

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 126 817**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **21 09301**

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 Q 13/10** (2022.01), H 01 Q 21/00, H 01 Q 3/00

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **ANTENNE ÉLÉMENTAIRE DU TYPE AGILE ET DU TYPE ANTENNE CAVITÉ ; ANTENNE RÉSEAU COMPORTANT UNE PLURALITÉ DE TELLES ANTENNES ÉLÉMENTAIRES.**

②② **Date de dépôt** : 06.09.21.

③③ **Priorité** :

④③ **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 10.03.23 Bulletin 23/10.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention** : 08.09.23 Bulletin 23/36.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de recherche** :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

⑦① **Demandeur(s)** : *THALES Société anonyme —FR, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX Etablissement public national scientifique, culturel et professionnel FR, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE BORDEAUX Etablissement public national scientifique, culturel et professionnel FR et Centre national de la recherche scientifique Etablissement public à caractère scientifique et technique — FR.*

⑦② **Inventeur(s)** : LE GALL Timothée, GHIOTTO Anthony, MORVAN Gwenaël, VARAULT Stefan et LOUIS Bruno.

⑦③ **Titulaire(s)** : *THALES Société anonyme, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX Etablissement public national scientifique, culturel et professionnel, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE BORDEAUX Etablissement public national scientifique, culturel et professionnel, Centre national de la recherche scientifique Etablissement public à caractère scientifique et technique.*

⑦④ **Mandataire(s)** : Lavoix.

FR 3 126 817 - B1



Description

Titre de l'invention : Antenne élémentaire du type agile en polarisation et du type antenne cavité ; Antenne réseau comportant une pluralité de telles antennes élémentaires.

- [0001] L'invention a pour domaine celui des antennes élémentaires agiles en polarisation.
- [0002] De telles antennes élémentaires trouvent leurs applications dans l'imagerie radar, les brouilleurs ou encore les liaisons de données.
- [0003] Plus particulièrement, dans le domaine de l'imagerie radar, on recherche des antennes présentant un rendement accru en émission, une amélioration de la linéarité en fonction de la puissance d'émission, une amélioration du facteur signal sur bruit, et une tenue en puissance accrue en réception.
- [0004] La Demanderesse a ainsi développé des antennes élémentaires du type antenne planaire, ou antenne « patch » en anglais, excitées par des fentes, telles que par exemple celles décrites dans le brevet FR 3062523.
- [0005] Pour que les différentes voies d'émission/réception soient parfaitement équilibrées, il est nécessaire que les points d'excitation de l'élément rayonnant de l'antenne élémentaire présentent une impédance commune, de préférence égale à 50 ohms.
- [0006] Or, sur une antenne élémentaire du type antenne patch, les points d'excitation à la surface de l'élément rayonnant présentant une telle impédance sont en nombre limité.
- [0007] Le but de la présente invention est par conséquent de résoudre ce problème en proposant une antenne élémentaire agile en polarisation offrant un plus grand nombre de points d'excitation possibles.
- [0008] Pour cela l'invention a pour objet une antenne élémentaire du type agile en polarisation et du type antenne cavité, comportant une cavité délimitée axialement par une face avant et une face arrière et latéralement par des parois latérales, la face avant, qui constitue le plan rayonnant de l'antenne élémentaire, étant munie d'une première fente rectiligne et d'une seconde fente rectiligne, les première et seconde fentes étant disposées de manière à former ensemble une croix, qui est centrée sur un centre géométrique de la face avant et qui définit quatre cadrans sur la face avant, de sorte que, lorsque la cavité est placée dans un mode TE₂₁₀, une onde polarisée perpendiculairement à la première fente rectiligne est émise et lorsque la cavité est placée dans un mode TE₁₂₀, une onde polarisée perpendiculairement à la seconde fente rectiligne est émise. Cette antenne élémentaire est telle que la face arrière est portée à un potentiel électrique de référence, et l'antenne élémentaire comporte un dispositif d'excitation, positionné à l'arrière de la cavité et capable d'exciter la face avant à travers la cavité, le dispositif d'excitation excitant la face avant en une pluralité de points d'excitation qui

présentent une impédance prédéfinie commune, chaque cadran de la face avant portant au moins un point d'excitation.

- [0009] Suivant des modes particuliers de réalisation, l'antenne élémentaire comporte une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) les combinaisons techniquement possibles.
- [0010] La face avant et la face arrière sont carrées et les première et seconde fentes sont disposées parallèlement aux bords de la face avant.
- [0011] L'impédance prédéfinie commune des points d'excitation est égale à 50 Ohms.
- [0012] La face arrière agit comme un plan électrique miroir entre une couche d'alimentation du dispositif d'excitation, la couche d'alimentation étant située d'un côté de la face arrière tandis que la face avant est située de l'autre côté de la face arrière.
- [0013] Deux points d'excitation disposés symétriquement par rapport à la première fente rectiligne ou par rapport à la seconde fente rectiligne sont excités par des signaux en opposition de phase.
- [0014] Le dispositif d'excitation comporte une pluralité de vias métallisés reliant électriquement une couche d'alimentation, située à l'arrière de la face arrière, et la face avant, la couche d'alimentation comportant une pluralité de lignes d'alimentation, chaque ligne d'alimentation étant associée à un via métallisé, chaque via métallisé débouchant, sur la face avant, en un point d'excitation.
- [0015] Chaque via métallisé est isolé de la face arrière à la traversée de cette dernière.
- [0016] Le dispositif d'excitation comporte une pluralité de fentes ménagées dans la face arrière et une couche d'alimentation située à l'arrière de la face arrière et comportant une pluralité de lignes d'alimentation, chaque ligne d'alimentation étant associée à une fente, et chevauchant la fente associée de manière à ce que le point de croisement de la ligne d'alimentation et de la fente associée soit situé à l'aplomb d'un point d'excitation de la face avant.
- [0017] Les fentes forment des ouvertures circulaires.
- [0018] Les fentes forment des ouvertures rectilignes, la pluralité de fentes formant une croix, un carré parallèle aux bords de l'antenne élémentaire, ou un carré parallèle aux diagonales de l'antenne élémentaire.
- [0019] L'invention a également pour objet une antenne réseau composée d'une pluralité d'antennes élémentaires telle que celle présentée précédemment.
- [0020] L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'un mode de réalisation particulier, donné uniquement à titre d'exemple non limitatif, cette description étant faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :
 - [0021] – [Fig.1] la [Fig.1] est une représentation de l'amplitude du champ électrique dans une cavité excitée dans un mode TE₂₁₀ ;

- [Fig.2] la [Fig.2] représente schématiquement une antenne élémentaire selon l'invention dont la face avant est munie de deux fentes en croix pour présenter une agilité de polarisation en émission et en réception ;
- [Fig.3] la [Fig.3] est une représentation en perspective éclatée d'un premier mode de réalisation d'une antenne élémentaire selon l'invention, dans lequel la face avant de la cavité est excitée par vias métallisés ;
- [Fig.4] la [Fig.4] est une représentation en coupe au voisinage d'un via de l'antenne élémentaire de la [Fig.3] ;
- [Fig.5] la [Fig.5] est une représentation en perspective éclatée d'un second mode de réalisation d'une antenne élémentaire selon l'invention, dans lequel la face avant est excitée par des fentes ;
- [Fig.6] la [Fig.6] est une représentation en coupe au voisinage d'une fente de l'antenne de la [Fig.5] ; et,
- [Fig.7][Fig.8][Fig.9][Fig.10][Fig.11] les Figures 7 à 11 représentent, en vue de dessous la face arrière de différentes variantes de réalisation de l'antenne de la [Fig.5].

