

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 79400122.2

51 Int. Cl.²: H 01 P 5/18

22 Date de dépôt: 27.02.79

30 Priorité: 14.03.78 FR 7807281

43 Date de publication de la demande:
19.09.79 Bulletin 79/19

84 Etats contractants désignés:
DE GB IT NL SE

71 Demandeur: "THOMSON-CSF"
173, boulevard Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

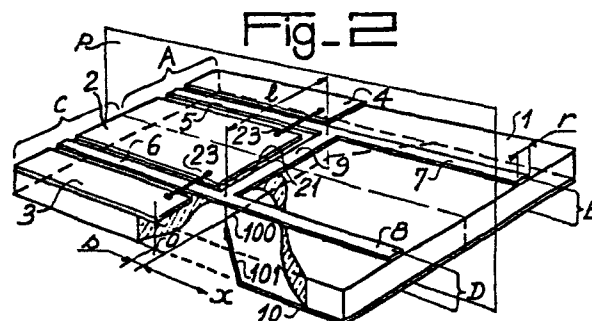
72 Inventeur: Houdart, Michel
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

74 Mandataire: Trocellier, Roger et al,
"THOMSON-CSF" SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

54 Coupleur hyperfréquence directif, et circuit hyperfréquence comportant un tel coupleur.

57 Le coupleur hyperfréquence comporte sur une face d'un substrat de matériau diélectrique 1 un arrangement de zones et de bandes conductrices formant deux lignes coplanaires. La bande conductrice centrale 5, 6 des lignes coplanaires est prolongée par une autre bande conductrice 7, 8, une bande conductrice transversale 9 reliant électriquement les bandes conductrices 5, 6 et les bandes conductrices 7, 8. La deuxième face du substrat de matériau diélectrique opposée à la première face comporte une semelle conductrice 10 couplée électriquement à la zone conductrice centrale 2 commune aux lignes coplanaires. La semelle conductrice 10 forme avec les bandes conductrices 7, 8 des lignes microbandes.

Application aux circuits et microcircuits hyperfréquence.



COUPLEUR HYPERFREQUENCE DIRECTIF, ET CIRCUIT HYPERFREQUENCE COMPORTANT UN TEL COUPLEUR

La présente invention a pour objet un coupleur hyperfréquence directif à lignes couplées utilisable notamment dans les circuits et microcircuits hyperfréquence.

Un coupleur directif est un circuit octopole à huit bornes ou
5 quatre portes. Les coupleurs directifs sont réalisés généralement à l'aide de deux lignes de transmission microbandes couplées entre elles sur un même substrat de matériau diélectrique constituant alors, selon la figure 1, un système à trois conducteurs I, II, III, l'un des conducteurs III servant de référence de potentiel au système
10 multiconducteur et les conducteurs I et II disposés sur une même face du substrat constituant les lignes microbandes couplées. La figure 1 représente de façon schématique un tel type de coupleur, les portes A, B, C, D étant référencées comme indiqué sur cette figure. Dans le cas où la propagation des signaux hyperfréquences s'effectue en milieu homogène et dans le cas où le système est symétrique du point
15 de vue des caractéristiques électriques des lignes couplées, (nullité des coefficients de transfert entre les portes A, D et entre les portes B, C et égalité des coefficients de transfert entre les portes B, D et A, C et égalité des coefficients de transfert entre les portes B, A et
20 D, C), on obtient un coupleur directif dit à couplage arrière pour lequel le fonctionnement est le suivant :

Un générateur de puissance disponible P_0 , non représenté figure 1, connecté à la porte A par exemple permet, pour un coupleur dont

les accès sont chargés par des impédances égales à l'impédance caractéristique du coupleur, d'obtenir à la porte B appelée voie couplée une puissance $P_B = k^2 P_o$, une puissance $P_C = (1 - k^2) P_o$ sur la porte C appelée voie directe. La porte D ne transmet aucune
 5 puissance et est totalement découplée, le découplage étant indépendant de la fréquence.

Le coefficient k est appelé coefficient de couplage et est fonction des caractéristiques électriques des lignes couplées et de la fréquence du signal délivré par le générateur. Le coefficient de
 10 couplage k est maximum en fonction de la fréquence pour une longueur de couplage des lignes sensiblement égale à $\frac{\lambda}{4}$, où λ représente la longueur d'onde du signal transmis par les lignes couplées, et le déphasage entre les ondes issues des portes B et C est égal à $\frac{\pi}{2}$.

Le principe de fonctionnement du coupleur précité reste
 15 inchangé si le générateur est placé à une autre porte du fait de la symétrie électrique du coupleur, symétrie électrique qui le plus souvent est obtenue par la mise en oeuvre d'un coupleur comportant une symétrie mécanique et géométrique par rapport à un plan de symétrie du substrat de matériau diélectrique, comme par exemple
 20 dans le type de coupleurs constitué par deux lignes microbandes parallèles couplées.

