

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 21567

(54) Dispositif combinateur/diviseur micro-ondes à trois voies, adapté pour des résistances d'isolement externes.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 P 5/12.

(22) Date de dépôt..... 9 octobre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA*, 15 octobre 1979, n° 84.862.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 16 du 17-4-1981.

(71) Déposant : INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC CORPORATION, société constituée selon les lois de l'Etat de Delaware, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Jeffrey Thomas Nemit et Bobby Joe Sanders.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Pierre L. Grandry, service des brevets,
78141 Vélizy-Villacoublay Cedex.

La présente invention concerne en général les dispositifs combineurs/diviseurs de puissance dans le domaine des microondes, notamment pour systèmes de transmission et réception dans ce domaine.

Dans l'art antérieur, la fonction de combineur/diviseur est
5 réalisée en recourant à des moyens classiques et bien connus, parmi lesquels le coupleur en anneau hybride, le coupleur à branches, le diviseur en ligne, le combineur/diviseur en T et le combineur/diviseur de Wilkinson. La configuration en ligne et celle en T n'autorisent, ni l'une ni l'autre, des résistances d'isolement. Par suite, il
10 n'existe avec elles aucune possibilité de maintien d'une adaptation d'impédance raisonnable si l'une des sources dont les puissances sont combinées est défaillante. Dans ce cadre, lorsqu'il s'agit d'applications dans lesquelles plusieurs sources de puissance dans le domaine des microondes sont réalisées avec des semi-conducteurs et doivent avoir
15 leurs sorties combinées pour obtenir une puissance transmissible accrue, l'aptitude au fonctionnement continu peut être très grande. Par exemple, un tel agencement peut être utilisé dans une station non desservie, ou peu desservie par du personnel. Bien que possédant par nature une grande longévité, les générateurs de puissance en microondes construits
20 avec des semi-conducteurs ne sont généralement aptes à fournir des puissances que modérées. Aussi, il est donc nécessaire de combiner les sorties de plusieurs de ces générateurs pour obtenir à la sortie une puissance totale suffisante. Les configurations des combineurs/diviseurs en ligne et en T sont exclues pour ces applications, du fait
25 de l'absence d'aptitude fonctionnelle en cas de défaillance de l'une des sources.

Les configurations à branches et celles à anneau hybride ont toutes les deux des résistances d'isolement appropriées, et permettent donc l'isolement d'une source en cas de défaillance d'une source, au
30 moins partiellement. Toutefois, aucune d'elles ne permet la division par trois ou la combinaison de trois sources sur une sortie.

Par ailleurs, le circuit de Wilkinson présente à la fois des résistances d'isolement et la possibilité de divisions et combinaisons multiples. Toutefois, les résistances d'isolement doivent être montées
35 intérieurement. Le résultat de cette intégration des résistances dans la structure à bandes est que, si ces résistances ont une dissipation importante afin de correspondre à la puissance HF nominale, il y a alors

introduction d'une capacité parasite excessive, de sorte que les pertes d'insertion résultantes sont prohibitives.

La présente invention remédie aux inconvénients et limitations de l'art antérieur, en fournissant une nouvelle solution au problème de la division par trois et de la combinaison par trois, d'une façon qui apparaîtra au cours de la présente description.

L'invention prévoit une forme modifiée de coupleur en anneau hybride, utilisant des éléments accordés quart d'onde répartis de façon à obtenir l'équilibre de phase approprié entre les différents trajets des signaux. A la différence de l'anneau hybride connu, des longueurs de ligne supplémentaires sont prévues, de façon qu'il y ait trois accès de sortie et un accès commun ou accès d'entrée, en plus de deux accès d'isolement. Le dispositif est du point de vue structurel réversible ou réciproque : un signal à l'accès d'entrée ou accès commun est réparti sur trois voies, et sensiblement un tiers de la puissance apparaît sur chacun des trois accès de sortie. Des longueurs de ligne associées entre les divers accès sont ajustées de façon que les signaux soient en concordance de phase aux accès de sortie et s'annulent aux accès d'isolement. Par suite, l'énergie partagée apparaît en phases concordantes et en amplitudes égales.

En cas d'utilisation en combineur, trois signaux équiphasés microondes, ayant même amplitude, sont par hypothèse appliqués aux trois accès de sortie, ces signaux s'ajoutant, en concordance de phase, à l'accès d'entrée ou accès commun et s'annulant aux accès d'isolement. Le résultat est une combinaison efficace, à l'accès commun, des signaux reçus.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins joints où :

- la figure 1.a représente un coupleur en anneau hybride selon l'art antérieur ;
- la figure 1.b représente un coupleur à branches également connu dans l'art antérieur ;
- la figure 1.c représente la configuration, dite en ligne, d'un combineur/diviseur également connu dans l'art antérieur ;
- la figure 1.d représente la configuration en T selon l'art antérieur ;
- la figure 1.e représente le circuit dit de Wilkinson dans sa configuration connue ;

- la figure 2 représente schématiquement un combineur/diviseur à trois voies selon l'invention ;
- la figure 3 représente un exemple de réalisation en circuit imprimé (microbande) d'un combineur/diviseur à trois voies selon l'invention ;
- 5 - la figure 4.a est un abaque de Smith du taux d'onde stationnaire en tension existant à l'accès commun d'un exemple de réalisation de l'invention construit selon la figure 3 ;
- les figures 4.b, 4.c et 4.d sont des abaques de Smith décrivant le taux d'onde stationnaire en tension des accès 1, 2 et 3 de la
- 10 figure 3 ; et
- la figure 5 représente un groupe choisi de caractéristiques de fonctionnement mesurées pour un exemple de réalisation de l'invention correspondant à la figure 3.

Comme indiqué dans ce qui précède, les figures 1.a à 1.e sont
15 présentées pour illustrer l'arrière-plan technologique, car elles décrivent des configurations connues dans l'art antérieur. Certains des inconvénients et limitations de chacun de ces dispositifs de l'art antérieur ont été présentés plus haut, à propos de la technique antérieure. L'homme de l'art reconnaîtra chacun de ces dispositifs connus
20 qui n'ont pas à être décrits en détail.

Quant à la figure 2, elle représente schématiquement un combineur/diviseur à trois voies selon la présente invention. L'invention peut être réalisée selon un agencement reproduisant ce qui est représenté sur la figure 2. Toutefois, la configuration selon la
25 figure 3, physiquement plus commode, est préférable pour la plupart des applications.

Dans la description de la figure 2 et, sur le même sujet, de la figure 3, on va admettre que le dispositif est utilisé comme diviseur de puissance, mais il est bien entendu qu'il est parfaitement réversible
30 ou réciproque, et donc apte à combiner des signaux appliqués aux sorties (branches) pour fournir un signal ayant une amplitude égale à la somme des amplitudes des signaux appliqués aux trois accès de sortie, moins une valeur minimale de pertes inhérentes.

Sur la figure 2, l'accès d'entrée 11 sera considéré comme
35 étant l'entrée de puissance, directement reliée à la jonction 11a. Le point 11 sera appelé "accès commun" (entrée commune). Les trois jonctions de sortie ou branches sont respectivement repérées par les références 12a,

13a et 14a. Les accès de sortie respectifs sont 12, 13 et 14. La différence entre "accès" et "jonctions", selon la terminologie adoptée, est la longueur de conducteur imprimé requise pour atteindre le bord du substrat. Dans la forme de réalisation selon la figure 3, il a été
5 considéré comme désirable que toutes les sorties (branches) soient situées du même côté du substrat.

Poursuivant la description de la figure 2, l'ensemble 10 représenté schématiquement peut être mis en oeuvre sur n'importe quel matériau pour ligne de transmission, parmi plusieurs possibles. Par
10 exemple, de la ligne à bandes, de la microbande, de la ligne coaxiale, ou même du guide d'onde creux pourraient être utilisés, bien que le dernier cité soit alors très malcommode et encombrant.

L'accès d'entrée ou accès commun mentionné plus haut est représenté en 11. Il est directement relié, avec adaptation d'impédance
15 appropriée, à la jonction d'entrée, ou jonction d'accès commun, 11a. Trois sections de ligne de transmission, chacune étant une section quart d'onde, partent de 11a, à savoir la section 19 allant à la jonction 12a correspondant au premier accès de sortie 12, la section 29 allant de la jonction 11a à la jonction 14a correspondant au troisième accès de
20 sortie 14, et la section 24, qui relie la jonction 11a à la jonction 13a, correspondant au second accès de sortie 13. Une ligne de transmission trois quarts d'onde, constituée de trois sections quart d'onde en série, à savoir 20, 21 et 22, relie la jonction 12a à la jonction 15a. Comme on peut le voir, la jonction 15a correspond à l'accès d'isolement 15.
25 De façon similaire, une ligne trois quarts d'onde, comportant des sections quart d'onde 25, 26 et 27, va de la jonction 13a à la jonction 16a, cette dernière correspondant au deuxième accès d'isolement 16. Deux sections quart d'onde additionnelles 23 et 28 vont de la jonction 14a aux jonctions 15a et 16a, respectivement. Des résis-
30 tances d'isolement externes 17 et 18 sont respectivement reliées aux accès d'isolement 15 et 16. Comme indiqué plus haut, les effets capacitifs inhérents, introduits par les résistances à puissance dissipée relativement grande 17 et 18, n'ont sensiblement pas d'incidence dans le circuit de la figure 2, à la différence des configurations de
35 l'art antérieur.

Sur la figure 3, la référence 10a désigne dans son ensemble une forme de réalisation plus pratique du circuit de la figure 2, en

matériau microbande. Les microbandes sont en fait des conducteurs de circuit imprimé supportés par un substrat 45 de type connu. Les jonctions 11a, 12a, 13a, 14a, 15a et 16a sont représentées sur la figure 2 et sur la figure 3, pour plus de clarté. Les sections quart d'onde 33, 34, 35 et 36 sur la figure 3 sont respectivement équivalentes aux sections 19, 23, 24 et 28 de la figure 2. La portion trois quarts d'onde, comportant les sections 20, 21 et 22 sur la figure 2, est représentée en 30 sur la figure 3. De même, la section 31 sur la figure 3 est équivalente aux sections en série 25, 26 et 27 représentées sur la figure 2.

Sur la figure 3, les conducteurs imprimés comportant les sections de ligne de transmission ont une configuration comprimée dans la direction de la dimension normale à la longueur du substrat oblong 45, afin de bénéficier d'un encombrement réduit. Les sections trois quarts d'onde 30 et 31 présentent néanmoins, entre leurs jonctions connectées, la même longueur que les sections de ligne de transmission équivalentes dans le cas de la figure 2. De façon similaire, la section quart d'onde 29a, correspondant à 29 sur la figure 2, est pliée comme représenté sur la figure 3, essentiellement aux mêmes fins d'adaptation géométrique.

Pour être compatible avec les impédances d'entrée et de sortie de la figure 3, l'impédance d'entrée de l'accès commun (entrée commune) 11 est par hypothèse de 50Ω . Par suite, le conducteur 46 est décrit comme étant une section à 50Ω avec transition progressive ou discontinue jusqu'à environ $62,5 \Omega$ dans la portion 47, afin de s'adapter à la jonction 11a. La section quart d'onde pliée 29a est imprimée avec une impédance caractéristique d'environ 86Ω , et les sections quart d'onde 33, 34, 35 et 36 sont imprimées avec une impédance caractéristique de $70,7 \Omega$. Au sujet de l'impédance d'une ligne de circuit imprimé en matériau microbande, il est rappelé que c'est la largeur du conducteur imprimé qui détermine cette impédance d'une façon bien connue de l'homme de l'art. D'une façon générale, les lignes plus larges, comme celles indiquées sur la figure 3, sont celles qui ont une impédance caractéristique plus faible que ce n'est le cas avec les lignes plus étroites.

De ce qui précède, il résulte que les impédances présentées en 11a, 12a, 13a, 14a, 15a et 16a sont toutes sensiblement de 50Ω , en

accord avec les hypothèses initiales, et que les conducteurs de sortie 41, 42 et 43 sont des sections à 50 Ω , d'égale longueur, de sorte qu'aucune disparité de phase n'est introduite entre les accès de sortie 12, 13 et 14.

5 Des adaptateurs ou tétons de compensation 37, 38, 39, 40 et 44 sont représentés, étant entendu que ces adaptateurs peuvent être nécessaires ou non selon la précision de construction du dispositif. Leur rôle est la compensation des petites erreurs de longueur des sections de ligne de transmission.

10 Bien entendu, dans le matériau microbande, le substrat isolant 45 comporte, côté dos (en dessous) un plan conducteur de masse, selon la technique de construction microbande bien connue. Parmi les matériaux typiques pour constituer le substrat isolant, on peut citer le Téflon (marque de fabrique) avec fibres de verre, et l'alumine. De
15 telles matières pour substrat présentent de faibles angles de perte et sont facilement fabriquées de façon à offrir une constante diélectrique uniforme. Les conducteurs imprimés représentés sur la figure 3 peuvent être des bandes de cuivre, à moins que la matière du substrat ne soit l'alumine, auquel cas l'or constitue le matériau conducteur le plus
20 convenable.

Les dimensions quart d'onde et trois quarts d'onde mentionnées dans ce qui précède se rapportent aux longueurs d'onde dans le matériau, plutôt que dans l'air ou le vide.

Un dispositif typique, construit comme indiqué sur la figure 3,
25 opère dans la plage de 1,2 à 1,4 GHz, avec une puissance maximale de l'ordre du kilowatt. Toutefois, une réalisation en microbande peut aller jusqu'à vingt-cinq kilowatts, à condition que l'interface "bande/connecteur" soit de conception appropriée. Les résistances 17 et 18 à dissipation relativement grande peuvent être facilement choisies de façon à conserver
30 leurs caractéristiques au cours du temps. En d'autres termes, elles peuvent assumer des puissances supérieures à celles réellement demandées, ce qui augmente la fiabilité globale et réduit la probabilité de défaillance.

Dans la configuration à bande repliée selon la figure 3, la
35 dimension 32 ne doit pas être obligatoirement égale, et en fait elle est manifestement inférieure, à un quart de longueur d'onde, bien que les longueurs totales des sections 30 et 31 soient chacune de trois quarts de longueur d'onde.

Comme déjà indiqué, d'autres genres de matériaux pour lignes de transmission pourraient être utilisés pour réaliser le dispositif selon l'invention. Bien que la microbande soit le matériau préféré, à condition que les niveaux de puissance n'excèdent pas environ vingt-cinq kilowatts au maximum, la ligne à bande (stripline), dans laquelle les conducteurs sont pris en sandwich entre deux plans de masse parallèles, constitue probablement le deuxième matériau le plus adéquat.

Sur les figures 4.a, 4.b, 4.c et 4.d, des abaques de Smith décrivent des relevés typiques de taux d'onde stationnaire en tension mesurés pour trois fréquences (1,2 ; 1,3 et 1,4 GHz) pour l'accès commun (entrée 11), l'accès de sortie 12, l'accès de sortie 13 et l'accès 14, respectivement. Ces valeurs s'appliquent à la configuration selon la figure 3.

Sur la figure 5, les valeurs des couplages par rapport à l'accès d'entrée (entrée commune) sont représentées pour les trois accès de sortie. Les couplages entre accès de sortie sont également représentés, à savoir accès 12 à accès 13, accès 12 à accès 14 et accès 13 à accès 14. En outre, les couplages des accès d'isolement par rapport à l'accès commun sont représentés.

Pour ce qui est des couplages des accès de sortie, la valeur théorique optimale (perte nulle), se détermine par la formule $10 \log \frac{1}{N}$, dans laquelle N est égal à 3, ce qui correspond au partage en trois voies. Cette valeur théorique est 4,77 dB. Toutefois, du fait des pertes inévitables dans un dispositif réel, les valeurs de couplage réelles représentées sur la figure 5 tombent juste en dessous de 5 dB.