[0022] La [Fig.1] représente schématiquement une antenne élémentaire du type antenne cavité en vue de dessus.

[0023] Les antennes cavité sont connues, par exemple de l'article G. Srivastava and A. Mohan, "A Differential Dual-Polarized SIW Cavity-Backed Slot Antenna," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 67, no. 5, pp. 3450-3454, May 2019.

[0024] La face avant de la cavité, qui constitue l'élément rayonnant de l'antenne élémentaire 10, repose dans un plan défini par des première et seconde directions, D1 et D2. Les premières et secondes directions se croisent en un point C, centre géométrique de la face avant. La face avant étant de préférence de forme carrée, la première direction correspond à une diagonale de la face avant et la seconde direction correspond à l'autre diagonale de la face avant.

[0025] La face avant est munie d'une paire de fentes, 12 et 13, rectangulaires et formant un motif en croix. Cette croix est centrée sur le point C. Les fentes sont disposées de manière à être parallèles aux bords de la face avant. La croix définit quatre cadrans sur la face avant de l'antenne élémentaire.

[0026] Est représentée sur la [Fig.1] l'amplitude du champ électrique à l'intérieur de la cavité lorsque celle-ci est excitée dans le mode d'excitation TE₂₁₀. Dans ce mode, l'amplitude du champ électrique présente deux lobes, 14 et 15, symétriques par rapport à la première fente 12. Le champ électrique dans ces deux lobes est en opposition de phase : à un instant donné, si le champ électrique dans le lobe supérieur 15 est dirigé vers l'avant du plan de la [Fig.1], alors le champ électrique dans le lobe inférieur 14 est dirigé vers l'arrière du plan de la [Fig.1].

- [0027] Dans le mode d'excitation TE210 et en émission, l'antenne élémentaire 10 émet une onde polarisée perpendiculairement à la direction de la première fente 12, dite par convention polarisation « verticale ».
- [0028] Réciproquement, en réception, une onde incidente polarisée verticalement est propre à placer la cavité dans le mode d'excitation TE210.
- [0029] De manière particulièrement intéressante, l'ensemble des points de la face avant situés le long des courbes 24 et 25 présentent une impédance de 50 Ohms pour un module électronique d'émission/réception connecté électriquement à l'un de ces points.
- [0030] Il y a donc une multiplicité de points à la surface de la face avant présentant une impédance de 50 Ohms et que l'on peut choisir pour exciter la face avant de l'antenne élémentaire 10 pour émettre une onde polarisée verticalement.
- [0031] Par symétrie par rapport à la première direction D1, lorsque la cavité est excitée dans le mode T120, l'amplitude du champ électrique présente deux lobes, 16 et 17 ([Fig.2]), symétriques par rapport à la seconde fente 13. Le champ électrique dans ces deux lobes est en opposition de phase.
- [0032] Dans le mode d'excitation TE120 et en émission, l'antenne élémentaire 10 émet une onde polarisée perpendiculairement à la direction de la seconde fente 13, dite par convention polarisation « horizontale ».
- [0033] Réciproquement, en réception, une onde incidente polarisée horizontalement est propre à placer la cavité dans le mode d'excitation TE120.
- [0034] L'ensemble des points de la face avant situés le long des courbes 26 et 27 présentent une impédance de 50 Ohms pour un module électronique d'émission/réception connecté électriquement à l'un de ces points.
- [0035] Il y a donc une multiplicité de points à la surface de la face avant présentant une impédance de 50 Ohms et que l'on peut choisir pour exciter la face avant de l'antenne élémentaire 10 pour émettre une onde polarisée horizontalement.
- [0036] Ainsi, pour que l'antenne élémentaire 10 soit agile, c'est-à-dire puisse émettre selon une première polarisation ou selon une seconde polarisation, il convient d'exciter la face avant en des points d'excitation qui sont sélectionnés le long des courbes 24 et 25 ET le long des courbes 26 et 27. C'est cette propriété qui est mise en œuvre dans la présente invention.
- [0037] En choisissant la phase relative des signaux appliqués aux points d'excitation de deux cadrans différents, la polarisation en émission ou en réception peut alors être choisie soit selon la première polarisation (polarisation dite verticale – partie haute de la [Fig.2]), soit selon la seconde polarisation (polarisation dite horizontale – partie basse de la [Fig.2]), ou encore selon une polarisation circulaire droite, ou une polarisation circulaire gauche, ou encore, en excitant que les points de cadrans opposés par

la symétrie de centre C, $+45^\circ$ (c'est-à-dire selon la première droite D1) ou -45° (c'est-à-dire selon la seconde droite D2).

- [0038] En se référant maintenant à la [Fig.3], un premier mode de réalisation d'une antenne élémentaire 101 selon l'invention va être présenté.
- [0039] L'antenne élémentaire 101 est du type antenne cavité (« cavity-backed antenna » en anglais). L'antenne élémentaire 101 comporte par conséquent une cavité 102.
- [0040] Dans ce mode de réalisation, une face avant de la cavité, qui constitue également l'élément rayonnant de l'antenne élémentaire, est excitée par un dispositif qui, dans ce premier mode de réalisation, prend la forme d'une série de vias métallisés traversant la cavité pour connecter une couche d'alimentation à une pluralité de points d'excitation de la face avant.
- [0041] L'antenne élémentaire 101 comporte, successivement selon un axe A, une face avant 110, un premier substrat 120, une face arrière 130, un second substrat 140 et une couche d'alimentation 150.
- [0042] La cavité 102 est délimitée selon l'axe A par les faces avant et arrière, 110 et 130, et latéralement par des parois latérales 122. De préférence, lorsque la face avant est carrée, la cavité a la forme d'un parallélogramme rectangle à section carrée (perpendiculairement à l'axe A).
- [0043] La face avant 110 est constituée d'une couche en un matériau conducteur du courant électrique, de préférence un métal.
- [0044] La face avant 110 étant carrée, la première diagonale correspond à une première direction D1 et la seconde diagonale correspond à une seconde direction D2. Les premières et secondes diagonales se coupent au point C, qui constitue un centre géométrique de la face avant.
- [0045] La face avant 110 est munie d'une première fente rectangulaire 112 et d'une deuxième fente rectangulaire 113. Les premières et secondes fentes formant ensemble une croix, qui est disposée au point C de sorte que les bras de cette croix soient parallèles aux bords de la face avant. La croix délimite quatre cadrans sur la face avant 110.
- [0046] La face avant 110 est munie d'une pluralité de perforations 115. Chaque perforation 115 est centrée en un point d'excitation 111. Chaque perforation 115 constitue l'extrémité d'un via métallisé. La face intérieure de chaque perforation 115 est métallisée. Pour simplifier la [Fig.3], la face avant 110 de l'antenne 101 ne présente que deux points d'excitation par cadran, mais un plus grand nombre de points d'excitation pourraient être prévus. Un point d'excitation 111 associé à une perforation 115 est positionné sur la face avant 110 de manière à ce que la face avant 110 constitue une charge électrique de 50 Ohms pour un module d'émission/réception connecté électriquement à la face avant par l'intermédiaire du via débouchant au niveau du point

d'excitation considéré.