Dans le cas où la propagation des signaux le long des lignes couplées s'effectue dans un milieu non homogène, la porte constituant la voie découplée transmet une énergie non nulle, et, la directivité
 25 $\mathcal{D}$ du coupleur définie comme le rapport de la puissance transmise par la voie directe à la puissance transmise par la voie découplée, $\mathcal{D} = \frac{P_C}{P_D}$ dans l'exemple précité, n'est plus infinie, la valeur de la directivité dépendant des caractéristiques intrinsèques des lignes et de la fréquence des signaux transmis.

Les coefficients de transfert d'un tel coupleur ne satisfont plus
 30 aux conditions précédentes et le régime de propagation des signaux sur les lignes couplées peut se ramener à la superposition sur chaque ligne de deux modes de propagation distincts, un mode dit pair et un mode dit impair à vitesses de propagation différentes. La directivité
 35 $\mathcal{D}$ du coupleur est alors fonction de la fréquence des signaux et des vitesses de propagation des modes pair et impair. Dans ce cas la

symétrie électrique du système de lignes couplées, c'est-à-dire la symétrie des coefficients d'influence des lignes et la symétrie des coefficients d'induction des lignes, est nécessaire, un défaut de symétrie électrique se traduisant par une modification des performances du coupleur et, notamment, de sa directivité.

Des solutions différentes ont été proposées en vue d'améliorer les performances de ces coupleurs directifs. Le principe général commun à différentes solutions repose sur la mise en oeuvre de coupleurs directifs dont la structure présente une symétrie mécanique ou géométrique par rapport à un plan de symétrie du substrat orthogonal au support diélectrique des lignes couplées et parallèle à la direction de propagation des signaux sur ces lignes couplées, la symétrie électrique du coupleur découlant de cette symétrie géométrique ou mécanique.

En particulier le couplage de deux lignes microbandes parallèles séparées par un intervalle de couplage a été décrit dans l'article intitulé "Parameters of Microstrips Transmission Lines and of Coupled Pairs of Microstrip Lines" de Thomas G. BRYANT et Jerald A. WEISS publié dans la revue "IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques" vol. MTT 16, N° 12, décembre 1968, pages 1021 à 1027. Ce type de dispositif utilisant un tel couplage ne permet cependant pas d'obtenir de couplage correspondant à la transmission sur la voie couplée d'une puissance atténuée de moins de 3 dB, l'intervalle de couplage entre les lignes étant de l'ordre de 4 micromètres et présentant des difficultés de réalisation. L'utilisation de lignes microbandes couplées à conducteurs inter-digitaux bien qu'autorisant un intervalle de couplage plus grand nécessite, en plus de tolérances d'usinage très strictes, tolérances de l'ordre de 1 micromètre, l'utilisation d'un nombre important d'interconnexions entre les différentes bandes conductrices. Ces interconnexions ne pouvant être effectuées que par l'intermédiaire de fils conducteurs connectés aux bandes par thermocompression, cette technique pose de nombreux problèmes de reproductibilité à l'identique de ce type de coupleurs.

D'autres systèmes de coupleurs ont été proposés. En particulier le type de coupleur décrit dans l'article de F. C. de RONDE dans le

compte-rendu intitulé "A new class of microstrip directional couplers" publié dans la revue IEEE, International Microwave Symposium, mai 1970, pages 184-186 comporte un système de couplage entre une ligne à fente et une ligne microbande. Ce type de coupleurs
5 présente, en particulier, l'inconvénient de nécessiter un faible espacement des deux plans de la ligne à fente et par ce fait son utilisation est limitée à des coefficients de couplage de l'ordre de 3 dB.

Le coupleur directif objet de l'invention permet, notamment, de
10 remédier aux inconvénients précités par une disposition appropriée des conducteurs constituant les lignes couplées. Cette disposition permet de s'affranchir éventuellement de la condition de symétrie mécanique ou géométrique de la structure du coupleur tout en conservant une symétrie électrique du coupleur selon l'invention.

15 Un autre objet de la présente invention est un coupleur permettant d'obtenir une atténuation de l'énergie transmise par la voie couplée inférieure à 2 dB.

Le coupleur hyperfréquence directif selon l'invention comporte, d'une part, sur une première face d'un substrat de matériau diélectrique, un arrangement de zones et de bandes conductrices formant
20 respectivement deux lignes coplanaires comportant une zone conductrice centrale commune, la bande conductrice centrale des deux lignes coplanaires étant prolongée respectivement par une bande conductrice, une bande conductrice transversale reliant électriquement les bandes conductrices prolongeant la bande centrale des lignes
25 coplanaires et la bande conductrice centrale des lignes coplanaires, et, d'autre part, sur une deuxième face du substrat opposée à la première face, une semelle conductrice couplée électriquement à la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires, la semelle conductrice formant avec les bandes conductrices prolongeant les
30 bandes centrales les lignes coplanaires des lignes microbandes, les lignes coplanaires et les lignes microbandes formées par les bandes conductrices prolongeant les bandes centrales des lignes coplanaires constituant chacune une voie du coupleur.

