



(11) **EP 2 510 574 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
22.04.2015 Bulletin 2015/17

(21) Numéro de dépôt: **10787756.5**

(22) Date de dépôt: **06.12.2010**

(51) Int Cl.:
H01P 5/107^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2010/069007

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/069980 (16.06.2011 Gazette 2011/24)

(54) **DISPOSITIF DE TRANSITION HYPERFRÉQUENCE ENTRE UNE LIGNE À MICRO-RUBAN ET UN GUIDE D'ONDE RECTANGULAIRE**

MIKROWELLENÜBERGANGSVORRICHTUNG ZWISCHEN EINER MIKROSTRIPLEITUNG UND EINEM RECHTECKIGEN WELLENLEITER

MICROWAVE TRANSITION DEVICE BETWEEN A MICROSTRIP LINE AND A RECTANGULAR WAVEGUIDE

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **07.12.2009 FR 0958684**

(43) Date de publication de la demande:
17.10.2012 Bulletin 2012/42

(73) Titulaire: **Airbus DS SAS
78990 Elancourt (FR)**

(72) Inventeurs:
• **ROBIN, Michel**
F-78160 Marly-le-Roi (FR)
• **TOLLERON, Guillaume**
F-78340 Les Clayes sous Bois (FR)

(74) Mandataire: **Bringer, Mathieu et al**
GEVERS FRANCE
9, rue Saint Antoine du T
31000 Toulouse (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-2008/060047 JP-A- 61 142 802
US-A- 4 636 753

EP 2 510 574 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne des composants passifs pour la propagation d'ondes hyperfréquences. Plus particulièrement, elle concerne un dispositif de transition planaire entre une ligne à micro-ruban conducteur ("microstrip" en anglais) et un composant en technologie guide d'onde rectangulaire.

[0002] La technologie à micro-ruban conducteur offre la possibilité d'intégrer relativement facilement des fonctions hyperfréquence à des fréquences de quelques gigahertz, notamment jusqu'en bande C. Cette technologie devient plus complexe à utiliser à des fréquences plus élevées, de quelques dizaines de gigahertz (bandes Ku, K et Ka). En effet, la nature rayonnante d'une ligne à micro-ruban nécessite le confinement des conducteurs dans une structure mécanique conductrice assurant un blindage électrique. Les dimensions de cette structure mécanique doivent être d'autant plus faibles que la fréquence est élevée.

[0003] Les guides d'onde à air sont par essence des structures non rayonnantes, mais se prêtent mal à l'intégration de fonctions complexes. Les guides d'onde sont de ce fait utilisés pour des dispositifs à faibles pertes ou pour des puissances hyperfréquence élevées. En remplaçant l'air par un diélectrique de permittivité relative supérieure à 1, les dimensions du guide d'onde se trouvent suffisamment réduites pour permettre une intégration d'un guide d'onde à substrat diélectrique ("Substrat Integrated Waveguide" en anglais) à une ligne à micro-ruban.

[0004] L'article "Integrated Microstrip and Rectangular Waveguide in Planar Form" de Dominic Deslandes et Ke Wu, IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS, Vol. 11, No. 2, février 2001, propose une solution à la transformation sans perte du mode de propagation quasi-TEM dans la ligne à micro-ruban au mode fondamental transverse électrique TE_{10} du guide d'onde. Le dispositif de transition selon cet article comporte un substrat diélectrique mince unique dans lequel sont intégrés une ligne à micro-ruban, un guide d'onde rectangulaire et un transformateur de mode planaire entre la ligne et le guide d'onde. Le transformateur de mode assure, outre la transformation du mode quasi-TEM en mode TE_{10} , la continuité électrique entre la ligne et le guide d'onde. Sur la face du substrat diélectrique supportant le ruban de la ligne, le transformateur de mode comprend un tronçon conducteur en trapèze isocèle dont la petite base est confondue avec une extrémité du ruban et la grande base est confondue avec une portion centrale du chant transversal d'un premier grand côté du guide d'onde. L'autre face du substrat diélectrique est entièrement recouverte d'une couche conductrice servant de plan de masse à la ligne et de second grand côté au guide d'onde. Les petits côtés longitudinaux du guide d'onde sont réalisés par deux rangées de trous métallisés ou par deux rainures métallisées pratiquées dans le substrat diélectrique. Ainsi la hauteur (ou l'épaisseur)

du guide d'onde peut être réduite avec peu d'influence sur la propagation du mode TE_{10} ce qui permet l'intégration du guide d'onde au substrat diélectrique mince de la ligne à micro-ruban tout en réduisant les pertes par rayonnement.

[0005] La structure du dispositif de transition de l'article précité est utilisée dans le brevet EP 1 376 746 B1 pour intégrer un filtre hyperfréquence à guide d'onde rectangulaire et une ligne à micro-ruban sur le même substrat diélectrique mince.

[0006] Une transition entre ligne et guide d'onde est connue de l'art antérieur WO210081060047.

[0007] L'objectif de l'invention est d'associer, au moyen d'un dispositif de transition hyperfréquence, une première technologie d'une ligne à micro-ruban à une deuxième technologie de guide d'onde différente de la première, tout en conservant les avantages de ces deux technologies.

[0008] A cette fin, un dispositif de transition comprenant un transformateur de mode entre une ligne à ruban conducteur intégrée dans une carte de circuit imprimé, et un guide d'onde rectangulaire, est caractérisé en ce que la carte comprend un logement contenant le guide d'onde dont un grand côté est coplanaire et coaxial au ruban de la ligne et l'autre grand côté est fixé sur une couche métallique de la carte au fond du logement, et le dispositif comporte un interstice enjambé par un élément métallique de liaison et situé entre le transformateur de mode et l'un des éléments comprenant la ligne et le guide d'onde.

[0009] Le transformateur de mode est intégré au substrat diélectrique de la carte selon la première technologie ou du guide d'onde selon la deuxième technologie. Si le transformateur de mode est intégré au substrat diélectrique de la carte, l'interstice et l'élément métallique de liaison sont situés entre le transformateur de mode et une extrémité du guide d'onde. Si le transformateur de mode est intégré au substrat diélectrique du guide d'onde, l'interstice et l'élément métallique de liaison sont situés entre une extrémité de la ligne à ruban et le transformateur de mode. L'interstice résulte d'une tolérance mécanique pour introduire la structure du guide d'onde dans le logement de la carte. L'élément métallique de liaison qui peut comprendre un ou plusieurs rubans de feuille métallique, ou un ou plusieurs fils métalliques, assure la continuité électrique entre le ruban de la ligne et un grand côté du guide d'onde via le transformateur de mode qui adapte les impédances de ces derniers en tenant compte de la désadaptation créée par l'interstice enjambé par l'élément de liaison. Les impédances sont adaptées dans le transformateur de mode par des tronçons de ligne à ruban dont les largeurs de ruban et les épaisseurs, c'est-à-dire les distances entre la ligne à micro-ruban et le plan de masse, croissent par paliers de la ligne à ruban vers le guide d'onde et dont les longueurs sont approximativement égales à un quart de longueur d'onde.

