



(11) **EP 0 993 066 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.04.2000 Bulletin 2000/15

(51) Int Cl.7: **H01P 5/16**

(21) Numéro de dépôt: **99402421.4**

(22) Date de dépôt: **04.10.1999**

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

- **Rogeaux, Eric**
31830 Plaisance du Touch (FR)
- **Villemazet, Jean-François**
31550 Cintegabelle (FR)
- **Parra, Thierry**
31400 Toulouse (FR)

(30) Priorité: **05.10.1998 FR 9812433**

(71) Demandeur: **ALCATEL**
75008 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Lamoureux, Bernard et al**
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Dépt. Propriété industrielle
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
 • **Prieto, Didier**
31400 Toulouse (FR)

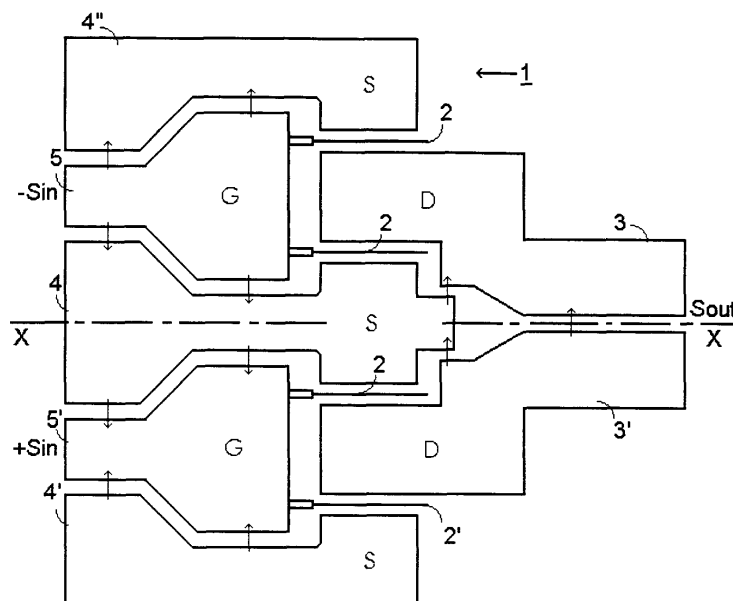
(54) **Coupleur hyperfréquence pour circuit intégré monolithique**

(57) Coupleur hyperfréquence coplanaire, actif et équilibré pour circuit intégré monolithique MMIC, comportant des transistors FET dotés d'électrodes métalliques de grille, de source et de drain intégrées à des éléments métalliques plans coplanaires (3, 4, 4', 5, 5')

combinés pour constituer les accès d'entrée et de sortie du coupleur.

L'ensemble de ces accès est constitué par une association comprenant une ou des lignes à rubans coplanaires CPS et un ou des guides d'onde coplanaires CPW.

FIG.1



EP 0 993 066 A1

Description

[0001] L'invention concerne un coupleur hyperfréquence coplanaire et plus particulièrement un coupleur hyperfréquence coplanaire, actif et équilibré, destiné à être incorporé dans un circuit intégré monolithique, dit MMIC (Monolithic microwave integrated circuit).

[0002] Les coupleurs hyperfréquence actifs, de type combineur ou diviseur, incorporés dans les circuits intégrés monolithiques réalisés en technologie MMIC avaient pour inconvénient d'être relativement encombrants et d'intégration délicate.

[0003] Une première amélioration a été obtenue avec les coupleurs actifs, désignés par l'abréviation anglaise LUFET (Line-Unified Field-Effect Transistors) qui mettent en oeuvre des transistors à effet de champ FET dont les accès sont unifiés à des interconnexions unipolaires. De tels coupleurs sont notamment décrits dans le document intitulé "Divide and Combine Line-Unified FET's as basic circuit function modules" publié en septembre 1990 par T. TOKUMITSU & al, dans les pages 1210-1226 du volume 38, n° 9 de IEEE MTT.

