

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 79 16118

⑤④ Transformateur d'impédance à large bande pour ligne hyperfréquence à constantes réparties, additionneur-diviseur de puissance comprenant ce transformateur d'impédance et circuit incorporant cet additionneur.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 P 1/00.

②② Date de dépôt..... 22 juin 1979, à 15 h 47 mn.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 3 du 16-1-1981.

⑦① Déposant : LABORATOIRES D'ELECTRONIQUE ET DE PHYSIQUE APPLIQUEE, LEP, société anonyme, résidant en France.

⑦② Invention de : François De Ronde.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Christian Landousy, société civile SPID,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

La présente invention concerne un transformateur d'impédance à large bande pour ligne de transmission à constantes réparties réalisée en structure planar et notamment suivant la technique du microruban (ou microstrip). Ce transformateur d'impédance trouve une application par exemple dans la réalisation d'additionneurs-diviseurs de puissance et dans celle de sources hyperfréquence de puissance utilisant de tels additionneurs-diviseurs.

Des transformateurs d'impédance couramment utilisés dans les circuits intégrés hyperfréquence du type microstrip sont décrits dans de très nombreuses publications, par exemple dans l'article "Design of stepped microstrip components" de G. KOMPA, pages 53 à 63 de la revue "The Radio and Electronic Engineer", volume 48, N° 1/2, Janvier-Février 1978, article qui décrit le transformateur d'impédance dit quart d'onde (voir la figure 13 de cet article). Ce transformateur représenté sur la figure 1 de la présente demande comprend deux épaulements successifs distants d'un quart de la longueur d'onde du signal hyperfréquence à transmettre et délimitant trois zones successives 1, 2 et 3 d'impédances respectives Z_1 , Z_2 et Z_3 liées par la relation suivante $Z_1/Z_2 = Z_2/Z_3$. Un tel dispositif n'est cependant adapté que pour une seule fréquence, celle dont le quart de la longueur d'onde associée est égal à la longueur du tronçon d'impédance Z_2 , ce qui en interdit l'emploi dans des applications à large bande (au moins une octave). Pour les fréquences différentes de cette fréquence particulière, les réflexions qui se produisent au niveau des deux plans de discontinuité ne se regroupent plus en opposition de phase, et les réflexions résiduelles font apparaître des interférences qui dénaturent le signal à transmettre.

Le principe de transformation d'impédance défini par la relation précédente $Z_1/Z_2 = Z_2/Z_3$ se retrouve intégralement dans l'additionneur-diviseur décrit et représenté dans le brevet américain N° 3 530 407, déposé le 16 Décembre 1968 sous le numéro 784 148 par Ronald E. Blight (Microwave Associates) et délivré le 22 Septembre 1970, brevet dans lequel le dispositif décrit comprend successivement une ligne principale d'impédance $Z_1 = 100$ ohms et deux lignes secondaires d'impédance $Z_2 = 70$ ohms terminées chacune par une charge $Z_3 = 50$ ohms. On retrouve donc, ici, appliqués au cas particulier de l'additionneur-diviseur, les

inconvenients mentionnés plus haut.

Un but de l'invention est au contraire de proposer un transformateur d'impédance dans lequel on ne constate plus la présence que d'un seul plan de discontinuité bien localisé, et non plus deux, ce qui supprime tout risque d'interférences entre signaux réfléchis, et dans lequel les effets de désadaptation qui subsistent dans cet unique plan de discontinuité peuvent être facilement compensés.

L'invention concerne à cet effet un transformateur d'impédance caractérisé en ce qu'il comprend un seul plan de discontinuité géométrique, situé entre une première zone conductrice de largeur déterminée de ce transformateur et une deuxième zone conductrice raccordée dans ce plan à la première zone et dont la largeur varie progressivement et de façon continue et monotone à partir de cette valeur déterminée jusqu'à ce que la valeur d'impédance souhaitée soit atteinte, et en ce qu'un circuit d'adaptation est prévu dans la première zone de largeur constante, au voisinage de ce plan de discontinuité, pour assurer la transmission sans réflexion du signal hyperfréquence.

Plusieurs réalisations du circuit d'adaptation peuvent être proposées. Ce circuit peut par exemple comprendre au moins un ruban rectangulaire, ou deux rubans rectangulaires symétriques, raccordés transversalement à la première zone de largeur constante ; il est alors assimilable à un circuit capacitif pouvant corriger les effets inductifs et capacitifs qui subsistent dans le plan de discontinuité unique du transformateur.