[0010] Quelle que soit la réalisation du dispositif de

transition, la technologie de la ligne à micro-ruban, comme celle d'une carte de circuit imprimé multicouche, et la technologie de fabrication du guide d'onde, comme la technologie SIW ("Substrate Integrated Waveguide" en anglais) sur substrat en céramique, sont conservées ce qui confère plus de flexibilité dans le choix des caractéristiques de la ligne et du guide d'onde, comme notamment des permittivités relatives de diélectrique de la carte et du guide d'onde différentes. En particulier, le guide d'onde peut être intégré dans un composant hyperfréquence ayant comme substrat une céramique ; les petits côtés du guide d'onde peuvent être constitués chacun par des rangées de trous métallisés en quinconce pour diminuer les pertes par rayonnement.

[0011] L'invention permet de réaliser des structures hyperfréquence à faible rayonnement, faible perte et de faible masse, en supprimant une grande partie de structure métallique et est ainsi particulièrement attrayante pour des équipements aéroportés. Elle permet l'association d'une ligne à micro-ruban à diverses structures à guide d'onde rectangulaire, telles que des filtres très sélectifs et des coupleurs à directivité élevée. En particulier, l'invention est appropriée pour la réalisation de têtes d'émission ou de réception, ou d'antennes réseau ou à balayage électronique, fonctionnant à des fréquences élevées jusqu'à quelques dizaines de gigahertz.

[0012] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un dispositif de transition comprenant un transformateur de mode entre une ligne à ruban intégrée dans une carte de circuit imprimé, et un guide d'onde rectangulaire. Le procédé est caractérisé par les étapes suivantes :

ménager dans la carte un logement dont le fond est constitué par une portion d'une couche métallique interne à la carte.

introduire le guide d'onde dans le logement afin qu'un grand côté du guide d'onde soit coplanaire et coaxial au ruban de ligne et l'autre grand côté du guide d'onde soit fixé sur la portion de la couche métallique, et

former et fixer un mince élément métallique de liaison enjambant un interstice entre le transformateur de mode et l'un des éléments comprenant la ligne et le guide d'onde.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations de l'invention données à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective de dessus de deux dispositifs de transition selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue en perspective et en coupe longitudinale axiale prise le long de la ligne II-II de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue en coupe longitudinale du dispositif de transition au niveau d'un transformateur de mode d'un dispositif de transition ;
- la figure 4 est une vue en perspective et en coupe longitudinale analogue à la figure 2 et à plus grande échelle, au niveau d'un interstice entre le transformateur de mode et un composant hyperfréquence passif du dispositif de transition ;
- la figure 5 est une vue en coupe transversale d'une ligne à micro-ruban du dispositif de transition ; et
- la figure 6 est une vue en coupe transversale de la structure en guide d'onde rectangulaire du composant hyperfréquence.

[0014] Selon une réalisation de l'invention montrée aux figures 1 à 4, un dispositif de transition est un circuit hyperfréquence passif entre une ligne à micro-ruban 1 intégrée dans une carte de circuit imprimé mince 2 du type multicouche PCB ("Printed Circuit Board" en anglais) et un composant hyperfréquence 3 à structure de guide d'onde rectangulaire entre lesquels un transformateur de mode planaire 4 est prévu. Dans les figures, deux dispositifs de transition symétriques par rapport au plan transversal du composant hyperfréquence 3 sont agencés aux extrémités longitudinales du composant sur la même carte 2. Le composant 3 est à rapporter sur la carte 2 pour s'adapter au mieux aux caractéristiques dimensionnelles et de propagation de la ligne à micro-ruban 1. La carte 2 intégrant la ligne à micro-ruban 1 sert ainsi de support du composant 3.

[0015] La carte de circuit imprimé 2 est un circuit à micro-onde et présente une section transversale de faible épaisseur E comparativement à sa largeur L . La carte comprend des couches de substrat diélectrique 20 entre lesquelles sont noyées des couches métalliques internes superposées sous une première face de la carte. Les couches métalliques internes sont une couche de masse 12 pour la ligne 1 et des couches de masse 21 à 23 sous la couche 12 pour les transformateurs de mode 4, comme cela sera précisé plus loin. Les couches métalliques 12, 21 et 22 s'étendent sur toute la largeur L de la carte et dans une profondeur b de la carte égale à la hauteur du composant 3. La couche 23 située à la profondeur b et une autre couche métallique de masse 24 déposée sur une seconde face de la carte 2 sont séparées par une couche du substrat 20 d'épaisseur $E - b$ et s'étendent sur toute la longueur et toute la largeur de la carte. Les couches 23 et 24 constituent des plans de masse communs à tous les composants supportés par la carte. Les diverses couches 12 et 21 à 24 sont reliées entre elles par de nombreux petits trous métallisés 25 perpendiculaires aux faces de la carte.

[0016] Comme montré aux figures 1, 2, 3 et 5, la ligne 1 comprend une couche 10 du substrat 20, un ruban métallique rectiligne 11 sur la couche 10 au niveau de la première face de la carte et le long de l'axe longitudinal XX de la carte, et un plan de masse formé par la couche métallique interne 12 sous-jacente à la portion de la pre-

mière face de la carte supportant le ruban 11.

[0017] Entre les couches métalliques 23 et 24 de la carte peuvent être prévus d'autres dispositifs hyperfréquence (non représentés).

[0018] Le substrat 20 est un diélectrique de permittivité relative faible ϵ_{r2} . La largeur w du ruban 11 et l'épaisseur e de la ligne, par exemple d'environ $E/12$, sont petites, notamment par rapport à la largeur L de la carte et du plan de masse 12, afin que la ligne à micro-ruban 1 puisse propager une onde guidée en mode quasi-TEM dans la gamme des ondes centimétriques, notamment pour des fréquences élevées de quelques gigahertz à une quarantaine de gigahertz pour couvrir par exemple tout ou partie des bandes de fréquence Ku, K et Ka. Une grande partie de l'énergie se propage dans le diélectrique et une petite partie se propage dans l'air à proximité du ruban conducteur 11. L'impédance caractéristique $Z1_c$ de la ligne à micro-ruban, typiquement de 50Ω , est fonction principalement de la largeur w du ruban et de l'épaisseur e et de la permittivité ϵ_{r2} du substrat diélectrique utilisé 20.

[0019] Comme montré aux figures 1, 2 et 5, de part et d'autre du ruban conducteur 11, la ligne 1 est blindée par deux couches métalliques 13 s'étendant symétriquement par rapport à l'axe XX, coplanaires au ruban 11 sur la première face de la carte 2 et longeant parallèlement le ruban 11 à une distance prédéterminée de quelques largeurs w du ruban 11 pour confiner les lignes de champ électrique vers le ruban. Les couches de blindage 13 sont reliées aux couches de masse 12 et 21 à 24 par des trous métallisés 25.