[0004] L'unification des accès pour les transistors permet de tirer profit des fentes formées par les bandes métalliques constituant les électrodes de ces transistors. Il est ainsi possible de réduire les dimensions et la complexité de réalisation d'un coupleur. Ceci permet aussi d'augmenter la largeur de bande de fréquences des circuits intégrés monolithiques ainsi réalisés. Toutefois les performances électriques obtenues, notamment en matière de gain d'insertion, restent limitées. De plus, il n'est pas toujours possible d'intégrer directement un tel coupleur dans un circuit équilibré plus complet et, par exemple, en tant que combineur 180° dans un mélangeur équilibré, car un tel combineur nécessite des accès d'entrée flottants et de sortie référencés à la masse, ce que ne permet pas le coupleur envisagé.

[0005] L'invention propose donc un coupleur hyperfréquence coplanaire, actif et équilibré pour circuit intégré monolithique MMIC, comportant des transistors FET dotés d'électrodes métalliques de grille, de source et de drain intégrées à des éléments métalliques plans coplanaires combinés pour constituer les accès d'entrée et de sortie du coupleur, caractérisé en ce que l'ensemble de ces accès est constitué par une association comprenant une ou des lignes à rubans coplanaires CPS et un ou des guides d'onde coplanaires CPW, et en ce que le nombre d'accès d'entrée est différent du nombre d'accès de sortie.

[0006] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le coupleur comporte une électrode centrale commune flottante obtenue par utilisation de lignes à rubans coplanaires CPS dans l'ensemble d'accès.

[0007] Dans un mode de réalisation de l'invention, le coupleur comporte deux accès d'entrée qui sont composés par deux guides d'onde coplanaires agissant chacun sur une moitié des transistors du coupleur sous l'action de signaux excités en opposition de phase et un

accès de sortie qui est composé par une ligne à rubans coplanaires CPS connectée à une jonction en T au niveau de laquelle les signaux intermédiaires provenant des transistors sont recombinaés en phase.

[0008] Dans un mode de réalisation de l'invention, le coupleur, de type diviseur, comporte une entrée flottante obtenue par adjonction d'une transition CPS/CPW.

[0009] Dans un mode de réalisation de l'invention, le coupleur, de type combineur, comporte une entrée flottante obtenue par adjonction d'une ligne à rubans coplanaires CPS en amont d'une transition CPS/CPW d'entrée du coupleur.

[0010] Selon une caractéristique de l'invention, le coupleur comporte un nombre de transistors attaqués par l'intermédiaire d'un accès d'entrée qui est égal à deux ou à un multiple de deux, tous les transistors comportant soit un soit alternativement deux doigts de grille, ce qui permet d'améliorer les performances électriques en ce qui concerne le gain de puissance.

[0011] L'invention concerne enfin les circuits intégrés monolithiques comportant un coupleur ayant au moins l'une des caractéristiques évoquées ci-dessus. L'invention, ses caractéristiques et ses avantages sont précisés dans la description qui suit en liaison avec les figures évoquées ci-dessous.

[0012] La figure 1 présente un schéma représentatif d'éléments de masque principaux pour un combineur selon l'invention.

[0013] La figure 2 présente un schéma représentatif d'éléments de masque principaux pour un diviseur selon l'invention.

[0014] La figure 3 présente un schéma représentatif d'éléments de masque principaux pour une variante de combineur, selon l'invention.

[0015] La figure 4 présente un schéma représentatif d'éléments de masque principaux pour un combineur, selon la figure 3, doté de lignes d'accès de sortie d'un mélangeur.

Comme indiqué plus haut, l'invention se rapporte à un coupleur hyperfréquence, actif, équilibré et de type coplanaire plus particulièrement prévu pour être incorporé dans un circuit intégré monolithique MMIC. Un exemple connu d'un tel circuit relatif à un combineur LUFET à grille commune est illustré en figure 5a du document cité plus haut. Ce circuit ne sera pas détaillé ici dans la mesure où il ne fait pas l'objet de l'invention. Le coupleur actif et équilibré, de type LUFET, selon l'invention, comporte des lignes d'accès du type à rubans coplanaires CPS (Coplanar strips) associées à des guides d'onde coplanaires CPW (Coplanar Waveguides) plus particulièrement dans le cadre d'un circuit MMIC.