Le transformateur d'impédance selon l'invention peut être élévateur ou abaisseur d'impédance. Dans le premier cas, la première zone a une impédance élevée, et la largeur de la deuxième zone augmente de façon continue et monotone en donnant à cette zone une forme dont la concavité est tournée vers l'intérieur de la zone, jusqu'à ce que la valeur d'impédance plus faible souhaitée soit atteinte. Au contraire, dans le deuxième cas, la première zone a une impédance faible, et la largeur de la deuxième zone diminue de façon continue et monotone en donnant à cette zone une forme dont la concavité est tournée vers l'extérieur de la zone, jusqu'à ce que la valeur d'impédance plus élevée souhaitée soit atteinte. On peut enfin, en associant en série un transformateur à concavité tournée vers l'intérieur de la zone de largeur variable et un transformateur à concavité tournée vers l'extérieur

de la zone de largeur variable de façon que la zone de largeur constante soit commune à ces deux transformateurs, obtenir deux diminutions ou deux élévations successives d'impédance, selon le sens de transmission du signal hyperfréquence.

5 Un autre but de l'invention est de proposer un additionneur-diviseur de puissance à large bande. Ce but est atteint, selon l'invention, en proposant un transformateur d'impédance dans lequel la deuxième zone de largeur continûment croissante à partir de l'extrémité de la première zone est divisée en deux
10 branches symétriques par une fente longitudinale. Ainsi, la puissance hyperfréquence pénétrant dans la première zone se répartit de façon symétrique à l'extrémité de cette zone entre les deux branches, répartition qui est accompagnée d'une multiplication par deux de l'impédance (par exemple passage de 50 ohms à
15 100 ohms). Dans le cas d'addition de puissance, le raisonnement est inverse : la puissance disponible dans les deux branches symétriques se concentre dans la première zone, cette concentration étant accompagnée d'une division par deux de l'impédance de chaque branche.

20 Selon d'autres modes de réalisation prévus pour cet additionneur-diviseur, les deux branches symétriques peuvent simplement s'écarter de la première zone en lui étant transversales, ou, en plus, revenir au voisinage l'une de l'autre à une distance du point où elles se forment voisine du quart de la longueur d'onde
25 associée à la fréquence centrale de la bande de fréquence transmise, pour permettre le branchement en parallèle sur chacune d'elles d'une résistance commune d'isolation, de longueur faible par rapport à cette longueur d'onde.

30 D'autres particularités et avantages de l'invention seront mieux compris en se référant à la description qui suit et aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, quelques réalisations de l'invention, et dans lesquels :

- la figure 1 montre un transformateur d'impédance selon l'état antérieur de la technique ;
- 35 - les figures 2a et 2b montrent deux réalisations du transformateur d'impédance selon l'invention ;
- les figures 3a et 3b montrent des variantes de réalisation du circuit d'adaptation (ces circuits étant éventuellement symétriques par rapport à l'axe longitudinal du transformateur

d'impédance, on n'en représente que la moitié) ;

- la figure 4 représente un transformateur d'impédance associant en série un transformateur selon la figure 2a et un transformateur selon la figure 2b ; et

5 - les figures 5 à 7 montrent trois exemples d'additionneurs-diviseurs conformes à l'invention.

Les transformateurs d'impédance représentés sur les figures 2a et 2b respectivement comprennent chacun une première zone conductrice 10 de largeur constante et d'impédance déterminée
10 et une deuxième zone conductrice 11 raccordée à cette première zone et de largeur continûment variable à partir du plan de discontinuité 12 séparant ces deux zones ; l'absence de tout autre plan de discontinuité que ce plan 12 évite la présence des interférences par réflexion constatées dans les dispositifs antérieurs,
15 tels que celui de la figure 1, et qui dénaturent complètement le signal hyperfréquence à transmettre. Ces transformateurs comprennent également un circuit d'adaptation prévu dans la zone 10 de largeur constante, au voisinage du plan 12. Ce circuit d'adaptation comprend ici deux rubans 14a et 14b, rectangulaires, symé-
20 triques, perpendiculaires à la zone 10, non conducteurs dans le cas du transformateur de la figure 2a et donc dirigés vers l'intérieur de la zone 10 de largeur constante, et conducteurs dans le cas de la figure 2b et alors dirigés vers l'extérieur de la zone 10. La largeur et la longueur de ces rubans 14a et 14b sont
25 suffisamment faibles pour qu'ils constituent un circuit capacitif venant corriger les effets inductifs et capacitifs qui subsistent en raison de l'existence du plan de discontinuité géométrique 12.