- [0047] Le premier substrat 120 est constitué d'un matériau isolant.
- [0048] Les parois latérales 122 de la cavité 102 sont délimitées dans le substrat 120. Avantageusement, une technique utilisée pour réaliser des guides d'ondes intégrés au substrat - SIW (« Substrate integrated waveguide ») est mise en œuvre pour réaliser les parois latérales de la cavité 102. Une paroi latérale est alors réalisée par une rangée de vias métallisés établissant un court-circuit entre la face arrière 130 et la face avant 110 de la cavité 102.
- [0049] Par ailleurs, le substrat 120 présente des trous traversants 125 correspondant aux vias métallisés débouchant sur la face avant 110. Une face interne de chaque trou traversant est métallisée.
- [0050] La face arrière 130 est constituée d'une couche en un matériau conducteur du courant électrique, de préférence un métal.
- [0051] La couche 130 est connectée électriquement à un potentiel de référence. Elle agit comme un plan électrique miroir entre la couche d'alimentation et la face avant.
- [0052] La face arrière 130 comporte une pluralité de perforations 135, qui correspondent aux vias métallisés connectant la couche d'alimentation 150 et la face avant 110.
- [0053] Pour éviter tout court-circuit entre un via métallisé et le matériau constitutif de la face arrière 130 à la traversée de celle-ci, un anneau isolant 136 est prévu autour de chacune des perforations 135. La face interne des perforations est métallisée.
- [0054] Le second substrat 140 est constitué d'un matériau isolant.
- [0055] Le second substrat 140 comporte une pluralité de trous traversant 145 constituant respectivement des portions des vias métallisés entre la couche d'alimentation 150 et la face avant 110. La face interne de chaque trou traversant est recouverte d'un film métallique.
- [0056] Enfin, la couche d'alimentation 150 comporte des perforations 155 qui constituent les extrémités des vias métallisés entre la couche d'alimentation 150 et la face avant 110. La face intérieure de chaque perforation est recouverte d'un film métallique.
- [0057] Chaque perforation 155 est associée à une ligne d'alimentation 157 qui est connecté électriquement à un module d'émission/réception permettant, en émission, d'injecter un signal électrique pour exciter la face avant afin d'émettre une onde électromagnétique dans le demi-espace en avant de la face avant et, en réception, d'acquérir un signal électrique résultant de l'excitation de la face avant par une onde électromagnétique incidente sur la face avant.
- [0058] La [Fig.4] représente une section axiale de l'antenne élémentaire 101 de la [Fig.3] au voisinage d'un via métallisé 105 connectant électriquement la couche d'alimentation 150 et la face avant 110 à travers la cavité. La couche 150 a été gravée pour délimiter la ligne alimentation 157 permettant d'alimenter l'extrémité du via métallisé 105.

- [0059] A la traversée de la face arrière 130, un anneau isolant 136 est interposé entre le métal de face arrière 130 et la métallisation du via 105 de manière à isoler électriquement le via 105 de la face arrière 130 portée au potentiel de référence.
- [0060] Un via constitutif de la paroi latérale 122 de la cavité 102 est représenté qui réalise un court-circuit entre la face arrière 130 et la face avant 110 de manière à délimiter la cavité 102.
- [0061] Chaque via est donc positionné de manière à ce qu'il débouche, sur la face avant, en un point d'excitation caractérisé par une d'impédance de 50 Ohms.
- [0062] Compte tenu de la propriété d'une antenne cavité de présenter un grand nombre de points d'excitation caractérisé par une d'impédance de 50 Ohms, on peut donc multiplier les vias.
- [0063] L'onde émise possède une puissance qui est la somme des puissances des signaux d'excitation appliqués à chacun des vias. Ainsi, en multipliant les vias et en alimentant chaque voie avec un signal proche de la saturation de la voie d'émission/réception correspondante, une onde de grande puissance peut être émise.
- [0064] De manière symétrique, en réception, la puissance de l'onde incidente est répartie entre les différents vias. Par conséquent, en multipliant les vias, chaque voie d'émission/réception fonctionne loin de la saturation.
- [0065] La [Fig.5] représente un second mode de réalisation d'une antenne élémentaire du type antenne cavité selon l'invention. Dans ce second mode de réalisation, le dispositif d'excitation de la face avant de la cavité comporte des fentes.
- [0066] Un composant du second mode de réalisation identique ou similaire à un composant du premier mode de réalisation est identifié par un chiffre de référence qui est égal au chiffre de référence identifiant ce composant identique ou similaire du premier mode de réalisation, augmenté d'une centaine.
- [0067] L'antenne élémentaire 201 comporte une cavité 202.
- [0068] L'antenne élémentaire 201 comporte une face avant 210, un premier substrat 220, une face arrière 230, un second substrat 240 et une couche d'alimentation 250.
- [0069] La face avant 210, carrée et métallique, comporte une paire de fentes, 212 et 213, formant ensemble une croix, centrée au point C, et dont les bras sont parallèles aux bords de la face avant.
- [0070] Dans le présent mode de réalisation, la face avant 210 ne présente pas de perforation. Seuls les points d'excitation 211 ont été représentés sur la [Fig.5].
- [0071] Le premier substrat 220 délimite les parois latérales 222 de la cavité 202, de préférence au moyen d'une rangée de vias métallisés faisant court-circuit entre la face avant et la face arrière de la cavité 202.
- [0072] La face arrière 230, carré et métallique, est portée à un potentiel de référence. Elle agit comme un plan électrique miroir entre le circuit d'alimentation et la face avant.

- [0073] La face arrière 230 présente des ouvertures 234 constituant des fentes. Ces ouvertures présentent des dimensions caractéristiques supérieures à celles des perforations et des vias du premier mode de réalisation.
- [0074] Sur la [Fig.5], chaque fente est une ouverture circulaire qui est positionnée à l'aplomb d'un point d'excitation 211 associé sur la face avant.
- [0075] Le second substrat 240 est plein.
- [0076] Enfin, la couche d'alimentation 250 a été gravée de manière à présenter une pluralité de pistes d'alimentation 237. Chaque piste d'alimentation 237 est associée à une fente 234.
- [0077] La [Fig.6] représente une section axiale de l'antenne élémentaire 201 au voisinage d'une fente 234.
- [0078] La piste 237 associée à la fente 234 est rectiligne et présente une extrémité intérieure 238 et une extrémité extérieure 239. La piste 234 est disposée à cheval sur la fente 234.
- [0079] Le point de croisement de la piste 237 et de la fente 234 est à l'aplomb du point d'excitation 211 associé.
- [0080] En positionnant convenablement les pistes d'alimentation 237 et les fentes 234, une pluralité de points de la face avant présentant une impédance caractéristique peuvent être excités.
- [0081] Sur les figures 7 à 11, différentes variantes du second mode de réalisation sont représentées.
- [0082] A la [Fig.7], les fentes sont des ouvertures circulaires. Deux fentes sont prévues par cadran. Chaque fente est associée à une piste d'alimentation. Une piste d'alimentation est rectiligne et chevauche la fente associée selon la première direction D1 ou la seconde direction D2.
- [0083] Dans la variante représentée sur la [Fig.8], le nombre de fentes est réduit à une fente par cadran. Pour respecter la symétrie, les fentes sont centrées sur la première direction D1 ou la seconde direction D2. Deux pistes d'alimentation sont associées à chaque fente. Les pistes d'alimentation sont rectilignes et s'étendent parallèlement aux bords de l'antenne élémentaire.
- [0084] Dans la variante représentée sur la [Fig.9], les fentes sont des ouvertures rectangulaires. Dans cette variante, la face arrière est munie de quatre fentes. Elles s'étendent parallèlement à la première direction D1 ou à la seconde direction D2, mais à l'écart du centre géométrique C pour former sensiblement un carré. Chaque fente est associée à une unique piste d'alimentation. La piste d'alimentation chevauche la fente associée dans le plan médian de ladite fente.
- [0085] Sur la variante représentée à la [Fig.10], la face arrière est munie d'une paire de fentes rectilignes se croisant à angle droit à l'aplomb du point C. Elles forment donc une croix dont les bras sont parallèles aux bords de l'antenne élémentaire. Chaque