[0020] Le composant hyperfréquence passif 3 est fabriqué selon une technologie SIW ("Substrate Integrated Waveguide" en anglais) à guide d'onde 31-32 intégré dans un substrat diélectrique 33 à section rectangulaire. Comme montré aux figures 1, 2, 3, 4 et 6, la section rectangulaire du guide d'onde comporte des grands côtés formés par deux couches métalliques longitudinales 31s et 31i sur les grandes faces du substrat 33 et des petits côtés formés par deux paires de rangées longitudinales périphériques de trous métallisés 321 et 322 disposés en quinconce et traversant le substrat 33. Les paires de rangées de trous 321 et 322 sont symétriques par rapport au plan axial longitudinal du composant 3. La distance entre deux trous voisins 321, 322 dans chaque rangée est sensiblement égale au diamètre des trous et nettement inférieure à la longueur d'onde de fonctionnement du guide d'onde pour minimiser toute perte par rayonnement. La largeur a du guide d'onde est définie par la distance entre les paires de rangées de trous métallisés 321-322 en dépendance des dimensions des trous et du pas entre les trous. La hauteur b du guide d'onde dans le sens de l'épaisseur E de la carte 2 est définie par la distance entre les couches métalliques 31s et 31i. En variante, le guide d'onde 31-32 est remplacé par un guide d'onde 31-32 à section rectangulaire classique ayant des parois métalliques pleines et rempli du substrat diélectrique 34. La technologie de fabrication SIW du composant 3 utilise dans la réalisation présentée

un procédé céramique à basse température LTCC ("Low Temperature Cofired Ceramic" en anglais) selon lequel le substrat diélectrique 33 est une céramique ayant une permittivité relative ϵ_{r3} plus élevée que celle ϵ_{r2} du substrat diélectrique 20 de la carte 2 et donc de celle de la couche de substrat 10 de la ligne à micro-ruban 1.

[0021] Dans d'autres variantes du dispositif de transition, les diélectriques du substrat 20 de la carte 2 et de la ligne 1 et du substrat 33 du guide d'onde 31-32 peuvent être de même nature et avoir des permittivités relatives ϵ_{r2} et ϵ_{r3} identiques.

[0022] Afin d'éviter les discontinuités de propagation et de faciliter le changement du mode quasi-TEM de la ligne à micro-ruban vers le mode TE_{10} du guide d'onde, la hauteur b de celui-ci est choisie égale à l'épaisseur disponible dans la carte 2. A cette fin, dans la carte 2 est ménagé un logement parallélépipédique 26 pour intercaler avec un jeu transversal le composant 3 à guide d'onde 31-32 entre des extrémités des transformateurs de mode 4. La hauteur du logement 26 est égale à la hauteur b du guide d'onde et à l'épaisseur entre le ruban métallique 11 de la ligne à micro-ruban 1 et la couche métallique interne 23. La face externe du grand côté du guide d'onde formé par la couche métallique 31s est coplanaire au ruban 11 de la ligne 1, et la face externe de l'autre grand côté du guide d'onde formé par la couche métallique 31i est en contact mécanique et électrique avec la portion de la couche métallique 23 au fond du logement. La portion de la carte sous-jacente au logement 26 d'épaisseur $E - b$ entre les couches métalliques 23 et 24 est préservée pour éventuellement y intégrer un ou plusieurs dispositifs hyperfréquence. La longueur du logement 26 est sensiblement supérieure à la longueur du guide d'onde 31-32 et du composant 3 pour faciliter sa pose avec un jeu de tolérance mécanique. La largeur du logement 26 peut être égale à la largeur L de la carte pour usiner aisément la carte. La largeur du composant 3 supérieure à la largeur a du guide d'onde 31-32 est en général au plus égale à celle L de la carte 2 et est déterminée en fonction de la fréquence de coupure du mode TE_{10} dans le guide d'onde qui est fonction de $2a$. Par exemple le rapport a/b est d'environ 10 à 15 et le guide d'onde est ainsi plat. Le composant 3 avec le guide d'onde 31-32 est centré dans le logement 26 et fixé par brasage de la couche métallique 31 i sur la portion de la couche métallique 23 au fond du logement 26 en prenant soin d'aligner le plan axial longitudinal de symétrie du guide d'onde avec l'axe de symétrie longitudinal XX du ruban 11 de la ligne 1.

[0023] Selon la réalisation illustrée, le composant hyperfréquence passif 3 à structure planaire en guide d'onde rectangulaire 31-32 est un filtre hyperfréquence passe-bande comprenant six paires de trous métallisés 34 traversant le substrat diélectrique 33 et reliés aux couches métalliques 31s et 31 i. Les paires de trous métallisés 34 sont disposées symétriquement par rapport aux plans axiaux longitudinal et transversal du composant. L'agencement des trous 34 constitue des piliers inductifs

dépendant de la réponse en fréquence du filtre. Selon un autre exemple, le composant hyperfréquence 3 est conçu en un coupleur directif.

[0024] Le transformateur de mode de propagation 4 dans un dispositif de transition relie des extrémités en regard du ruban 11 de la ligne à micro-ruban 1 et du grand côté 31s du guide d'onde 31-32 coplanaire au ruban 11, et relie la couche interne de plan de masse 12 de la ligne à micro-ruban au grand côté 31i du guide d'onde 31-32 fixé à la couche métallique 23 au fond du logement 26. Le transformateur de mode 4 transforme progressivement en minimisant les pertes le mode quasi-TEM de la ligne à micro-ruban 1 en un mode guidé TE₁₀ du guide d'onde 31-32 et adapte leurs impédances. La structure planaire du transformateur de mode est conçue pour constituer un quadripôle quasi-parfait dont les paramètres de transmission S_{12} et S_{21} aux bornes du quadripôle sont approximativement égaux à 1 et dont les paramètres de réflexion S_{11} et S_{22} aux bornes du quadripôle sont approximativement égaux à 0, compte-tenu en pratique, des pertes induites par les conducteurs et les diélectriques imparfaits.

[0025] Le transformateur de mode 4 peut être intégré au guide d'onde 31-32, ou bien être intégré à la carte 2, comme décrit ci-après et montré aux figures 1 à 4. L'impédance caractéristique d'une ligne à micro-ruban décroissant lorsque le rapport w/e croît, le transformateur de mode 4 comporte N tronçons de ligne à micro-ruban 21-41 à 2N-4N symétriques par rapport au plan longitudinal de la ligne 1 ayant pour axe XX. Le nombre N est en général au moins égal à 1 et dépend de la technologie de fabrication en couches de la carte 2 et de celle du composant hyperfréquence 3. Les longueurs des tronçons du transformateur de mode 4 sont approximativement égales au quart de la longueur d'onde de la fréquence centrale de fonctionnement et permettent une transformation d'impédance progressive en minimisant des réflexions parasites aux jonctions entre les tronçons. Le transformateur de mode 4 selon la réalisation illustrée comprend N = 3 tronçons de ligne 21-41, 22-42 et 2N-4N = 23-43. Le ruban 4N = 43 le plus proche du composant 3 a des bords longitudinaux sensiblement colinéaires aux arêtes internes longitudinales du guide d'onde 31-32 délimitées par la grande paroi 31s et les rangées de trous métallisés 321. Comme montré en détail à la figure 4, la pose avec jeu transversal du composant 3 dans le logement 26 de la carte 2 crée deux interstices d'air 5 de plusieurs dixièmes de millimètre entre les extrémités longitudinales du composant 3, et donc du guide d'onde 31-32, et les extrémités longitudinales des tronçons de ligne 2N-4N = 23-43 des transformateurs de mode 4. Pour chaque transformateur de mode 4, un mince élément métallique de liaison 6 de longueur a enjambe l'interstice respectif 5 et est interposé au niveau des chants transversaux en regard du ruban 4N = 43 et de la couche métallique 31s du guide d'onde pour assurer une continuité électrique entre ces chants. L'élément de liaison 6 peut être réalisé par un mince ruban métallique