35 De tels coupleurs peuvent être utilisés dans tous les micro-circuits hyperfréquence.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description et des dessins ci-après où les cotes relatives et proportions des différents éléments n'ont pas été respectées afin d'assurer une meilleure compréhension de l'ensemble et dans lesquels outre la figure 1,

5 - la figure 2 représente une perspective comportant une vue en arraché du coupleur objet de l'invention ;

 - la figure 3 représente en perspective une variante de réalisation du coupleur objet de l'invention représenté figure 2 ;

 - les figures 4a et 4b représentent, sur une vue en coupe selon
10 un plan P de symétrie longitudinale du substrat, la distribution des champs électriques correspondant respectivement aux modes de propagation pair et impair ;

 - la figure 5 représente une perspective comportant une vue en
15 arraché d'un autre mode de réalisation du coupleur objet de l'invention ;

 - la figure 6 représente également une perspective comportant une vue en arraché d'un coupleur hyperfréquence dit replié dans lequel la voie d'excitation A et la voie découplée D sont d'un même côté du substrat de matériau diélectrique.

20 Selon la figure 2 le coupleur hyperfréquence directif objet de l'invention comporte au moins deux lignes de transmission couplées sur un même substrat de matériau diélectrique 1. Le matériau diélectrique est à titre d'exemple constitué par de l'alumine. Le substrat de matériau diélectrique a de préférence la forme d'une
25 plaquette comportant une première face plane et une deuxième face plane parallèle et opposée à la première face. Le coupleur hyperfréquence directif comporte sur la première face du substrat un arrangement de zones et de bandes conductrices formant respectivement deux lignes coplanaires comportant une zone conductrice
30 centrale 2 commune aux lignes coplanaires et des zones conductrices 3 et 4. Une première bande conductrice 5 et une deuxième bande conductrice 6 forment respectivement la bande conductrice centrale de chaque ligne coplaire. La bande conductrice centrale de chaque ligne coplaire est prolongée respectivement par une troisième et
35 par une quatrième bande conductrice référencée respectivement 7 et 8.

Les bandes conductrices 7 et 8 prolongeant chacune des bandes conductrices centrales des lignes coplanaires sont, par exemple, respectivement alignées avec celles-ci et peuvent avoir une largeur r , ou dimension suivant la direction perpendiculaire à la direction de propagation des signaux sur les lignes coplanaires, différente ou
5 identique.

La première face du substrat de matériau diélectrique comporte également une cinquième bande conductrice 9 transversale disposée par exemple, orthogonalement aux bandes conductrices centrales des
10 lignes coplanaires et reliant électriquement d'une part, les deux bandes conductrices 7 et 8 prolongeant la bande conductrice centrales des lignes coplanaires, et d'autre part, les bandes conductrices centrales des lignes coplanaires.

Le substrat de matériau diélectrique comporte en outre sur la
15 deuxième face une semelle conductrice 10 couplée électriquement à la zone conductrice centrale 2 commune aux lignes coplanaires. Le couplage électrique de la semelle conductrice 10 à la zone conductrice centrale 2 commune aux lignes coplanaires est défini par la longueur de recouvrement s de la semelle conductrice 10 par la zone
20 conductrice centrale 2 commune aux lignes coplanaires. La longueur de recouvrement s est définie selon la direction de propagation des signaux sur les lignes coplanaires à partir de l'extrémité de la zone conductrice centrale 2 suivant cette direction représentée par l'axe ox .

25 Selon le mode de réalisation non limitatif représenté figure 2, l'extrémité de la zone conductrice centrale 2 située au voisinage de la bande conductrice transversale 9 est constituée par une arête rectiligne 21 orthogonale aux bandes conductrices 5 et 6 parallèles. La longueur de recouvrement s peut être positive ou négative par
30 rapport à l'origine 0, compte tenu de la convention choisie, une longueur négative correspondant à un recouvrement effectif de la semelle conductrice 10 par la zone conductrice centrale 2 et à un couplage très serré pour le coupleur, une longueur positive correspondant à une absence de recouvrement de la semelle conductrice 10
35 par la zone conductrice centrale 2 et à un couplage plus lâche. Le choix de la valeur du paramètre s , longueur de recouvrement, permet

d'ajuster le couplage choisi pour le coupleur.

La semelle conductrice 10 a de préférence au niveau de son extrémité de recouvrement la forme d'une arête rectiligne 100 parallèle à l'arête rectiligne 21 de la zone conductrice centrale 2 commune aux lignes coplanaires. L'arête rectiligne 21 de la zone conductrice centrale 2 et l'arête rectiligne 100 ont une dimension 1 permettant de déterminer la fréquence centrale de fonctionnement du coupleur. L'arête rectiligne 100 de la semelle conductrice 10 et la dimension de la semelle conductrice 10 suivant une direction parallèle à l'arête rectiligne 100 de son extrémité de recouvrement est limitée par deux arêtes obliques 101 symétriques par rapport à un plan de symétrie longitudinal P du substrat diélectrique, la semelle conductrice 10 ayant ainsi à son extrémité de couplage avec la zone conductrice centrale commune 2 une forme trapézoïdale permettant de présenter aux bornes des accès du coupleur une impédance maximale dans la bande de fonctionnement du dispositif. La semelle conductrice 10 forme, avec les bandes conductrices 7 et 8 prolongeant les bandes centrales des lignes coplanaires, des lignes microbandes, la zone de couplage étant essentiellement constituée par des conducteurs 9, 2 et 10. La bande conductrice transversale 9 est disposée au voisinage de l'arête 21 de la zone conductrice centrale 2 et parallèlement à cette arête. Les lignes coplanaires et les lignes microbandes formées par les bandes métalliques prolongeant les bandes centrales des lignes coplanaires constituent chacune une voie du coupleur.