Le circuit d'adaptation à deux rubans 14a et 14b symétriques tel que celui de la figure 2b (ou à un seul ruban éventuel-
30 lement) peut être remplacé par des circuits équivalents tels que les variantes représentées sur les figures 3a et 3b. Comme chacun de ces circuits d'adaptation peut être symétrique par rapport à l'axe longitudinal du transformateur d'impédance, on n'a représenté à chaque fois qu'une moitié de ces circuits. La figure 3a
35 correspond au cas où l'on place (éventuellement de chaque côté de la ligne 10) deux rubans conducteurs 18a et 19a (et non plus un comme sur la figure 2b) distants au maximum du huitième de la longueur d'onde associée à la fréquence centrale de la bande de fréquence à transmettre. La figure 3b correspond à une variante

du circuit d'adaptation dans laquelle le ruban 14 s'élargit, aussitôt après sa zone de raccord à la première zone 10, en un deuxième ruban conducteur 20 ; on a ainsi constitué un circuit LC série venant en parallèle sur la première zone 10 et destiné à
5 compenser par son action le comportement en fréquence de la zone de discontinuité.

Quel que soit le circuit d'adaptation plus spécialement choisi, les transformateurs d'impédance des figures 2a et 2b permettent d'effectuer indifféremment une diminution ou une augmentation d'impédance selon le sens dans lequel on les utilise. La
10 forme concave du premier et la forme convexe du second assurent un passage progressif de la valeur d'impédance observée en fin de première zone conductrice 10 dans le plan de discontinuité à la valeur d'impédance souhaitée ; lorsque cette valeur souhaitée
15 est atteinte, et de la façon conforme à l'invention c'est-à-dire sans apparition d'aucune réflexion pratiquement, la largeur de la deuxième zone 11 ne varie plus.

En associant en série et de telle façon que leur zone de largeur constante leur soit commune les transformateurs d'impédance dit concave et convexe des figures 2a et 2b, on peut
20 réaliser un transformateur d'impédance à deux diminutions successives d'impédance, ou deux élévations successives, selon le sens dans lequel on l'utilise. Dans le cas représenté sur la figure 4, ce transformateur est tel que les plans A et B des figures 2a
25 et 2b coïncident, ce qui permet la suppression de tout circuit d'adaptation.

A partir du transformateur d'impédance dit convexe représenté sur la figure 2b, il est possible de réaliser un additionneur-diviseur de puissance (ou combineur de puissance), ou au
30 contraire un diviseur (ou répartiteur) de puissance, selon le sens dans lequel on l'utilise, en prévoyant une fente longitudinale 30 divisant toute la deuxième zone 11 en deux branches symétriques 31a et 31b (voir la figure 5). Ainsi, de part et d'autre du plan de discontinuité 12, on trouve une zone 10 de largeur constante
35 et d'impédance déterminée et deux branches 31a et 31b d'impédance deux fois plus forte mais dont la largeur réaugmente de façon continue et monotone jusqu'à ce que l'impédance de chaque branche soit redevenue égale à cette valeur déterminée. On a donc réalisé une division ou répartition de puissance (une addition ou combi-

naison de puissance si le signal hyperfréquence se propage en sens inverse) à l'aide d'un dispositif présentant un seul plan de discontinuité, dont les effets de désadaptation résiduels peuvent être compensés par un circuit d'adaptation de conception très simple.

Dans le cas de la variante de réalisation représentée sur la figure 6, les deux branches symétriques 31a et 31b s'écartent de la première zone 10 en lui étant perpendiculaires. Dans la variante représentée sur la figure 7, ces deux branches reviennent au voisinage l'une de l'autre à une distance du point où elles se forment voisine du quart de la longueur d'onde associée à la fréquence centrale de la bande de fréquence à transmettre, afin de permettre le branchement en parallèle entre ces branches d'une résistance commune d'isolation 32, de longueur faible par rapport à cette longueur d'onde.

Bien entendu la présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits et représentés, à partir desquels on pourra prévoir d'autres variantes sans pour cela sortir du cadre de l'invention. On notera en particulier que l'invention concerne tout circuit d'addition ou de division de puissance qui comprend en cascade ou selon une combinaison quelconque plusieurs additionneurs-diviseurs conformes à la description qui vient d'être faite, par exemple une source hyperfréquence de puissance réalisée à partir d'un certain nombre de diodes hyperfréquence couplées pour additionner leurs puissances respectives.

REVENDICATIONS :

1. Transformateur d'impédance pour ligne de transmission à constantes réparties réalisée en structure planar et notamment suivant la technique du microruban, caractérisé en ce qu'il
5 comprend un seul plan de discontinuité géométrique, situé entre une première zone conductrice de largeur déterminée de ce transformateur et une deuxième zone conductrice raccordée dans ce plan à la première zone et dont la largeur varie progressivement et de façon continue et monotone à partir de cette valeur
10 déterminée jusqu'à ce que la valeur d'impédance souhaitée soit atteinte, et en ce qu'un circuit d'adaptation est prévu dans la première zone de largeur constante, au voisinage de ce plan de discontinuité, pour assurer la transmission sans réflexion du signal hyperfréquence.
- 15 2. Transformateur d'impédance selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit d'adaptation comprend au moins un ruban rectangulaire raccordé transversalement à la première zone de largeur constante, la largeur et la longueur de ce ruban étant suffisamment faibles pour qu'il constitue un cir-
20 cuit capacitif destiné à corriger les effets inductifs et capacitifs qui se manifestent dans le plan de discontinuité entre les première et deuxième zones.
3. Transformateur d'impédance selon la revendication 2, caractérisé en ce que le circuit d'adaptation comprend deux
25 rubans rectangulaires symétriques raccordés transversalement à la première zone de largeur constante.
4. Transformateur d'impédance selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première zone correspond à une zone d'impédance plus élevée, et en ce que la largeur de
30 la deuxième zone augmente de façon continue et monotone en donnant à cette deuxième zone une forme dont la concavité est tournée vers l'intérieur de la zone, jusqu'à ce que la valeur d'impédance plus faible souhaitée soit atteinte.
5. Transformateur d'impédance selon la revendication 4,
35 caractérisé en ce que le ou les rubans du circuit d'adaptation sont conducteurs et dirigés vers l'extérieur de la première zone de largeur constante.

6. Transformateur d'impédance selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première zone correspond à une zone d'impédance plus faible, et en ce que la largeur de la deuxième zone diminue de façon continue et monotone en donnant à cette deuxième zone une forme dont la concavité est tournée vers l'extérieur de la zone, jusqu'à ce que la valeur d'impédance plus élevée souhaitée soit atteinte.
7. Transformateur d'impédance selon la revendication 6, caractérisé en ce que le ou les rubans du circuit d'adaptation sont non conducteurs et dirigés vers l'intérieur de la première zone de largeur constante.
8. Transformateur d'impédance caractérisé en ce qu'il comprend en série un transformateur d'impédance selon la revendication 4 et un transformateur d'impédance selon la revendication 6, la première zone de largeur constante étant commune à ces deux transformateurs en série.
9. Transformateur d'impédance selon la revendication 8, caractérisé en ce que la longueur de la zone commune de largeur constante est choisie de façon à permettre la suppression de tout circuit d'adaptation.
10. Transformateur d'impédance selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend, dans la deuxième zone de largeur croissante, une fente longitudinale divisant cette zone en deux branches symétriques de façon à constituer un additionneur-diviseur de puissance à large bande, la largeur de ces deux branches symétriques augmentant de façon continue et monotone à partir de sa valeur au voisinage du plan de discontinuité jusqu'à ce que la valeur d'impédance souhaitée soit atteinte.
11. Additionneur-diviseur selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'au point où se forment les deux branches symétriques, celles-ci s'écartent de la première zone en lui étant transversales.
12. Additionneur-diviseur selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'à une distance du point où se forment les deux branches symétriques voisine du quart de la longueur d'onde associée à la fréquence centrale de la bande de fréquence transmise, ces deux branches viennent au voisinage l'une de l'autre pour permettre le branchement en parallèle entre elles d'une résistance commune d'isolation, de longueur faible par rapport à cette longueur d'onde.