fente est excitée par une paire de lignes d'alimentation. Une ligne d'alimentation chevauche un des bras de la fente associée. Les lignes d'alimentation d'une même fente sont disposées symétriquement par symétrie centrale.

[0086] Sur la variante représentée à la [Fig.11], la face arrière de la cavité est munie de quatre fentes rectilignes, indépendantes les unes des autres. Les fentes sont disposées parallèlement et à proximité des bords de l'antenne élémentaire. Chaque fente est associée à une paire de lignes d'alimentation, qui sont disposées de manière symétrique par rapport à un plan médian de la fente associée.

[0087] Sur ces différentes figures, les extrémités des pistes d'alimentation de la couche d'alimentation, sur lesquelles sont appliqués des signaux électriques d'émission et/ou sur lesquelles sont collectés des signaux de réception, sont référencés 1+, 1-, 2+, 2-, et éventuellement 3+, 3-, 4+, 4-.

[0088] Le tableau suivant donne les déphasages entre les signaux électriques sur chacune des extrémités des pistes d'alimentation pour un fonctionnement de l'antenne élémentaire selon une polarisation définie.

[0089] [Tableaux 1]

1+	2+	3+	4+	1-	2-	3-	4-	Polarisation
0°	0°	0°	0°	180°	180°	180°	180°	Verticale
0°	0°	180°	180°	0°	0°	180°	180°	Horizontale
0°	0°	90°	90°	270°	270°	180°	180°	RHCP
0°	0°	270°	270°	90°	90°	180°	180°	LHCP
OFF	OFF	0°	0°	180°	180°	OFF	OFF	45°
0°	0°	OFF	OFF	OFF	OFF	180°	180°	-45°

[0090] Par polarisation « verticale », il faut entendre une polarisation linéaire selon la bissectrice entre les premières et secondes directions et par polarisation « horizontale », une polarisation linéaire selon une direction orthogonale. La polarisation « RHCP » est une polarisation circulaire droite tandis que la polarisation « LHCP » est une polarisation circulaire gauche. Une polarisation à 45° est selon la première direction, tandis que la polarisation -45° est selon la seconde direction.

[0091] Les déphasages entre les signaux électriques sur les pistes de la couche d'alimentation détaillés dans ce tableau pour les antennes des Figures 7 à 11 s'applique également à l'antenne selon le premier mode de réalisation (Figures 3 et 4) ainsi qu'à l'antenne selon le second mode de réalisation (Figures 5 et 6).

[0092] Si le cas de points d'excitation présentant une impédance commune de 50 Ohms a été présenté ci-dessus en détail, en variante les points d'excitation de l'antenne présentent

une impédance commune ayant une autre valeur, comme 30 Ohms ou 75 Ohms, sachant que l'on a la propriété que les différents points d'accès sont disposés le long d'une courbe spécifique de la valeur d'impédance retenue.

[0093] Ainsi, l'antenne élémentaire est agile en polarisation, à la fois en émission et en réception, en ajustant le déphasage des signaux électriques au niveau de chaque ligne d'alimentation du dispositif d'excitation.