Le fonctionnement du coupleur hyperfréquence directif objet de l'invention représenté figure 1 est le suivant :

La zone de couplage correspondant, notamment, à la zone de recouvrement de la semelle conductrice 10 par la zone conductrice centrale 2, est constituée par la zone conductrice centrale 2, la semelle conductrice 10 et la bande conductrice transversale 9. Les zones d'excitation déterminent les accès au coupleur, la porte A est constituée par les conducteurs 2, 4, 5, les conducteurs 2 et 4 sont portés au même potentiel par l'intermédiaire du conducteur 23. La porte A est soumise à une excitation du type ligne coplaire les zones conductrices 2 et 4 formant les plans de masse de la ligne

coplanaire. La porte B est constituée par les conducteurs 7 et 10, la propagation des signaux s'effectuant sur la ligne microbande constituée par la bande conductrice 7 et la semelle conductrice 10, la semelle conductrice 10 apparaissant comme le conducteur au potentiel de référence pour la ligne microbande.

La porte C est constituée par les conducteurs 2, 3, 6 et est soumise à une excitation du type ligne coplanaire de manière analogue à celle de la porte A, les conducteurs 2 et 3 étant portés au même potentiel par l'intermédiaire d'un conducteur 23. Les conducteurs 23 sont par exemple des fils d'or connectés par thermo-compression et les zones conductrices 2, 3 et 4 apparaissent comme les conducteurs au potentiel de référence pour les lignes coplanaires.

La porte D est constituée par la semelle conductrice 10 et la bande conductrice 8, la propagation des signaux s'effectuant sur la ligne microbande constituée par la bande conductrice 8 et la semelle conductrice 10. La semelle conductrice 10 apparaît également comme le conducteur au potentiel de référence pour la ligne microbande.

A la différence des systèmes traditionnels, le couplage s'effectue à partir du couplage entre les plans conducteurs au potentiel de référence des différentes portes. Ainsi la zone conductrice centrale 2 et la semelle conductrice 10 jouent respectivement, du point de vue couplage, le rôle des conducteurs I et II d'un coupleur classique tel que représenté figure 1, mais ces conducteurs n'étant pas disposés dans un même plan, le couplage est d'autant plus serré que la longueur de recouvrement s , négative selon les conventions adoptées, a une valeur absolue importante. La bande conductrice transversale 9 joue le rôle, du point de vue du couplage, du conducteur III du coupleur classique représenté figure 1, la bande conductrice transversale 9 servant alors de référence de potentiel au système des conducteurs couplés, c'est-à-dire la zone conductrice centrale 2 et la semelle conductrice 10.

La détermination des performances du coupleur selon l'invention résulte de l'analyse des paramètres de couplage du système de conducteurs 10, 2, 9 et conduit à déterminer, pour une valeur ϵ_r de la permittivité relative du matériau diélectrique, les valeurs de s longueur de recouvrement et des dimensions, suivant la direction ox ,

de l'espacement a entre l'arête 21 de la zone conductrice centrale 2 et la bande conductrice transversale 9 disposée au voisinage de cette zone conductrice centrale 2, et de la largeur b de la bande conductrice transversale 9. La longueur l de couplage précédemment
5 définie est imposée par la fréquence de fonctionnement du coupleur. Les références a et b ont été mentionnées uniquement sur les figures 4a et 4b afin de ne pas surcharger la figure 2.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention représenté figure 3, le coupleur hyperfréquence comporte en outre sur la
10 première face du substrat de matériau diélectrique une zone conductrice supplémentaire 11 disposée au voisinage de la bande conductrice transversale 9 et entre les bandes conductrices 7 et 8 prolongeant les bandes conductrices centrales des lignes coplanaires. Cette zone conductrice supplémentaire 11 est connectée électriquement à la
15 zone conductrice centrale 2 commune aux deux lignes coplanaires au moyen de conducteurs 111 connectés par thermocompression par exemple. Du point de vue électrique, les zones conductrices 2 et 11, du fait de l'existence des conducteurs 111, sont équipotentielles et la zone conductrice supplémentaire 11 permet ainsi d'augmenter la
20 longueur de recouvrement équivalente de la semelle conductrice 10 par les deux zones conductrices équipotentielles 2 et 11. La zone conductrice supplémentaire est constituée de préférence, au voisinage de la bande conductrice transversale 9, par une bande conductrice rectangulaire disposée parallèlement à la bande conductrice transversale 9 et à l'arête rectiligne 21 de la zone conductrice
25 centrale commune aux lignes coplanaires. Dans ce cas la détermination des performances du coupleur représenté figure 3 conduit également à déterminer, suivant la direction ox , l'espacement c entre la bande conductrice transversale 9 et la bande métallique supplémentaire 11 et la largeur d de la zone conductrice 11. Les références
30 c et d ont été mentionnées uniquement sur les figures 4a et 4b afin de ne pas surcharger la figure 3.