[0016] Comme connu, une ligne CPS comporte deux bandes métalliques de largeur W fixée qui sont séparées par une fente de largeur S fixée et elle fonctionne pratiquement selon un mode de propagation exploitant les propriétés des ondes transversales électromagnétiques TEM, contrairement à une ligne à fente classique qui fonctionne selon un mode de propagation exploitant

les propriétés des ondes transversales électriques TE. Un compromis est réalisé en ce qui concerne la largeur W qui doit être supérieure pour que les pertes en ligne soient minimales et qui doit par ailleurs être suffisamment faible pour éliminer les risques de phénomènes parasites non TEM et pour limiter au maximum les surfaces au niveau du circuit intégré monolithique MMIC. Ceci est notamment développé dans le document intitulé "CPS structure potentialities for MMICS: a CPS/CPW transition and a bias network" publié en 1998 par D. PRIETO & al, dans les pages 111 à 114 de IEEE MIT-S Digest.

[0017] Parallèlement la largeur W_m des plans de masse CPW peut être réduite à une valeur inférieure à la moitié de la distance entre plans de masse sans que les caractéristiques de propagation ne soient défavorablement influencées.

[0018] Le coupleur actif équilibré 1, schématisé sur la figure 1, est par exemple réalisable sur une surface de $330 \times 240 \mu\text{m}^2$. Ce coupleur est un combineur de puissance 180° , il comporte des transistors FET. Seules sont représentées les bandes métalliques d'accès aux électrodes de grille G, de drain D et de source S, ces bandes étant ordinairement situées au-dessus des transistors auxquelles elles sont affectées dans la structure constituant le circuit MMIC.

[0019] Le coupleur comporte quatre transistors FET à un doigt de grille 2 ou deux transistors FET à deux doigts de grille 2. Ces transistors sont ici disposés symétriquement par rapport à un axe longitudinal médian XX du masque schématisé. Chaque doigt de grille 2 est positionné entre les électrodes de drain et de source intégrées aux éléments de bande métallique, ici référencés 3, 3' pour les drains et 4, 4' ou 4'' pour les sources. La multiplication du nombre de transistors FET permet d'obtenir un gain de puissance comme illustré sur la figure 4.

[0020] Deux accès d'entrée sont prévus au niveau du coupleur 1, chacun constitue un guide d'onde coplanaire CPW de connexion à deux des transistors FET. L'un de ces accès est composé à partir des éléments de source 4 et 4'' et d'un élément de grille 5, l'autre est composé à partir des éléments de source 4 et 4' et d'un élément de grille 5. L'élément de source 4 est commun aux deux guides.

[0021] Le combineur que constitue le coupleur 1, reçoit simultanément deux signaux d'entrée excités en opposition de phase par les deux guides d'onde coplanaires dont les entrées sont référencées "-Sin" et "+Sin" sur la figure 1. L'isolation entre ces entrées est ici assurée par les parties actives des transistors FET. Des signaux de sortie intermédiaires sont respectivement obtenus entre les éléments formant électrodes de source et de drain pour les transistors FET. Une ligne à rubans coplanaires de sortie est constituée par les deux bandes métalliques accédant aux électrodes de drain. Les signaux intermédiaires se recombinaient en phase au travers d'une jonction CPS en T.

[0022] La ligne à rubans coplanaires de sortie de cette jonction permet une réduction du caractère dispersif du circuit réalisé. Elle transmet le signal obtenu après recombinaison au niveau de la sortie Sout du combineur et elle est ici référencée à la masse. Une expression schématique du champ électrique entre bandes est donnée par les flèches placées sur la figure 1.

[0023] D'après les évaluations réalisées par simulation, un gain supérieur à +1 dB en transmission et supérieur à -20 dB en transmission inverse sont obtenus entre un signal d'entrée et le signal de sortie, ainsi qu'une isolation inférieure à -10 dB entre les deux signaux d'entrée dans une gamme de fréquences étendue s'étendant vers les 20 GHz. De même un gain en puissance de l'ordre de +10 dB est obtenu pour une fréquence de 11 GHz, lorsque les accès d'entrée sont simultanément excités par deux signaux en opposition de phase.

[0024] Bien que l'agencement décrit en liaison avec la figure 1 soit développé pour un combineur, il doit être compris qu'il est aussi exploitable en tant que diviseur de puissance, après transformation des deux guides d'onde coplanaires CPW d'entrée flottante en une ligne à rubans coplanaires CPS flottante. Un tel diviseur de puissance est montré sur la figure 2 dans le cas où la ligne à rubans coplanaires de sortie du coupleur est reliée en entrée d'un mélangeur, non représenté.