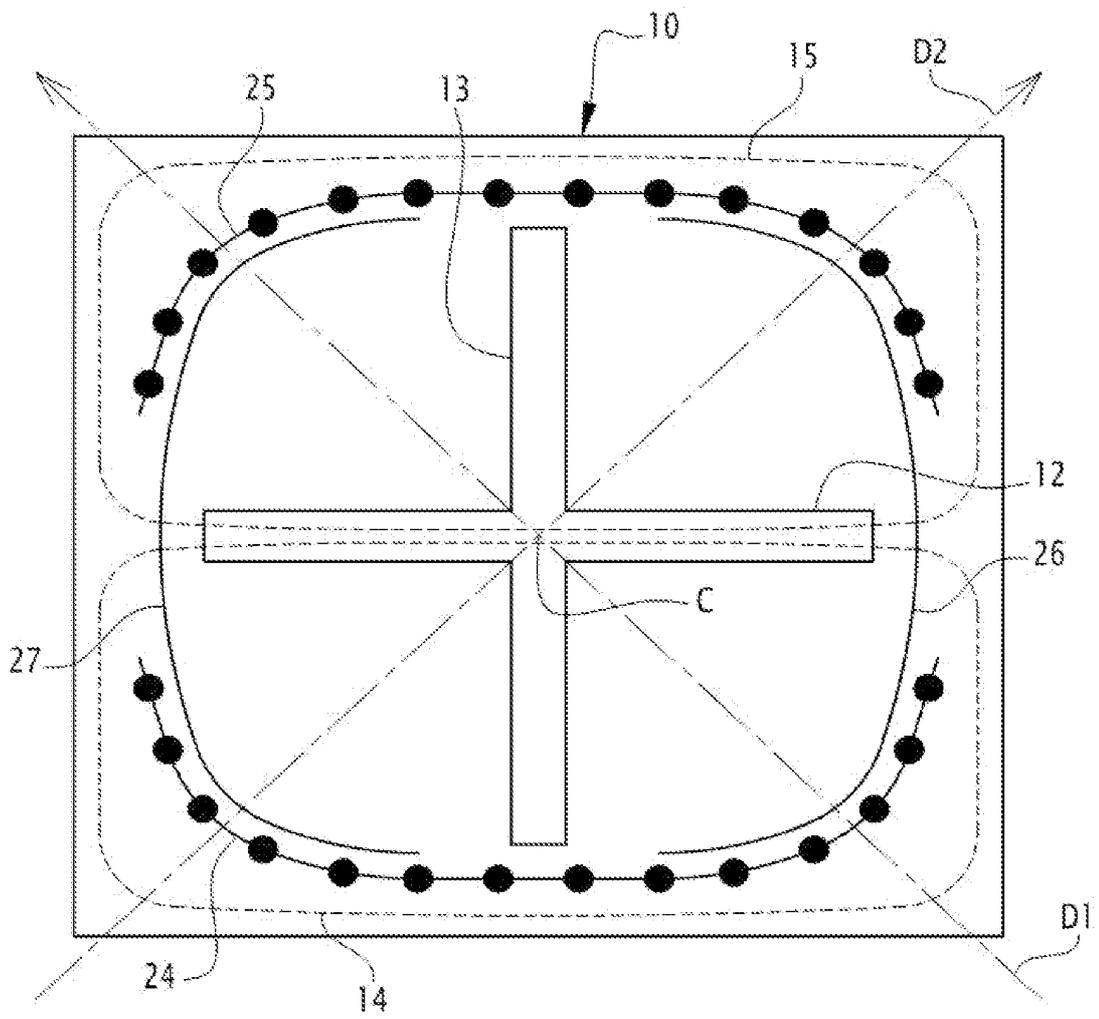
Revendications

- [Revendication 1] Antenne élémentaire (101, 201) du type agile en polarisation et du type antenne cavité, comportant une cavité (102, 202) délimitée axialement par une face avant (110, 210) et une face arrière (130, 230) et latéralement par des parois latérales (122, 222), la face avant, qui constitue le plan rayonnant de l'antenne élémentaire, étant munie d'une première fente rectiligne (112, 212) et d'une seconde fente rectiligne (113, 213), les première et seconde fentes étant disposées de manière à former ensemble une croix, qui est centrée sur un centre géométrique de la face avant et qui définit quatre cadrans sur la face avant, de sorte que, lorsque la cavité (102, 202) est placée dans un mode TE₂₁₀, une onde polarisée perpendiculairement à la première fente rectiligne (112, 212) est émise et lorsque la cavité est placée dans un mode TE₁₂₀, une onde polarisée perpendiculairement à la seconde fente rectiligne (113, 213) est émise, l'antenne élémentaire étant caractérisée en ce que la face arrière (130, 230) est portée à un potentiel électrique de référence, et en ce que l'antenne élémentaire comporte un dispositif d'excitation (105, 234), positionné à l'arrière de la cavité (102, 202) et capable d'exciter la face avant à travers la cavité, le dispositif d'excitation excitant la face avant en une pluralité de points d'excitation (111, 211) qui présentent une impédance prédéfinie commune, chaque cadran de la face avant portant au moins un point d'excitation.
- [Revendication 2] Antenne élémentaire selon la revendication 1, dans laquelle la face avant et la face arrière sont carrées et les première et seconde fentes sont disposées parallèlement aux bords de la face avant.
- [Revendication 3] Antenne élémentaire selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle l'impédance prédéfinie commune des points d'excitation (111, 211) est égale à 50 Ohms.
- [Revendication 4] Antenne élémentaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la face arrière (130, 230) agit comme un plan électrique miroir entre une couche d'alimentation (150, 250) du dispositif d'excitation, la couche d'alimentation étant située d'un côté de la face arrière tandis que la face avant est située de l'autre côté de la face arrière.
- [Revendication 5] Antenne élémentaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle deux points d'excitation (111, 211) disposés sy-

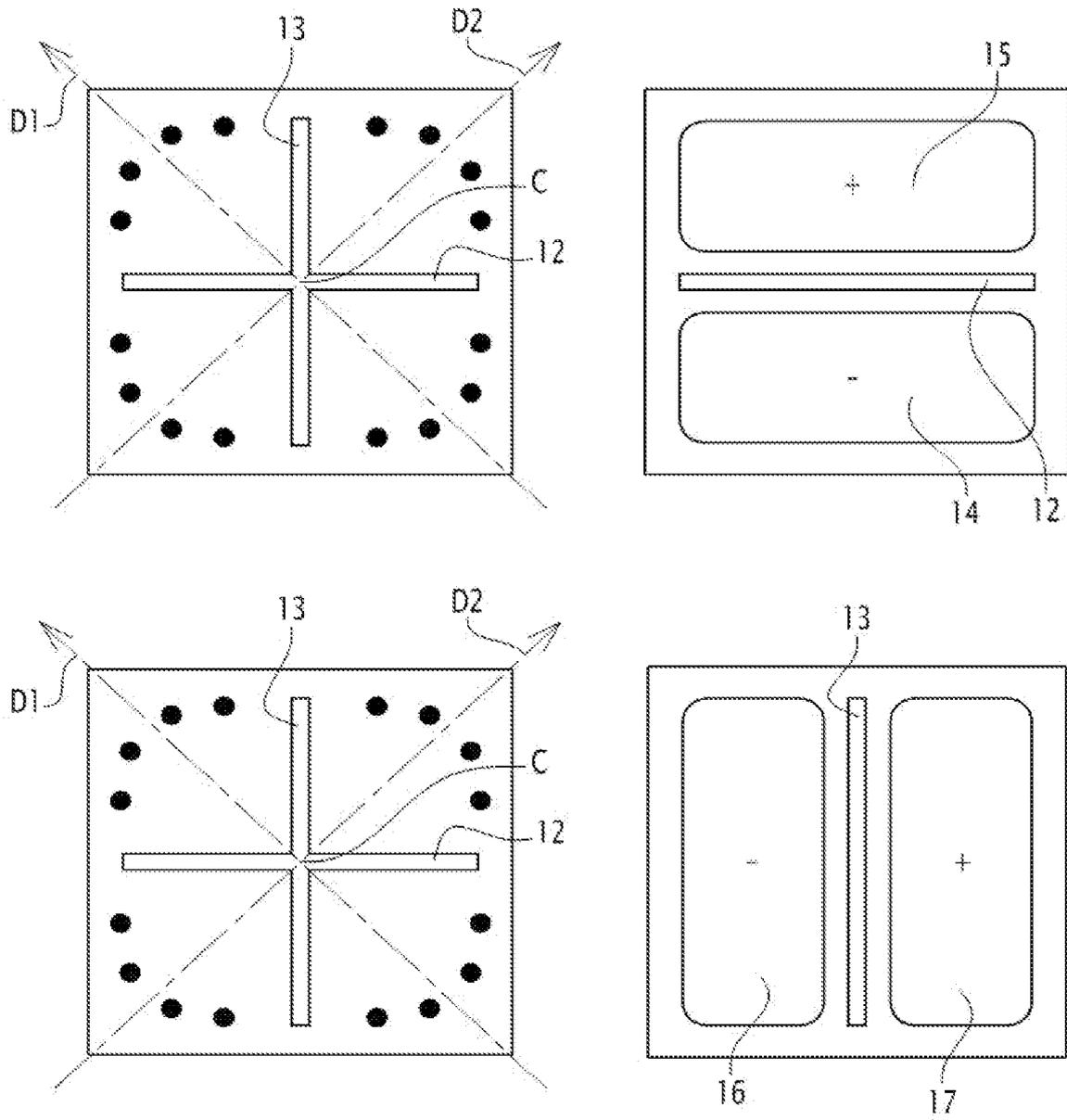
métriquement par rapport à la première fente rectiligne (112, 212) ou par rapport à la seconde fente rectiligne (113, 213) sont excités par des signaux en opposition de phase.