Les figures 4a et 4b représentent respectivement, en coupe suivant le plan de symétrie longitudinal P du substrat diélectrique la
35 configuration des champs électriques dans le mode de propagation appelé mode pair et dans le mode de propagation appelé mode impair.

Du fait de la symétrie électrique du coupleur, le mode pair est caractérisé par l'équipotentialité de la semelle conductrice 10, de la zone conductrice centrale 2 et de la zone conductrice supplémentaire 11, la bande conductrice transversale 9 servant de référence de potentiel au système des conducteurs couplés. La distribution des lignes de champ électrique 40a dans le mode pair est représentée figure 4a.

De même, du fait de la symétrie électrique du coupleur, le mode impair est caractérisé par le potentiel opposé de la semelle conductrice 10 par rapport au potentiel de la zone conductrice centrale 2 et de la zone conductrice supplémentaire 11. La bande conductrice transversale 9 sert également de référence de potentiel au système des conducteurs couplés dans le cas du mode impair. La distribution des lignes de champ électrique 40b en mode impair est représentée figure 4b.

La symétrie électrique du coupleur résulte de la relation approchée suivante :

$$\frac{C_{11_0} - C_{22_0}}{C_{11_\epsilon} - C_{22_\epsilon}} = \sqrt{\frac{C_{0_0}^2 - C_{12_0}^2}{C_{\epsilon_0}^2 - C_{12_\epsilon}^2}}$$

dans laquelle : C_{11_0} et C_{11_ϵ} représentent, respectivement pour la valeur $\epsilon_r = 1$ et pour la valeur ϵ_r relative au matériau diélectrique considéré, le coefficient d'influence de la zone conductrice centrale 2 défini à partir de la matrice des coefficients d'influence du système multiconducteur constitué par la zone conductrice centrale 2, la bande conductrice transversale 9 et la semelle conductrice 10 dans lequel la bande conductrice centrale 9 est considérée comme étant au potentiel de référence, C_{22_0} et C_{22_ϵ} représentent, respectivement pour la valeur $\epsilon_r = 1$ et pour la valeur ϵ_r relative au matériau diélectrique considéré, le coefficient d'influence de la semelle conductrice 10 défini à partir de la matrice des coefficients d'influence du système multiconducteur constitué par la zone conductrice centrale 2, la bande conductrice transversale 9, et la semelle conductrice 10 dans lequel la bande conductrice centrale 9 est considérée comme étant au potentiel de référence, C_0 représente la moyenne arithmétique des coefficients C_{11_0} et

C_{22_0} ,

C_{ϵ} représente la moyenne arithmétique des coefficients $C_{11_{\epsilon}}$ et $C_{22_{\epsilon}}$,

5 C_{12_0} et $C_{12_{\epsilon}}$ représentent, respectivement pour la valeur $\epsilon_r = 1$ et pour la valeur ϵ_r relative au matériau diélectrique considéré, le coefficient mutuel d'influence de la zone conductrice centrale 2 et de la semelle conductrice 10 défini à partir de la matrice des coefficients d'influence du système multiconducteur constitué par les conducteurs 2, 9 et 10 dans lequel la bande conductrice centrale 9 est
10 considérée comme étant au potentiel de référence.

Le coefficient de couplage k en dB exprimé en fonction des précédentes paramètres est donné par la relation :

$$k_{dB} = 20 \log \frac{\sqrt{(C_0 - C_{12_0})(C - C_{12})} - \sqrt{(C_0 + C_{12_0})(C + C_{12})}}{\sqrt{(C_0 - C_{12_0})(C - C_{12})} + \sqrt{(C_0 + C_{12_0})(C + C_{12})}}$$

15

Selon un autre mode de réalisation de l'invention représenté figure 5, le coupleur hyperfréquence directif est un coupleur multi-tronçons. L'association de plusieurs tronçons de couplage en cascade
20 permet, notamment, d'accroître la bande de fonctionnement du dispositif de couplage. Dans ce but la bande conductrice transversale 9 est constituée d'une pluralité de sections définissant les différents tronçons du dispositif de couplage. Les sections ont, suivant la direction ox , une dimension différente qui permet de définir, pour
25 chaque tronçon, un coefficient de couplage k qui lui est propre. A titre d'exemple non limitatif représenté figure 5, le coupleur hyperfréquence directif selon l'invention est un coupleur à trois tronçons. A cet effet la bande conductrice transversale 9 présente un rétrécissement 91 définissant les trois tronçons α , β , γ . Le
30 rétrécissement 91 définissant le tronçon central β et les tronçons adjacents α et γ ont dans la direction perpendiculaire à ox une dimension sensiblement égale à $\frac{\lambda}{4}$ où λ représente la longueur d'onde du signal transmis par les lignes. De même l'arête 100 de la semelle conductrice 10 comporte, en vis-à-vis du rétrécissement 91, une
35 avancée 103 dont la dimension, dans la direction perpendiculaire à ox , est égale à $\frac{\lambda}{4}$. Cette avancée 103 de la semelle conductrice permet,