[0025] Un élément de bande métallique supplémentaire 5'' est ajouté aux éléments de bande qui prolongent les éléments 5 et 5' en entrée du coupleur pour constituer le second élément à la masse du guide d'onde coplanaire CPW d'entrée dont est alors équipé le coupleur. Les deux éléments 5' et 5'' sont alors reliés par un pont à air 6, les deux éléments de source 4', 4'' étant également reliés à l'élément de source 4 par des pont à air 6'.

[0026] L'application d'un coupleur selon l'invention à un combineur de puissance à 180° positionné en sortie d'un mélangeur équilibré est représentée sur la figure 3. Le coupleur présenté sur la figure 2 est alors complété par un guide d'onde coplanaire CPW de sortie et il est attaqué par le mélangeur, non représenté, au travers d'une ligne à bandes coplanaires CPS obtenue par prolongement des éléments 5 et 5'. Un élément de bande métallique supplémentaire 3'' est ajouté aux éléments 3 et 3' en sortie du coupleur pour constituer le second élément à la masse du guide d'onde coplanaire CPW de sortie dont est alors équipé le coupleur. Les deux éléments 3 et 3'' sont alors reliés par un pont à air 6'', alors que les deux éléments de source 4', 4'' étant également reliés à l'élément de source 4 par des ponts à air 6'. Le combineur de puissance obtenu qui dispose d'un guide d'onde coplanaire CPW de sortie à la masse est ainsi pourvu de deux entrées différentielles flottantes.

[0027] La variante de réalisation présentée sur la figure 4, est relative à un combineur de plus grande puissance qui est obtenu par duplication à partir de celui présenté en figure 1 et qui permet d'améliorer les performances électriques en ce qui concerne le gain et la

linéarité de la caractéristique de puissance.

[0028] Le coupleur comporte huit transistors FET à un doigt de grille 12 ou 12' ou quatre transistors FET à deux doigts de grille. Ces transistors sont ici disposés symétriquement par rapport à l'axe longitudinal médian XX du masque schématisé. Chaque doigt de grille 12 est positionné entre deux éléments de bande métallique, l'un de drain 13 ou 13' et l'autre de source 14, 14' ou 14". La multiplication du nombre de transistors FET permet d'obtenir un gain de puissance comme déjà indiqué.

[0029] Deux accès d'entrée sont prévus au niveau du coupleur, chacun constitue un guide d'onde coplanaire CPW de connexion à quatre transistors FET. L'un est composé à partir des éléments de source 14 et 14" et d'un élément de grille 15 et l'autre à partir des éléments de source 14 et 14' et d'un élément de grille 15'. L'élément de source 14 est commun aux deux guides. Les deux éléments de source 14" et 14' sont reliés à l'élément de source 14 par des ponts à air 16.

[0030] Deux signaux d'entrée excités en opposition de phase sont transmis par les deux guides d'onde coplanaires dont les entrées sont référencées "-Sin" et "+Sin".

[0031] Chacun des guides d'onde coplanaires CPW formant les accès d'entrée du coupleur est séparée en deux lignes à bandes coplanaires, internes.

[0032] Une jonction CPS/CPW en T est réalisée dans le coupleur au niveau de chaque accès entre les guides d'onde et les lignes à rubans coplanaires d'accès aux transistors FET pour permettre la transmission à ces transistors du signal reçu via l'accès considéré. Ces transistors sont soit deux des quatre transistors à deux doigts de grille du coupleur soit quatre des huit transistors à un doigt de grille, suivant l'option choisie.

[0033] Comme précédemment, des signaux de sortie intermédiaires sont respectivement obtenus entre les éléments relatifs aux électrodes de source et de drain des transistors FET. Les signaux intermédiaires respectivement obtenus pour chaque accès sont transmis par l'intermédiaire de guides d'ondes coplanaires CPW et via une transition CPW/CPS par accès. Ces signaux intermédiaires se recombinent en phase au niveau de la jonction CPS en T. Le signal de sortie Sout est obtenu de la ligne à rubans coplanaires de sortie de la jonction.