- [Revendication 6] Antenne élémentaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le dispositif d'excitation comporte une pluralité de vias métallisés (105) reliant électriquement une couche d'alimentation (150), située à l'arrière de la face arrière (130), et la face avant (110), la couche d'alimentation (150) comportant une pluralité de lignes d'alimentation (157), chaque ligne d'alimentation étant associée à un via métallisé, chaque via métallisé débouchant, sur la face avant (110), en un point d'excitation (111).
- [Revendication 7] Antenne élémentaire selon la revendication 6, dans laquelle chaque via métallisé (105) est isolé de la face arrière (130) à la traversée de cette dernière.
- [Revendication 8] Antenne élémentaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle le dispositif d'excitation comporte une pluralité de fentes (234) ménagées dans la face arrière (230) et une couche d'alimentation (250) située à l'arrière de la face arrière et comportant une pluralité de lignes d'alimentation (237), chaque ligne d'alimentation étant associée à une fente, et chevauchant la fente associée de manière à ce que le point de croisement de la ligne d'alimentation et de la fente associée soit situé à l'aplomb d'un point d'excitation (211) de la face avant (210).
- [Revendication 9] Antenne élémentaire selon la revendication 8, dans laquelle les fentes (234) forment des ouvertures circulaires.
- [Revendication 10] Antenne élémentaire selon la revendication 8, dans laquelle les fentes forment des ouvertures rectilignes, la pluralité de fentes formant une croix, un carré parallèle aux bords de l'antenne élémentaire, ou un carré parallèle aux diagonales de l'antenne élémentaire.
- [Revendication 11] Antenne réseau comportant une pluralité d'antennes élémentaires, caractérisée en ce que chaque antenne élémentaire est conforme à l'une quelconque des revendications précédentes.

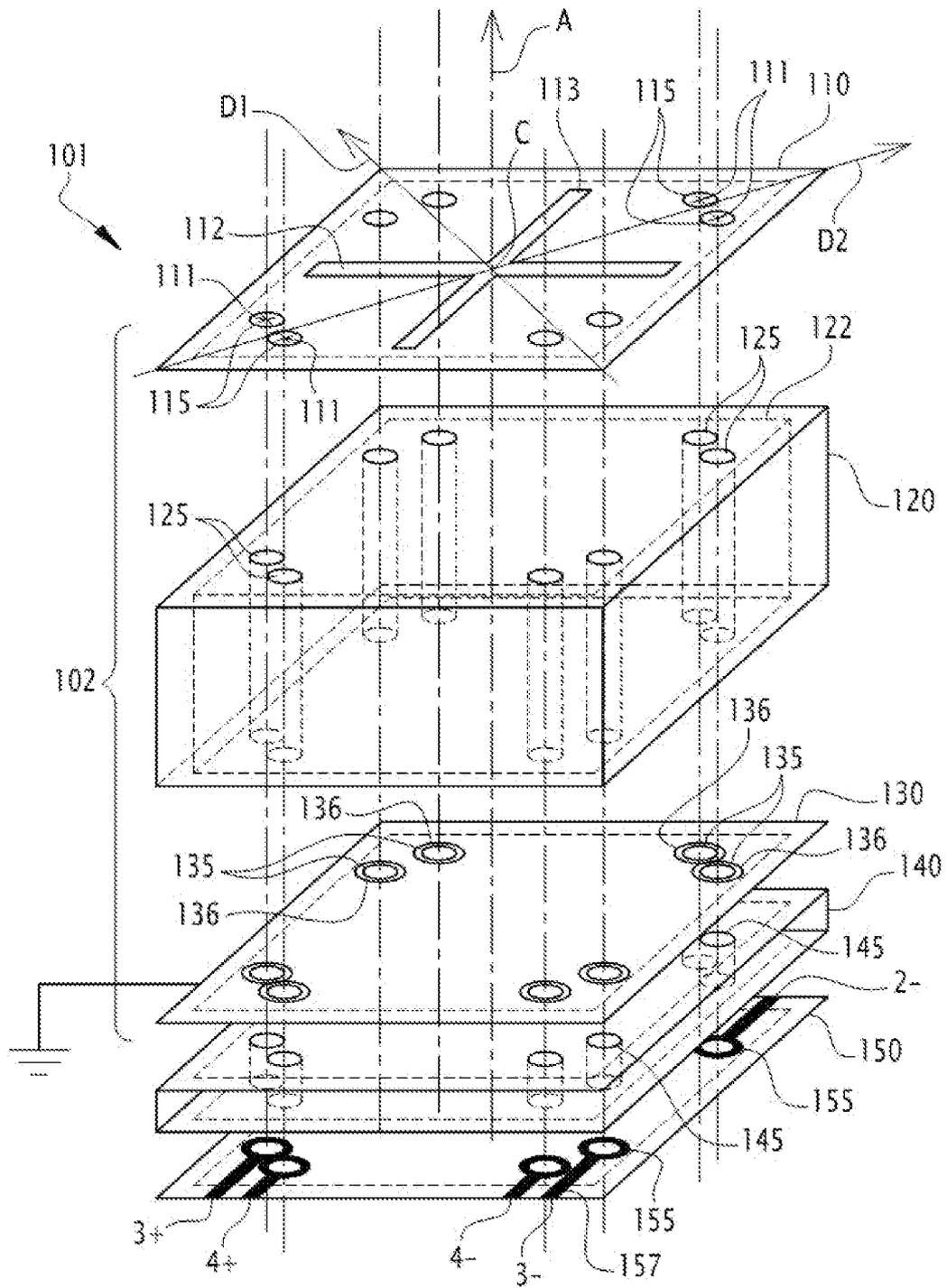
[Fig. 1]



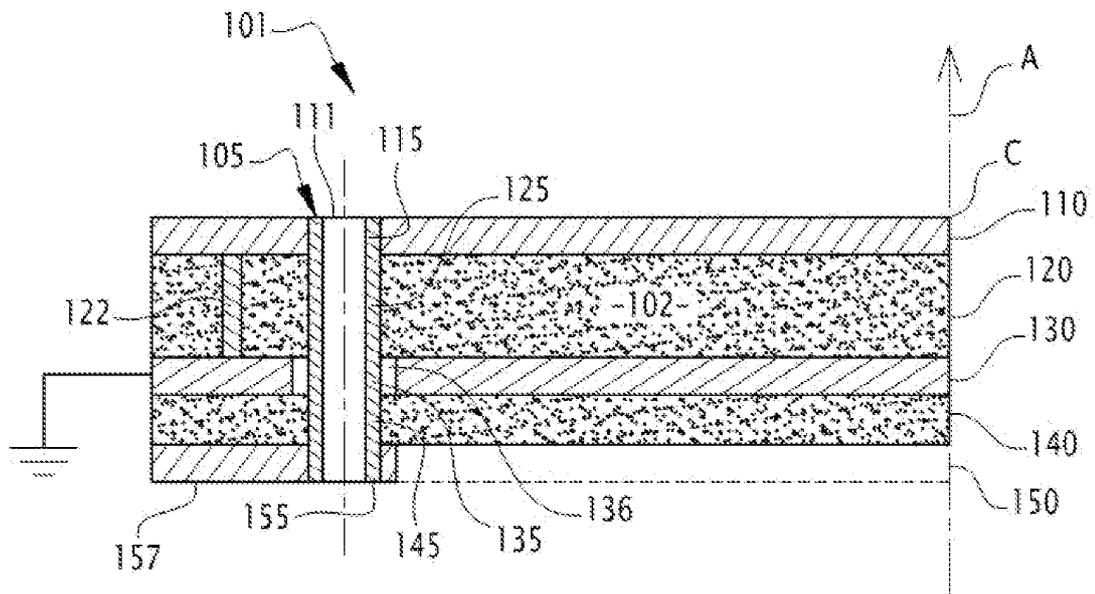
[Fig. 2]