pour le tronçon central β , d'augmenter le couplage par modification de la longueur de recouvrement s au niveau du tronçon β . A titre d'exemple, la mise en oeuvre d'un coupleur comprenant trois tronçons de coefficients de couplage respectifs $k\alpha = 13$ dB, $k\beta = 1,4$ dB, $k\gamma = 13$ dB a permis la réalisation d'un coupleur 3 dB fonctionnant dans une bande de fréquence comprise entre 2 GHz et 9,7GHz.

De même ainsi que représenté figure 5, à titre d'exemple non limitatif, la zone conductrice centrale 2 commune aux lignes coplanaires est subdivisée en deux zones conductrices centrales 201 et 202 disjointes séparées par un espacement non conducteur 204. L'espacement 204a, de préférence, dans la direction perpendiculaire à ox , une dimension sensiblement égale à la dimension, dans cette même direction, du rétrécissement 91 de la bande transversale 9, et, est situé en vis-à-vis de celui-ci. Les deux zones conductrices centrales 201 et 202 ont leur extrémité disposée au voisinage de la bande conductrice transversale 9 reliée par une bande conductrice 203. La bande conductrice 203 constitue pour le tronçon central β une zone conductrice de couplage de dimension finie permettant d'ajuster le couplage du tronçon central β .

Le mode de réalisation du coupleur objet de l'invention représenté figure 6 est relatif à un coupleur replié. Ce mode est adapté à une utilisation pour laquelle il est utile de réunir d'un même côté du substrat diélectrique la voie d'excitation constituée par la porte A et la voie découplée constituée par la porte D. Par rapport au coupleur hyperfréquence selon l'invention représenté figure 2, le mode de réalisation non limitatif du coupleur replié de la figure 6 présente, du point de vue géométrique ou mécanique, une symétrie par rapport à un axe ZZ' orthogonal au substrat axe de symétrie du substrat. Les lignes coplanaires et les lignes microbandes sont par exemple disposées symétriquement par rapport à l'axe ZZ' , la zone conductrice centrale commune étant subdivisée en deux zones conductrices 205, 206 symétriques par rapport à l'axe ZZ' et reliées par un conducteur 24. Les lignes microbandes sont respectivement sensiblement disposées dans deux quadrants de la surface du substrat symétriques par rapport à l'axe ZZ' . De cette manière la porte A formée par la ligne microbande est constituée par la bande conductrice 7 et la semelle conductrice 10 laquelle recouvre au plus, sur la deuxième

face du substrat de matériau diélectrique. deux premiers quadrants délimités par les plans de symétrie du substrat orthogonaux et concourants suivants l'axe ZZ', les deux premiers quadrants étant symétriques par rapport à l'axe ZZ'. Selon le mode de réalisation non limitatif représenté figure 6, la semelle conductrice 10 comporte deux parties symétriques par rapport à l'axe ZZ' et délimitées par les arêtes 100, 101, 102 et 105. De même la porte C disposée symétriquement à la porte A par rapport à l'axe ZZ' est formée par la ligne microbande constituée par la bande conductrice 8 et la semelle conductrice 10. De même les portes B et D formées par les lignes coplanaires sont respectivement constituées par les bandes conductrices 5 et 6 et par les zones conductrices 4, 205 et 3, 206 disposées par exemple symétriquement par rapport à l'axe ZZ'. Les zones conductrices 4, 3 et 205, 206 constitutives des lignes coplanaires recouvrent au plus, sur la première face du substrat de matériau diélectrique, les deux quadrants adjacents aux deux premiers quadrants. Les zones conductrices 4, 3 et 205, 206 sont électriquement reliées par des conducteurs 23, 24 constitués par exemple par des fils d'or connectés aux zones conductrices par thermocompression.

On a ainsi décrit un coupleur hyperfréquence directif utilisable dans les microcircuits intégrés hyperfréquence permettant de réaliser des coupleurs directifs ayant une bonne dynamique de coefficient de couplage bien que les coupleurs selon l'invention soient particulièrement adaptés et présentent un maximum d'efficacité pour les couplages très serrés.

Les coupleurs selon l'invention permettent en outre de simplifier la technique de fabrication des coupleurs directifs. En effet selon les configurations proposées pour la mise en oeuvre de coupleurs objet de l'invention, les cotes nécessaires à la réalisation d'un coupleur 3 dB sont de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres. De ce fait l'influence de l'épaisseur des bandes et zones conductrices est également diminuée avec pour conséquence résultante l'effet négligeable de la précision d'usinage des zones conductrices compte tenu des performances permises par les procédés de sérigraphie ou usinage ionique classiques, et, en définitive un accroissement de la

reproductibilité des performances du coupleur.