[0034] Le fonctionnement de ce combineur correspond à celui du combineur décrit en relation avec la figure 1. Deux signaux d'entrée "-Sin", "+Sin" en opposition de phase sont simultanément appliqués chacun au niveau de l'un des deux ensembles grilles. Des valeurs de gain et de puissance de saturation en sortie de respectivement 6,8 dB et 11,5 dBm à 11 GHz sont susceptibles d'être obtenues au lieu de 3,5 dB et 5,9 dBm pour le combineur présenté en figure 1.

Revendications

1. Coupleur hyperfréquence coplanaire, actif et équi-

libré pour circuit intégré monolithique MMIC, comportant des transistors FET dotés d'électrodes métalliques de grille, de source et de drain intégrées à des éléments métalliques plans coplanaires (3, 4, 4', 4", 5, 5') combinés pour constituer les accès d'entrée et de sortie du coupleur, caractérisé en ce que l'ensemble de ces accès est constitué par une association comprenant une ou des lignes à rubans coplanaires CPS et un ou des guides d'onde coplanaires CPW, et en ce que le nombre d'accès d'entrée est différent du nombre d'accès de sortie.

2. Coupleur, selon la revendication 1, comportant une électrode centrale commune flottante obtenue par utilisation de lignes à rubans coplanaires CPS dans l'ensemble d'accès.
3. Coupleur, selon l'une des revendications 1, 2, comportant deux accès d'entrée qui sont composés par deux guides d'onde coplanaires agissant chacun sur une moitié des transistors du coupleur sous l'action de signaux excités en opposition de phase et un accès de sortie qui est composé par une ligne à rubans coplanaires CPS connectée à une jonction en T au niveau de laquelle les signaux intermédiaires provenant des transistors sont recombinaés en phase.
4. Coupleur, selon l'une des revendications 1 à 3, de type diviseur, comportant une entrée flottante obtenue par adjonction d'une transition CPS/CPW.
5. Coupleur, selon la revendication 4, comportant un guide d'onde coplanaire d'entrée placé en amont qui est obtenu par adjonction d'un élément métallique supplémentaire de masse en parallèle aux deux éléments de la ligne à rubans coplanaires d'entrée dont l'un des éléments est référencé à la masse.
6. Coupleur, selon l'une des revendications 1 à 3, de type combineur, comportant une entrée flottante obtenue par adjonction d'une ligne à rubans coplanaires CPS en amont d'une transition CPS/CPW d'entrée du coupleur.
7. Coupleur, selon la revendication 6, comportant un guide d'onde coplanaire CPW de sortie qui est obtenu par adjonction d'un élément métallique supplémentaire de masse en parallèle aux deux éléments de la ligne de sortie à rubans coplanaires dont l'un des éléments est référencé à la masse.
8. Coupleur, selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le nombre de transistors attaqués par l'intermédiaire d'un accès d'entrée est égal à deux ou à un multiple de deux, tous les transistors comportant soit un soit alternativement deux doigts de grille.

9. Circuit intégré monolithique MMIC, caractérisé en ce qu'il comporte un coupleur hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 8.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

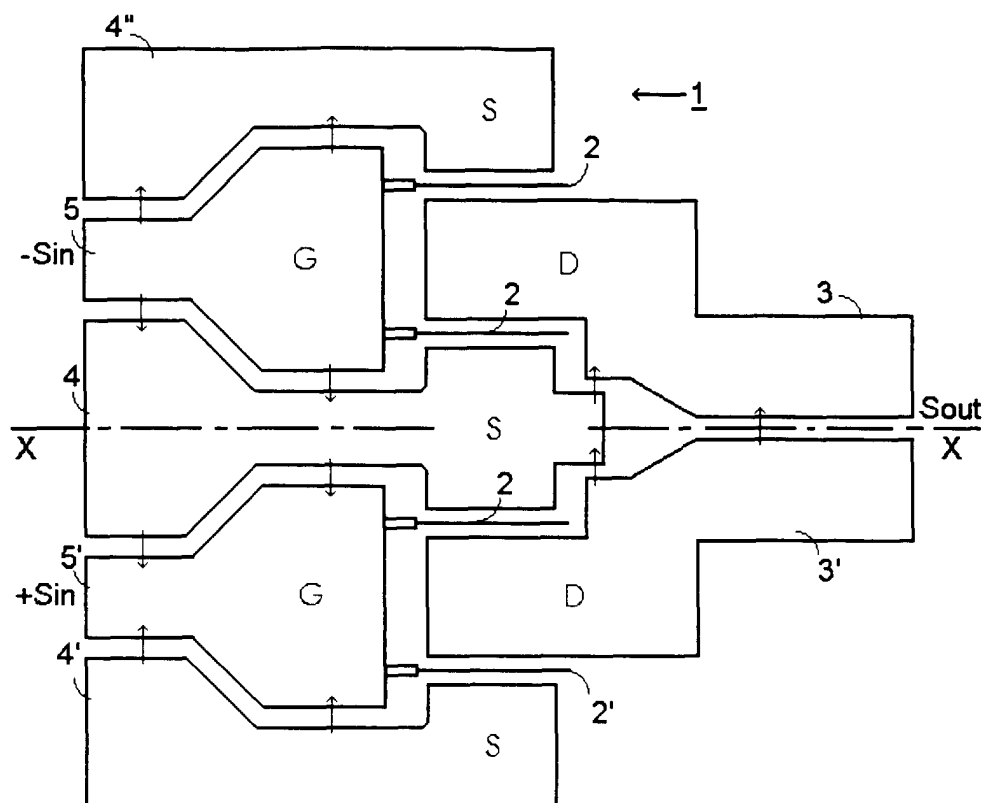


FIG.2

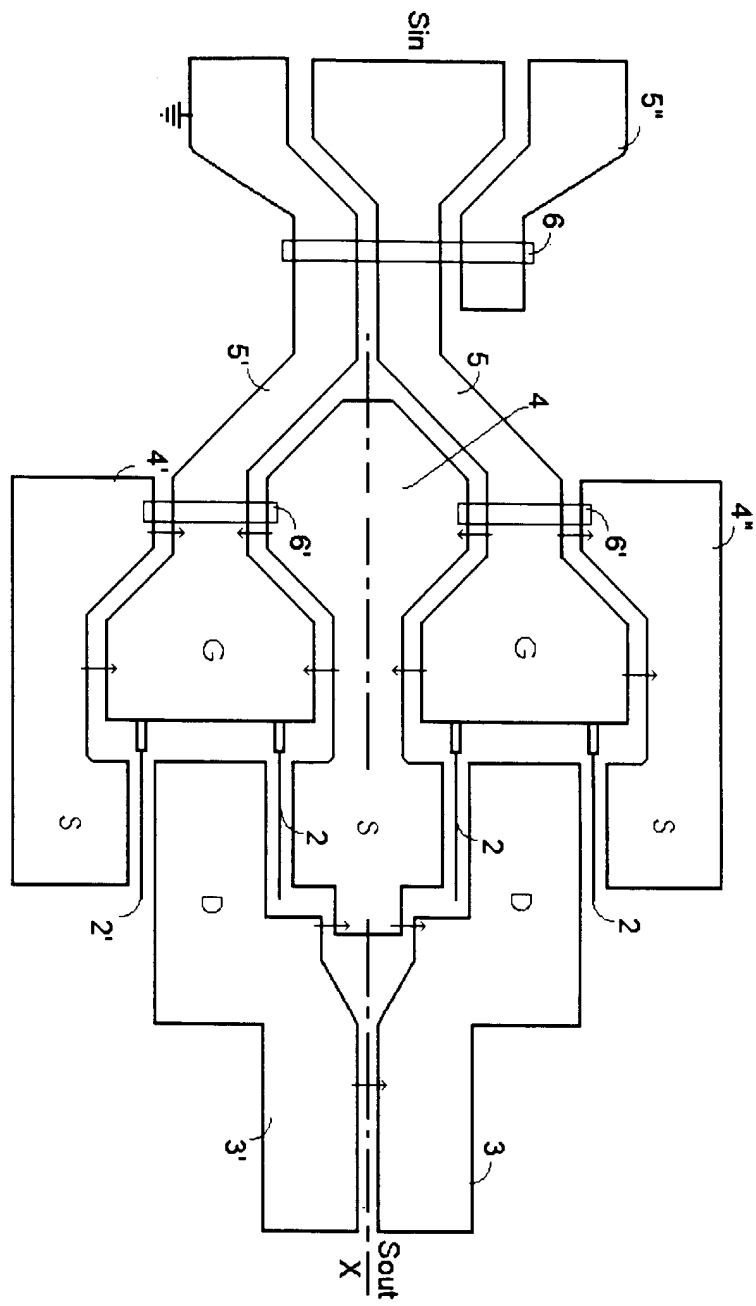