D'autres modifications et variantes possibles apparaîtront à l'homme de l'art ayant pris connaissance des principes de la présente invention. Il est donc entendu que les exemples de la présente description ne peuvent pas être considérés comme limitant le domaine de l'invention, ces exemples et cette description étant présentés à titre nullement limitatif.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif combineur/diviseur microondes à trois voies comportant un accès commun, un premier, un deuxième et un troisième accès d'embranchement, un premier et un deuxième accès d'isolement, une jonction commune, une première, une deuxième et une troisième
- 5 jonction, et une première et une deuxième jonction d'isolement, reliées chacune à l'un desdits accès correspondants, caractérisé en ce qu'il comprend :
- des premiers moyens comportant une première section de ligne de transmission quart d'onde, entre ladite jonction commune et ladite
 - 10 première jonction, une deuxième section de ligne de transmission quart d'onde entre ladite jonction commune et ladite deuxième jonction, et une troisième section de ligne de transmission quart d'onde entre ladite jonction commune et ladite troisième jonction ;
 - des deuxième moyens comportant une première section de ligne de transmission trois quarts d'onde, allant de ladite première jonction
 - 15 à ladite première jonction d'isolement, et une deuxième section de ligne de transmission trois quarts d'onde, allant de ladite deuxième jonction à ladite deuxième jonction d'isolement ;
 - des troisième moyens comportant une quatrième section de ligne de transmission quart d'onde, allant de ladite troisième jonction à
 - 20 ladite première jonction d'isolement, et une cinquième section de ligne de transmission quart d'onde, allant de ladite troisième jonction à ladite deuxième jonction d'isolement ; et
 - une première et une deuxième résistance d'isolement extérieure,
 - 25 reliées individuellement et respectivement audit premier et audit deuxième accès d'isolement, et des moyens reliant respectivement ledit premier et ledit deuxième accès d'isolement auxdites première et deuxième jonctions d'isolement.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que
- 30 lesdites sections trois quarts d'onde sont composées chacune de plusieurs sections quart d'onde en série et sont physiquement repliées, pour les adapter aux impératifs géométriques, entre ledit accès commun et lesdits accès d'embranchement et d'isolement.
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que
- 35 ledit combineur/diviseur est réalisé en microbande, lesdits premiers, seconds et troisième moyens comportant des conducteurs imprimés sur un substrat isolant.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdites sections de ligne de transmission trois quarts d'onde comportent chacune un tracé conducteur en forme de U dont deux jambes parallèles sont séparées par un espace n'excédant pas un quart de longueur d'onde.

5. Dispositif selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que lesdites sections de ligne de transmission desdits premiers, deuxièmes et troisièmes moyens sont des conducteurs imprimés sur substrat isolant en configuration oblongue, lesdites première et deuxième sections de ligne de transmission étant colinéaires selon une première ligne en conducteur imprimé, lesdites quatrième et cinquième sections de lignes de transmission étant colinéaires selon une deuxième ligne en conducteur imprimé sensiblement parallèle à ladite première ligne et lesdites première et deuxième lignes en conducteur imprimé étant séparées latéralement par un espace inférieur à un quart de longueur d'onde, ladite troisième section de transmission étant repliée pour offrir un trajet quart d'onde.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdites sections de ligne de transmission trois quarts d'onde sont chacune une ligne en circuit imprimé oblongue, en forme de U, dont la longueur est supérieure à un quart de longueur d'onde et dont la largeur est sensiblement égale audit espace latéral entre lesdites première et deuxième lignes en conducteur imprimé.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdites première, deuxième et troisième jonctions ont chacune une extension allant jusqu'à un accès correspondant le long du même bord dudit substrat, ces extensions formant des méandres selon ce qui est nécessaire pour obtenir des trajets d'égale longueur de chacune desdites jonctions jusqu'à un accès correspondant.

1/5

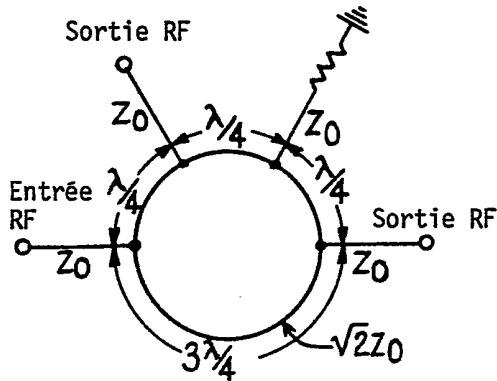


FIG. 1.a

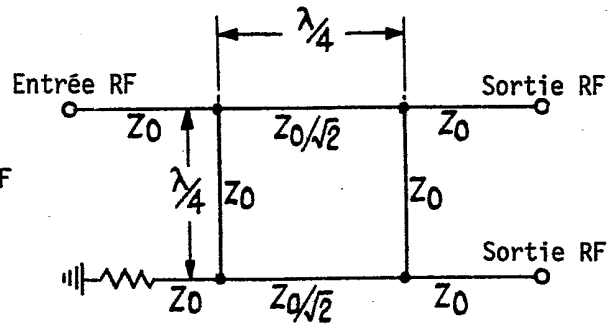


FIG. 1.b

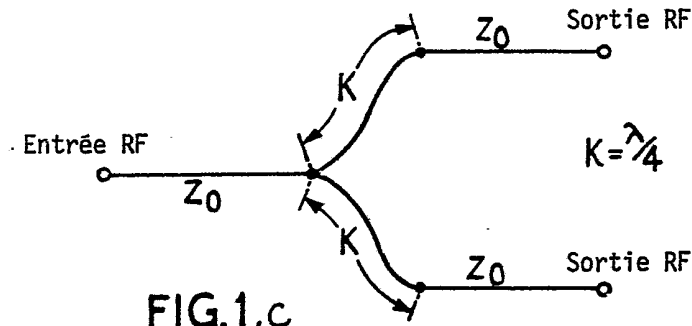


FIG. 1.c

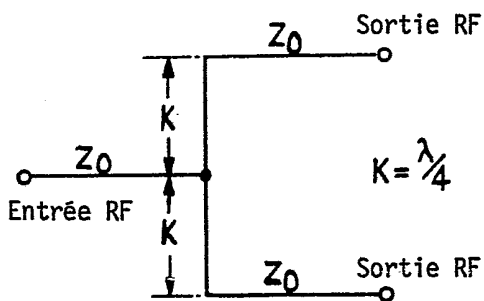


FIG. 1.d

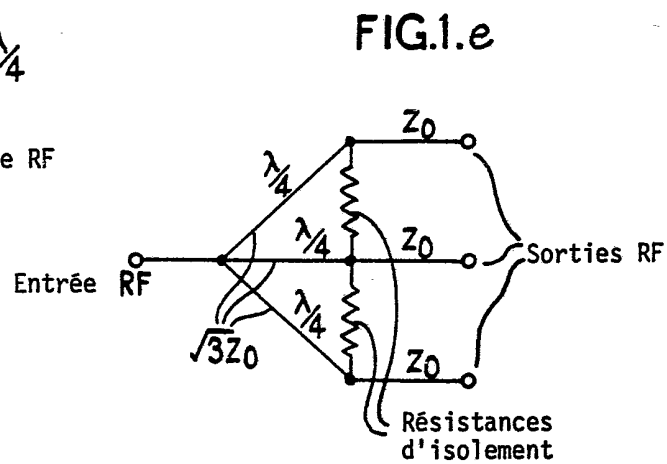


FIG. 1.e

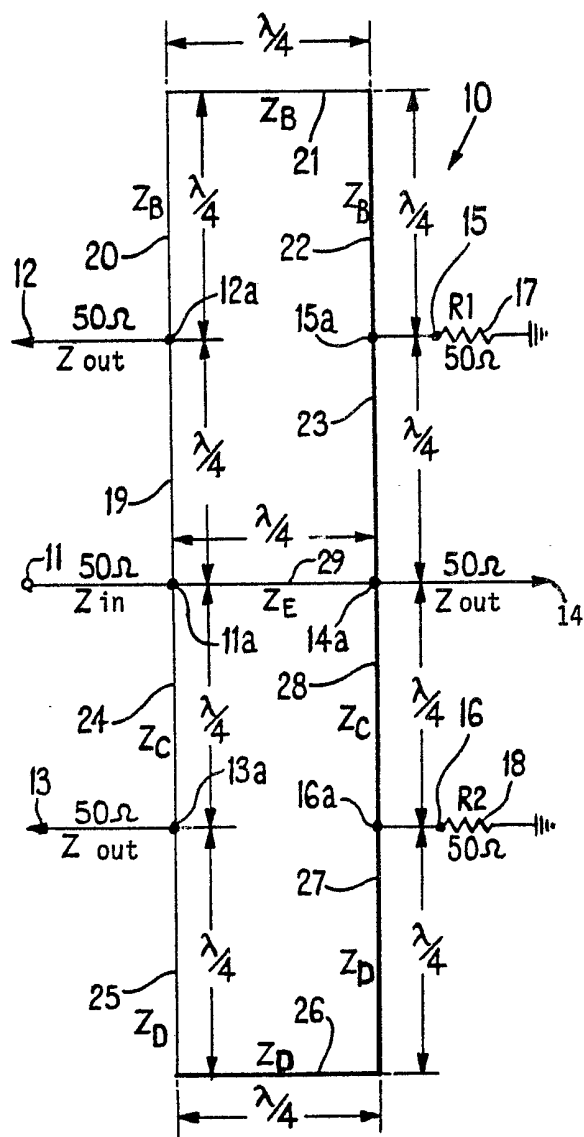


FIG. 2

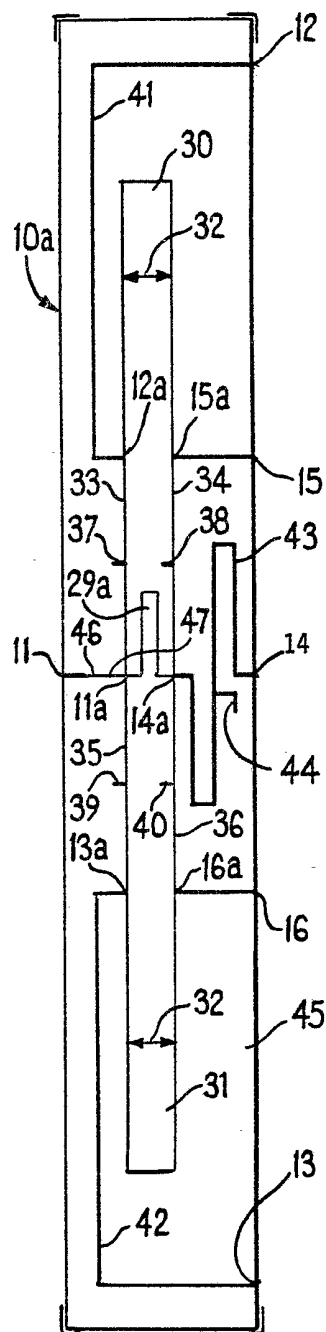


FIG.3

3/5

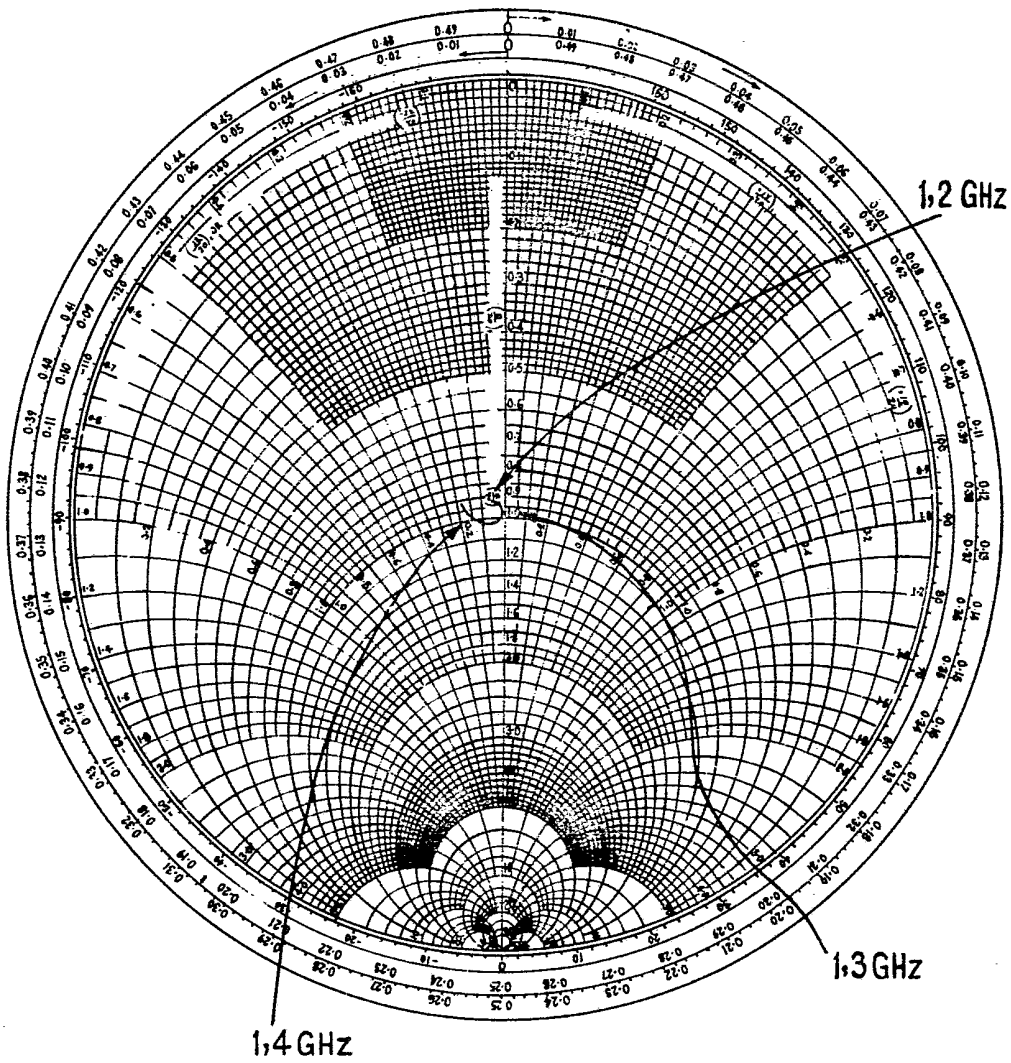


FIG. 4.a

4/5

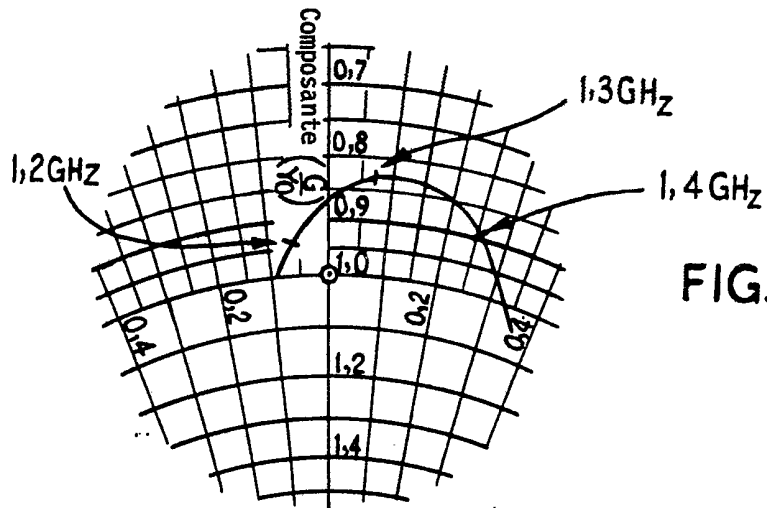


FIG. 4.b

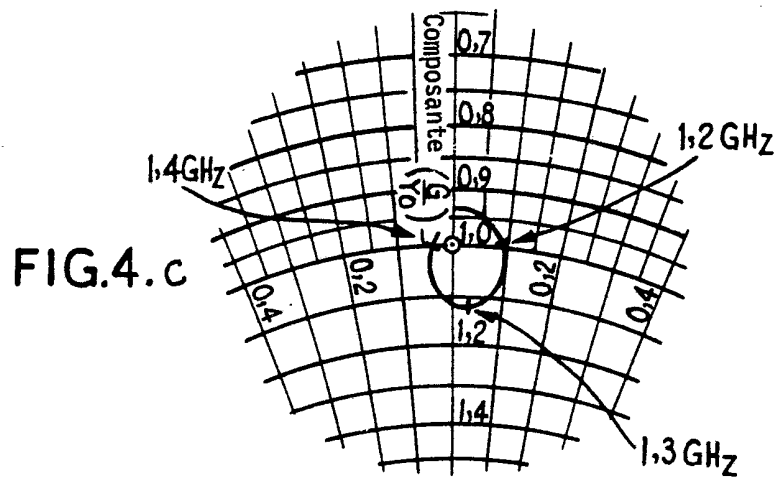


FIG. 4.c

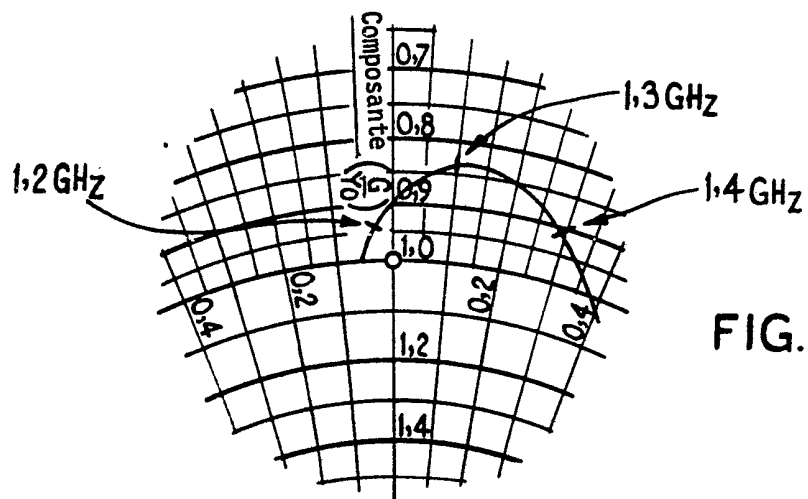


FIG. 4.d

5/5