Les coupleurs hyperfréquence directifs selon l'invention facilitent également une intégration de la résistance de charge dans la voie découplée du coupleur du fait de la proximité des plans de
5 masse et permettent d'associer deux techniques de propagation suivant ligne coplanaire et suivant ligne microbande sur un même substrat de matériau diélectrique.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits. L'introduction de modifications locales de la structure couplée,
10 notamment à l'extrémité des lignes couplées en vue d'une modification locale du couplage capacitif ou inductif des lignes en vue d'une compensation de l'écart des vitesses de propagation des modes pair et impair ne sort pas du cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1. Coupleur hyperfréquence directif comprenant au moins deux lignes de transmission couplées sur un même substrat de matériau diélectrique, caractérisé en ce qu'il comporte, d'une part, sur une première face du substrat de matériau diélectrique :

- 5 - un arrangement de zones et de bandes conductrices formant respectivement deux lignes coplanaires comportant une zone conductrice centrale commune, la bande conductrice centrale de chacune des lignes coplanaires étant prolongée respectivement par une autre bande conductrice et une bande conductrice transversale reliant
10 électriquement les bandes conductrices centrales des lignes coplanaires et les bandes conductrices prolongeant la bande conductrice centrale des lignes coplanaires, et, d'autre part, sur une deuxième face du substrat de matériau diélectrique opposée à la première face :
- 15 - une semelle conductrice couplée électriquement à la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires, la semelle conductrice formant des lignes microbandes avec les bandes conductrices prolongeant les bandes conductrices centrales des lignes coplanaires, les lignes coplanaires et les lignes microbandes formées par les
20 bandes conductrices prolongeant la bande conductrice centrale des lignes coplanaires constituant chacune une voie du coupleur.

2. Coupleur hyperfréquence directif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'arrangement des zones et bandes conductrices sur la première face du substrat forme un système de deux lignes
25 coplanaires parallèles comportant une zone conductrice centrale commune, chacune des lignes coplanaires constituant une voie du coupleur, la bande conductrice centrale de chaque ligne coplaire étant prolongée par une troisième et par une quatrième bande conductrice respectivement alignée avec chacune des bandes conduc-
30 trices centrales des lignes coplanaires, la bande conductrice transversale reliant la bande conductrice centrale des lignes coplanaires étant disposée orthogonalement à celles-ci, le couplage électrique de la semelle conductrice à la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires étant défini par la longueur de recouvrement s de

la semelle conductrice par la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires.

3. Coupleur hyperfréquence directif selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'extrémité de la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires située au voisinage de la bande conductrice transversale est constituée par une arête rectiligne orthogonale aux bandes conductrices centrales des lignes coplanaires, la semelle conductrice comportant au niveau de son extrémité de recouvrement une arête rectiligne parallèle à l'arête rectiligne de la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires.

4. Coupleur hyperfréquence directif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la dimension de la semelle conductrice suivant une direction parallèle à l'arête rectiligne de son extrémité de recouvrement est limitée par deux arêtes obliques symétriques par rapport à un plan de symétrie P longitudinal du substrat diélectrique, la semelle conductrice ayant à son extrémité de couplage avec la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires une forme trapézoïdale permettant de présenter aux bornes d'accès du coupleur une impédance maximale.

5. Coupleur hyperfréquence directif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première face du substrat de matériau diélectrique comporte en outre une zone conductrice supplémentaire disposée au voisinage de la bande conductrice transversale et entre les bandes conductrices prolongeant les bandes conductrices centrales des lignes coplanaires, la zone conductrice supplémentaire étant connectée électriquement à la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires.

6. Coupleur hyperfréquence directif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la zone conductrice supplémentaire est constituée par une bande conductrice rectangulaire disposée parallèlement à la bande conductrice transversale et à l'arête rectiligne de la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires.

7. Coupleur hyperfréquence directif selon les revendications 5 et 6, caractérisé en ce que, le coupleur étant un coupleur multi-tronçons, la bande conductrice transversale est constituée d'une pluralité de sections définissant les différents tronçons.

8. Coupleur hyperfréquence directif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la bande conductrice transversale comporte un rétrécissement définissant un tronçon central et deux tronçons adjacents, le tronçon central et les tronçons adjacents ayant, dans la direction perpendiculaire à la direction ox de propagation des signaux sur les lignes coplanaires, une dimension sensiblement égale à $\frac{\lambda}{4}$ où λ représente la longueur d'onde du signal transmis par les lignes, l'arête rectiligne de l'extrémité de recouvrement de la semelle conductrice comportant en vis-à-vis du rétrécissement une avancée de dimension, suivant une direction perpendiculaire à ox , égale à la dimension du rétrécissement suivant cette même direction.

9. Coupleur hyperfréquence selon les revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la zone conductrice centrale commune aux lignes coplanaires est subdivisée en deux zones conductrices centrales disjointes séparées par un espacement non conducteur, les deux zones conductrices centrales ayant leur extrémité disposée au voisinage de la bande conductrice transversale reliée par une bande conductrice.