FIG.3

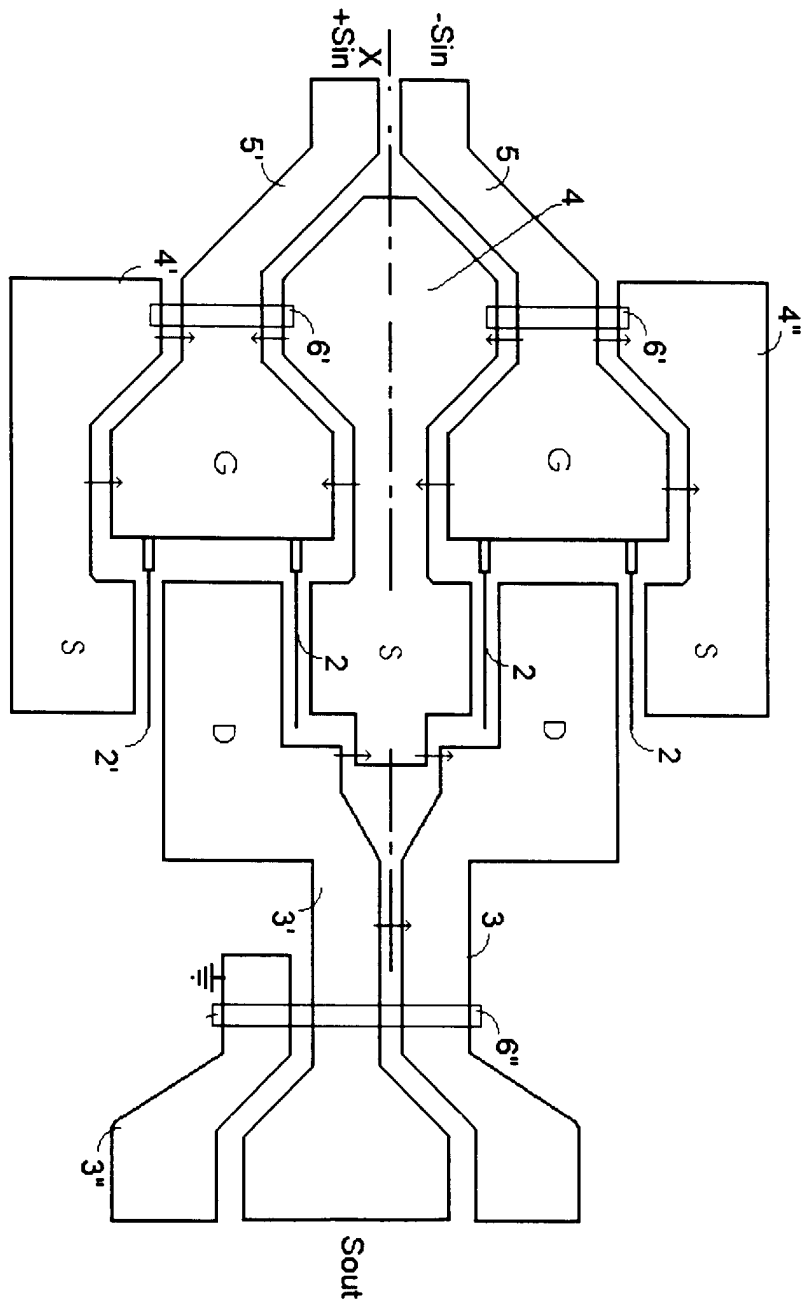
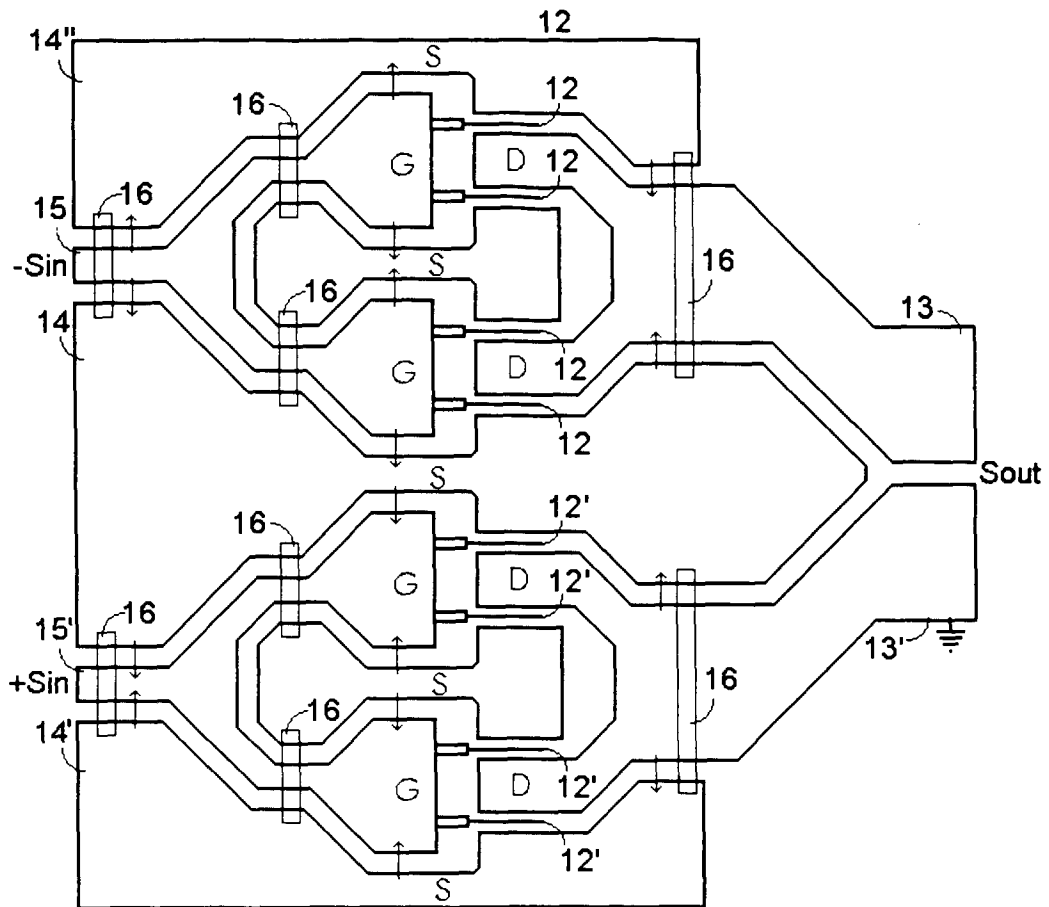