13. Circuit d'addition ou de division de puissance, caractérisé en ce qu'il comprend un nombre quelconque d'additionneurs-diviseurs selon l'une des revendications 10 à 12.

1/2

FIG.1

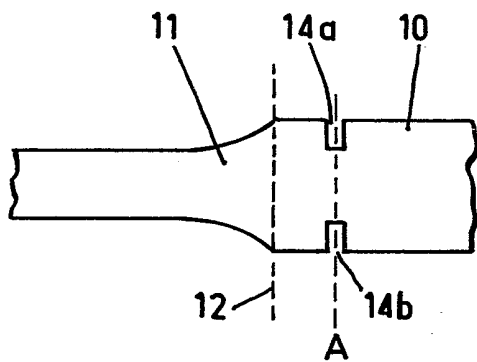
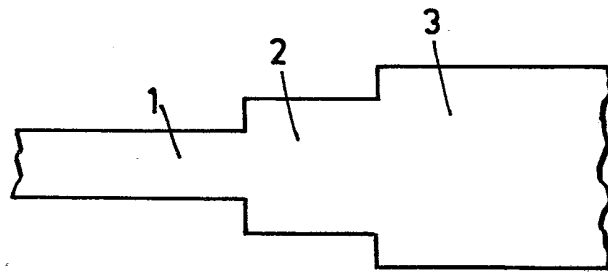


FIG.2a

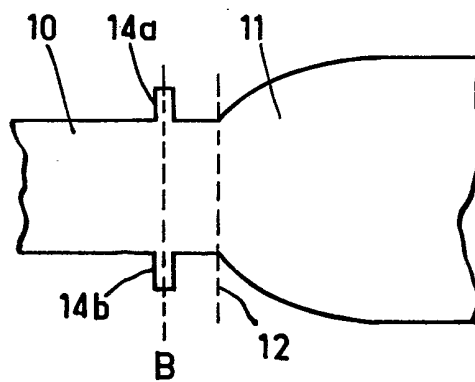


FIG.2b

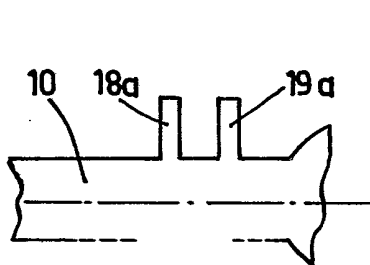


FIG.3a

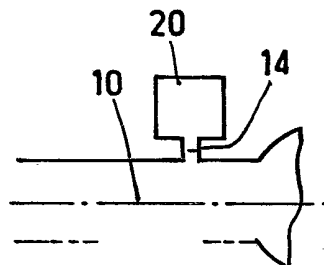


FIG.3b

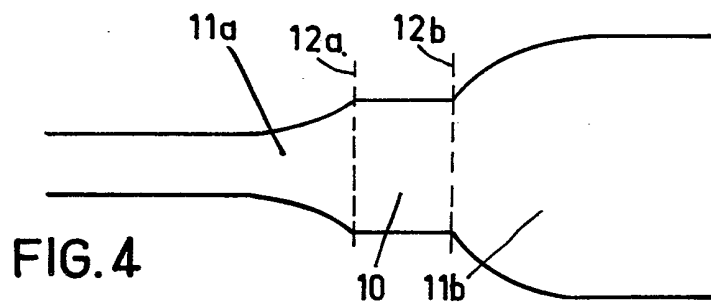


FIG.4

2/2

FIG.5

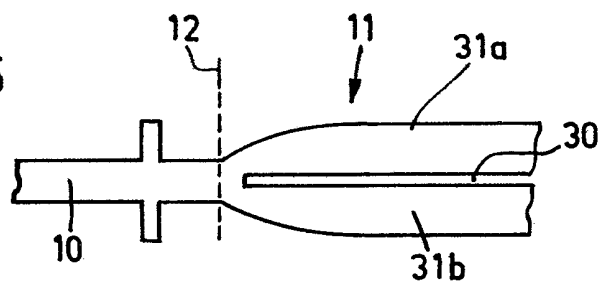


FIG.6