10. Coupleur hyperfréquence directif selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les lignes coplanaires et les lignes microbandes sont respectivement disposées sensiblement dans deux quadrants symétriques par rapport à un axe ZZ' , de symétrie orthogonal au substrat, la semelle conductrice comportant deux parties recouvrant au plus, sur la deuxième face du substrat, deux premiers quadrants délimités par des plans de symétrie du substrat orthogonaux et concourants suivant l'axe ZZ' , les zones conductrices constituant les lignes coplanaires recourant au plus, sur la première face du substrat de matériau diélectrique, les deux quadrants adjacents aux deux premiers quadrants.

11. Coupleur hyperfréquence directif selon la revendication 10, caractérisé en ce que les lignes coplanaires et les lignes microbandes sont respectivement disposées symétriquement par rapport à un axe de symétrie ZZ' orthogonal au substrat de matériau diélectrique, sensiblement dans deux quadrants de la surface du substrat symétriques par rapport à l'axe ZZ' , la semelle conductrice, comportant deux parties symétriques par rapport à l'axe ZZ' , recouvrant au plus sur la deuxième face du substrat, deux premiers quadrants délimités par des

plans de symétrie du substrat orthogonaux et concourrants suivant l'axe ZZ' , les zones conductrices constituant les lignes coplanaires recouvrant au plus, sur la première face du substrat de matériau diélectrique, les deux quadrants adjacents aux deux premiers quadrants symétriquement par rapport à l'axe ZZ' .

12. Circuit hyperfréquence comportant un coupleur directif selon l'une des revendications précédentes.

1/2

Fig-1

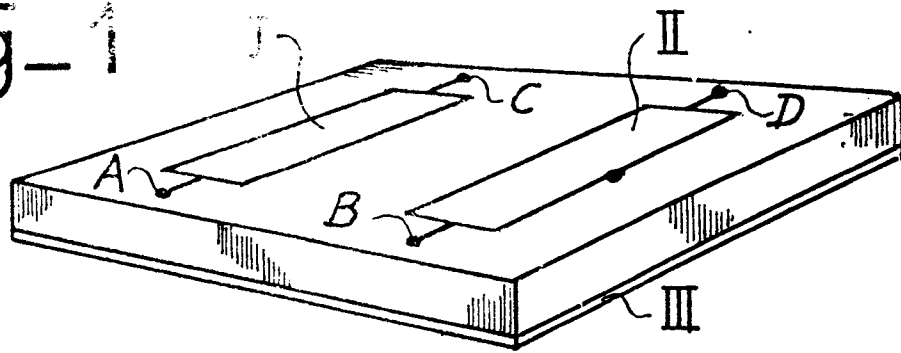


Fig-2

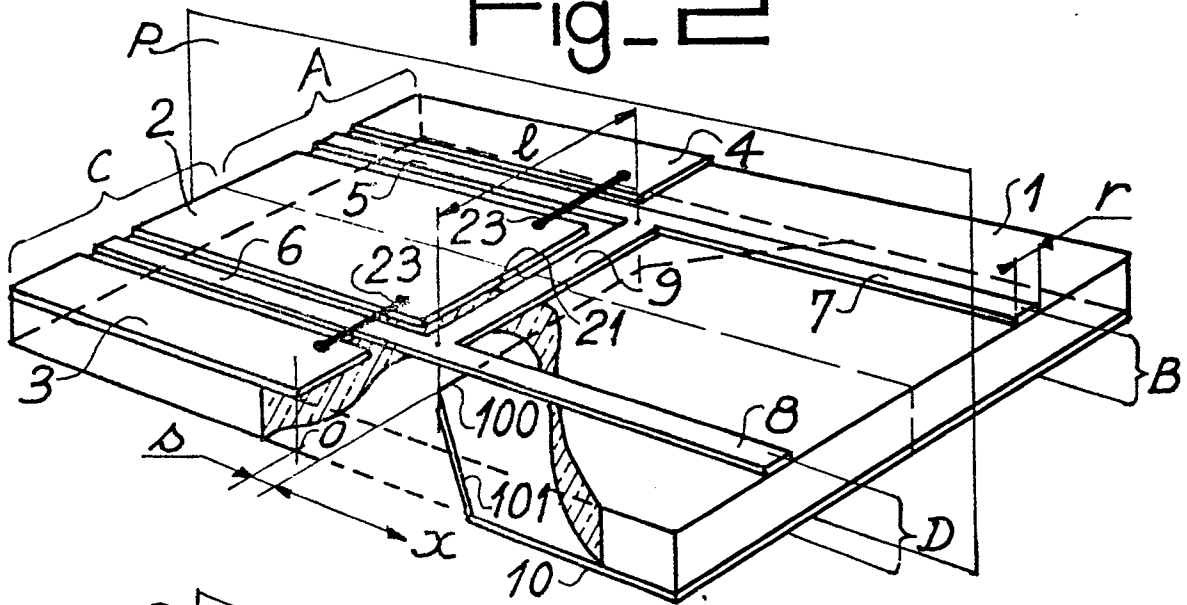


Fig-3