FIG. 4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 99 40 2421

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	WO 98 13894 A (ENDGATE TECHNOLOGY CORP) 2 avril 1998 (1998-04-02) * page 6, ligne 25 - page 7, ligne 24 * ---	1-9	H01P5/16
A	US 5 550 518 A (MOHWINKEL CLIFFORD A) 27 août 1996 (1996-08-27) * colonne 1, ligne 44 - colonne 2, ligne 28 * * colonne 3, ligne 59 - colonne 5, ligne 2 * ---	1-9	
A	WO 97 17738 A (ENDGATE TECHNOLOGY CORP) 15 mai 1997 (1997-05-15) * abrégé * ---	1-9	
A	US 5 387 547 A (DOUGHERTY RICHARD M ET AL) 7 février 1995 (1995-02-07) * colonne 4, ligne 43 - ligne 68; figure 6 * * colonne 1, ligne 60 - colonne 2, ligne 15; figure 3 * ---	1-9	
A	US 3 848 198 A (DE BRECHT R ET AL) 12 novembre 1974 (1974-11-12) * colonne 7, ligne 32 - colonne 8, ligne 31; figure 6 * ---	1-9	H01P
P,A	EP 0 880 194 A (KEIL ULRICH D DR) 25 novembre 1998 (1998-11-25) * colonne 2, ligne 5 - colonne 3, ligne 37 * -----	1-9	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28 janvier 2000	Examineur Wattiaux, V
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			

EPO FORM 1503 03 82 (P4/C02)