ou plusieurs minces rubans métalliques juxtaposés, par exemple découpés dans une feuille d'or, ou de minces fils métalliques juxtaposés, s'étendant parallèlement à l'axe XX et ayant des extrémités brasées sur le ruban 4N = 43 et la couche 31s pour couvrir l'interstice sur la largeur a. Le fond de l'interstice 5 est une petite portion de la couche métallique de masse 23 assurant la continuité électrique entre les plans de masse 12, 21, 22 et 23 de la ligne 1 et des tronçons de ligne 21-41, 22-42 et 23-43, via les trous métallisés 25, et la couche métallique 31i du composant 3 fixée sur la portion sous-jacente de la couche métallique de masse 23. A cause de la transition entre tronçon de ligne à micro-ruban et diélectrique et ligne à micro-ruban et air et de la transition entre ligne à micro-ruban et air et guide d'onde au niveau de l'interstice d'air 5, les longueurs des tronçons de ligne sont quelque peu différentes entre elles et peuvent être chacune quelque peu inférieure, égale ou quelque peu supérieure au quart de la longueur d'onde de fonctionnement afin de compenser des effets parasites notamment de réflexion d'onde aux diverses transitions, en particulier au niveau de l'interstice 5, et de ramener par le transformateur 4 une impédance égale à l'impédance caractéristique Z_{1c} de la ligne 1, à la jonction entre celle-ci et le premier tronçon de ligne 21-41.

[0026] Comme montré aux figures 1 et 2, les tronçons de ligne 21-41, 22-42 et 23-43 sont blindés par des paires symétriques de couches métalliques 47, 48 et 49 prolongeant les couches de blindage 13. Les couches de blindage 47, 48 et 49 sont coplanaires aux rubans 41, 42 et 43 sur la première face de la carte et longent parallèlement ces rubans à la distance prédéterminée de quelques largeurs w du ruban 11. Les couches de blindage 47, 48 et 49 sont reliées respectivement aux couches de masse sous-jacentes 12 et 21 à 24 par des trous métallisés 25.

[0027] Dans une deuxième réalisation où le transformateur de mode est intégré au guide d'onde 31-32 et donc au composant 3, le logement 26 ménagé dans la carte est beaucoup plus long. L'agencement des tronçons de ligne 21-41, 22-42 et 23-43 avec les couches de blindage 47, 48 et 49 et la largeur a du guide d'onde demeurent. Les rubans 41, 42 et 43 sont issus de la même couche métallique que le grand côté 31s du guide et en continuité électrique avec celui-ci sur la même face du substrat 33 de la structure du guide d'onde. Les dimensions des tronçons de ligne dont les couches métalliques de masse sont superposées et intégrées dans le substrat 33 de la structure du guide d'onde, qui est alors du type multicouche, sont modifiées en fonction notamment de la permittivité relative ϵ_{r3} . Le ruban 4N = 43 le plus proche du composant 3 a encore la largeur a du guide d'onde 31-32 et est lié directement à l'extrémité transversale du grand côté 31 s du guide d'onde. L'interstice d'air 5 est ainsi supprimé entre le tronçon de ligne 23-43 et le guide d'onde 31-32 et remplacé par un interstice d'air dû au jeu nécessaire à l'introduction de l'ensemble monolithique du composant avec les deux trans-

formateurs de mode dans le logement de la carte. L'interstice d'air est situé entre l'extrémité de la ligne à ruban 1 et le tronçon de ligne 21-41 ayant le ruban le moins large et est enjambé par un mince élément métallique de liaison similaire à l'élément 6, mais de largeur w , et brasé aux rubans 11 et 41.

[0028] Le procédé de fabrication du dispositif de transition comprend les étapes suivantes. Lors de la fabrication de la carte de circuit imprimé multicouche selon la réalisation illustrée, le transformateur de mode 4 est intégré à la carte, ou bien dans la deuxième de réalisation de l'invention, le transformateur de mode est intégré à la structure en guide d'onde du composant.

[0029] Puis le logement parallélépipédique 26 est ménagé dans la carte 2 à une profondeur égale à la hauteur b du guide d'onde rectangulaire 31-32, par exemple au moyen d'une matrice ayant les dimensions du logement lors la compression des couches du substrat diélectrique 20 superposées et revêtues des diverses couches métalliques au cours de la fabrication de la carte, afin qu'une portion de la couche de masse interne 23 constitue le fond du logement.

[0030] Le guide d'onde rectangulaire 31-32, ou en particulier le composant 3 à structure en guide d'onde rectangulaire, est introduit avec jeu longitudinal et centré dans le logement 26 afin que le grand côté 31s du guide d'onde soit coplanaire et coaxial au ruban 11 de la ligne 1 et l'autre grand côté 31i du guide d'onde soit fixé par brasure sur la portion de la couche métallique 23 de la carte au fond du logement. Le jeu longitudinal résulte d'une tolérance mécanique pour insérer le guide d'onde rectangulaire 31-32, ou en particulier le composant 3, dans le logement 26.

[0031] Puis un ruban ou une nappe de plusieurs rubans juxtaposés, découpé dans une feuille métallique, ou une nappe de plusieurs fils métalliques juxtaposés, ayant une largeur supérieure à la largeur de l'interstice 5 et une épaisseur similaire à celle des couches métalliques est présenté sur l'interstice 5 pour former le mince élément métallique de liaison 6. Les extrémités longitudinales de l'élément métallique de liaison sont fixées sur les bords de l'interstice 5. Pour la réalisation illustrée dans les figures, l'élément métallique de liaison 6 enjambe l'interstice 5 entre le transformateur de mode 4 intégré à la carte 2 et le guide d'onde 31-32, a une longueur égale à la largeur a du guide d'onde, et a des extrémités longitudinales brasées au bord transversal du plus large ruban 43 des tronçons de ligne 21-41, 22-42 et 2N-4N = 23-43 du transformateur de mode et au bord transversal du grand côté 31s du guide d'onde. Pour la deuxième réalisation, l'élément métallique de liaison 6 enjambe l'interstice entre la ligne à micro-ruban 1 et le transformateur de mode 4 intégré à la structure en guide d'onde 31-32, a une longueur égale à la largeur w du ruban conducteur 11, et a des extrémités longitudinales brasées au bord transversal du ruban 11 et au bord transversal du moins large ruban 41 des tronçons de ligne 21-41, 22-42 et 2N-4N = 23-43 du transformateur de mode.

Revendications

1. Dispositif de transition comprenant un transformateur de mode (4) entre une ligne à ruban conducteur (1) intégrée dans une carte de circuit imprimé (2), et un guide d'onde rectangulaire (31-32), **caractérisé en ce que** la carte comprend un logement (26) contenant le guide d'onde dont un grand côté (31s) est coplanaire et coaxial au ruban (11) de la ligne et l'autre grand côté (31i) est fixé sur une portion d'une couche métallique (23) de la carte au fond du logement, et le dispositif comporte un interstice (5) enjambé par un élément métallique de liaison (6) et situé entre le transformateur de mode (4) et "ledit grand côté (31s) du guide d'onde coplanaire et coaxial au ruban (11) de la ligne."
2. Dispositif conforme à la revendication 1, dans lequel l'élément métallique de liaison (6) comprend un ou plusieurs rubans juxtaposés de feuille métallique, ou plusieurs fils métalliques juxtaposés.
3. Dispositif conforme à la revendication 1 ou 2, dans lequel le transformateur de mode (4) comprend des tronçons de ligne à ruban (21-41, 22-42, 23-43) dont les largeurs de ruban et les épaisseurs croissent de la ligne à ruban (1) vers le guide d'onde (31-32) et dont les longueurs sont approximativement égales à un quart de longueur d'onde.
4. Dispositif conforme à la revendication 3, comprenant des couches métalliques de blindage (47, 48, 49) longeant les rubans (41, 42, 43) des tronçons de ligne à ruban et coplanaires à ces rubans et reliées à des couches métalliques de blindage (13) longeant le ruban (11) de la ligne et coplanaires à celui-ci.
5. Dispositif conforme à l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les permittivités relatives de diélectrique (10-20 ; 33) de la carte et du guide d'onde (31-32) sont différentes.
6. Dispositif conforme à l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le guide d'onde (31-32) est intégré dans un composant hyperfréquence (3) ayant comme substrat (33) une céramique.
7. Dispositif conforme à l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le guide d'onde comporte des petits côtés constitués chacun par des rangées de trous métallisés en quinconce (321- 322).
8. Procédé de fabrication d'un dispositif de transition comprenant un transformateur de mode (4) entre une ligne à ruban (1) intégrée dans une carte de circuit imprimé (2), et un guide d'onde rectangulaire (31-32), **caractérisé par** les étapes suivantes :

ménager dans la carte (2) un logement (26) dont le fond est constitué par une portion d'une couche métallique (23) interne à la carte.

introduire le guide d'onde dans le logement (26) afin qu'un grand côté (31s) du guide d'onde soit coplanaire et coaxial au ruban (11) de ligne et l'autre grand côté (31 i) du guide d'onde soit fixé sur la portion de la couche métallique, et former et fixer un mince élément métallique de liaison (6) enjambant un interstice (5) entre le transformateur de mode (4) et "ledit grand côté (31s) du guide d'onde coplanaire et coaxial au ruban (11) de la ligne."

9. Procédé conforme à la revendication 8, comprenant une intégration de tronçons de ligne à ruban (21-41, 22-42 et 23-43) à la carte pour former le transformateur de mode, les tronçons de ligne à ruban comportant respectivement des couches métalliques de masse superposées dans la carte et des rubans métalliques sur une face de la carte et ayant des largeurs de ruban et des épaisseurs croissant de la ligne à ruban (1) vers le guide d'onde (31-32) et des longueurs approximativement égales à un quart de longueur d'onde, et une fixation de l'élément métallique de liaison (6) au plus large ruban (43) des tronçons de ligne et à un grand côté (31 s) du guide d'onde.
10. Procédé conforme à la revendication 8, comprenant une intégration de tronçons de ligne à ruban (21-41, 22-42 et 23-43) à la structure du guide d'onde (31-32) pour former le transformateur de mode, les tronçons de ligne à ruban comportant respectivement des couches métalliques de masse superposées dans la structure du guide d'onde et des rubans métalliques sur une face de la structure du guide d'onde et ayant des largeurs de ruban et des épaisseurs croissant de la ligne à ruban (1) vers le guide d'onde (31-32) et des longueurs approximativement égales à un quart de longueur d'onde, et une fixation de l'élément métallique de liaison (6) au ruban (11) de la ligne et au moins large ruban (41) des tronçons de ligne.

Patentansprüche

1. Übergangsvorrichtung, umfassend einen Wellenformwandler (4) zwischen einer Streifenleitung (1), die in eine Leiterplatte (2) integriert ist, und einem rechteckigen Wellenleiter (31-32), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiterplatte eine Aufnahme (26) umfasst, die den Wellenleiter enthält, von dem eine große Seite (31 s) koplanar und coaxial zu dem Streifen (11) der Leitung ist und die andere große Seite (31 i) an einem Teil einer Metallschicht (23) der Leiterplatte am Boden der Aufnahme befestigt

ist und die Vorrichtung einen Zwischenraum (5) aufweist, der von einem metallischen Verbindungselement (6) überspannt ist und sich zwischen dem Wellenformwandler (4) und der großen Seite (31 s) des Wellenleiters, die zu dem Streifen (11) der Leitung koplanar und coaxial ist, befindet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das metallische Verbindungselement (6) ein oder mehrere nebeneinanderliegende Streifen aus Metallfolie oder mehrere nebeneinanderliegende Metalldrähte umfasst.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Wellenformwandler (4) Streifenleitungsabschnitte (21-41, 22-42, 23-43) umfasst, deren Streifenbreiten und Dicken von der Streifenleitung (1) zu dem Wellenleiter (31-32) hin ansteigen und deren Längen annähernd gleich einem Viertel der Wellenlänge sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, umfassend metallische Abschirmungsschichten (47, 48, 49), die an den Streifen (41, 42, 43) der Streifenleitungsabschnitte entlang führen und zu diesen Streifen koplanar sind und mit metallischen Abschirmungsschichten (13) verbunden sind, die an dem Streifen (11) der Leitung entlang führen und zu diesem koplanar sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die relativen Dielektrizitätskonstanten (10-20; 33) der Leiterplatte und des Wellenleiters (31-32) unterschiedlich sind.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Wellenleiter (31-32) in eine Hyperfrequenzkomponente (3) integriert ist, deren Substrat (33) eine Keramik ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Wellenleiter kleine Seiten aufweist, die jede durch Reihen versetzt angeordneter durchkontaktierter Bohrungen (331-332) gebildet sind.
8. Verfahren zur Herstellung einer Übergangsvorrichtung, umfassend einen Wellenformwandler (4) zwischen einer Streifenleitung (1), die in eine Leiterplatte (2) integriert ist, und einen rechteckigen Wellenleiter (31-32), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - Ausbilden in der Leiterplatte (2) einer Aufnahme (26), deren Boden von einem Teil einer Metallschicht (23) in der Leiterplatte bildet wird,
 - Einführen des Wellenleiters in die Aufnahme (26), damit eine große Seite (31 s) des Wellenleiters koplanar und coaxial zu dem Streifen (11) der Leitung ist und die andere große Seite (31 i) des Wellenleiters an dem Teil der Metall-

schicht befestigt ist, und

- Bilden und Befestigen eines dünnen metallischen Verbindungselements (6), das einen Zwischenraum zwischen dem Wellenformwandler (4) und der großen Seite (31 s) des Wellenleiters, die zu dem Streifen (11) der Leitung koplanar und koaxial ist, überspannt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, umfassend eine Integration von Streifenleitungsabschnitten (21-41, 22-42 und 23-43) in die Karte, um den Wellenformwandler zu bilden, wobei die Streifenleitungsabschnitte jeweils metallische Masseschichten, die in der Karte übereinanderliegen, und Metallstreifen auf einer Fläche der Karte aufweisen und Streifenbreiten und Dicken haben, die von der Streifenleitung (1) zu dem Wellenleiter (31-32) hin ansteigen und deren Längen annähernd gleich einem Viertel der Wellenlänge sind, und eine Befestigung des metallischen Verbindungselements (6) an dem breitesten Streifen (43) der Leitungsabschnitte und an einer großen Seite (31 s) des Wellenleiters.
10. Verfahren nach Anspruch 8, umfassend eine Integration von Streifenleitungsabschnitten (21-41, 22-42 und 23-43) in die Struktur des Wellenleiters (31-32), um den Wellenformwandler zu bilden, wobei die Streifenleitungsabschnitte metallische Masseschichten, die in der Struktur des Wellenleiters übereinanderliegen, bzw. Metallstreifen auf einer Fläche der Struktur des Wellenleiters aufweisen und Streifenbreiten und Dicken haben, die von der Streifenleitung (1) zu dem Wellenleiter (31-32) hin ansteigen und deren Längen annähernd gleich einem Viertel der Wellenlänge sind, und eine Befestigung des metallischen Verbindungselements (6) an dem Streifen (11) der Leitung und an dem schmalsten Band (41) der Leitungsabschnitte.

Claims

1. A transition device comprising a mode transformer (4) between a conductive strip line (1) integrated into a printed circuit board (2), and a rectangular waveguide (31-32), **characterized in that** the board comprises a housing (26) containing the waveguide having a large sidewall (31 s) coplanar and coaxial to the strip (11) of the line and another large sidewall (31 i) fixed onto a portion of a metallic layer (23) of the board at the bottom of the housing, and the device comprises a gap (5) bridged by a linking metallic element (6) and located between the mode transformer (4) and the said large sidewall (31s) of the waveguide coplanar and coaxial to the strip (11) of the line.
2. The device according to claim 1, wherein the linking

metallic element (6) comprises one or more side by side strips of metallic sheet, or several side by side metallic wires.

3. The device according to claim 1 or 2, wherein the mode transformer (4) comprises strip line segments (21-41, 22-42, 23-43) having strip widths and thicknesses increasing from the strip line (1) to the waveguide (31-32) and having lengths approximately equal to one quarter of wavelength.
4. The device according to claim 3, comprising shielding metallic layers (47, 48, 49) extending along the strips (41, 42, 43) of the strip line segments and coplanar to those strips and linked to the metallic shielding layers (13) extending along and coplanar to the strip (11) of the line.
5. The device according to one of claims 1 to 4, wherein the dielectric relative permittivities (10-20; 33) of the board and the waveguide (31-32) are different.
6. The device according to one of claims 1 to 5, wherein the waveguide (31-32) is integrated into a microwave component (3) having a ceramic as a substrate (33).
7. The device according to one of claims 1 to 6, wherein the waveguide includes small sidewalls each comprising rows of staggered metallized holes (321-322).
8. A method for manufacturing a transition device comprising a mode transformer (4) between a strip line (1) integrated into a printed circuit board (2), and a rectangular waveguide (31-32), **characterized by** the following steps:

arranging in the board (2) a housing (26) having a bottom consisting in a portion of metallic layer (23) internal to the board,

introducing the waveguide into the housing (26) so that a large sidewall (31 s) of the waveguide be coplanar and coaxial to the line strip (11) and another large sidewall (31 i) of the waveguide be fixed onto the portion of the metallic layer, and forming and fixing a thin linking metallic element (6) bridging a gap (5) between the mode transformer (4) and the said large sidewall (31 s) of the waveguide coplanar and coaxial to the strip (11) of the line.
9. The method according to claim 8, comprising integrating strip line segments (21-41, 22-42 and 23-43) to the board so as to form the mode transformer, the strip line segments respectively including ground metallic layers superimposed in the board and metallic strips on a face of the board and having strip widths and thicknesses increasing from the strip line

(1) to the waveguide (31-32) and lengths approximately equal to one quarter of wavelength, and fixing the linking metallic element (6) to the widest strip (43) of the line segments and to a large sidewall (31s) of the waveguide.

5

10. The method according to claim 8, comprising integrating strip line segments (21-41, 22-42 and 23-43) to the waveguide structure (31-32) so as to form the mode transformer, the strip line segments respectively including ground metallic layers superimposed in the structure of the waveguide and metallic strips on a face of the structure of the waveguide and having strip widths and thicknesses increasing from the strip line (1) to the waveguide (31-32) and lengths approximately equal to one quarter of wavelength, and fixing the linking metallic element (6) to the strip (11) of the line and at least large strip (41) of the line segments.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

