

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 095 303

21 N° d'enregistrement national : 19 04139

51 Int Cl⁸ : H 01 Q 15/24 (2019.01), H 01 Q 19/02

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.04.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.10.20 Bulletin 20/43.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : THALES Société Anonyme — FR et
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES
DE RENNES Etablissement public national à caractère
scientifique culturel et professionnel — FR.

72 Inventeur(s) : LEGAY Hervé, MOLERO JIMENEZ
Carlos et GARCIA VIGUERAS Maria.

73 Titulaire(s) : THALES Société Anonyme, INSTITUT
NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE
RENNES Etablissement public national à caractère
scientifique culturel et professionnel.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 ECRAN POLARISEUR A CELLULE(S) POLARISANTE(S) RADIOFREQUENCE(S) LARGE BANDE.

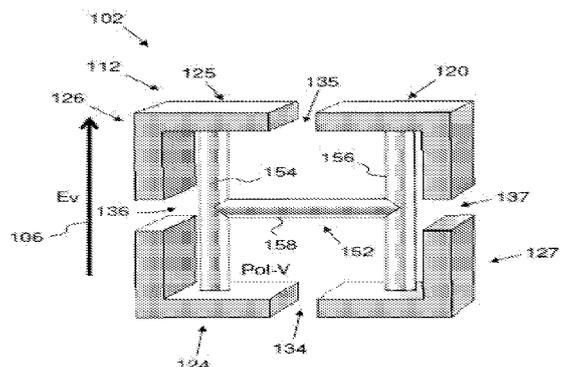
57 Un écran polariseur comprend un agencement d'au
moins une cellule(s) polarisante(s) (112), électriquement
conductrice(s), sélective(s) en fréquence et en polarisation,
pour transformer la polarisation de la composante électrique
E de l'onde électromagnétique TEM, reçu en polarisation linéaire
en une onde électromagnétique de polarisation circulaire.

Les quatre murs latéraux (124, 125, 126, 127) de
chaque section de guide d'onde (120) formant une cellule
polarisante (112) sont chacun ouverts sur toute leur lon-
gueur par une fente continue médiane (134, 135, 136, 137),
parallèle à la direction de propagation de l'onde électroma-
gnétique incidente, de sorte à former quatre plaques repliées
électriquement conductrices.

Chaque cellule polarisante (112) inclut des tiges d'inter-
connexion électriquement conductrices qui interconnectent
les murs latéraux et les quatre plaques repliées pour les
rendre partiellement ou en totalité solidaires et qui forment
une ou plusieurs discontinuités électriques (152), lesquelles
sont disposées en extrémités ou à l'intérieur de la section de
guide d'onde formant la cellule polarisante et réalisent une
ou des charge(s) capacitive(s), inductive(s), ou une ou des
résonateur(s) équivalent(s) (L,C) à une inductance et un ca-
pacité branchées en parallèle ou en série.

Les fentes ouvertes longitudinales des murs latéraux et
les discontinuités électriques élémentaires de chaque cel-
lule polarisante comportent des formes géométriques et des
dimensions qui réalisent une transmission totale de l'onde
incidente, associé à une anisotropie de phase de +90° ou -
90° selon les composantes EV et EH.

Figure pour l'abrégié : Fig. 2A



FR 3 095 303 - A1



Description

Titre de l'invention : Ecran polariseur à cellule(s) polarisante(s) radiofréquence(s) large bande

- [0001] La présente invention concerne un écran polariseur radiofréquence à performances radioélectriques élevées, réalisé à partir d'un agencement d'une ou plusieurs cellule(s) polarisante(s), constituée(s) en un matériau électriquement conducteur et sélectives en fréquence et en polarisation, qui permet de transformer un signal radiofréquence RF incident, reçu en polarisation linéaire, en un signal radiofréquence RF de sortie en polarisation circulaire.
- [0002] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un l'écran polariseur selon l'invention.
- [0003] Chaque cellule polarisante de l'écran polariseur selon l'invention est réalisée par une section de guide d'onde, configurée pour recevoir en entrée le champ électrique incident E du signal RF injecté, décomposable en deux signaux de champ électrique E_v , E_H dont les polarisations sont linéaires et mutuellement orthogonales suivant une première direction, notée V et appelée par convention « verticale », et une deuxième direction, orthogonale à la première direction, notée H et appelée par convention « horizontale ».
- [0004] La transformation opérée par chaque cellule polarisante consiste à appliquer un déphasage de $+90^\circ$ ou -90° entre les deux composantes E_v et E_H du signal de polarisation linéaire E d'entrée.
- [0005] L'écran polariseur selon l'invention est supposé fonctionner sur une seule bande de fréquences RF, de préférence sur une large bande passante.
- [0006] La structure de l'écran polariseur selon l'invention pouvant être entièrement métallique, cette structure est particulièrement adaptée aux nouveaux procédés de fabrication additive.
- [0007] L'écran polariseur selon l'invention s'applique à toute antenne multifaisceaux de faible épaisseur et plus particulièrement au domaine des télécommunications spatiales, en particulier aux antennes destinées à être montées à bord des satellites, ou aux antennes destinées à être utilisées au sol sur des terminaux fixes ou mobiles.
- [0008] Il est à remarquer qu'un écran polariseur selon l'invention peut être utilisé pour des antennes ne permettant pas de synthétiser simplement des signaux à polarisation circulaire, comme par exemple l'antenne décrite dans le brevet FR 3038457 B1 formant un premier document, ladite antenne rayonnant à partir d'une ouverture continue et longiligne, utilisant un formateur de faisceaux en guide d'onde à plaques parallèles permettent de former plusieurs faisceaux sur un large secteur angulaire.

- [0009] Il est connu de réaliser des écrans polariseurs ou des surfaces 3-D, sélectives en fréquence et polarisation, à partir de cellules polarisantes formées par des sections de guide d'onde, afin de surmonter les limitations de performances RF et d'encombrement des écrans polariseurs multicouches, sélectifs en fréquence et polarisation et qui utilisent des surfaces multicouches quart d'onde avec des substrats diélectriques.
- [0010] Un premier type d'écran polariseur connu à sections de guide d'onde est un écran polarisant métallique de type duplexeur de polarisation OMT (en anglais « Orthogonal Mode Transducer »), constitué d'un réseau de guides d'onde à iris ou à septum, et décrit par exemple dans l'article de M. Chen et G. Tsandoulas, intitulé « A wide-band square-wave guide array polarizer », publié dans IEEE TAP, Vol. 21, No. 3, pp. 389-391, May 1973, et formant un premier document. Le duplexeur de polarisation OMT à septum décrit dans ce premier document est un dispositif fréquemment utilisé dans les antennes pour télécommunications par satellite. Il convertit usuellement deux signaux polarisés linéaires, injectés dans des accès à guides d'ondes superposés, en deux signaux à polarisations circulaires orthogonales grâce à une lame septum dont le profil est optimisé.
- [0011] Un deuxième type d'écran polariseur à sections de guide d'onde est un écran polarisant dichroïque métallique, constitué d'un réseau de guides d'onde avec des résonateurs fentes.
- [0012] L'article de T. Wang, J. Zhu, C. Wang, J. Ge et Z. Yu, intitulé « Wave 3-D FSSs by 3-D printing technique », publié dans International Conference on Electromagnetics in Advance Applications (ICEAA) 2016, Cairns (Australia), November 2016 et formant un deuxième document, décrit un premier mode de réalisation du deuxième type d'écran polariseur comme un agencement périodique de cellules polarisantes, formées de sections guidées sous coupure, i.e ne permettant une propagation d'un mode guidé qu'au-delà de la fréquence de coupure qui est inférieure à la fréquence de d'opération souhaitée, et sur les parois verticales et horizontales desquelles des fentes résonantes repliées et sans boucles ont été insérées. A la fréquence de résonance des fentes, les sections guidées transmettent le signal radioélectrique. Les paramètres des fentes de chaque cellule polarisante sont ajustés de sorte à obtenir une transmission totale sur les deux composantes (E_V , E_H) du signal électrique incident E en polarisation linéaire E , ainsi qu'un décalage de phase de entre les deux composantes E_V et E_H .
- [0013] L'article de C. Molero, T. Debogovic et M. Garcia-Vigueras, intitulé « Design of full-metal polarizing screen based on circuit modeling », publié dans International Microwave Symposium (IMS), Philadelphia, USA, 2018 et formant un troisième document, décrit un deuxième mode de réalisation du deuxième type d'écran polariseur comme un agencement périodique de cellules polarisantes, formées de sections

guidées sous coupure, i.e ne permettant une propagation d'un mode guidé qu'au-delà de la fréquence de coupure qui est inférieure à la fréquence de d'opération souhaitée, et de plaques métalliques, placées en entrée et en sorties des sections guidées, et sur lesquelles deux couples de fentes résonantes repliées et sans boucles ont été insérées. Chaque couple de fentes résonne selon une polarisation E_x ou E_y . Il en résulte une transmission dans une bande de fréquence, et il est possible d'ajuster l'anisotropie des cellules polarisantes au travers de la conception des résonateurs fentes en termes de formes et de dimensions, de sorte qu'un déphasage de $+90^\circ$ ou -90° soit obtenu entre les deux coefficients en transmission agissant sur les deux composantes (E_x , E_y) du signal incident en polarisation linéaire E.

- [0014] Suivant un troisième mode de réalisation du deuxième type d'écran polariseur, il est aussi possible de cumuler les deux techniques, utilisées pour les premier et deuxième modes de réalisation du deuxième type d'écran, et décrites ci-dessus.
- [0015] Toutes les structures d'écran polariseur à sections de guide d'onde, de premier type ou de deuxième type, sont métalliques et plus faciles à fabriquer.
- [0016] Toutefois ces structures présentent une bande passante étroite, et si on ajoute des résonateurs sur les parois des sections guidées pour élargir la bande, les cellules polarisantes obtenues ont alors une épaisseur importante par rapport à la longueur d'onde du signal électromagnétique, ce qui confère à l'écran polariseur une grande sensibilité, non souhaitée, vis-à-vis de l'angle d'incidence du signal injecté en entrée.
- [0017] Le problème technique est d'augmenter la largeur de bande passante d'un écran polariseur dont la ou les cellules polarisantes sont des sections de guide d'onde, ayant chacune deux paires de murs latéraux parallèles entre eux électriquement conducteur, sans élargir l'épaisseur desdits murs latéraux .
- [0018] A cet effet, l'invention a pour objet un écran polariseur, comprenant un agencement d'au moins une cellule(s) polarisante(s), constituée(s) en un matériau électriquement conducteur, sélective(s) en fréquence et en polarisation, pour transformer la polarisation linéaire du champ électrique E d'une onde électromagnétique TEM incidente, reçu en entrée et décomposable en deux signaux de champ électrique E_v , E_H dont les polarisations verticale et horizontale sont linéaires et orthogonales, en une polarisation circulaire d'un champ électrique de sortie, et dans lequel chaque cellule polarisante comporte une section de guide d'onde ayant deux paires orthogonales, verticale et horizontale, de murs latéraux parallèles entre eux et étendus longitudinalement le long d'une direction de propagation d'une onde électromagnétique TEM incidente.
- [0019] L'écran polariseur est caractérisé en ce que les quatre murs latéraux de chaque cellule polarisante sont chacun ouverts sur toute leur longueur par une fente continue médiane, parallèle à la direction de propagation de l'onde électromagnétique incidente, de sorte à former quatre plaques repliées électriquement conductrices ; et chaque cellule po-

larisante inclut des tiges électriquement conductrices qui interconnectent les murs latéraux et les quatre plaques repliées pour les rendre partiellement ou en totalité solidaires et qui forment une ou plusieurs discontinuités électriques élémentaires successives, lesquelles sont disposées en extrémité ou à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et réalisent une ou des charge(s) capacitive(s), inductive(s), ou une ou des résonateur(s) équivalent(s) (L,C) à une inductance et un capacité branchées en parallèle ou en série ; et les fentes ouvertes longitudinalement des murs latéraux et les discontinuités électriques élémentaires de chaque cellule polarisante comportent des formes géométriques et des dimensions qui réalisent une transmission totale de l'onde incidente, associé à une anisotropie de phase de $+90^\circ$ ou -90° selon les composantes E_v et E_H .

[0020] Selon des modes particuliers de réalisation, l'écran polariseur comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou en combinaison :

- les sections de guide d'onde et les tiges d'interconnexion, formant chaque cellule polarisante, électriquement conductrices sont constituées par un unique matériau homogène électriquement conducteur, ou un premier matériau recouvert par un deuxième matériau électriquement conducteur ;

- l'unique matériau homogène électriquement conducteur est un métal, ou le deuxième matériau électriquement conducteur est un métal ;

- les fentes continues médianes des quatre murs latéraux de chaque section de guide d'onde formant une cellule polarisante, sont échancrées en entrée et en sortie de la section du guide d'onde ; ou les fentes continues médianes d'une seule paire de murs latéraux parallèles de chaque section de guide d'onde formant une cellule polarisante, sont échancrées en entrée et en sortie de la section du guide d'onde ; ou les fentes continues médianes des quatre murs latéraux de chaque section de guide d'onde formant une cellule polarisante, sont dépourvues d'échancrure en entrée et en sortie de la section du guide d'onde ;

- les cellules polarisantes sont dimensionnées pour fonctionner dans une bande de fréquence comprise dans l'une des bandes L, S, C, Ku et Ka ;

- chaque cellule polarisante inclut des tiges pleines en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux en une interconnexion en forme de H, réalisant une unique discontinuité électrique élémentaire ; et l'interconnexion en forme de H formant la discontinuité électrique élémentaire, disposée à l'intérieur de section de guide d'onde et sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante, est constituée de deux premières tiges verticales de même longueur et d'une deuxième tige horizontale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges verticales, les deux premières tiges verticales connectant une paire de murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser un premier circuit résonateur L_v, C_v parallèle pour une

première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale ;

- chaque cellule polarisante inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion en forme de X des murs latéraux réalisant une unique discontinuité électrique élémentaire ; et l'interconnexion en forme de X réalisant l'unique discontinuité électrique élémentaire, disposée à l'intérieur de section de guide d'onde sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante et symétriquement par rapport à un plan médian longitudinal traversant la section de guide d'onde, est constituée de deux tiges de même longueur, inclinées par rapport à une direction verticale en sens opposé, qui se croisent sensiblement en leur milieu respectif en étant reliées ou faiblement distante au niveau de leur milieu, et qui connectent une paire de murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour une première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale ;

- chaque cellule polarisante inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux, en deux interconnexions, formées chacune par deux tiges verticales ou poteaux verticaux sans connexion centrale entre eux, et réalisant chacune une interconnexion électrique élémentaire ; et les deux interconnexions, première et deuxième, réalisant les deux discontinuités électriques élémentaires, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde, connectent les deux murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser une charge inductive pour la première polarisation verticale, parallèle à la direction des tiges verticales, et une charge capacitive pour la deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale ;

- chaque cellule polarisante inclut des tiges en un matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux suivant deux interconnexions successives en forme de H, réalisant deux discontinuités électriques élémentaires ; et les deux interconnexions successives, première et deuxième, réalisant les deux discontinuités élémentaires, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde, sont constituées chacune de deux premières tiges verticales de même longueur et d'une deuxième tige horizontale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges verticales, les deux premières tiges verticales connectant les murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser chacun un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour la première polarisation verticale, et un

deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour la deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale ;

- chaque cellule polarisante inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux suivant deux interconnexions en forme de X, réalisant deux discontinuités électriques élémentaires ; et les deux interconnexions successives, première et deuxième, réalisant les deux discontinuités élémentaires, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde et symétriquement par rapport à un plan médian vertical traversant longitudinalement la section de guide d'onde, sont constituées chacune de deux tiges de même longueur, inclinées par rapport à une direction verticale en sens opposé, qui se croisent sensiblement en leur milieu respectif en étant reliées ou faiblement distantes au niveau de leur milieu, et qui connectent les deux murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser chacune un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour la deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale ;

- chaque cellule polarisante inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux suivant deux interconnexions, première et deuxième, en forme de H d'un premier type, réalisant deux discontinuités électriques élémentaires d'un premier type et suivant une interconnexion, troisième, en forme de H d'un deuxième type, réalisant une discontinuité électrique élémentaire d'un deuxième type ; et les deux interconnexions en forme de H de premier type, première et deuxième, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde, sont constituées chacune de deux premières tiges verticales de même longueur et d'une deuxième tige horizontale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges verticales, les deux premières tiges verticales connectant les deux murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser chacune un premier circuit résonateur L_{V1}, C_{V1} parallèle de premier type pour une première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_{H1}, C_{H1} parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale ; et l'interconnexion en forme de H de deuxième type, troisième, disposée à l'intérieur de section de guide d'onde et sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante, est constituée de deux troisièmes tiges horizontales de même longueur et d'une quatrième tige verticale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux troisièmes tiges horizontales, les deux troisièmes tiges horizontales connectant les murs latéraux verticaux, gauche et droit, de sorte à réaliser un premier circuit ré-

sonateur L_{V2} , C_{V2} parallèle de deuxième type pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_{H2} , C_{H2} parallèle de deuxième type pour la deuxième polarisation horizontale ;

- l'écran polariseur comporte une structure de support latéral qui enveloppe latéralement l'agencement des cellules polarisantes et sur laquelle sont fixées des extrémités de tiges rendant solidaires partiellement ou en totalité chaque cellule polarisante ; ou deux plaques parallèles de guidage et d'injection (706) du signal électrique incident, polarisées linéairement, fixées en bout de murs de cellules polarisantes de sorte à rendre solidaires les cellules polarisantes de l'écran polariseur en coopération avec des tiges d'interconnexion solidarifiant des groupes de cellules polarisantes ;

- l'agencement des cellules polarisantes est un agencement bidimensionnel continu d'au moins trois cellules polarisantes (512) ajustées sur une surface régulière.

[0021] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un écran polariseur tel que défini ci-dessus et le procédé de fabrication est caractérisé en ce que l'écran polariseur est entièrement métallique, et le procédé de fabrication utilise une technique d'impression 3D.

[0022] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description de plusieurs formes de réalisation qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

[0023] [fig.1A] et

[0024] [fig.1B] représentent respectivement une vue générale de la section de guide d'onde utilisée dans une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention et de sa représentation électrique par un ligne de transmission d'impédance caractéristique variable ;

[0025] [fig.2A] et

[0026] [fig.2C] représentent les vues, sous deux angles de vue d'orientations différentes, correspondant respectivement à une polarisation verticale V et une polarisation horizontale H d'une onde électromagnétique incidente de polarisation linéaire, d'un même premier mode de réalisation d'une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention comportant une section de guide d'onde dont les quatre murs latéraux sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section par une fente continue médiane et une unique discontinuité électrique, réalisée par une interconnexion en forme de H de tiges, électriquement conductrices et interconnectant les murs latéraux, et les

[0027] [fig.2B] et

[0028] [fig.2D] représentent les vues des représentations électriques de la cellule polarisante par une première ligne de transmission pour la polarisation verticale V et par

une deuxième ligne de transmission pour la polarisation horizontale H;

[0029] [fig.3] représente une vue d'un deuxième mode de réalisation d'une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention comportant une section de guide d'onde dont les quatre murs latéraux sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section par une fente continue médiane et une unique discontinuité électrique, réalisée par une interconnexion en forme de X de tiges électriquement conductrices ;

[0030] [fig.4A] représente une vue d'un troisième mode de réalisation d'une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention comportant une section de guide d'onde dont les quatre murs latéraux sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section par une fente continue médiane et deux discontinuités électriques, réalisées chacune par une interconnexion de deux tiges verticales, non reliée entre elles, étendues dans la direction de la polarisation verticale et interconnectant les deux murs latéraux horizontales, et les

[0031] [fig.4B] et

[0032] [fig.4C] représentent les vues des représentations électriques de la cellule polarisante, correspondantes à la polarisation verticale V et à la polarisation horizontale H, respectivement par une première ligne de transmission et par une deuxième ligne de transmission ;

[0033] [fig.5A] représente une vue d'un quatrième mode de réalisation d'une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention comportant une section de guide d'onde dont les quatre murs latéraux sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section par une fente continue médiane et deux discontinuités électriques, réalisées chacune par une interconnexion en forme de H de tiges interconnectant les murs latéraux, et les

[0034] [fig.5B] et

[0035] [fig.5C] représentent les vues des représentations électriques de la cellule polarisante, correspondantes à la polarisation verticale et à la polarisation horizontale, respectivement par une première ligne de transmission et par une deuxième ligne de transmission ;

[0036] [fig.6] représente une vue d'un cinquième mode de réalisation d'une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention comportant une section de guide d'onde dont les quatre murs latéraux sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section par une fente continue médiane et deux discontinuités électriques successives, réalisées chacune par une interconnexion en forme de X de tiges interconnectant les murs latéraux ;

[0037] [fig.7A] représente une vue d'un sixième mode de réalisation d'une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention comportant une section de guide

d'onde dont les quatre murs latéraux sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section par une fente continue médiane, deux discontinuités électriques de premier type, réalisées par deux interconnexions successives en forme de H vertical de tiges interconnectant les murs latéraux, et une discontinuité électrique de deuxième type, réalisée par une interconnexion en forme de H horizontal de tiges interconnectant les murs latéraux, et les

[0038] [fig.7B] et

[0039] [fig.7C] représentent les vues des représentations électriques de la cellule polarisante, correspondantes à la polarisation verticale V et à la polarisation horizontale H, respectivement par une première ligne de transmission et par une deuxième ligne de transmission ;

[0040] [fig.8] représente une vue d'un deuxième mode de réalisation, bidimensionnel, d'un écran polariseur réalisé par un agencement bidimensionnel continu et périodique, de cellules polarisantes, ajustées sur un plan et dont la structure est identique à celle de la cellule polarisante de la Figure 7A ;

[0041] [fig.9A],

[0042] [fig.9B] et

[0043] [fig.9C] représentent des vues des performances radioélectriques d'un écran polariseur bidimensionnel plan ayant des cellules polarisantes identiques à celle de la Figure 4A, respectivement les courbes d'évolution des paramètres S11, S21 en fonction de la fréquence qui mettent en évidence l'adaptation pour une large bande de fréquence Ka pour les deux composantes électriques EV et EH de l'onde électromagnétique incidente, la différence de phase entre les deux coefficients de transmissions S21 pour les deux composantes électriques EV et EH de l'onde électromagnétique incidente, et l'évolution du taux d'ellipticité en fonction de la fréquence sur une large bande de bande Ka ;

[0044] [fig.10A] et

[0045] [fig.10B] représentent respectivement une vue latérale et une vue en perspective d'un troisième mode de réalisation, bidimensionnel, d'un écran polariseur plan, connecté en entrée à une section de guide d'onde d'injection de l'onde électromagnétique incidence, dans lequel chaque cellule polarisante a la même structure que celle de la cellule de polarisation de la Figure 4A, et comportant une structure de support latéral qui enveloppe l'agencement des cellules polarisantes et fixe les positions de tiges de discontinuités électriques en rendant complètement solidaires les cellules polarisantes ;

[0046] [fig.11] représente une vue en perspective d'un quatrième mode de réalisation, bidimensionnel, d'un écran polariseur plan, connecté en entrée, dépourvu de structure de support latéral, dans lequel chaque cellule polarisante a la même structure que celle de la cellule polarisante de la Figure 4A, et comportant deux plaques parallèles de guidage

et d' injection du signal RF d' entrée, connecté en entrée et en bout à des murs latéraux de cellules polarisantes ;

[0047] [fig.12A] représente une vue en perspective d' une antenne multifaisceaux dans laquelle est intégré en sortie un écran polariseur à plusieurs cellules polarisantes, similaire à celui décrit dans les Figures 10A-10B, et la

[0048] [fig.12B] représente une vue agrandie de la section longitudinale de l' écran polariseur, connecté en sortie de l' antenne multifaisceaux à une section de guide d' onde d' injection du signal électrique incident polarisé linéairement.

[0049] De manière générale, un écran polariseur selon l' invention comprend un agencement d' au moins une cellule(s) polarisante(s) en un matériau électriquement conducteur, sélective(s) en fréquence et en polarisation, pour transformer la polarisation linéaire du champ électrique E de l' onde électromagnétique TEM incidente, reçue en entrée et décomposable en deux signaux de champ électrique E_v , E_H dont les polarisations sont linéaires et orthogonales, en une onde électromagnétique de sortie de polarisation circulaire.

[0050] Chaque cellule polarisante comporte une section de guide d' onde ayant deux paires orthogonales de murs latéraux parallèles entre eux et étendus longitudinalement le long d' une direction de propagation de onde électromagnétique TEM incidente.

[0051] Suivant une première caractéristique de l' invention, les quatre murs latéraux de chaque cellule polarisante sont chacun ouverts sur toute leur longueur par une fente continue médiane, parallèle à la direction de propagation de l' onde électromagnétique incidente, de sorte à former quatre plaques repliées électriquement conductrices.

[0052] Suivant une deuxième caractéristique additionnelle, combinée à la première, chaque cellule polarisante inclut des tiges électriquement conductrices qui interconnectent les murs latéraux et les quatre plaques repliées pour les rendre partiellement ou en totalité solidaires et qui forment une ou plusieurs discontinuités électriques élémentaires, lesquelles sont disposées en extrémités ou à l' intérieur de la section de guide d' onde formant la cellule polarisante et réalisent une ou des charge(s) capacitive(s), inductive(s), ou une ou des résonateur(s) équivalent(s) (L,C) à une inductance et un capacité branchées en parallèle ou en série.

[0053] Les fentes ouvertes longitudinales des murs latéraux et les discontinuités électriques élémentaires de chaque cellule polarisante comportent des formes géométriques et des dimensions qui sont ajustées de sorte à réaliser une transmission totale de l' onde électromagnétique incidente, associé à une anisotropie de phase de $+90^\circ$ ou -90° selon les composantes E_v et E_H .

[0054] Suivant la Figure 1A et une vue générale en perspective d' une section d' un guide d' onde 10 typique, utilisée dans une cellule polarisante 12 d' un écran polariseur 2 selon l' invention, la section de guide d' onde 10 comporte deux paires orthogonales de

murs latéraux 24, 25 ; 26, 27 parallèles entre eux et étendus longitudinalement le long d'une direction 32 de propagation d'une onde électromagnétique TEM incidente (non représentée).

- [0055] Suivant la première caractéristique de l'invention les quatre murs latéraux 24, 25, 26, 27 de la cellule polarisante sont chacun ouverts sur toute leur longueur par une fente continue médiane 34, 35, 36, 37, parallèle à la direction 32 de propagation de l'onde électromagnétique incidente, de sorte à former quatre plaques repliées 42, 44, 46, 48 électriquement conductrices.
- [0056] Suivant la Figure 1B, la section de guide d'onde 10 à plaques parallèles repliées de la cellule polarisante 12 peut être représentée pour une direction de polarisation donnée, parallèle à une direction d'une paire de murs latéraux correspondant, par une ligne transmission 52 dont l'impédance caractéristique, notée Z_1 , dépend des dimensions de la section guidée 10, en particulier de la distance entre les murs parallèles à la polarisation considérée de l'onde, ainsi que de l'ouverture w des deux fentes longitudinales des murs latéraux de guidage. La ligne de transmission 52 d'impédance caractéristique Z_1 est interposée entre des lignes de transmission d'entrée 54 et de sortie 56, d'impédance caractéristique Z_0 correspondant à la propagation dans le vide.
- [0057] Ici, la direction de polarisation de l'onde électromagnétique considérée est la direction verticale V sur la Figure 1A, correspondant à la composant E_v du champ électrique E de l'onde électromagnétique en mode TEM (en anglais « Transversal Electro-Magnetic ») et représenté par la flèche verticale 56.
- [0058] A titre d'exemple, la variation de l'impédance caractéristique est déduite d'une caractérisation de cette structure de guide d'onde. L'identification de ce modèle simplifié avec des simulations « onde pleine » (en anglais « full wave ») permettent d'identifier l'impédance caractéristique Z_1 en fonction de w .
- [0059] De manière générale, la conception d'une cellule polarisante d'un écran polariseur selon l'invention passe par l'identification des circuits équivalents associés la section de guide d'onde à plaques repliées et aux interconnexions électriquement conductrices entre plaques ou murs latéraux formant une ou plusieurs discontinuités électriques successives.
- [0060] Une fois caractérisé(s) pour chaque polarisation, verticale et horizontale, le ou les circuits électromagnétique(s) équivalent(s) à une section de guide, comme décrit dans l'exemple des Figures 1A-1B, il est alors possible de caractériser pour chaque polarisation le ou les circuits équivalents d'une ou plusieurs discontinuité(s) électrique(s) donnée(s), disposée(s) à l'intérieur de la section guidée, et formées chacune d'interconnexion(s) électriquement conductrice(s) ente plaques repliées ou murs latéraux, et ainsi de modéliser pour chaque polarisation la réponse électromagnétique d'une cellule polarisante selon l'invention ayant une configuration donnée en

terme de la géométrie des murs latéraux de guidage et des ouvertures longitudinales, et de la géométrie des interconnexions entre plaques, formant les discontinuités électriques élémentaires.

- [0061] Suivant les Figures 2A et 2C et un même premier mode de réalisation, une cellule polarisante 112 d'un écran polariseur 102 selon l'invention est illustrée avec une première polarisation verticale E_v du champ électrique incident E, représentée sur la Figure 2A par une première flèche verticale 106, et avec une deuxième polarisation horizontale E_h du champ électrique incident E, représentée sur la Figure 2C par une deuxième flèche horizontale 108, étant supposé que la cellule polarisante 112 de la Figure 2A a tourné dans le sens horaire d'un angle de $+90^\circ$ autour de l'axe 32 de propagation de l'onde TEM dans la Figure 2A.
- [0062] La cellule polarisante 112 comporte une section de guide d'onde 120 dont les quatre murs latéraux 124, 125, 126, 127 sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section guidée 120 par une fente continue médiane 134, 135, 136, 137 et une unique discontinuité électrique 142, ayant une composante verticale 142_v et une composante horizontale 142_h , et réalisée par une interconnexion 152 en forme de H de tiges, électriquement conductrices.
- [0063] L'interconnexion 152 en forme H réalisant l'unique discontinuité électrique élémentaire 142 en forme de H, disposée à l'intérieur de section 120 de guide d'onde et sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante 112, est constituée de deux premières tiges verticales 154, 156 de même longueur et d'une deuxième tige horizontale 158 reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges verticales 154, 156, les deux premières tiges verticales 154, 156 connectant la paire horizontale des murs latéraux parallèles, inférieur 124 et supérieur 125, de sorte à réaliser un premier circuit résonateur L_v, C_v parallèle 142_v pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_h, C_h parallèle 142_h pour la deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.
- [0064] Suivant les Figures 2B et 2D correspondant aux Figures 2A et 2C en termes de composante de polarisation, la représentation électrique de la cellule polarisante 112 pour la première polarisation verticale est une première ligne de transmission 158 d'impédance caractéristique $Z1_v$, et la représentation électrique de la cellule polarisante 112 pour la polarisation horizontale est une deuxième ligne de transmission 160 d'impédance caractéristique $Z1_h$, les première et de deuxième lignes de transmission 158, 160 étant chacune interrompue par la discontinuité électrique 142 suivant la composante verticale 142_v et la composante horizontale 142_h .
- [0065] Les première et deuxième lignes de transmission 158, 160, d'impédance caractéristique respective $Z1_v, Z1_h$, sont chacune interposées entre des lignes de transmission d'entrée 164 et de sortie 166, d'impédance caractéristique $Z0$ correspondant à la pro-

pagation dans le vide.

- [0066] De manière générale, pour une discontinuité élémentaire correspondant à une interconnexion de tiges ayant la forme d'un H, un circuit L,C parallèle est obtenu, dont les valeurs varient en fonction des dimensions de la structure en forme de H, les valeurs L et C étant spécifiques à chaque polarisation.
- [0067] Suivant la Figure 3, et un deuxième mode de réalisation, une cellule polarisante 172 d'un écran polariseur 162 selon l'invention comporte une section de guide d'onde 180 dont les quatre murs latéraux 184, 185, 186, 187 sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section guidée 180 par une fente continue médiane 194, 195, 196, 197 et une unique discontinuité électrique 202, réalisé par une interconnexion 204 en forme de X de tiges, électriquement conductrices et interconnectant les murs latéraux.
- [0068] L'interconnexion 204 en forme de X réalisant la discontinuité électrique élémentaire 202, disposée à l'intérieur de section 180 de guide d'onde sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante 172 et symétriquement par rapport à un plan médian longitudinal 212 traversant la section de guide d'onde 180, est constituée de deux tiges 214, 216 de même longueur, inclinées par rapport à une direction verticale en sens opposé, qui se croisent sensiblement en leur milieu respectif 224, 226 en étant faiblement distante au niveau de leur milieu, et qui connectent la paire horizontale des murs latéraux parallèles, inférieur 184 et supérieur 185, dont leur normale respective est verticale, de sorte à réaliser un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour une première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.
- [0069] En variante, les deux tiges inclinés de l'interconnexion en forme de X se croisent sensiblement en leur milieu respectif en étant reliées au niveaux de leurs milieux.
- [0070] Suivant la Figure 4A et un troisième mode de réalisation, une cellule polarisante 262 d'un écran polariseur 252 selon l'invention est illustrée avec une première polarisation verticale du champ électrique incident, représentée par une première flèche verticale 256 sur la Figure 4A, et une deuxième polarisation horizontale du champ électrique incident, représentée par une deuxième flèche horizontale 258.
- [0071] La cellule polarisante 262 comporte une section de guide d'onde 270 dont les quatre murs latéraux 274, 275, 276, 277 sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section guidée 270 par une fente continue médiane 284, 285, 286, 287 et deux discontinuités électriques élémentaires 292, 294 constituées chacune par une interconnexion 289, 290 de deux poteaux parallèles, 295, 296; 297, 298, non reliés entre eux et électriquement conducteurs.
- [0072] Les deux interconnexions 289, 290, formant respectivement les discontinuités électriques élémentaires, première 292 et deuxième 294, disposées à l'intérieur de la

section de guide d'onde 270 et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde 270, connectent la paire de murs latéraux parallèles, inférieur 274 et supérieur 275, de sorte à réaliser chacune une charge inductive L_V 299, 300 pour une première polarisation verticale, parallèle à la direction des tiges verticales 295, 296, 297, 298, et une charge capacitive C_H 301, 302 pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.

- [0073] Par ailleurs, il est à remarquer que les deux fentes continues médianes horizontales 284, 285 de la paire des murs latéraux horizontaux, inférieur 274 et supérieur 275, de la section de guide d'onde 270 sont échancrées en entrée et en sortie de la section du guide d'onde 270. Les deux fentes horizontales 284, 286 traversent chacune deux tronçons de guidage horizontal et d'extrémité en entrée 303 et sortie 304 de la section guidée avec une première largeur horizontale W_{1H} , et traverse un tronçon intermédiaire de guidage horizontal 306 avec une deuxième largeur horizontale W_{2H} , inférieure à la première largeur horizontale W_{1H} .
- [0074] La première discontinuité électrique 292 délimite le tronçon de guidage horizontal située en entrée 303 de la section guidée en deux portions de ligne de transmission de deuxième polarisation horizontale ayant une même première impédance caractéristique horizontale Z_{1H} et de longueurs respectives d_1 et d_2 en allant vers la sortie de la section guidée qui a une longueur notée d .
- [0075] La deuxième discontinuité électrique 294 délimite le tronçon de guidage horizontal situé en sortie 304 en deux portions de ligne de transmission de deuxième polarisation horizontale ayant une même première impédance caractéristique horizontale Z_{1H} et de longueurs respectives d_2 et d_1 en allant vers la sortie de la section guidée qui a une longueur notée d .
- [0076] La longueur du tronçon intermédiaire 306 de guidage est notée d_3 et définit une portion de ligne de transmission de deuxième polarisation horizontale ayant une deuxième impédance caractéristique horizontale Z_{2H} .
- [0077] Les deux fentes continues médianes verticales de la paire des murs latéraux verticaux, de gauche et de droite, de la section de guide d'onde sont dépourvue d'échancrures. Les deux fentes verticales traversent chacune un même tronçon de guidage vertical sur toute la longueur avec une même largeur verticale W_{1V} et une impédance caractéristique verticale Z_{1V} .
- [0078] Suivant la Figure 4B, la représentation électrique de la cellule polarisante 262 pour la première polarisation verticale est une première ligne de transmission 309 interrompue par la première charge inductive L_V 299 correspondant à la première discontinuité électrique 292 et la première polarisation verticale, et la deuxième charge inductive 300 de même valeur L_V , correspondant à la deuxième discontinuité électrique 294, les première et deuxième charges inductives L_V 299, 300 étant branchées respectivement

en entrée et en sortie de la portion de ligne d'impédance caractéristique Z_{1v} de longueur d_1 .

[0079] Suivant la Figure 4C, la représentation électrique de la cellule polarisante 262 pour la deuxième polarisation horizontale est une deuxième ligne de transmission 310 dans laquelle la première charge capacitive C_H 303, correspondant à la première discontinuité électrique 292 et la deuxième polarisation horizontale, est branchée en entrée de la portion de ligne d'impédance caractéristique Z_{1H} , située en aval de la première discontinuité 292 et de longueur d_2 et la deuxième charge capacitive de même valeur C_H , correspondant à la deuxième discontinuité électrique et la deuxième polarisation horizontale est branchée en sortie de la portion de ligne d'impédance caractéristique Z_{1H} , située en amont de la deuxième discontinuité et de longueur d_2 .

[0080] Ainsi, une interconnexion constituée de deux fils métalliques verticaux réalise une charge inductive pour la polarisation parallèle aux fils, et une charge capacitive pour la polarisation orthogonale aux fils.

[0081] Les première et deuxième lignes de transmission 309, 310, sont chacune interposées entre des lignes de transmission d'entrée 311_1 et de sortie 311_2 , d'impédance caractéristique Z_0 correspondant à la propagation dans le vide.

[0082] Suivant la Figure 5A, et un quatrième mode de réalisation, une cellule polarisante 322 d'un écran polariseur 312 selon l'invention est illustrée avec une première polarisation verticale du champ électrique incident, représentée par une première flèche verticale 316 sur la Figure 5A, et une deuxième polarisation horizontale du champ électrique incident, représentée par une deuxième flèche horizontale 318.

[0083] La cellule polarisante 322 comporte une section de guide d'onde 320 dont les quatre murs latéraux 324, 325, 326, 327 sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section guidée 320 par une fente continue médiane 334, 335, 336, 337 et deux discontinuités électriques élémentaires 342, 344 successives, constituées chacune par une interconnexion 346, 348 en forme de H et électriquement conductrice.

[0084] Les deux interconnexions 346, 348, formant les deux discontinuités électriques élémentaires 342, 344 et disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde 320 et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde 320, sont constituées chacune de deux premières tiges verticales $352_1, 352_2; 354_1, 354_2$ de même longueur et d'une deuxième tige horizontale 356, 358 reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux premières tiges verticales $352_1; 352_2; 354_1, 354_2$ les deux premières tiges verticales $352_1, 352_2; 354_1, 354_2$ connectant les deux murs latéraux parallèles verticaux, inférieur 324 et supérieur 325, de sorte à réaliser chacune un premier circuit résonateur L_{1v}, C_{1v} parallèle pour la première polarisation verticale, parallèle à la direction des premières tiges d'interconnexion, et un deuxième circuit résonateur L_{2H}, C_{2H} parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première

polarisation verticale.

- [0085] Par ailleurs, il est à remarquer que les quatre fentes continues médianes 334, 335, 336, 337 des quatre murs latéraux 324, 325, 326, 327 de la section du guide d'onde 320 sont ici échancrées en entrée et en sortie de section de guide d'onde.
- [0086] Les deux fentes horizontales 334, 335 traversent chacune deux tronçons de guidage horizontal et d'extrémité en entrée et sortie de la section guidée avec une première largeur horizontale W_{1H} , et traverse un tronçon intermédiaire de guidage horizontal avec une deuxième largeur horizontale W_{2H} , inférieure à la première largeur horizontale W_{1H} .
- [0087] Les deux tronçons d'extrémités d'entrée et de sortie et de guidage horizontal ont chacun une même longueur d_1 et définissent chacun une portion, première et cinquième, de ligne de transmission pour la deuxième polarisation horizontale ayant une première impédance caractéristique horizontale Z_{1H} .
- [0088] La première discontinuité électrique 342 et la deuxième discontinuité électrique 344 partagent le tronçon intermédiaire de guidage horizontal en trois portions, deuxième, troisième et quatrième, de ligne de transmission pour la deuxième polarisation horizontale, ayant chacune une même deuxième impédance caractéristique horizontale Z_{2H} et des longueurs respectives d_2 , d_3 et d_2 . La première discontinuité électrique, branchée entre la deuxième portion et la troisième portion de ligne de transmission de la deuxième polarisation horizontale, et la deuxième discontinuité électrique, branchée entre la troisième et quatrième portion de ligne de transmission de la deuxième polarisation horizontale, sont séparées par la distance d_3 . Les longueurs d_1 , d_2 , d_3 , et d vérifient ici l'égalité suivante : $d=2*d_1+ 2*d_2+d_3$, le symbole « * » désignant l'opérateur de multiplication.
- [0089] Les deux fentes verticales 336, 337 traversent chacune deux tronçons de guidage horizontal et d'extrémité en entrée et sortie de la section guidée avec une première largeur verticale W_{1V} , et traverse un tronçon intermédiaire de guidage vertical avec une deuxième largeur verticale W_{2V} , inférieure à la première largeur verticale W_{1V} .
- [0090] Les deux tronçons d'extrémités d'entrée et de sortie et de guidage vertical ont chacun une même longueur d_1 et définissent chacun une portion, première et cinquième, de ligne de transmission pour la première polarisation verticale ayant une première impédance caractéristique verticale Z_{1H} .
- [0091] La première discontinuité électrique 342 et la deuxième discontinuité électrique 344 partagent le tronçon intermédiaire de guidage vertical en trois portions, deuxième, troisième et quatrième, de ligne de transmission pour la première polarisation verticale, ayant chacune une même deuxième impédance caractéristique horizontale Z_{2H} et des longueurs respectives d_2 , d_3 et d_2 . La première discontinuité électrique, branchée entre la deuxième portion et la troisième portion de ligne de transmission de la première po-

larisation horizontale, et la deuxième discontinuité électrique, branchée entre la troisième et quatrième portion de ligne de transmission de la première polarisation verticale, sont séparées par la distance d_3 . Les longueurs d_1 , d_2 , d_3 , et d vérifient ici l'égalité suivante : $d=2*d_1+ 2*d_2+d_3$, le symbole « * » désignant l'opérateur de multiplication.

[0092] Suivant la Figure 5B, la représentation électrique de la cellule polarisante 322 pour la première polarisation verticale est une première ligne de transmission 362 dans laquelle un premier premier résonateur parallèle L_{1v} , C_{1v} parallèle correspondant à la première discontinuité électrique et la première polarisation verticale, et un deuxième premier résonateur parallèle L_{1v} , C_{1v} parallèle correspondant à la deuxième discontinuité électrique et la première polarisation verticale, sont branchées respectivement en entrée de la troisième portion et en sortie de la troisième portion de ligne du tronçon intermédiaire de deuxième impédance caractéristique vertical Z_{2v} .

[0093] Suivant la Figure 5C, la représentation électrique de la cellule polarisante 322 pour la deuxième polarisation horizontale est une deuxième ligne de transmission 363 dans laquelle un premier deuxième résonateur parallèle L_{2h} , C_{2h} parallèle correspondant à la première discontinuité électrique et la deuxième polarisation horizontale et un deuxième deuxième résonateur parallèle L_{2h} , C_{1h} parallèle, correspondant à la deuxième discontinuité électrique et la deuxième polarisation horizontale, sont branchées respectivement en entrée de la troisième portion et en sortie de la troisième portion de ligne du tronçon intermédiaire ayant pour impédance caractéristique la deuxième impédance caractéristique horizontal Z_{2h} .

[0094] En variante, les positions des échancrures le long des fentes horizontales et des fentes verticales peuvent différer entre elles et/ou les positions des discontinuités électriques élémentaires par rapport aux échancrures peuvent varier.

[0095] Suivant la Figure 6, et un cinquième mode de réalisation, une cellule polarisante 372 d'un écran polariseur 364 selon l'invention est illustrée avec une première polarisation verticale du champ électrique incident, représentée par une première flèche verticale 366 sur la Figure 6, et une deuxième polarisation horizontale du champ électrique incident, représentée par une deuxième flèche horizontale 368.

[0096] La cellule polarisante 372 comporte une section de guide d'onde 370 dont les quatre murs latéraux 374, 375, 376, 377 sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section guidée 370 par une fente continue médiane 384, 385, 386, 387, et deux discontinuités électriques élémentaires 392, 394 constituées chacune d'une interconnexion 388, 390, en forme de X de tiges, électriquement conductrices et interconnectant les murs latéraux.

[0097] Les deux interconnexions 388, 390, formant respectivement les deux discontinuités électriques élémentaires, première 392 et deuxième 394, disposées à l'intérieur de la

section de guide d'onde 370 formant la cellule polarisante 372 et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde 370, et symétriquement par rapport à un plan médian vertical traversant longitudinalement la section de guide d'onde, sont constituées chacune de deux tiges 392₁, 392₂; 394₁, 394₂ de même longueur, inclinées par rapport à la direction verticale en sens opposé, qui se croisent sensiblement en leur milieu respectif en étant reliées et qui interconnectent les murs latéraux parallèles horizontaux, inférieur 374 et supérieur 375, de sorte à réaliser chacune un premier circuit résonateur L1_v, C1_v parallèle pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L2_h, C2_h parallèle pour la deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation vertical.

[0098] Ici, à l'instar de la cellule polarisante de la Figure 4A, les deux fentes continues médianes horizontales 384, 385 de la paire des murs latéraux horizontaux, inférieur 374 et supérieur 375, sont échancrées en entrée et en sortie de la section du guide d'onde 370. Les deux fentes horizontales 384, 385 traversent chacune deux tronçons de guidage horizontal et d'extrémité en entrée et sortie de la section guidée 370 avec une première largeur horizontale W1_h, et traverse un tronçon intermédiaire de guidage horizontal avec une deuxième largeur horizontal W2_h, inférieure à la première largeur horizontale W1_h.

[0099] Suivant la Figure 7A et un sixième mode de réalisation, une cellule polarisante 412 d'un écran polariseur 402 selon l'invention est illustrée avec une première polarisation verticale du champ électrique incident, représentée par une première flèche verticale 406 sur la Figure 7A, et une deuxième polarisation horizontale du champ électrique incident, représentée par une deuxième flèche horizontale 408.

[0100] La cellule polarisante 412 comporte une section de guide d'onde 410 dont les quatre murs latéraux 414, 415, 416, 417 sont ouverts chacun longitudinalement sur toute la longueur de la section guidée 410 par une fente continue médiane 424, 425, 426, 427, deux discontinuités électriques élémentaires, première 432 et deuxième 434, d'extrémités d'entrée et de sortie, formées chacune par une interconnexion 442, 444 en forme de H d'un premier type, et une discontinuité électrique 436 intermédiaire, troisième, disposée entre les première et deuxième discontinuités élémentaires 432, 434 d'extrémité, et formée par une interconnexion 446 en forme de H d'un deuxième type.

[0101] Les deux interconnexions 442, 444, en forme de H de premier type, première et deuxième, formant les première et deuxième discontinuités électriques élémentaires 432, 434, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde 410 et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde 410, sont constituées chacune de deux premières tiges verticales 452₁, 452₂; 454₁, 454₂, de même longueur et d'une deuxième tige horizontale 452₃; 454₃ reliant sensiblement en

leur milieu lesdites deux tiges verticale, les deux premières tiges verticales 452₁, 452₂ ; 454₁, 454₂ connectant une paire de murs latéraux horizontaux parallèles, inférieur 414 et supérieur 415, de sorte à réaliser chacune un premier circuit résonateur vertical L1_V, C1_V parallèle de premier type pour la première polarisation verticale, et un premier circuit résonateur horizontal L1_H, C1_H parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.

- [0102] L'interconnexion 446 en forme de H de deuxième type, troisième, formant la troisième discontinuité élémentaire 436, disposée à l'intérieur de section de guide d'onde 410 et sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante 412, entre les première et deuxième discontinuités électriques élémentaires 432, 434, est constituée de deux tiges horizontales 456₁, 456₂ de même longueur et d'une tige verticale 456₃ reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges horizontales 456₁, 456₂, les deux premières tiges horizontales 456₁, 456₂ connectant les murs latéraux parallèles verticaux, gauche 416 et droit 417, dont la normale est horizontale, de sorte à réaliser un deuxième circuit résonateur vertical L2_V, C2_V parallèle de deuxième type pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur horizontal L2_H, C2_H parallèle de deuxième type pour la deuxième polarisation horizontale.
- [0103] Ici, les fentes continues médianes 424, 425, 426, 427 des quatre murs latéraux 414, 415, 416, 417 de la section de guide d'onde, sont dépourvues d'échancrure en entrée et en sortie de la section du guide d'onde 410.
- [0104] Les deux fentes verticales 426, 427 traversent chacune, depuis l'entrée vers la sortie, quatre tronçons de guidage vertical de la section guidée avec une même largeur verticale W1_V qui définissent successivement une portion, première, deuxième, troisième, quatrième, de ligne de transmission pour la première polarisation verticale V ayant une même impédance caractéristique verticale Z1_V.
- [0105] Pour la première polarisation verticale V, la première portion de ligne d'impédance verticale comprise entre l'entrée de section guidée et la première discontinuité électrique élémentaire verticale de premier type, la deuxième portion de ligne d'impédance verticale comprise entre la première discontinuité électrique élémentaire verticale de premier type et la troisième discontinuité électrique élémentaire verticale de deuxième type, la troisième portion de ligne d'impédance verticale comprise entre la troisième discontinuité électrique élémentaire verticale de deuxième type et la deuxième discontinuité électrique élémentaire verticale de premier type, et la quatrième portion de ligne d'impédance verticale comprise entre la deuxième discontinuité électrique élémentaire verticale de premier type et la sortie de section guide ont respectivement des première, deuxième, troisième, quatrième longueur d1, d2, d2, d1 vérifiant l'égalité : $2*(d1+d2) = d$, d désignant la longueur de la section guidée.
- [0106] Les deux fentes horizontales 424, 425 traversent chacune, depuis l'entrée vers la

sortie, quatre tronçons de guidage horizontal de la section guidée avec une même largeur horizontale W_{1H} , qui définissent successivement une portion, première, deuxième, troisième, quatrième, de ligne de transmission pour la deuxième polarisation horizontale H ayant une même impédance caractéristique horizontale Z_{1H} .

- [0107] Pour la deuxième polarisation horizontale H, la première portion de ligne d'impédance horizontale comprise entre l'entrée de section guidée et la première discontinuité électrique élémentaire horizontale de premier type, la deuxième portion de ligne d'impédance horizontale comprise entre la première discontinuité électrique élémentaire horizontale de premier type et la troisième discontinuité électrique élémentaire horizontale de deuxième type, la troisième portion de ligne d'impédance horizontale comprise entre la troisième discontinuité électrique élémentaire horizontale de deuxième type et la deuxième discontinuité électrique élémentaire horizontale de premier type, et la quatrième portion de ligne d'impédance horizontale comprise entre la deuxième discontinuité électrique élémentaire horizontale de premier type et la sortie de section guide ont respectivement des première, deuxième, troisième, quatrième longueur d_1, d_2, d_2, d_1 vérifiant l'égalité : $2*(d_1+d_2) = d$, d désignant la longueur de la section guidée.
- [0108] Suivant la Figure 7B, la représentation électrique de la cellule polarisante 412 pour la première polarisation verticale est une première ligne de transmission 462 dans laquelle un premier premier résonateur parallèle L_{1V}, C_{1V} parallèle correspondant à la première discontinuité électrique de premier type et la première polarisation verticale, un deuxième premier résonateur parallèle L_{1V}, C_{1V} parallèle correspondant à la deuxième discontinuité électrique de premier type et la première polarisation verticale, et un unique deuxième résonateur L_{2V}, C_{2V} parallèle correspondant à la troisième discontinuité électrique de deuxième type et la première polarisation verticale sont branchées respectivement en entrée de la deuxième portion, en sortie de la troisième portion et en entrée de la troisième portion de la première ligne de transmission 452.
- [0109] Suivant la Figure 7C, la représentation électrique de la cellule polarisante 412 pour la deuxième polarisation horizontale est une deuxième ligne de transmission 464 dans laquelle un premier premier résonateur parallèle L_{1H}, C_{1H} parallèle correspondant à la première discontinuité électrique de premier type et la deuxième polarisation horizontale, un deuxième premier résonateur L_{1H}, C_{1H} parallèle correspondant à la deuxième discontinuité électrique de premier type et la deuxième polarisation verticale, et un unique deuxième résonateur L_{2H}, C_{2H} parallèle correspondant à la troisième discontinuité électrique de deuxième type et la deuxième polarisation horizontale sont branchées respectivement en entrée de la deuxième portion, en sortie de la troisième portion et en entrée de la troisième portion de la deuxième ligne de transmission 454.

- [0110] De manière générale, la cellule polarisante inclut une discontinuité électrique élémentaire ou une succession de discontinuités électriques élémentaires formant des charges capacitives ou inductives, ou des circuits L,C, parallèles ou séries qui permettent de modéliser la cellule polarisante comme un circuit passe-bande pour chacune des polarisations verticale et horizontale.
- [0111] De manière générale, les sections de guide d'onde et les tiges d'interconnexion, formant chaque cellule polarisante sont électriquement conductrices.
- [0112] Suivant un premier mode de réalisation, les sections de guide d'onde et les tiges d'interconnexion, formant chaque cellule polarisante sont constituées par un unique matériau homogène électriquement conducteur.
- [0113] Suivant un deuxième mode de réalisation, les sections de guide d'onde et les tiges d'interconnexion, formant chaque cellule polarisante sont constituées par un unique matériau homogène électriquement conducteur.
- [0114] De manière particulière, l'unique matériau homogène électriquement conducteur est un métal, ou le deuxième matériau électriquement conducteur est un métal.
- [0115] Lorsque la structure de la ou des cellules polarisantes de l'écran polariseur est entièrement métallique, l'écran polariseur présente des faibles pertes de transmission indépendamment du mode émission ou réception de l'application utilisée, et est compatible d'applications de forte puissance.
- [0116] Une structure entièrement métallique des cellules polarisantes permet de réaliser l'écran polariseur selon l'invention par fabrication additive en utilisant un procédé d'impression 3-D.
- [0117] Les cellules polarisantes de l'écran polariseur selon l'invention ont une bande passante très large et des murs latéraux de guidage de faible épaisseur vis-à-vis de la longueur d'onde de transmission. L'utilisation de section guidées à base de plaques parallèles repliées permet de ne pas introduire de dispersion fréquentielle dans les sections de guide d'onde et d'obtenir des réponses très large bande. La faible épaisseur des murs latéraux des sections guidées, typiquement inférieure à la longueur d'onde de transmission, confère à l'écran polariseur une stabilité en incidence de l'onde électromagnétique injecté.
- [0118] Suivant la Figure 8 et un premier mode de réalisation, un écran polariseur 502 est un agencement bidimensionnel continu et périodique de cellules polarisantes 512, ajustées sur une surface plane et ayant une structure identique à celle de la cellule polarisante de la Figure 7A.
- [0119] Les cellules polarisantes 512 sont formées ici par des sections guidées 510 métalliques ouvertes sur les côtés par des ouvertures longitudinales. Grace aux ouvertures longitudinales, les guides peuvent propager un mode TEM, qui n'est pas soumis à une fréquence de coupure.

- [0120] Les sections guidées 510 sont chargées en plusieurs endroits par des motifs métalliques de diverses formes, rejoignant les parois des guides, ici trois motifs métalliques en forme de H. Ces motifs permettent de solidariser les différentes parties de la structure de chaque cellules polarisantes et réalisent de manière générale des chargements électriques de type inductifs ou capacitifs, ou des résonateurs (L,C) parallèle ou (L,C) série.
- [0121] Ici, les motifs métalliques ayant la forme de H et reliant les quatre repliés de chaque section guidée, réalisent des résonateurs (L,C) parallèle selon les deux polarisations dont les valeurs L et C pour chaque polarisation sont déterminées par la géométrie desdits motifs. La largeur de la section guidée et la largeur des ouvertures longitudinales, ici quatre fentes de même largeur détermineront l'impédance caractéristique de la section guidée.
- [0122] Grâce à l'absence de fréquence de coupure, l'agencement périodique des sections guidées peut être petit par rapport à la longueur d'onde (typiquement $\lambda/3$). Des bandes passantes très larges peuvent être obtenues, permettant par exemple de couvrir les sous bandes Rx et Tx de la bande Ka. La réponse fréquentielle de l'écran selon chaque polarisation est principalement déterminée par les charges capacitives et inductives réalisées par les connections métalliques, et les impédances caractéristiques déterminées par les caractéristiques du cadre, agissant comme un guide d'onde à plaques parallèles.
- [0123] Suivant les Figures 9A à 9C, les performances radioélectriques d'un écran polariseur bidimensionnel plan, ayant des cellules polarisantes identiques à celles de la Figure 4A, sont illustrées.
- [0124] Suivant la Figure 9A, les courbes 552, 554, 556, 558 d'évolution des paramètres S (gain de transmission S_{21} et perte de retour S_{11}) en fonction de la fréquence mettent en évidence l'adaptation pour une large bande de fréquence Ka pour les deux composantes électriques E_V et E_H de l'onde électromagnétique incidente, correspondant respectivement à la première polarisation verticale et à la deuxième polarisation horizontale.
- [0125] Suivant la Figure 9B, l'évolution de la différence de phase entre les deux coefficients de transmissions pour les deux composantes électriques E_V et E_H de l'onde électromagnétique incidente en fonction de la fréquence est illustrée.
- [0126] La courbe 662 décrit l'évolution du coefficient de transmission pour la composante verticale E_V de l'onde électromagnétique incidente, i.e. la première polarisation verticale en fonction de la fréquence.
- [0127] La courbe 664 décrit l'évolution du coefficient de transmission pour la composante horizontale E_H de l'onde électromagnétique incidente, i.e. la deuxième polarisation en fonction de la fréquence.

- [0128] Une anisotropie de 90° entre les deux courbes 662 et 664 est visible sur la bande 660 de fréquence comprise entre 20 GHz et 28 GHz.
- [0129] Suivant la Figure 9C, l'évolution du taux d'ellipticité AR (en anglais « Axial Ratio ») en fonction de la fréquence met en évidence un taux d'ellipticité proche de 0 (inférieur à 1dB) sur la bande de fréquence.
- [0130] Suivant les Figures 10A et 10B et un deuxième mode de réalisation, un écran polariseur bidimensionnel plan 702 selon l'invention est connecté en entrée à une section de guide d'onde 706 d'injection d'une onde électromagnétique incidente polarisée linéairement.
- [0131] L'écran polariseur 702 est ici un agencement bidimensionnel plan continu et périodique de cellules polarisantes 712 ayant chacune la même structure que celle décrite dans la Figure 4A.
- [0132] La section de guide d'onde 706 d'injection d'une onde électromagnétique incidente polarisée linéairement comporte ici un évasement 714, configuré pour modifier l'impédance du guide à plaques parallèles 716 qui le précède en amont en l'adaptant à l'impédance d'entrée de l'écran polariseur. Plus l'évasement est grand, plus l'impédance caractéristique se rapprochera de celle du vide. Dans ce cas les schémas électriques de l'écran polariseur 702 pour les deux polarisations orthogonales sont similaires à ceux des Figures 4A et 4B dans laquelle l'impédance caractéristique d'entrée Z_0 de l'écran correspondant à une propagation dans le vide a été remplacée par une impédance Z_{pp} correspondant à l'impédance caractéristique de sortie de l'évasement.
- [0133] L'écran polariseur 702 comprend en outre une structure de support latéral 720 qui enveloppe latéralement les cellules polarisantes 712 agencées entre elles, et sur laquelle sont fixées des extrémités de tiges 724 rendant solidaires partiellement les cellules polarisantes entre elles.
- [0134] Ici, les cellules polarisantes 712 sont rendues solidaires entre elles en totalité par l'action conjointe, d'une part des tiges 720 traversant des murs de sections de guide de cellules polarisantes 712 suivant une même direction latérale, ici la direction verticale de chaque cellule polarisante, parallèle à la première direction de polarisation verticale qui correspond à la direction du champ E_v incident incliné de 45° par rapport à la direction verticale de la Figure 10B, et d'autre part la structure de support 720 qui fixe les positions des tiges de liaison 724.
- [0135] L'écran polariseur 702 est fixé à la section de guide d'onde d'entrée 706 par deux ensembles de fixations de bouts d'entrée de murs de sections de guide d'onde de cellules polarisantes 712, configurés pour être connectés rigidement de murs latéraux du guide d'onde 706.
- [0136] En variante, le guide d'onde d'entrée est remplacé par une sortie de cornet

d'injection de l'onde électromagnétique incidente.

- [0137] Suivant la Figure 11 et un troisième mode de réalisation, un écran polariseur plan 802 selon l'invention est, à l'instar de l'écran polariseur bidimensionnel plan 702 des Figures 10A-10B, un agencement bidimensionnel plan, continu et périodique, de cellules polarisantes 812 ayant chacune la même structure que celle décrite dans la Figure 4A.
- [0138] A la différence de l'écran polariseur 702 des Figures 10A-10B, l'écran polariseur 802 est dépourvu de structure de support latéral mais comprend deux plaques 806₁, 806₂ de guidage et d'injection du signal d'entrée connectées en entrée à l'assemblage des sections de guide d'onde formant l'agencement des cellules polarisantes. Ces plaques parallèles peuvent comporter un évasement.
- [0139] Ici, les cellules polarisantes sont rendues solidaires entre elles en totalité par l'action conjointe, d'une part des tiges 820 traversant des murs de sections de guide de cellules polarisantes alignés suivant une même direction latérale, ici la direction verticale de chaque cellule polarisante, parallèle à la première direction de polarisation verticale qui correspond à la direction du champ E incident incliné de 45° par rapport à la direction verticale de la Figure 11B, et d'autre part les deux plaques 806₁, 806₂ de guidage et d'injection du signal RF d'entrée qui fixent les positions des tiges de connexion groupée de plaques repliées au travers de liaisons en bout d'au moins une plaque repliée par groupes de plaques repliées des sections de guide d'onde.
- [0140] L'agencement des cellules polarisantes est fixé en bout d'entrée aux deux plaques de guidage et d'injection du signal RF d'entrée par deux ensembles de fixations de bouts d'entrée de plaques repliées de murs de sections de guide d'onde de cellules polarisantes, configurés pour être connectés rigidement aux deux plaques de guidage et d'injection du signal RF d'entrée polarisé linéairement.
- [0141] En variante, dans les deuxième et troisième modes de réalisation des Figures 10A-10B et Figure 1, plusieurs guides d'onde d'injection à plaques parallèles peuvent être superposés. Ces guides d'onde d'injection à plaques parallèles peuvent se terminer par plusieurs évasements superposés.
- [0142] Suivant les Figures 12A-12B et un exemple d'utilisation d'un écran polariseur selon l'invention, un écran polariseur 902 bidimensionnel plan, de structure identique à celui des Figures 10A-10B est intégré dans une antenne multifaisceaux 904, formée par un réseau 906 de sources RF 908 d'ondes TEM polarisées linéairement et un formateur de faisceaux 910 tel que décrit dans le brevet FR 3038457 B1. Le formateur de faisceaux 910 est un guide d'onde ayant des plaques parallèles permettant de former plusieurs faisceaux sur un large secteur angulaire. Les sources RF 908 qui alimentent le formateur de faisceaux 910 sont ici de type cornet, quatre d'entre elles étant ici représentées.

- [0143] L'antenne multifaisceaux 904 est configurée pour rayonner à partir d'une ouverture continue, formée par une section de guide d'onde 912 d'injection d'une onde électromagnétique incidente polarisée linéairement similaire à celui décrit dans les Figures 10A-10B.
- [0144] L'écran polariseur 902 est un agencement bidimensionnel plan, continu et périodique, de cellules polarisantes 932 ayant chacune la même structure que celle décrite dans la Figure 4A. L'écran polariseur 902 comprend en outre une structure de support latéral 936 qui enveloppe latéralement les cellules polarisantes 932 agencées entre elles, et sur laquelle sont fixées des extrémités de tiges rendant solidaires partiellement les cellules polarisantes entre elles.
- [0145] L'écran polariseur 902 est connectée à la sortie de la section de guide d'onde 912 d'injection d'une onde électromagnétique incidente polarisée linéairement de manière similaire à celle décrite dans les Figures 10A-10B.
- [0146] Un procédé de fabrication d'un écran polariseur selon l'invention tel que décrit ci-dessus peut utiliser avantageusement une technique d'impression 3D, lorsque les cellules polarisantes (sections guidées et tiges d'interconnexion) sont totalement métalliques.
- [0147] Les cellules polarisantes selon l'invention sont dimensionnées pour fonctionner dans une bande de fréquence comprise dans l'une des bandes L, S, C, Ku et Ka
- [0148] Plusieurs applications peuvent être couvertes par un écran polariseur selon l'invention tel que décrit ci-dessus, comme par exemple :
- des antennes bord multifaisceaux embarquées à bord de satellites de systèmes de télécommunications spatiales, basés sur des constellations de satellites évoluant en orbite basse LEO (en anglais « Low Earth Orbit ») ou moyenne MEO (en anglais « Medium Earth Orbit ») ;
 - des antennes de terminaux de communication SATCOM ; ou
 - des terminaux utilisateur de systèmes de télécommunications basés sur des constellations de satellites en orbite basse LEO ou moyenne MEO.

Revendications

[Revendication 1] Ecran polariseur, comprenant un agencement d'au moins une cellule(s) polarisante(s) (112 ; 172 ; 262 ; 312 ; 372 ; 412 ; 512 ; 932), constituée(s) en un matériau électriquement conducteur, sélective(s) en fréquence et en polarisation, pour transformer la polarisation linéaire du champ électrique E d'une onde électromagnétique TEM incidente, reçu en entrée et décomposable en deux signaux de champ électrique E_V , E_H dont les polarisations verticale et horizontale sont linéaires et orthogonales, en une polarisation circulaire d'un champ électrique de sortie, et dans lequel

chaque cellule polarisante (112 ; 172 ; 262 ; 312 ; 372 ; 412 ; 512 ; 932), comporte une section de guide d'onde ayant deux paires orthogonales, verticale et horizontale, de murs latéraux parallèles entre eux et étendus longitudinalement le long d'une direction de propagation d'une onde électromagnétique TEM incidente,

l'écran polariseur étant caractérisé en ce que

les quatre murs latéraux (124, 125, 126, 127 ; 194, 195, 196, 197 ; 274, 275, 276, 277 ; 324, 325, 326, 327 ; 374, 375, 376, 377 ; 414, 415, 416, 417) de chaque cellule polarisante (112 ; 172 ; 262 ; 312 ; 372 ; 412 ; 512 ; 932) sont chacun ouverts sur toute leur longueur par une fente continue médiane (134, 135, 136, 137 ; 194, 195, 196, 197 ; 284, 285, 286, 287 ; 324, 325, 326, 327 ; 384, 385, 386, 387 ; 424, 425, 426, 427), parallèle à la direction de propagation de l'onde électromagnétique incidente, de sorte à former quatre plaques repliées électriquement conductrices, et

chaque cellule polarisante inclut des tiges électriquement conductrices qui interconnectent les murs latéraux et les quatre plaques repliées pour les rendre partiellement ou en totalité solidaires et qui forment une ou plusieurs discontinuités électriques élémentaires successives, lesquelles sont disposées en extrémité ou à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et réalisent une ou des charge(s) capacitive(s), inductive(s), ou une ou des résonateur(s) équivalent(s) (L,C) à une inductance et un capacité branchées en parallèle ou en série ; et

les fentes ouvertes longitudinalement (134, 135, 136, 137 ; 194, 195, 196, 197 ; 284, 285, 286, 287 ; 324, 325, 326, 327 ; 384, 385, 386, 387 ; 424, 425, 426, 427), des murs latéraux et les discontinuités électriques élémentaires de chaque cellule polarisante comportent des formes géo-

métriques et des dimensions qui réalisent une transmission totale de l'onde incidente, associé à une anisotropie de phase de $+90^\circ$ ou -90° selon les composantes E_V et E_H .

- [Revendication 2] Ecran polariseur selon la revendication 1, dans lequel les sections de guide d'onde et les tiges d'interconnexion, formant chaque cellule polarisante, électriquement conductrices sont constituées par :
- un unique matériau homogène électriquement conducteur, ou
 - un premier matériau recouvert par un deuxième matériau électriquement conducteur.
- [Revendication 3] Ecran polariseur selon la revendication 2, dans lequel l'unique matériau homogène électriquement conducteur est un métal, ou le deuxième matériau électriquement conducteur est un métal.
- [Revendication 4] Ecran polariseur selon l'une des revendications 1 à 3 dans le quel, les fentes continues médianes des quatre murs latéraux de chaque section de guide d'onde formant une cellule polarisante, sont échancrées en entrée et en sortie de la section du guide d'onde ; ou les fentes continues médianes d'une seule paire de murs latéraux parallèles de chaque section de guide d'onde formant une cellule polarisante, sont échancrées en entrée et en sortie de la section du guide d'onde ; ou les fentes continues médianes des quatre murs latéraux de chaque section de guide d'onde formant une cellule polarisante, sont dépourvues d'échancrure en entrée et en sortie de la section du guide d'onde.
- [Revendication 5] Ecran polariseur selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel, Les cellules polarisantes (112 ; 172 ; 262 ; 312 ; 372 ; 412 ; 512 ; 932) sont dimensionnées pour fonctionner dans une bande de fréquence comprise dans l'une des bandes L, S, C, Ku et Ka.
- [Revendication 6] Ecran polariseur selon l'une des revendications 1 à 5, dans le quel chaque cellule polarisante (112) inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux en une interconnexion en forme de H, réalisant une unique discontinuité électrique élémentaire, et l'interconnexion en forme de H formant la discontinuité électrique élémentaire, disposée à l'intérieur de section de guide d'onde et sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante, est constituée de deux premières tiges verticales de même longueur et d'une

deuxième tige horizontale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges verticales, les deux premières tiges verticales connectant une paire de murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour une première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.

[Revendication 7]

Ecran polariseur selon l'une des revendication 1 à 5, dans le lequel chaque cellule polarisante (172), inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion en forme de X des murs latéraux réalisant une unique discontinuité électrique élémentaire, et l'interconnexion en forme de X réalisant l'unique discontinuité électrique élémentaire, disposée à l'intérieur de section de guide d'onde sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante et symétriquement par rapport à un plan médian longitudinal traversant la section de guide d'onde, est constituée de deux tiges de même longueur, inclinées par rapport à une direction verticale en sens opposé, qui se croisent sensiblement en leur milieu respectif en étant reliées ou faiblement distante au niveau de leur milieu, et qui connectent une paire de murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour une première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.

[Revendication 8]

Ecran polariseur selon l'une des revendication 1 à 5, dans le lequel chaque cellule polarisante (262), inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux, en deux interconnexions, formées chacune par deux tiges verticales ou poteaux verticaux sans connexion centrale entre eux, et réalisant chacune une interconnexion électrique élémentaire ; et les deux interconnexions, première et deuxième, réalisant les deux discontinuités électriques élémentaires, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde, connectent les deux murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser une charge inductive pour la première polarisation verticale, parallèle à la direction des tiges verticales, et une charge capacitive pour la deuxième polarisation horizontale, or-

thogonale à la première polarisation verticale.

[Revendication 9]

Ecran polariseur selon l'une des revendication 1 à 5, dans le lequel chaque cellule polarisante (312), inclut des tiges en un matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux suivant deux interconnexions successives en forme de H, réalisant deux discontinuités électriques élémentaires ; et les deux interconnexions successives, première et deuxième, réalisant les deux discontinuités élémentaires, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde, sont constituées chacune de deux premières tiges verticales de même longueur et d'une deuxième tige horizontale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges verticales, les deux premières tiges verticales connectant les murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser chacun un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour la deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.

[Revendication 10]

Ecran polariseur selon l'une des revendication 1 à 5, dans le lequel chaque cellule polarisante (372) inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux suivant deux interconnexion en forme de X, réalisant deux discontinuités électriques élémentaires ; et les deux interconnexions successives, première et deuxième, réalisant les deux discontinuités élémentaires, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde et symétriquement par rapport à un plan médian vertical traversant longitudinalement la section de guide d'onde, sont constituées chacune de deux tiges de même longueur, inclinées par rapport à une direction verticale en sens opposé, qui se croisent sensiblement en leur milieu respectif en étant reliées ou faiblement distantes au niveau de leur milieu, et qui connectent les deux murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser chacune un premier circuit résonateur L_V, C_V parallèle pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_H, C_H parallèle pour la deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale.

[Revendication 11] Ecran polariseur selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel chaque cellule polarisante (412) inclut des tiges en matériau électriquement conducteur, d'interconnexion des murs latéraux suivant deux interconnexions, première et deuxième, en forme de H d'un premier type, réalisant deux discontinuités électriques élémentaires d'un premier type et suivant une interconnexion, troisième, en forme de H d'un deuxième type, réalisant une discontinuité électrique élémentaire d'un deuxième type ; et

les deux interconnexions en forme de H de premier type, première et deuxième, disposées à l'intérieur de la section de guide d'onde formant la cellule polarisante et en retrait des extrémités respectives d'entrée et de sortie de ladite section de guide d'onde, sont constituées chacune de deux premières tiges verticales de même longueur et d'une deuxième tige horizontale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux tiges verticales, les deux premières tiges verticales connectant les deux murs latéraux horizontaux, inférieur et supérieur, de sorte à réaliser chacune un premier circuit résonateur L_{V1} , C_{V1} parallèle de premier type pour une première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_{H1} , C_{H1} parallèle pour une deuxième polarisation horizontale, orthogonale à la première polarisation verticale ; et

l'interconnexion en forme de H de deuxième type, troisième, disposée à l'intérieur de section de guide d'onde et sensiblement au milieu de la longueur de la cellule polarisante, est constituée de deux troisièmes tiges horizontales de même longueur et d'une quatrième tige verticale reliant sensiblement en leur milieu lesdites deux troisièmes tiges horizontales, les deux troisièmes tiges horizontales connectant les murs latéraux verticaux, gauche et droit, de sorte à réaliser un premier circuit résonateur L_{V2} , C_{V2} parallèle de deuxième type pour la première polarisation verticale, et un deuxième circuit résonateur L_{H2} , C_{H2} parallèle de deuxième type pour la deuxième polarisation horizontale.

[Revendication 12] Ecran polariseur selon l'une des revendications 1 à 11, comprenant en outre

une structure de support latéral (720) qui enveloppe latéralement l'agencement les cellules polarisantes et sur laquelle sont fixées des extrémités de tiges rendant solidaires partiellement ou en totalité chaque cellule polarisante ; ou

deux plaques parallèles de guidage et d'injection (706) du signal électrique incident, polarisées linéairement, fixées en bout de murs de

cellules polarisant de sorte à rendre solidaires les cellules polarisantes de l'écran polariseur en coopération avec des tiges d'interconnexion solidarisant des groupes de cellules polarisantes.

[Revendication 13] Ecran polariseur selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel l'agencement des cellules polarisantes est un agencement bidimensionnel continu d'au moins trois cellules polarisantes (512) ajustées sur une surface régulière.

[Revendication 14] Procédé de fabrication d'un écran polariseur, tel que défini par l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'écran polariseur est entièrement métallique, et le procédé de fabrication utilise une technique d'impression 3D.

[Fig. 1A]

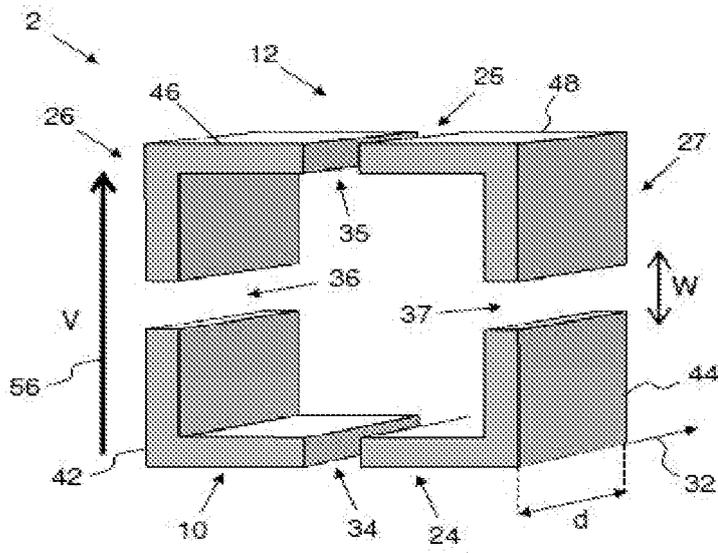


FIG. 1A

[Fig. 1B]

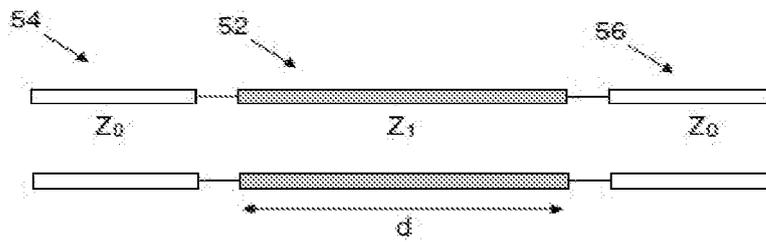


FIG. 1B

[Fig. 2A]

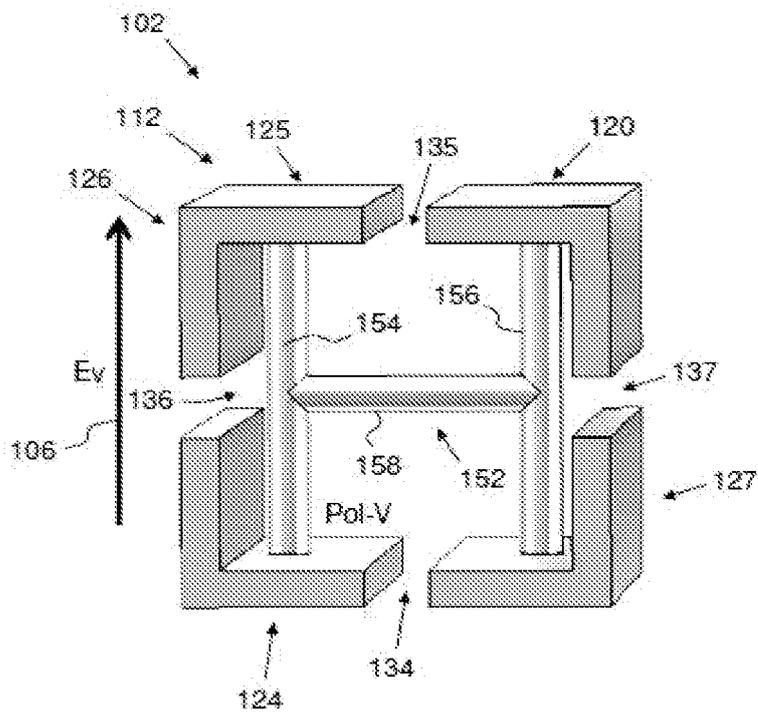


FIG.2A

[Fig. 2B]

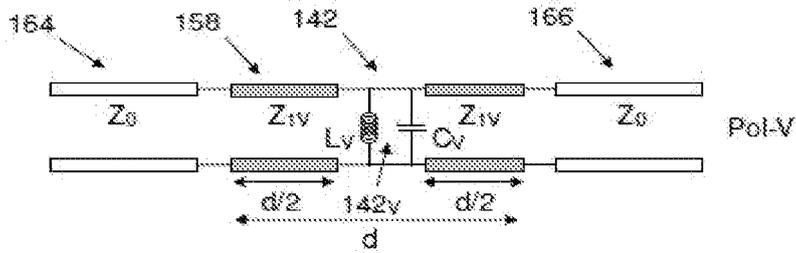


FIG.2B

[Fig. 2C]

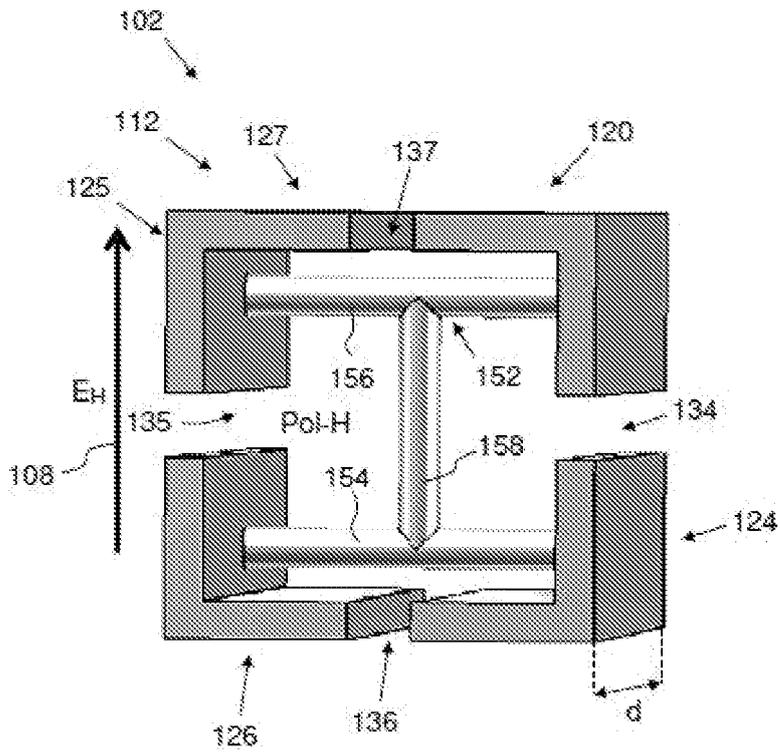


FIG.2C

[Fig. 2D]

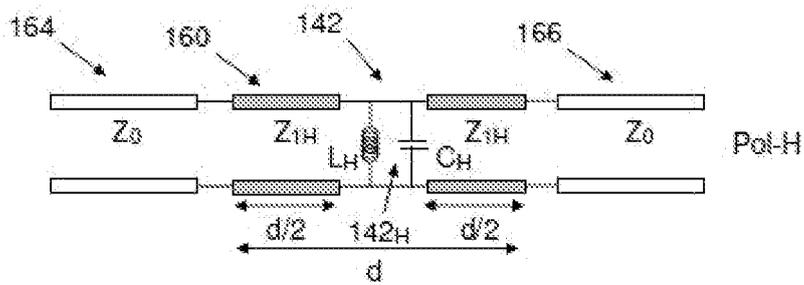


FIG.2D

[Fig. 3]

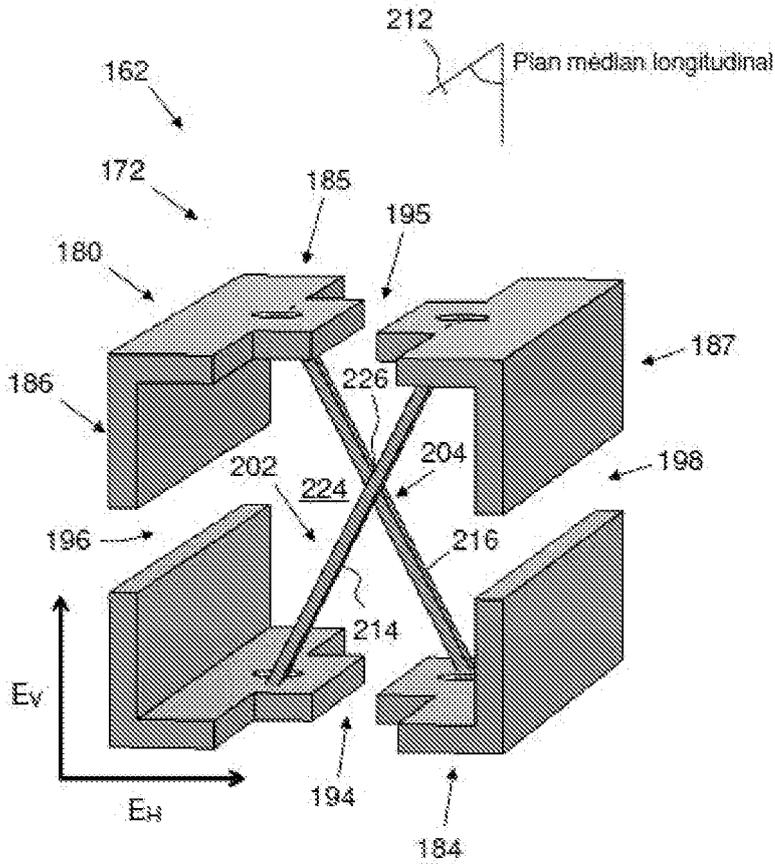


FIG.3

[Fig. 4A]

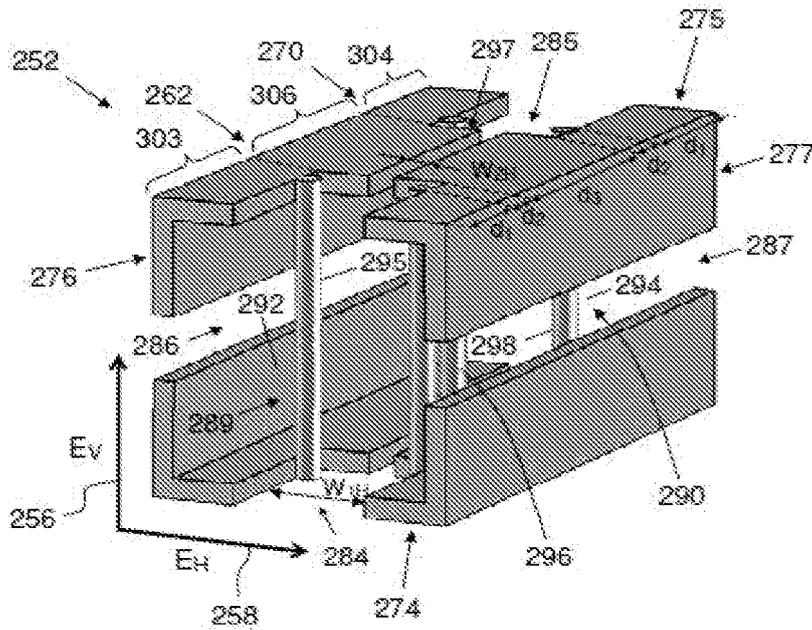


FIG.4A

[Fig. 4B]

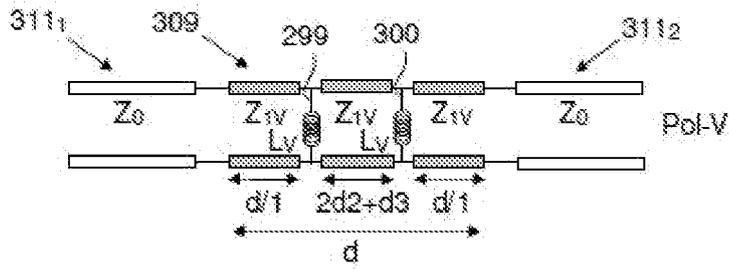


FIG. 4B

[Fig. 4C]

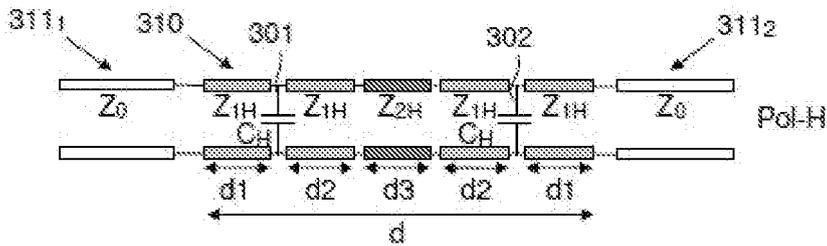


FIG. 4C

[Fig. 5A]

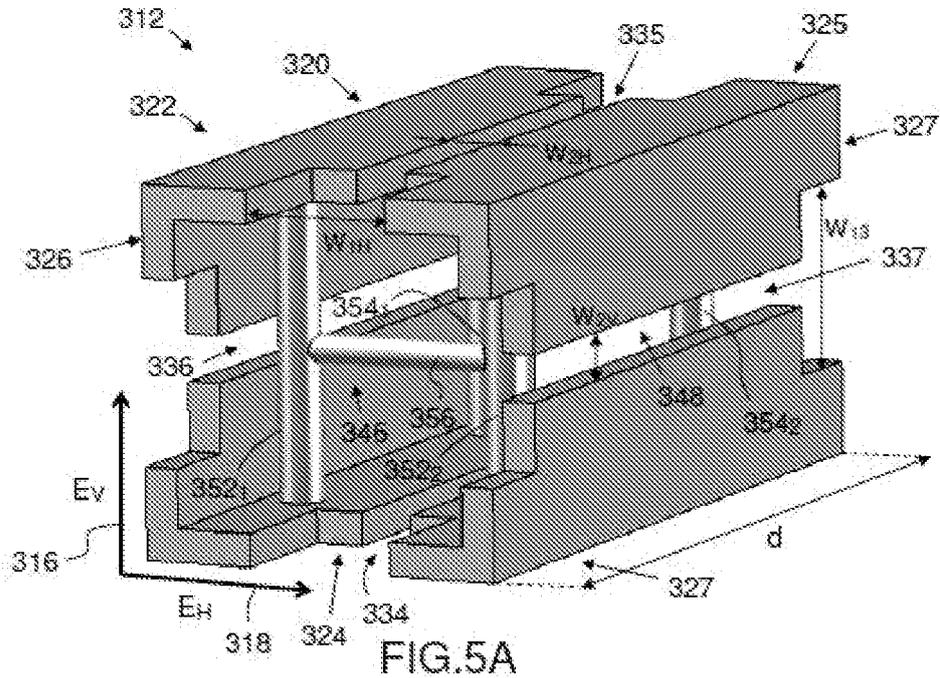
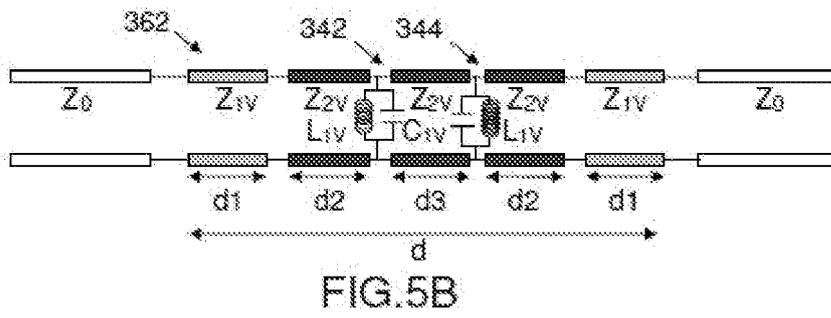
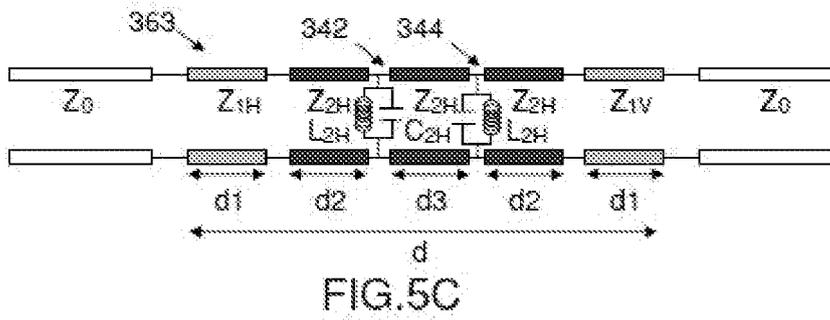


FIG. 5A

[Fig. 5B]



[Fig. 5C]



[Fig. 6]

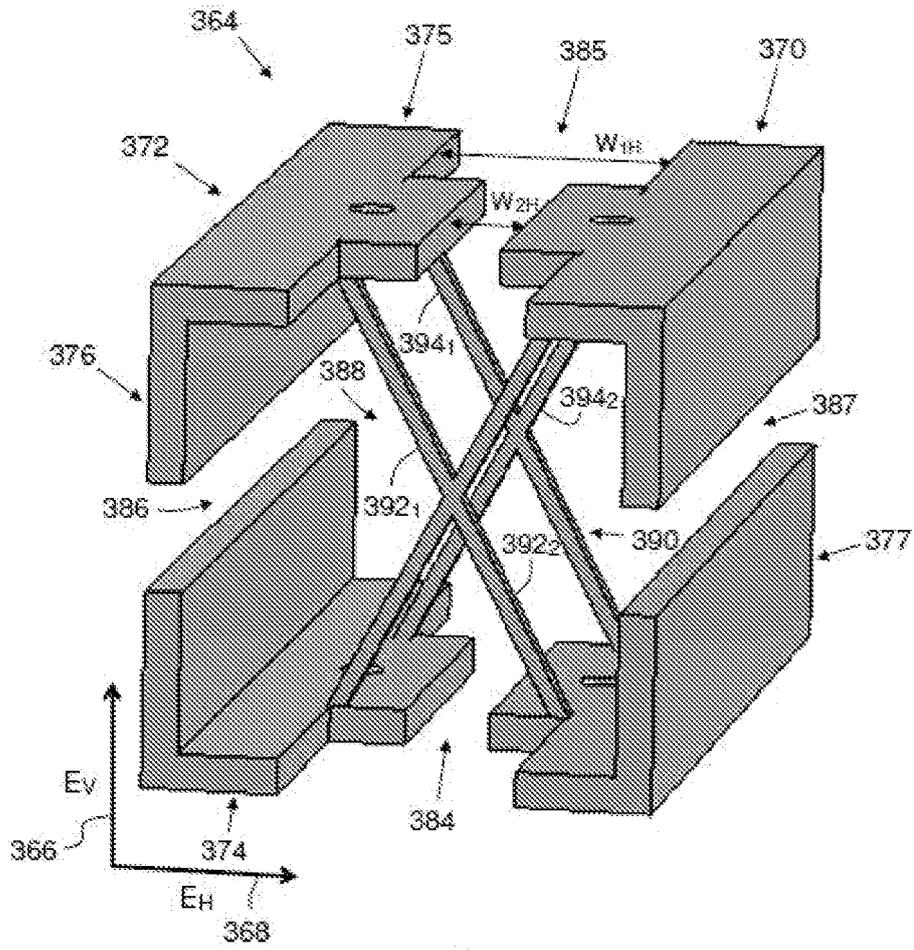


FIG.6

[Fig. 7B]

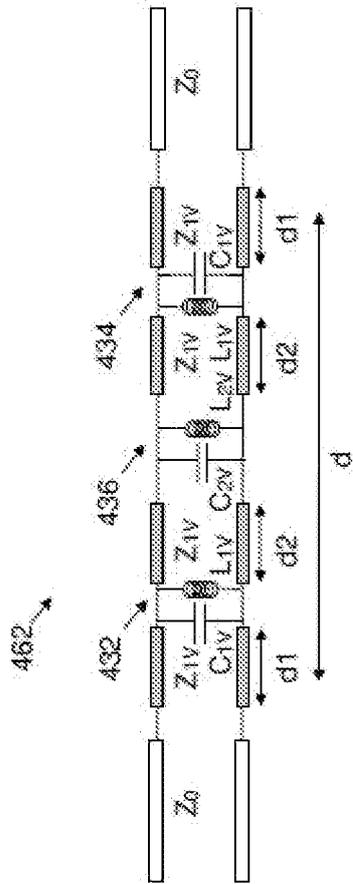


FIG.7B

[Fig. 7C]

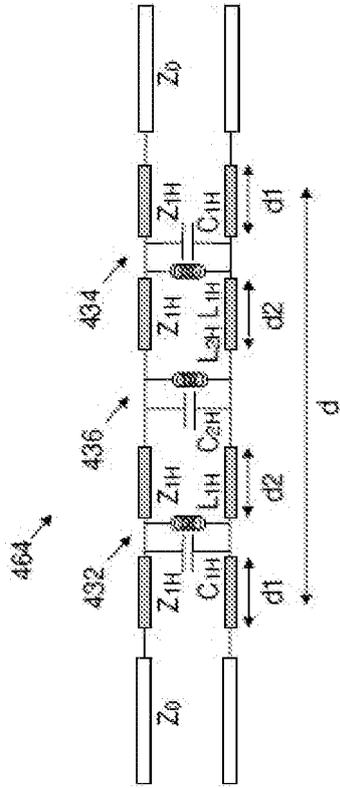


FIG.7C

[Fig. 8]

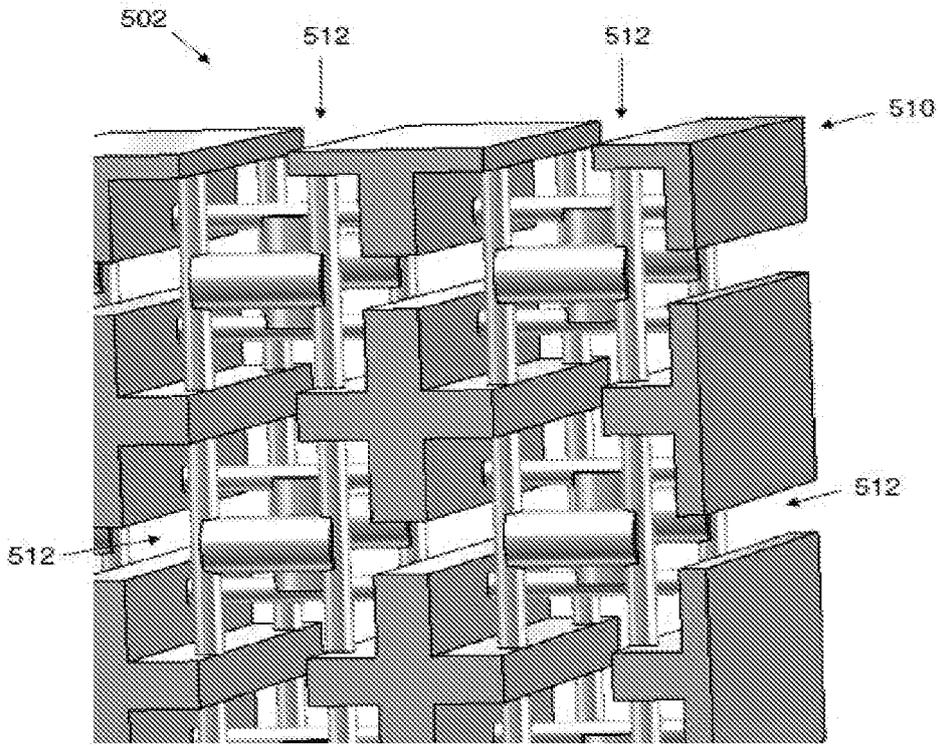


FIG.8

[Fig. 9A]

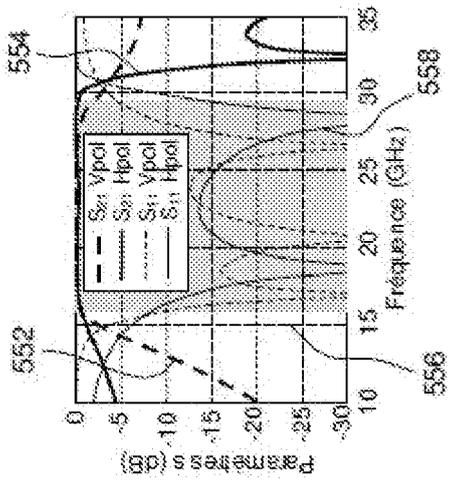


FIG.9A

[Fig. 9B]

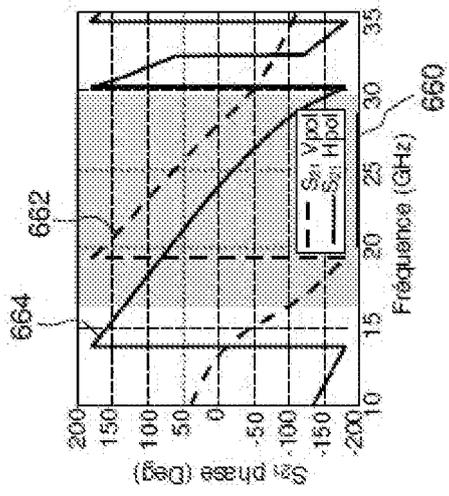


FIG.9B

[Fig. 9C]

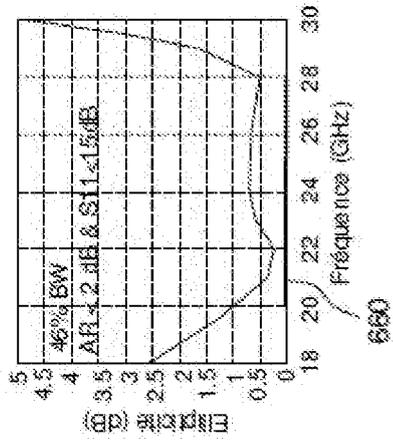


FIG.9C

[Fig. 10A]

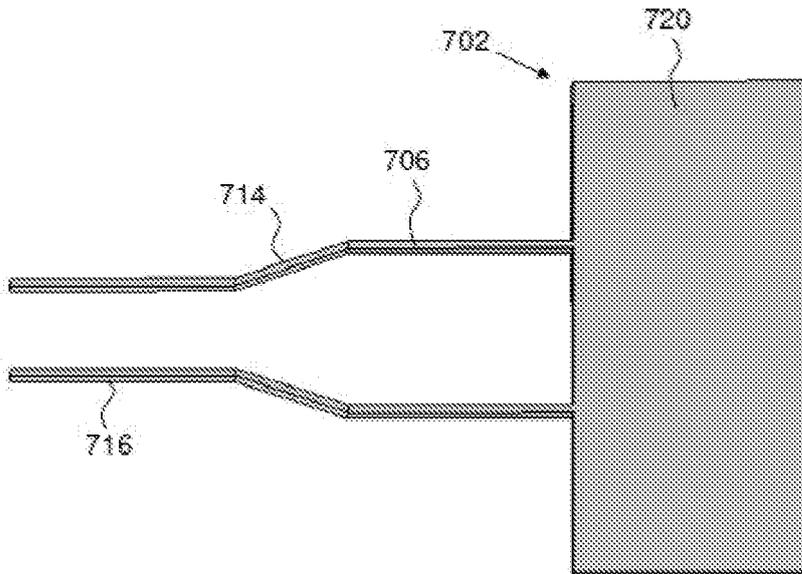
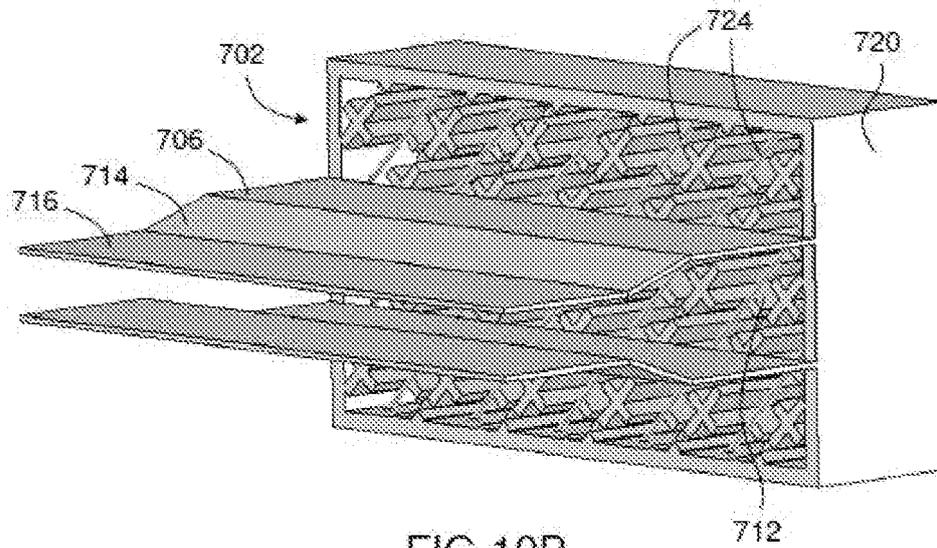
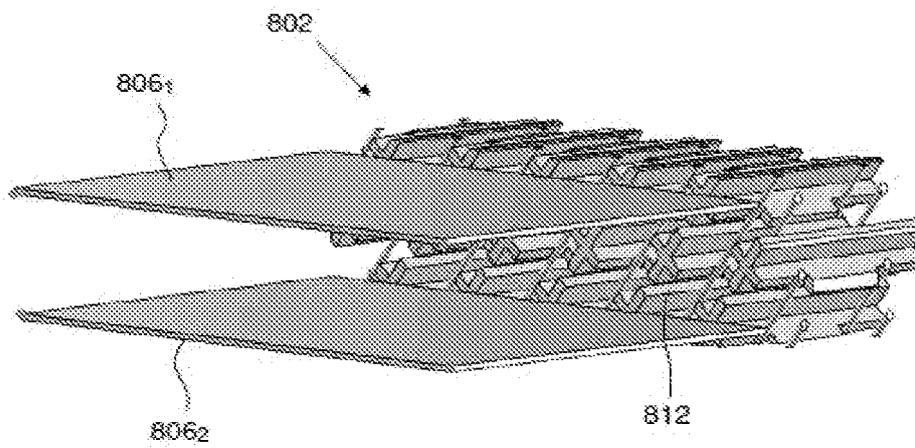


FIG.10A

[Fig. 10B]



[Fig. 11]



[Fig. 12A]

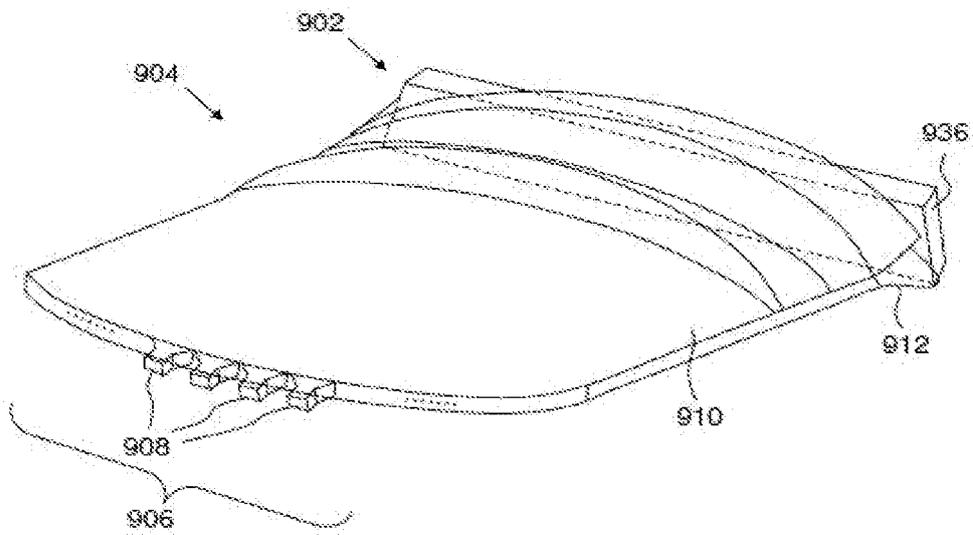


FIG. 12A

[Fig. 12B]

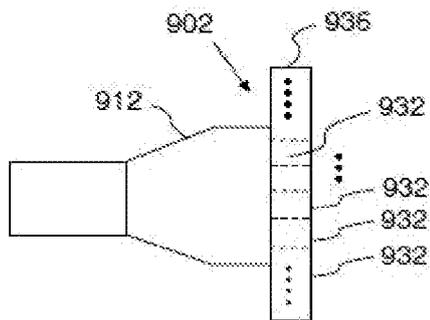


FIG. 12B



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 870238
FR 1904139

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DE 893 819 C (SIEMENS AG) 19 octobre 1953 (1953-10-19) * figures 1a-1c, 3 * * alinéa [0001] - alinéa [0005] * -----	1-14	H01Q15/24 H01Q19/02
A	JP H02 250401 A (NEC CORP) 8 octobre 1990 (1990-10-08) * figures 1a-5b * * abrégé * * alinéa [0001] * -----	1-14	
A	EP 3 349 299 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 18 juillet 2018 (2018-07-18) * abrégé * * figures 1, 4, 6, 8A-9B * * alinéas [0014], [0016], [0019] * * alinéa [0026] - alinéa [0029] * * alinéa [0039] - alinéa [0040] * * alinéa [0042] - alinéa [0043] * * alinéa [0046] - alinéa [0050] * -----	1-14	
A	JP S61 199302 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 3 septembre 1986 (1986-09-03) * figures 1, 2 * * alinéa [0001] * -----	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01P H01Q
A	WO 2018/216071 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 29 novembre 2018 (2018-11-29) * figures 1A-1C, 4A-5C * * alinéa [0008] * * alinéa [0010] - alinéa [0015] * * alinéa [0023] - alinéa [0035] * -----	1-14	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 mars 2020		Gehrmann, Elke	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1904139 FA 870238**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **04-03-2020**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 893819	C	19-10-1953	AUCUN	

JP H02250401	A	08-10-1990	JP 2748518 B2	06-05-1998
			JP H02250401 A	08-10-1990

EP 3349299	A1	18-07-2018	CN 108306086 A	20-07-2018
			EP 3349299 A1	18-07-2018
			JP 2018113666 A	19-07-2018
			US 2018198184 A1	12-07-2018

JP S61199302	A	03-09-1986	JP H0217961 B2	24-04-1990
			JP S61199302 A	03-09-1986

WO 2018216071	A1	29-11-2018	EP 3618172 A1	04-03-2020
			JP 6301025 B1	28-03-2018
			JP W02018216071 A1	27-06-2019
			WO 2018216071 A1	29-11-2018