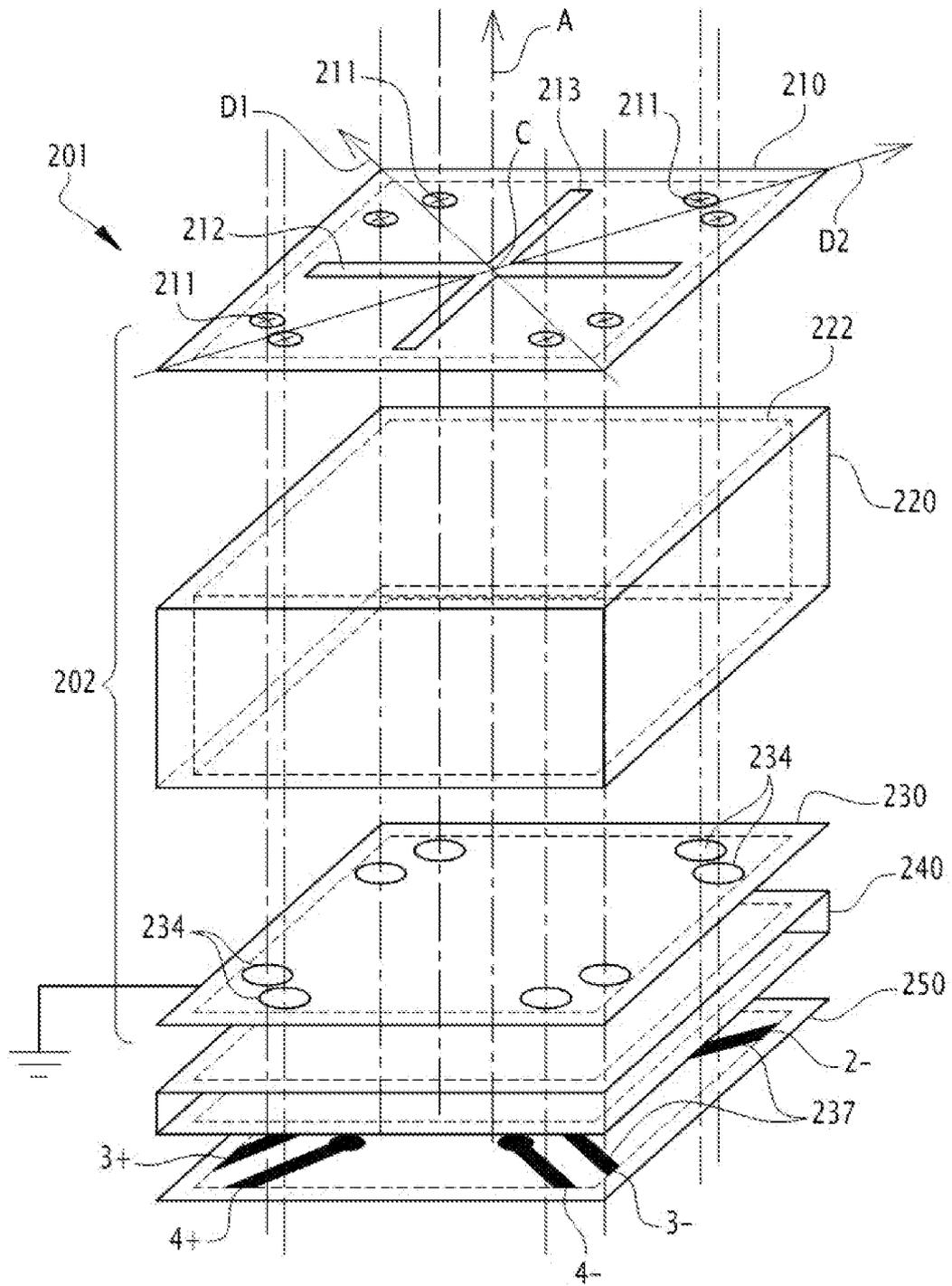
[Fig. 3]



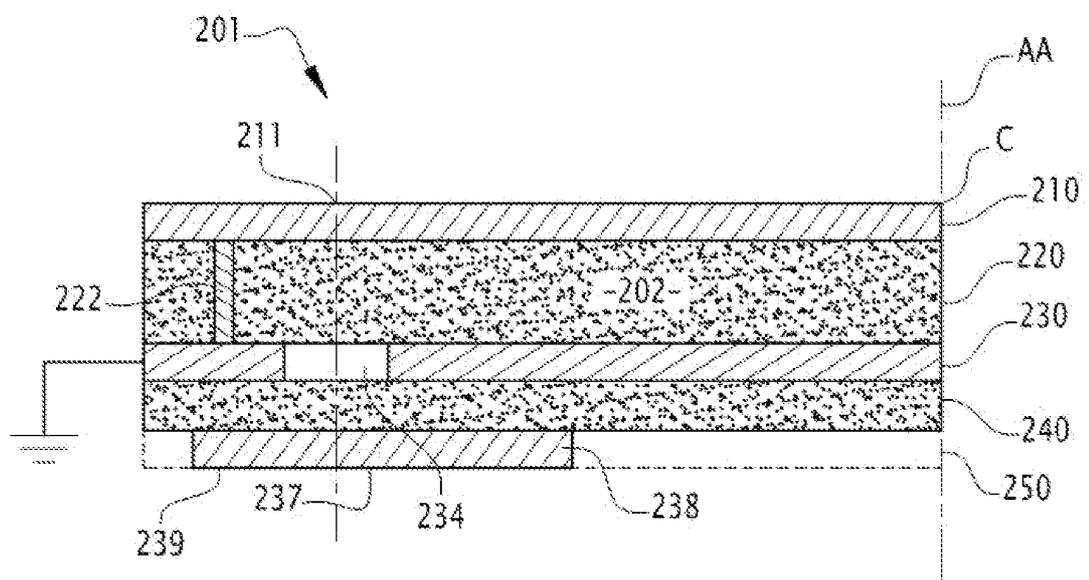
[Fig. 4]



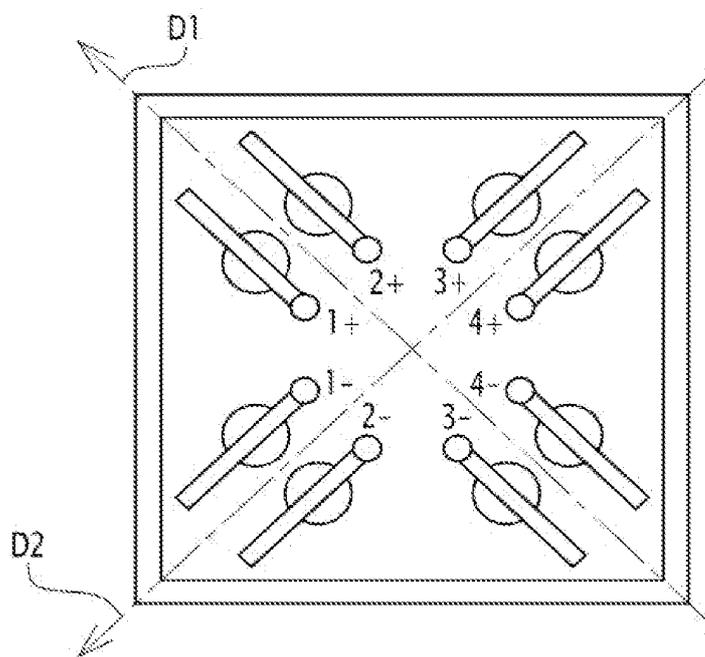
[Fig. 5]



