente un exemple de topographie sur circuit intégré d'un tel duplexeur, réalisé en technologie MMIC, utilisant des transistors T1 intégrés. Le schéma de principe retenu pour cette topographie est celui de la figure 5 avec les valeurs de composants indiquées précédemment.

Les différents éléments du schéma électrique sont réalisés selon la règle technologique de la fonderie THOMSON/DAG (marque déposée).

Pour des raisons de clarté de la topographie représentée et du fait de la symétrie de la structure du duplexeur selon l'invention, une seule branche est référencée. La symétrie de la structure se retrouve dans la topographie de la figure 8. Les faibles valeurs de composants utilisés confèrent au duplexeur selon l'invention un encombrement extrêmement réduit.

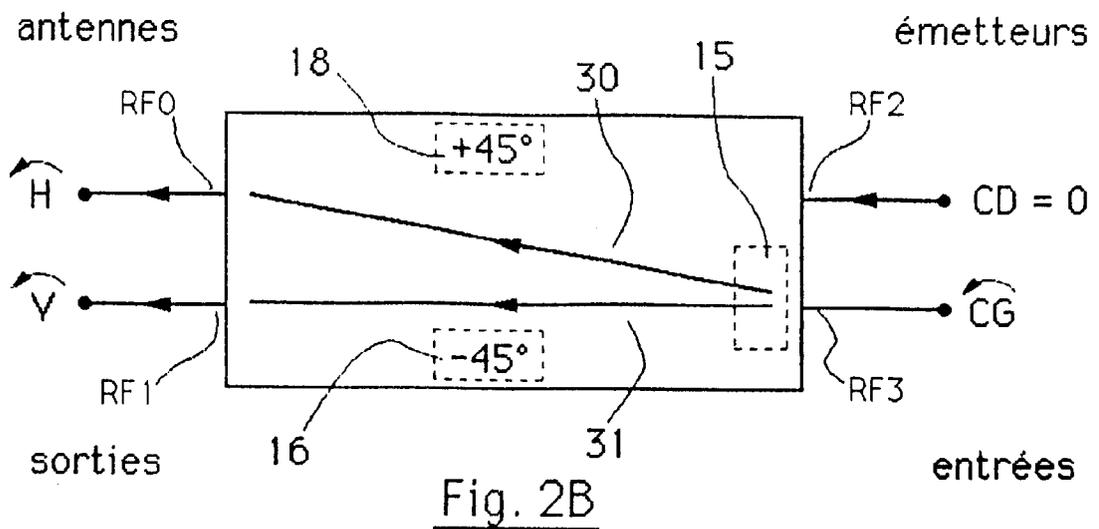
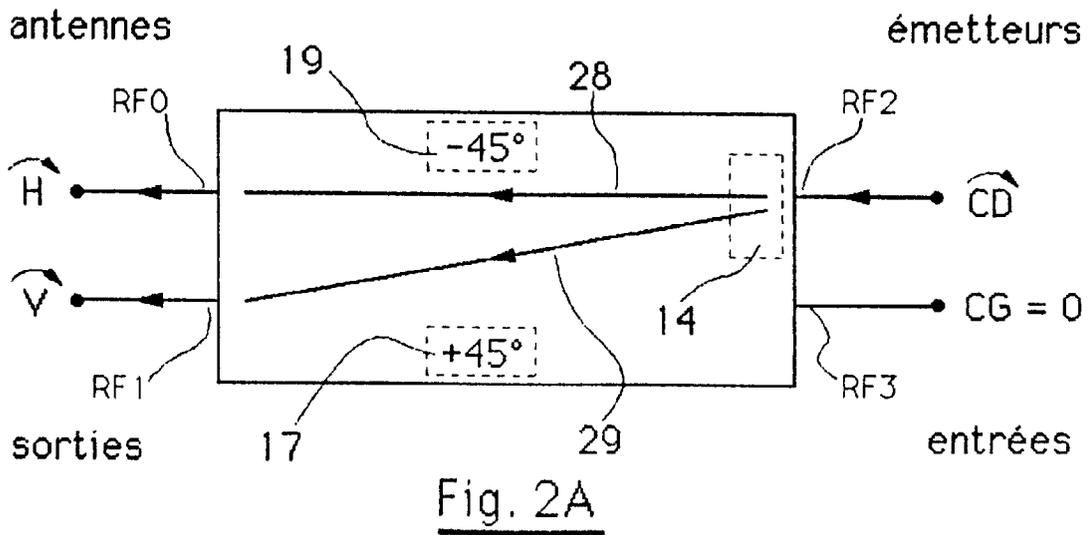
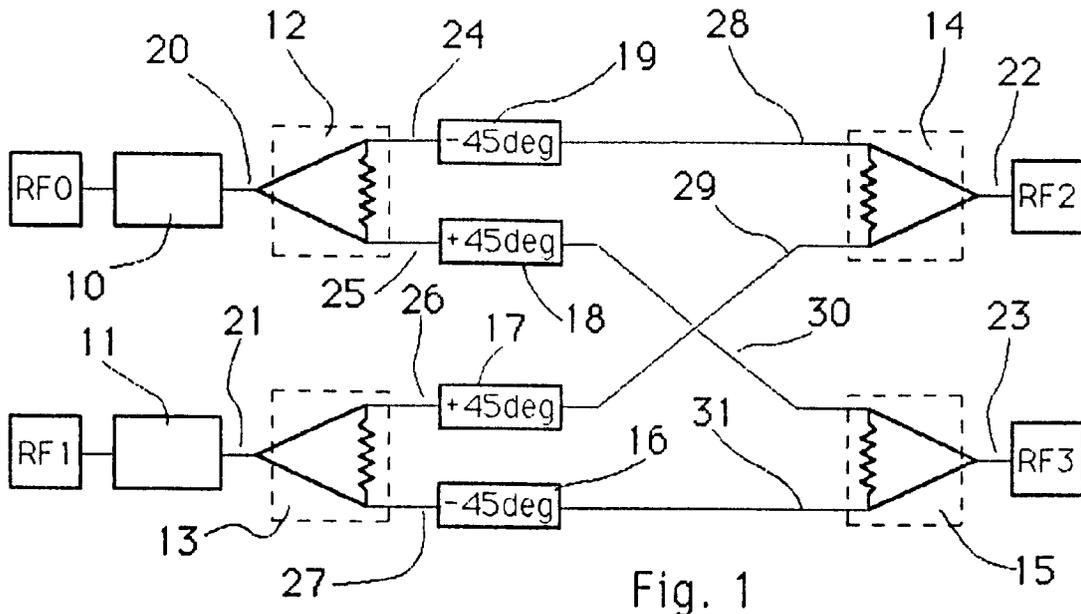
Il est bien sûr possible de réaliser le dispositif de l'invention selon d'autres technologies.

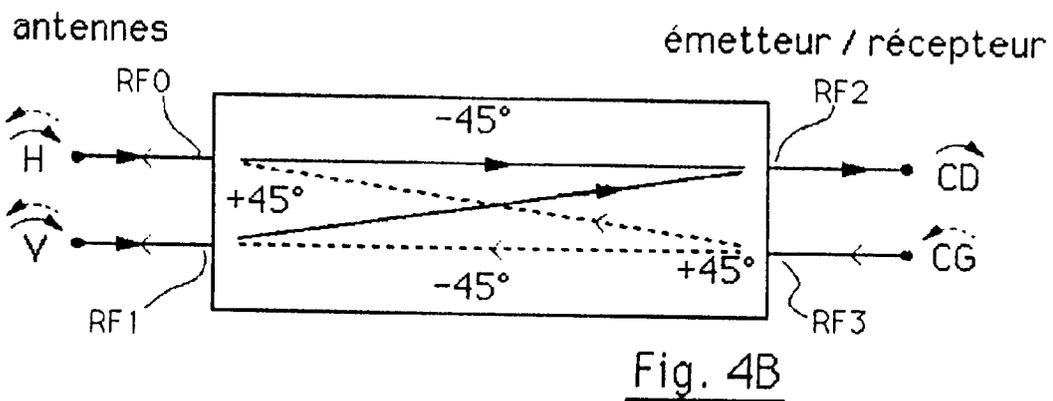
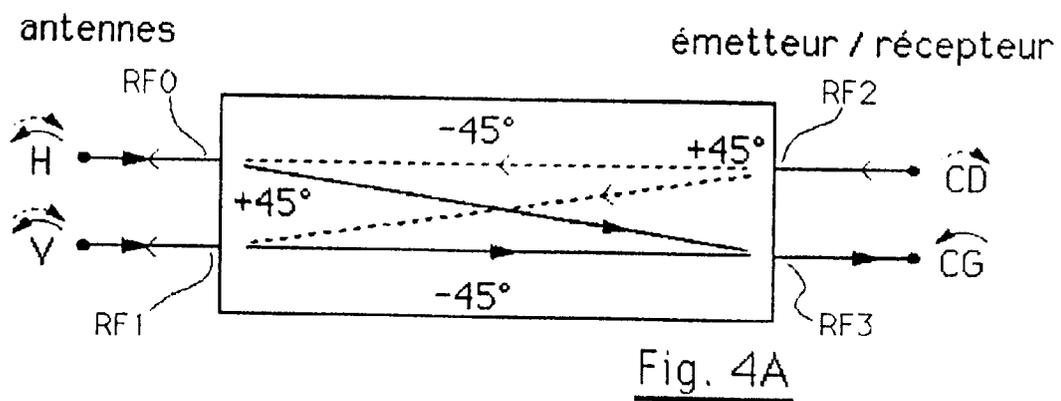
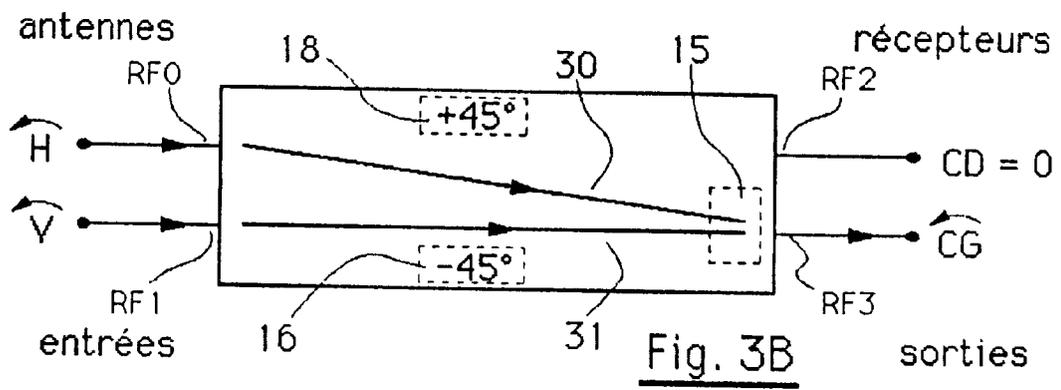
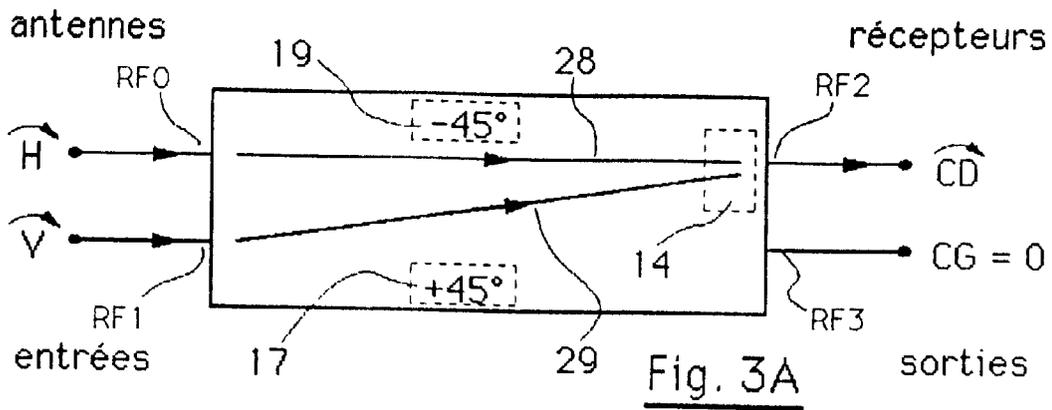
Revendications

1. Duplexeur bidirectionnel pour ondes hyperfréquences polarisées, du type destiné à relier un premier jeu de deux entrées/sorties (RF0, RF1 ; RF2, RF3) à un second jeu opposé de deux entrées/sorties (RF2, RF3 ; RF0, RF1), caractérisé en ce que chaque entrée/sortie (RF0, RF1, RF2, RF3) dudit duplexeur est connectée à la voie de combinaison (20, 21, 22, 23) d'un combineur/diviseur (12, 13, 14, 15), et en ce que les deux voies de division (24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31) de chaque combineur/diviseur (12, 13, 14, 15) assurent chacune respectivement la liaison avec l'une des voies de division (24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31) de l'un des combineurs /diviseurs (12, 13, 14, 15) connectés à une entrée/sortie (RF0, RF1 ; RF2, RF3) distincte du jeu d'entrées/sorties (RF2, RF3 ; RF0, RF1) opposé, à travers des moyens de déphasage (16, 17, 18, 19) distincts.
2. Duplexeur bidirectionnel selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits combineurs/diviseurs (12,13,14,15) sont des triportes du type Wilkinson en T ou en π , déphasant chacun de $+90^\circ$ ou -90° .
3. Duplexeur bidirectionnel selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'ajustage de phase (10,11) en T ou en π disposés chacun entre les voies de combinaison (20,21) de combi-

neurs/diviseurs (12,13) et les deux entrées/sorties de l'un desdits jeux d'entrées/sorties (RF0, RF1) dudit duplexeur.

4. Duplexeur bidirectionnel selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens d'ajustage de phase (10,11) comprennent des transistors à effet de champ (T1) montés en capacités variables. 5
10
5. Duplexeur bidirectionnel selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lesdits moyens de déphasage assurent un déphasage de $+\pi/4$ ou $-\pi/4$. 15
6. Duplexeur bidirectionnel selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lesdits moyens de déphasage (16,17,18,19) sont des cellules de déphasage de type passe-haut (17,18) ou passe-bas (16,19). 20
7. Duplexeur bidirectionnel selon la revendication 5, caractérisé en ce que le signe (+ ou -) du déphasage de $\pi/4$ est affecté à chacun desdits moyens de déphasage de façon que, chacune des entrées/sorties d'un premier desdits jeux acheminant une composante linéaire distincte, l'onde circulaire polarisée correspondante est émise ou reçue sélectivement sur l'une ou sur l'autre des entrées/sorties dudit jeu opposé, suivant que la polarisation est droite ou gauche. 25
30
8. Duplexeur bidirectionnel selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que lesdites entrées/sorties (RF0,RF1,RF2,RF3) desdits jeux sont adaptées sur 50Ω . 35
9. Duplexeur bidirectionnel selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est réalisé en technologie monolithique sur arséniure de gallium. 40
10. Duplexeur bidirectionnel selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que un desdits jeux de deux entrées/sorties (RF0,RF1) est relié à un jeu d'antennes à polarisation verticale et horizontale et l'autre desdits jeux de deux entrées/sorties (RF2,RF3) est relié à une unité de traitement. 45
50
11. Utilisation du duplexeur bidirectionnel selon la revendication 10, pour l'émission et la réception simultanées de polarisations circulaires droite et/ou gauche. 55





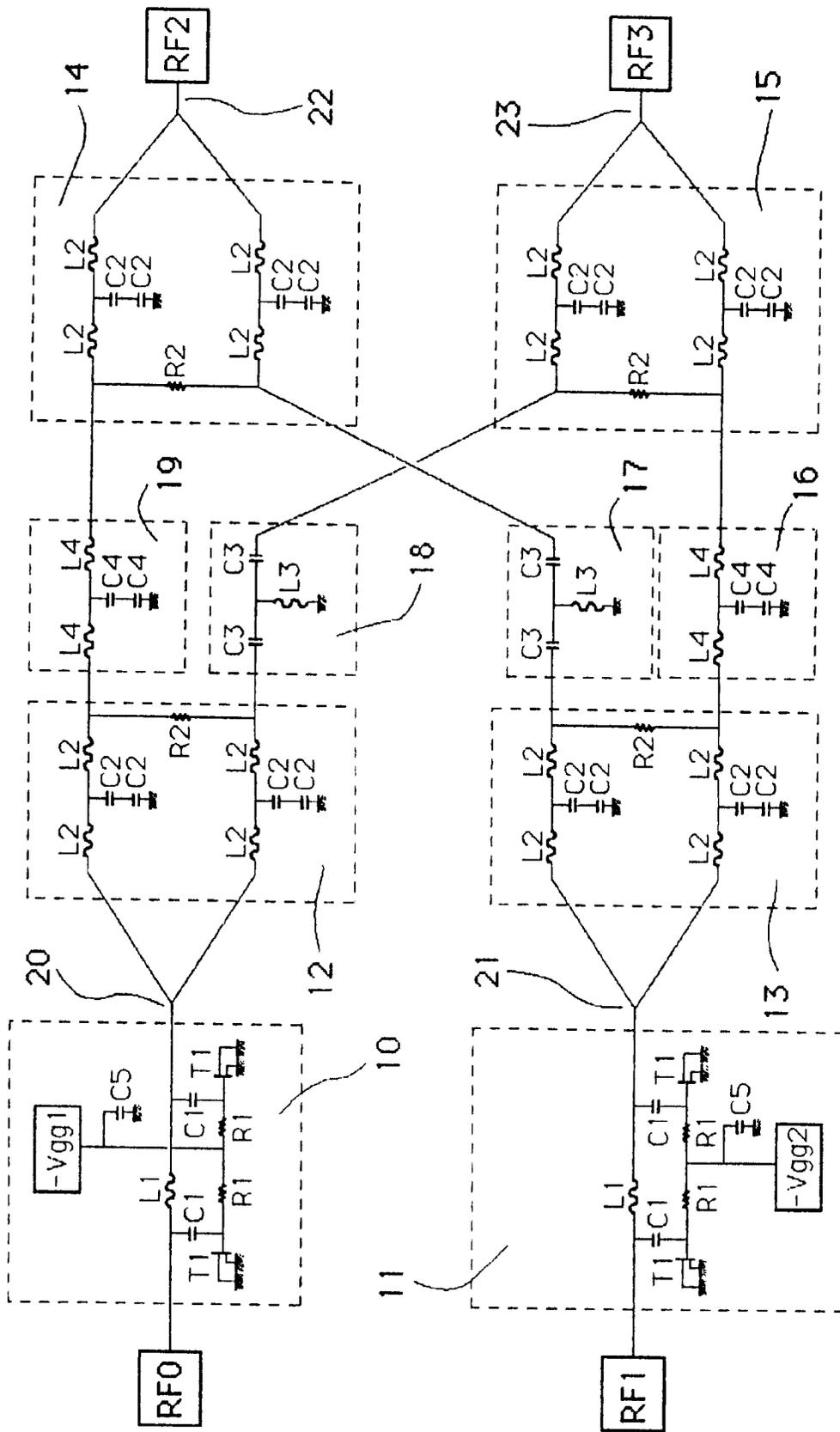


Fig. 5

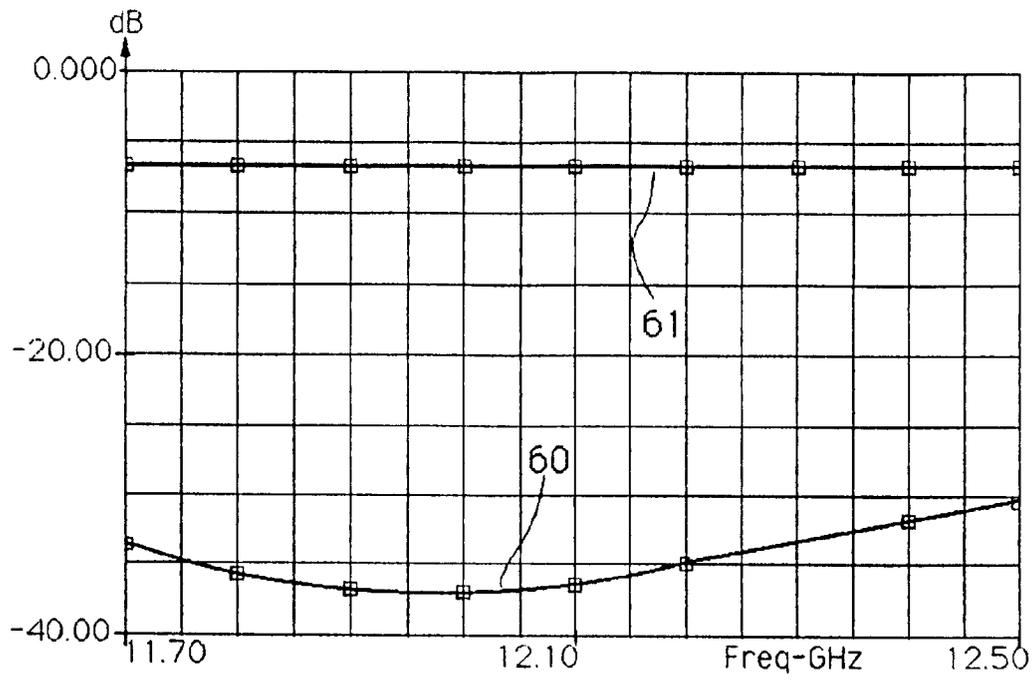


Fig. 6

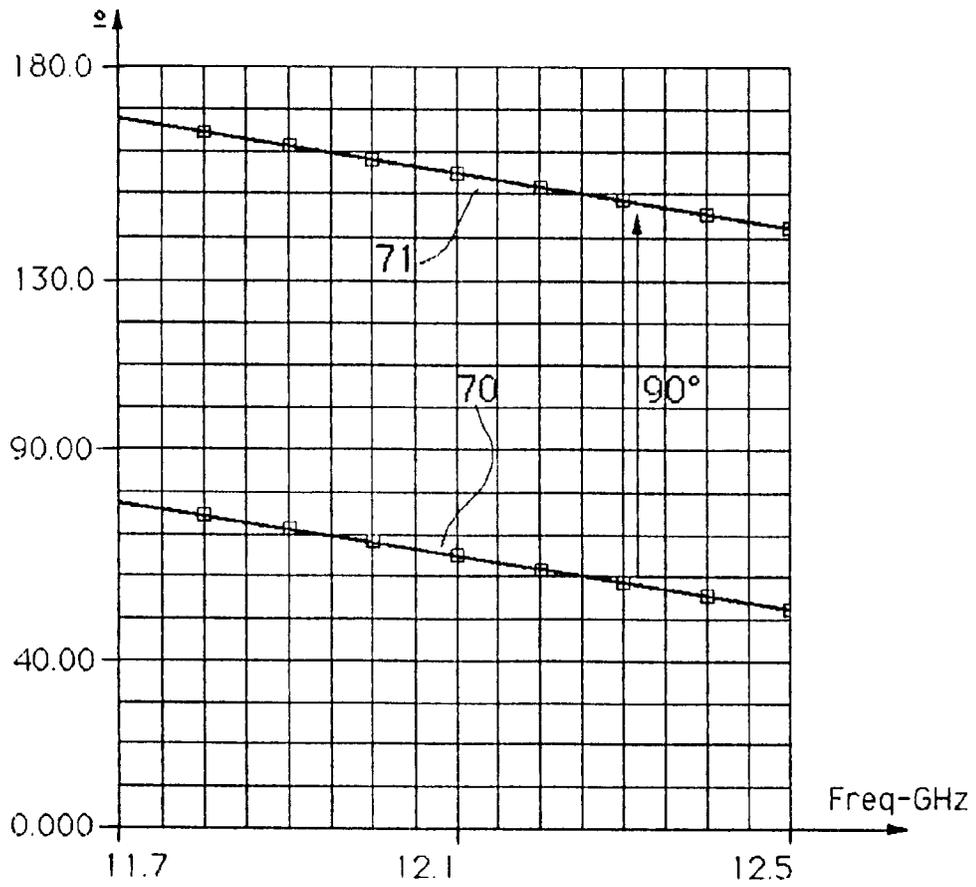


Fig. 7

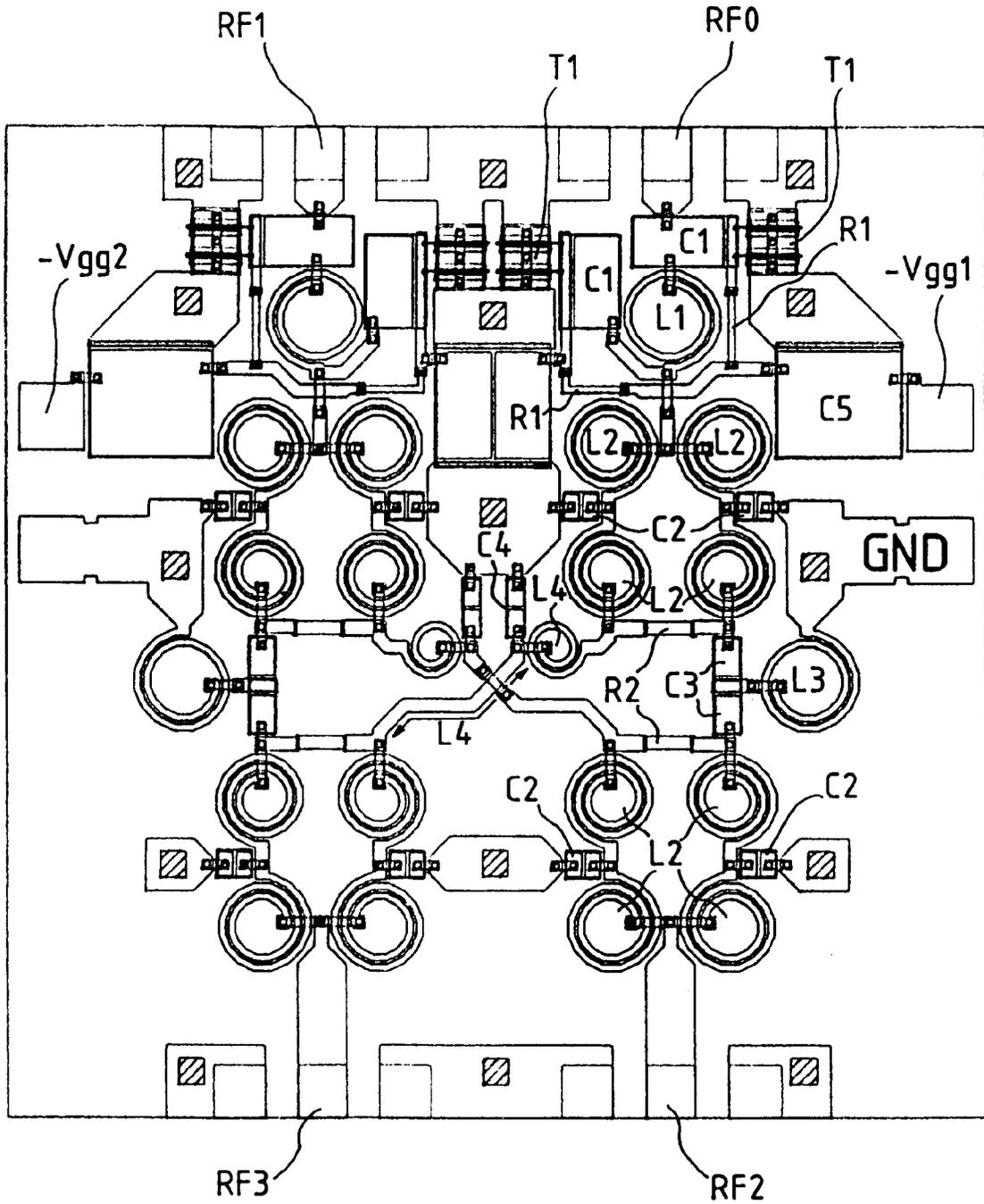


Fig. 8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 46 0041

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.5)
X	US-A-3 093 824 (AMMERMAN) * Colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 35; figures 1-3 *	1,10	H 01 P 1/17
Y		2,3,6,8,9	
A	---	7	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 7, no. 72 (E-166)[1217], 25 mars 1983; & JP-A-58 3339 (SONY K.K.) 10-01-1983 * Le document en entier *	2	
Y	EP-A-0 218 549 (HUBER & SUHNER AG KABEL-, KAUTSCHUK-, KUNSTSTOFF-WERKE) * Colonne 1, lignes 27-58; figure *	3	
Y	MICROWAVE JOURNAL, vol. 32, no. 9, septembre 1989, pages 95-112, Dedham, US; A.K. SHARMA: "Solid-state control devices: state of the art" * Page 95, colonne de droite, lignes 9-23; page 110, colonne de gauche, ligne 6 - page 111, colonne de gauche, ligne 24 *	6,8,9	
A	IDEM	4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) H 01 P H 01 Q G 01 R H 04 B
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 6, no. 200 (E-135)[1078], 9 octobre 1982; & JP-A-57 107 651 (SONY K.K.) 05-07-1982 * Le document en entier *	1,7,10	
A	DE-A-3 110 599 (SIEMENS AG) * Page 3, ligne 25 - page 4, ligne 26; figure 1 *	1,10	
	---	-/-	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-11-1991	Examineur DEN OTTER A.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 46 0041

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.5)
A	US-A-4 115 782 (HAN et al.) * Colonne 2, ligne 39 - colonne 3, ligne 15; colonne 7, ligne 36 - colonne 10, ligne 31; figures 6,7 * -----	11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-11-1991	Examineur DEN OTTER A.M.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (1/0402)