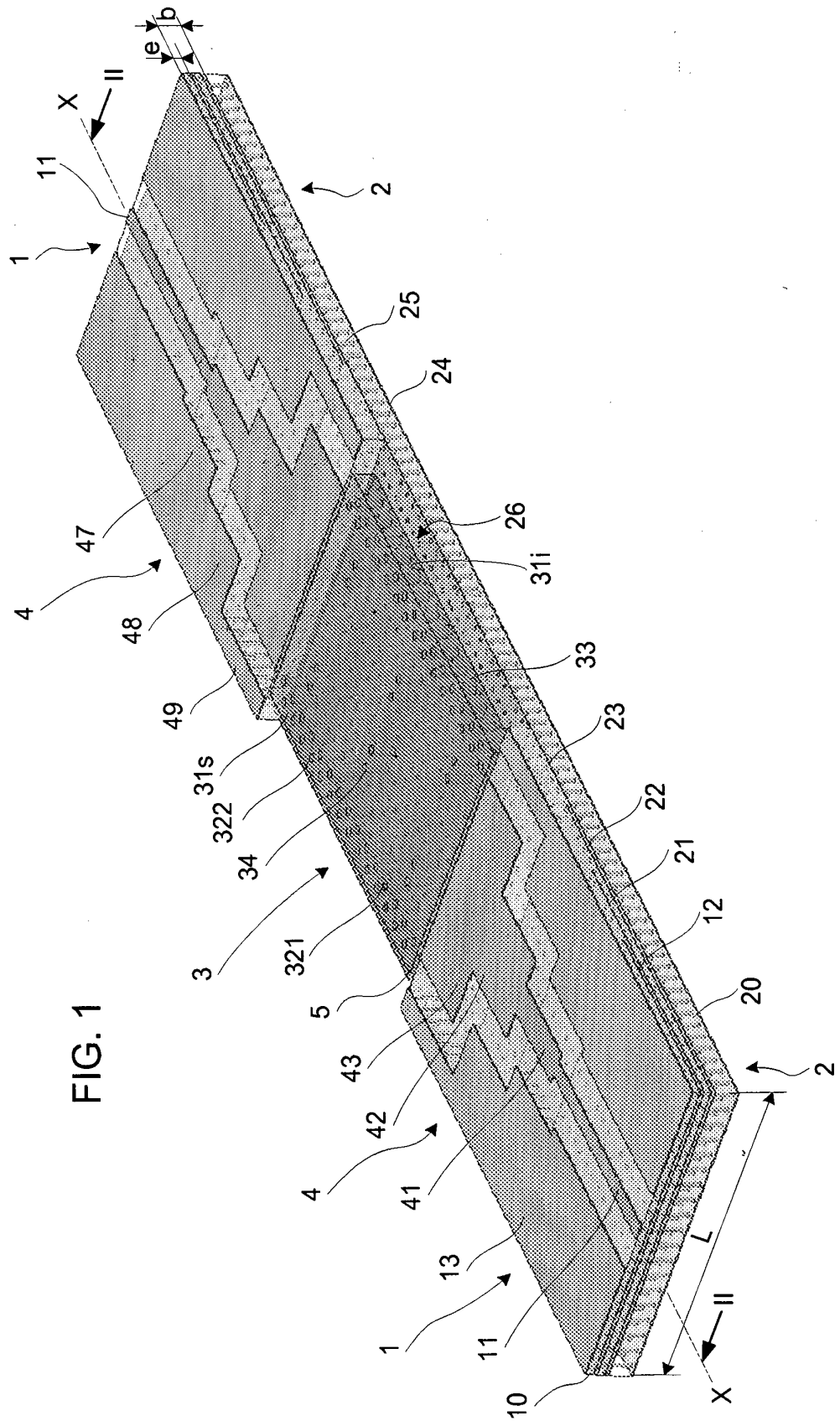


FIG. 1

FIG. 2

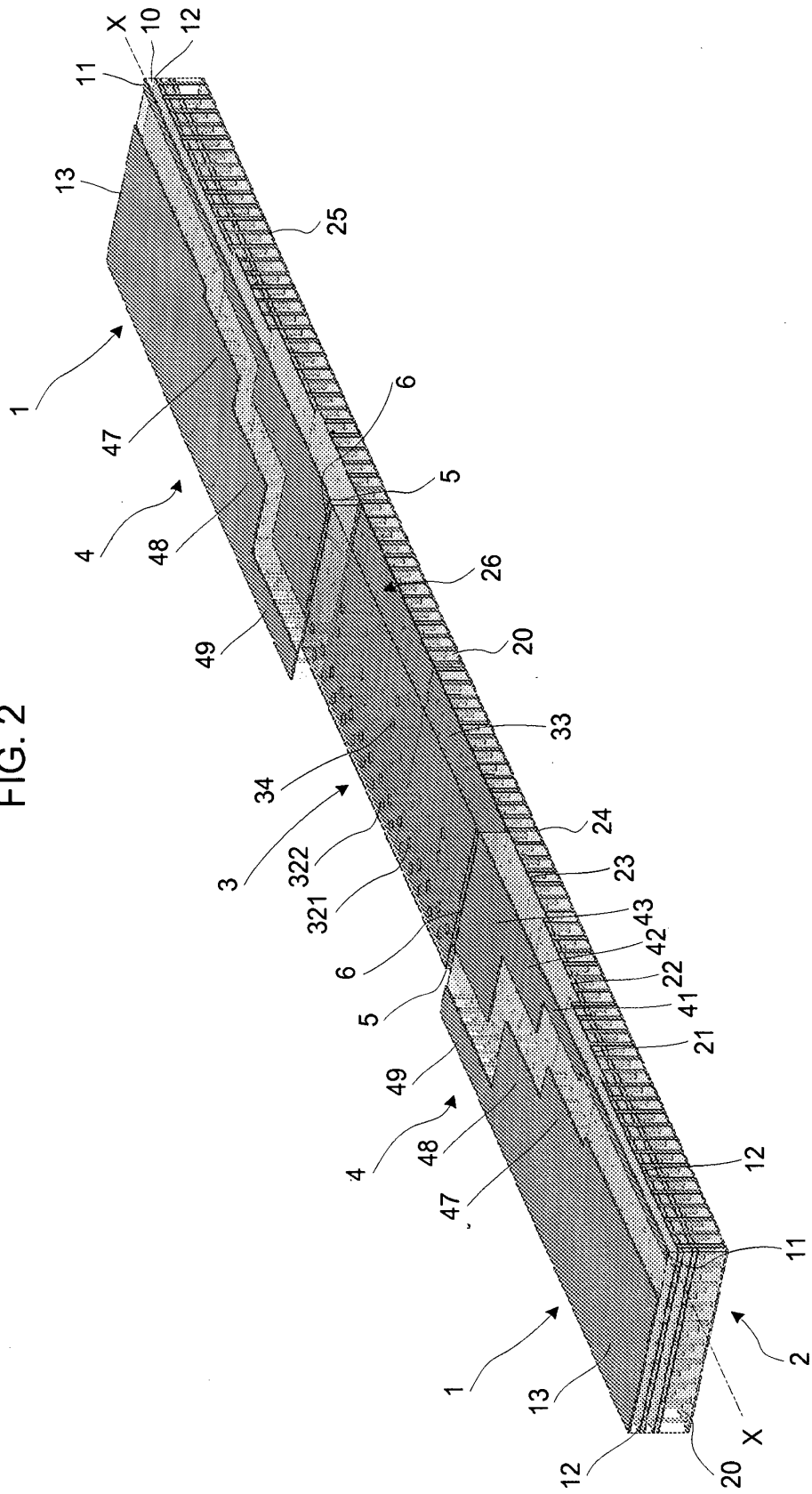


FIG. 3

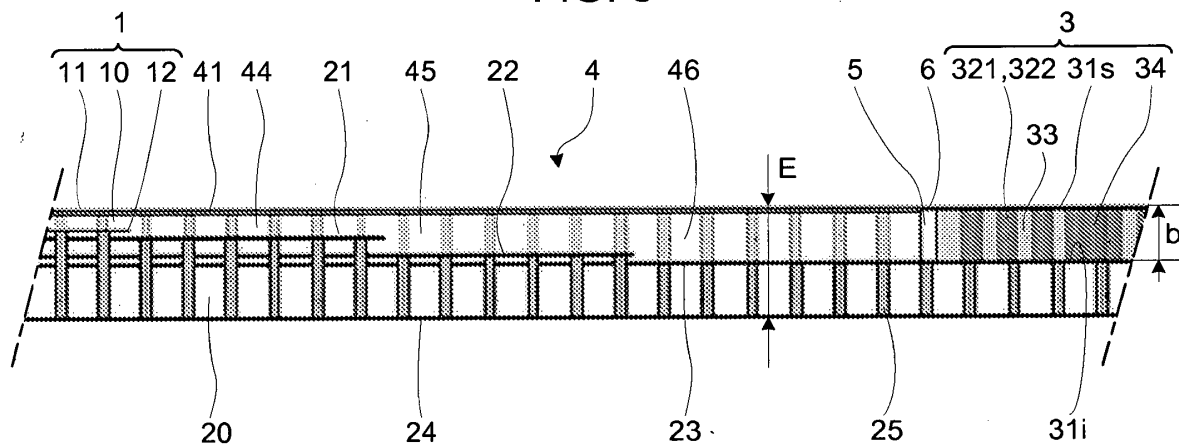


FIG. 5

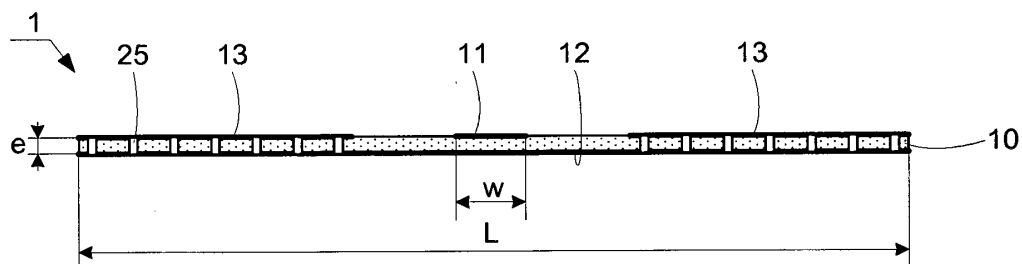
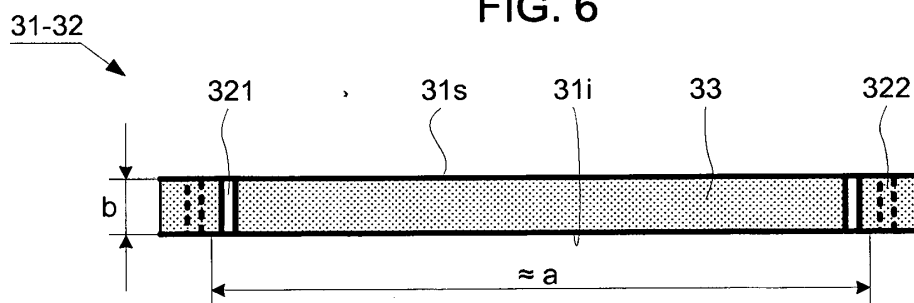
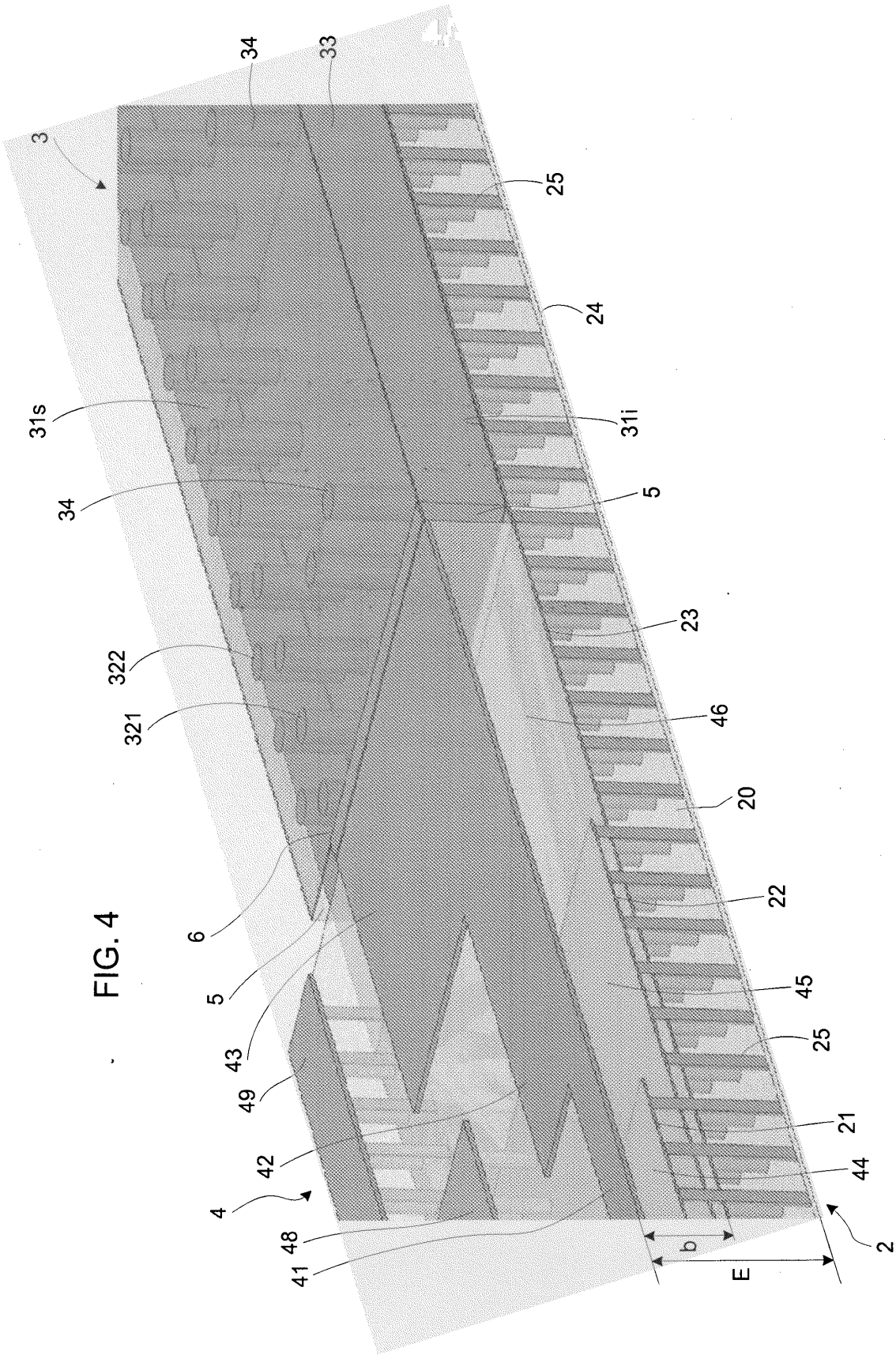


FIG. 6





RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1376746 B1 [0005]
- WO 210081060047 A [0006]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **DOMINIC DESLANDES ; KE WU.** Integrated Micro-strip and Rectangular Waveguide in Planar Form. *IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS*, Février 2001, vol. 11 (2 [0004]