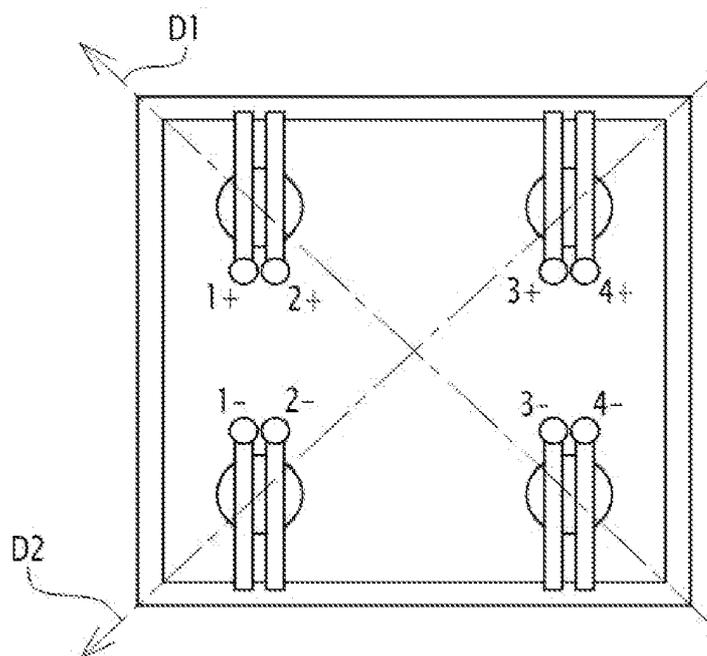
[Fig. 6]



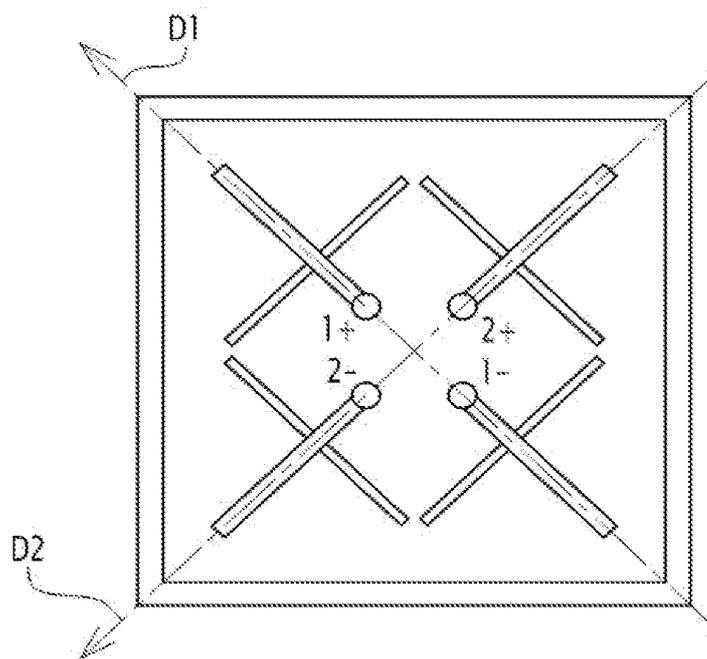
[Fig. 7]



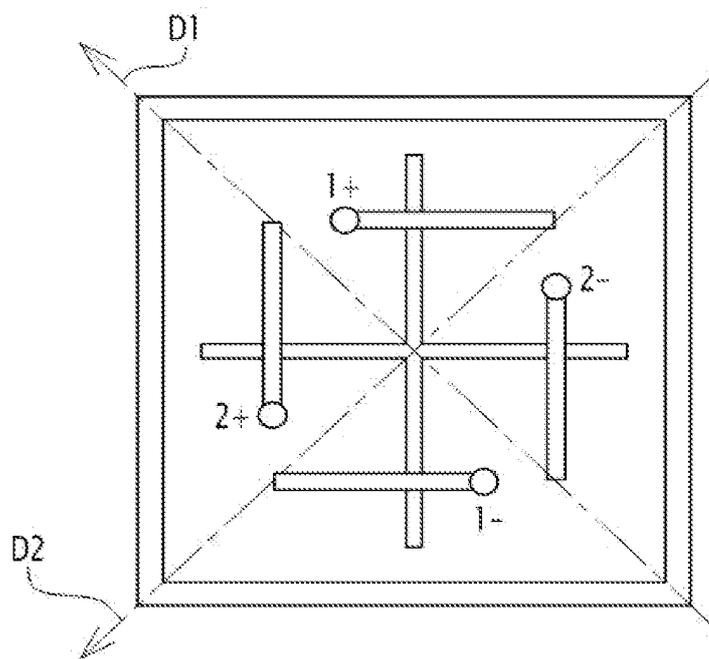
[Fig. 8]



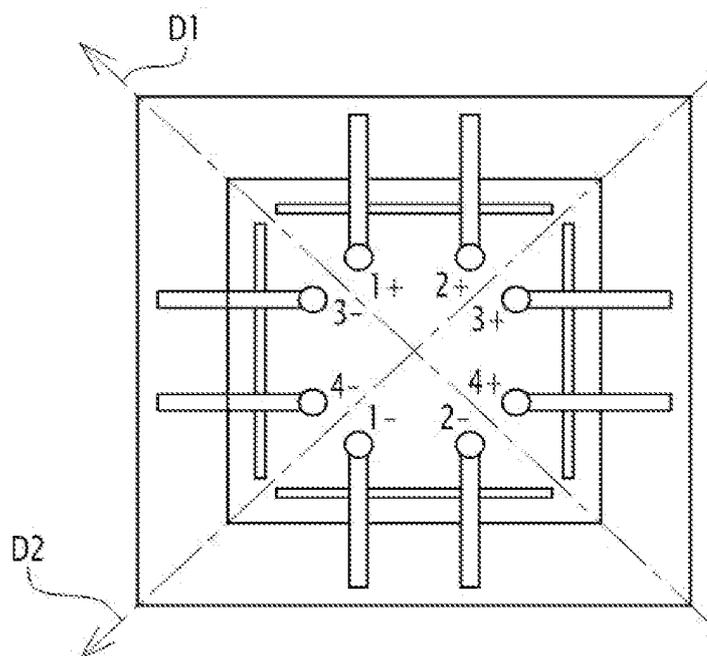
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

SRIVASTAVA GUNJAN ET AL: "A Differential Dual-Polarized SIW Cavity-Backed Slot Antenna",
IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE, USA,
vol. 67, no. 5, 1 mai 2019 (2019-05-01),
pages 3450-3454, XP011722880,
ISSN: 0018-926X, DOI:
10.1109/TAP.2019.2900380
[extrait le 2019-05-02]

US 4 803 494 A (NORRIS ANDREW P [GB] ET AL) 7 février 1989 (1989-02-07)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT