



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
11.01.2023 Bulletin 2023/02

(21) Numéro de dépôt: **22181429.6**

(22) Date de dépôt: **28.06.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01Q 3/46 ^(2006.01) **H01Q 15/24** ^(2006.01)
H01Q 21/00 ^(2006.01) **H01Q 21/24** ^(2006.01)
H01Q 9/04 ^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01Q 15/242; H01Q 3/46; H01Q 21/0018;
H01Q 9/0428; H01Q 9/0464; H01Q 21/245

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **07.07.2021 FR 2107335**

(71) Demandeur: **COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE**
ATOMIQUE ET AUX
ÉNERGIES ALTERNATIVES
75015 Paris (FR)

(72) Inventeur: **CLEMENTE, Antonio**
38054 Grenoble Cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Beaumont**
4, Place Robert Schuman
B.P. 1529
38025 Grenoble Cedex 1 (FR)

(54) **CELLULE D'ANTENNE À RÉSEAU TRANSMETTEUR**

(57) La présente description concerne une cellule (109) de polarisation comportant un plan conducteur rectangulaire présentant une ouverture excentrée, une borne d'application d'un signal d'entrée située à l'intérieur de l'ouverture, un premier élément de commutation reliant la borne à une première région du plan conducteur

située au voisinage d'un premier coin du plan conducteur et un deuxième élément de commutation reliant la borne à une deuxième région du plan conducteur située au voisinage d'un deuxième coin du plan conducteur, les premier et deuxième coins étant reliés par un même côté du plan conducteur.

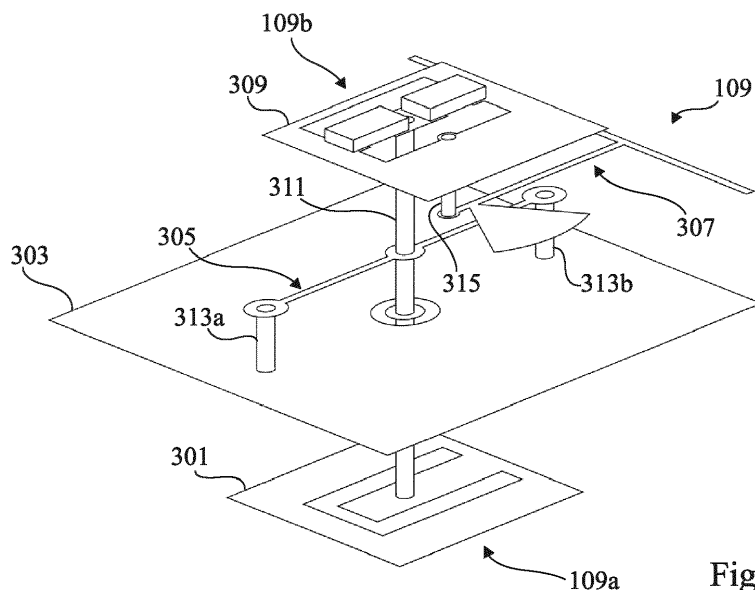


Fig 2

Description

Domaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale les dispositifs électroniques. La présente demande concerne plus particulièrement le domaine des antennes radio à réseau transmetteur (« transmitarray antenna », en anglais).

Technique antérieure

[0002] Parmi les différentes technologies d'antennes de communication radio existantes, on connaît notamment des antennes radio dites « à réseau transmetteur ». Ces antennes comprennent généralement plusieurs cellules élémentaires comportant chacune un premier élément d'antenne irradié par un champ électromagnétique émis par une ou plusieurs sources et un deuxième élément d'antenne transmettant un signal modifié vers l'extérieur de l'antenne.

[0003] Pour des applications, par exemple telles que la communication satellite (« satellite communication » ou « SatCom », en anglais), il serait souhaitable de disposer d'antennes à réseau transmetteur reconfigurables permettant de modifier, de façon dynamique, la polarisation de l'onde rayonnée.

Résumé de l'invention

[0004] Il existe un besoin d'améliorer les antennes à réseau transmetteur existantes.

[0005] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des antennes à réseau transmetteur connues.

[0006] Un mode de réalisation prévoit une cellule de polarisation comportant un plan conducteur rectangulaire présentant une ouverture excentrée, une borne d'application d'un signal d'entrée située à l'intérieur de l'ouverture, un premier élément de commutation reliant la borne à une première région du plan conducteur située au voisinage d'un premier coin du plan conducteur et un deuxième élément de commutation reliant la borne à une deuxième région du plan conducteur située au voisinage d'un deuxième coin du plan conducteur, les premier et deuxième coins étant reliés par un même côté du plan conducteur.

[0007] Selon un mode de réalisation, la borne est connectée à un plan de masse.

[0008] Selon un mode de réalisation, la borne est située au centre de l'ouverture.

[0009] Selon un mode de réalisation, l'ouverture est plus proche dudit côté du plan conducteur que d'un autre côté du plan conducteur opposé audit côté.

[0010] Selon un mode de réalisation, la cellule comporte en outre une antenne à plaque adaptée à transmettre le signal d'entrée à la borne.

[0011] Selon un mode de réalisation, le plan conduc-

teur est adapté à recevoir un signal de commande des premier et deuxième éléments de commutation.

[0012] Selon un mode de réalisation, le premier élément de commutation est une diode PIN comportant une anode connectée à la borne et une cathode connectée au plan conducteur et le deuxième élément de commutation est une autre diode PIN comportant une anode connectée au plan conducteur et une cathode connectée à la borne.

[0013] Un mode de réalisation prévoit une cellule d'antenne comportant une cellule de polarisation telle que décrite et une cellule de transmission adaptée à commuter entre au moins deux états de phase.

[0014] Selon un mode de réalisation, la cellule de transmission est adaptée à commuter entre quatre états de phase.

[0015] Selon un mode de réalisation, la cellule de polarisation et la cellule de transmission sont isolées l'une de l'autre par un substrat diélectrique.

[0016] Un mode de réalisation prévoit une antenne comprenant un réseau de cellules d'antenne telles que décrites.

[0017] Selon un mode de réalisation, l'antenne comprend en outre au moins une source configurée pour irradier une face du réseau.

Brève description des dessins

[0018] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est une vue de côté schématique d'un exemple d'antenne à réseau transmetteur du type auquel s'appliquent, à titre d'exemple, les modes de réalisation décrits ;

la figure 2 est une vue en perspective, schématique et partielle, d'une cellule de la figure 1 selon un mode de réalisation ;

la figure 3 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une partie de la cellule de la figure 2 ;

la figure 4 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une autre partie de la cellule de la figure 2 ;

la figure 5 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'encore une autre partie de la cellule de la figure 2 ;

la figure 6 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'encore une autre partie de la cellule de la figure 2 ;

la figure 7 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'encore une autre partie de la cellule de la figure 2 ; et

la figure 8 est un schéma électrique équivalent à la partie de cellule de la figure 7.

Description des modes de réalisation

[0019] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

[0020] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, on va décrire ci-après des modes de réalisation d'une cellule pour antenne à réseau transmetteur. La structure et le fonctionnement de la ou des sources primaires de l'antenne, destinées à irradier le réseau transmetteur, ne seront toutefois pas détaillés, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec toutes ou la plupart des sources primaires d'irradiation pour antenne à réseau transmetteur connues. À titre d'exemple, chaque source primaire est adaptée à produire un faisceau de forme générale conique irradiant tout ou partie du réseau transmetteur. Chaque source primaire comprend par exemple une antenne cornet. À titre d'exemple, l'axe central de chaque source primaire est sensiblement orthogonal au plan moyen du réseau.

[0021] Par ailleurs, les procédés de fabrication des réseaux transmetteurs décrits ne seront pas détaillés, la réalisation des structures décrites étant à la portée de la personne du métier à partir des indications de la présente description, par exemple en mettant en œuvre des techniques usuelles de fabrication de circuits imprimés.

[0022] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

[0023] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures.

[0024] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

[0025] La figure 1 est une vue de côté schématique d'un exemple d'antenne 100 à réseau transmetteur du type auquel s'appliquent, à titre d'exemple, les modes de réalisation décrits.

[0026] L'antenne 100 comprend typiquement une ou plusieurs sources primaires 101 (une unique source 101, dans l'exemple représenté) irradiant un réseau transmetteur 103. La source 101 peut présenter une polarisation quelconque, par exemple linéaire ou circulaire. Le réseau 103 comprend une pluralité de cellules élémentaires 105, par exemple disposées en matrice selon des lignes et des colonnes. Chaque cellule 105 comprend typiquement un premier élément d'antenne 105a, situé du côté d'une première face du réseau 103 disposée en regard de la source primaire 101, et un deuxième élément d'antenne 105b, situé du côté d'une deuxième face du réseau 103 opposée à la première face. La deuxième face du réseau 103 est par exemple tournée vers un milieu d'émission de l'antenne 100.

[0027] Chaque cellule 105 est apte, en émission, à recevoir un rayonnement électromagnétique sur son premier élément d'antenne 105a et à réémettre ce rayonnement depuis son deuxième élément d'antenne 105b, par exemple en introduisant un déphasage ϕ connu.

[0028] Dans l'exemple représenté, l'antenne 100 comporte en outre un réseau de polarisation 107. Le réseau 107 comprend une pluralité de cellules élémentaires 109, par exemple disposées en matrice selon des lignes et des colonnes. Dans cet exemple, le nombre de cellules élémentaires de polarisation 109 du réseau de polarisation 107 est identique au nombre de cellules élémentaires de transmission 105 du réseau transmetteur 103. Les cellules 109 du réseau 107 sont par exemple, comme illustré en figure 1, alignées par rapport aux cellules 105 du réseau 103 de sorte que chaque cellule 109 du réseau 107 fait face à l'une des cellules 105 du réseau 103. Autrement dit, dans cet exemple, l'antenne 100 comporte une pluralité de cellules d'antenne élémentaires comprenant chacune une cellule de transmission 105 et une cellule de polarisation 109 en vis-à-vis l'une de l'autre.

[0029] Chaque cellule 109 comprend par exemple un premier élément d'antenne 109a, situé du côté d'une première face du réseau 107 disposée en regard des deuxièmes éléments d'antenne 105b des cellules 105, et un deuxième élément d'antenne 109b, situé du côté d'une deuxième face du réseau 107 opposée à la première face. La deuxième face du réseau 107 est par exemple tournée vers un milieu d'émission de l'antenne 100.

[0030] Chaque cellule 109 est apte, en émission, à recevoir sur son premier élément d'antenne 109a un rayonnement électromagnétique en provenance de la cellule 105 associée et à réémettre, depuis son deuxième élément d'antenne 109b, un rayonnement présentant une polarisation circulaire (POL). Les cellules élémentaires 109 peuvent en outre être commandées électroniquement, de façon individuelle, afin de modifier le sens de polarisation circulaire du rayonnement émis.

[0031] Dans l'exemple représenté, les deuxièmes élé-

ments d'antenne 105b des cellules 105 sont isolés des premiers éléments d'antenne 109a des cellules 109 situées en vis-à-vis par un substrat 111 en un matériau diélectrique. Les cellules 109 sont ainsi dépourvues de toute liaison ou connexion électrique avec les cellules 105. Dans l'orientation de la figure 1, le substrat 111 est situé sur et en contact avec une face supérieure des éléments d'antenne 105b. Les éléments d'antenne 109a sont situés sur et en contact avec une face supérieure du substrat 111, opposée aux éléments d'antenne 105b. À titre d'exemple, le substrat 111 peut présenter une épaisseur inférieure à $\lambda/4$, où λ représente la longueur d'onde du signal émis par la source 101. Cette épaisseur peut être optimisée en fonction des caractéristiques des cellules 105 et 109 et des caractéristiques du substrat 111.

[0032] À titre de variante, le substrat 111 peut être omis, les cellules 105 et 109 étant alors par exemple séparées l'une de l'autre par un volume d'air.

[0033] Dans l'exemple illustré en figure 1, les cellules 105 et 109 peuvent échanger des signaux par couplage électromagnétique. En émission, l'élément d'antenne 105a est par exemple adapté à capter le rayonnement électromagnétique provenant de la source 101 et à introduire le déphasage ϕ . Le rayonnement déphasé émis en sortie de l'élément d'antenne 105b est ensuite transmis, par couplage électromagnétique, à l'élément d'antenne 109a. La cellule 109 est par exemple adaptée à capter le rayonnement déphasé et à modifier la polarisation de ce rayonnement avant de le réémettre, par son élément d'antenne 109b, en direction du milieu extérieur.

[0034] La cellule 105 permet par exemple de commuter entre plusieurs valeurs du déphasage ϕ à appliquer au rayonnement électromagnétique émis par la source 101. À titre d'exemple, la cellule 105 est du type décrit dans le brevet européen EP 3392959. Dans cet exemple, la cellule 105 comporte quatre commutateurs et permet de commuter entre quatre valeurs du déphasage ϕ (0° , 90° , 180° et 270°).

[0035] À titre d'exemple, le rayonnement électromagnétique présente, en entrée et en sortie de la cellule 105, une polarisation linéaire.

[0036] Selon un mode de réalisation, la cellule 109 est adaptée à capter le rayonnement déphasé et polarisé linéairement émis par la cellule 105 et à réémettre un rayonnement présentant une polarisation circulaire. La cellule 109 permet en outre de commuter entre deux états ou sens de polarisation circulaire, respectivement droite (sens horaire, du point de vue de la source 101) et gauche (sens anti-horaire, du point de vue de la source 101).

[0037] Ainsi, dans l'exemple de l'antenne 100 illustrée en figure 1, le réseau transmetteur 103 et le réseau de polarisation 107 opèrent respectivement des contrôles de déphasage et de polarisation du signal émis.

[0038] Les caractéristiques du faisceau produit par l'antenne 100, notamment sa forme (ou gabarit) et sa direction d'émission maximale (ou direction de pointage), dépendent des valeurs des déphasages respectivement

introduits par les différentes cellules 105 du réseau 103.

[0039] Les antennes à réseau transmetteur ont pour avantages, entre autres, de présenter une bonne efficacité énergétique et d'être relativement simples, peu onéreuses et peu encombrantes. Cela provient notamment du fait que les réseaux transmetteurs sont réalisables en technologie planaire, généralement sur circuit imprimé.

[0040] On s'intéresse ici plus particulièrement aux antennes à réseau transmetteur 103 reconfigurable. Le réseau transmetteur 103 est dit reconfigurable lorsque les cellules élémentaires 105 sont commandables électriquement de façon individuelle pour modifier leur valeur de déphasage ϕ , ce qui permet de modifier dynamiquement les caractéristiques du faisceau généré par l'antenne, et notamment de modifier sa direction de pointage sans déplacer mécaniquement l'antenne ou une partie de l'antenne au moyen d'un élément motorisé.

[0041] La figure 2 est une vue en perspective, schématique et partielle, de la cellule 109 de la figure 1 selon un mode de réalisation.

[0042] Selon ce mode de réalisation, la cellule 109 comporte :

- une première antenne à plaque 301 (« patch antenna », en anglais) adaptée à capter le rayonnement électromagnétique émis par le deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 ;
- un plan de masse 303 ;
- une structure 305 d'interconnexion ;
- une structure 307 de polarisation ; et
- une deuxième antenne à plaque 309, faisant partie du deuxième élément d'antenne 109b de la cellule 109, adaptée à émettre un rayonnement électromagnétique présentant une polarisation circulaire gauche ou droite.

[0043] L'antenne 309, la structure 307, la structure 305, le plan de masse 303 et l'antenne 301 sont par exemple respectivement formés dans cinq niveaux de métallisation successifs, superposés et séparés les uns des autres par des couches diélectriques. L'antenne à plaque 301 est destinée à être placée en regard du deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105, tandis que l'antenne à plaque 309 est destinée à être orientée vers le milieu extérieur. À titre d'exemple, le niveau de métallisation dans lequel est formée l'antenne 301 revêt la face supérieure du substrat 111.

[0044] À titre de variante, la cellule 109 est formée dans quatre niveaux de métallisation successifs. La structure 305 d'interconnexion est alors par exemple omise, et la cellule 109 comporte deux vias s'étendant verticalement entre l'antenne 301 et le plan de masse 303.

[0045] Dans l'exemple représenté, un via conducteur central 311 connecte l'antenne 301 à l'antenne 309. Plus précisément, dans l'orientation de la figure 2, le via 311 comporte une extrémité inférieure en contact avec l'antenne 301 et une extrémité supérieure en contact avec l'antenne 309. Le via 311 est en outre connecté à une

partie centrale de la structure 305. Comme illustré en figure 2, des vias conducteurs 313a et 313b connectent des extrémités de la structure 305 au plan de masse 303. En outre, un via conducteur 315 connecte l'antenne 309 à la structure 307.

[0046] L'antenne 301, le plan de masse 303, la structure 305, la structure 307 et l'antenne 309 sont décrits plus en détail ci-dessous en relation avec les figures respectivement 3 à 7.

[0047] La figure 3 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une partie de la cellule 109 de la figure 2. La figure 3 illustre plus précisément l'antenne à plaque 301 de la cellule 109.

[0048] Dans l'exemple représenté, l'antenne à plaque 301 comporte un plan conducteur 401 de forme sensiblement carrée à l'intérieur duquel est formée une fente 403, ou rainure, en forme de U. La fente 403 est par exemple sensiblement centrée par rapport au plan conducteur 401. Le via conducteur central 311 contacte, dans cet exemple, une partie du plan conducteur 401 située entre les deux branches du U formé par la fente 403. Le via 311 est par exemple connecté sensiblement au centre du plan conducteur 401.

[0049] Le via central 311 permet de transmettre à l'antenne à plaque 309 le signal déphasé et polarisé linéairement provenant du deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 et capté par l'antenne à plaque 301.

[0050] La figure 4 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une autre partie de la cellule 109 de la figure 2. La figure 4 illustre plus précisément le plan de masse 303 de la cellule 109.

[0051] Dans l'exemple représenté, le plan de masse 303 comporte un plan conducteur 501 de forme sensiblement carrée. Dans cet exemple, le via conducteur central 311 traverse le plan de masse 303 approximativement en son milieu. Le via 311 est isolé du plan conducteur 501 par une ouverture 503 en forme de couronne, formée dans le plan conducteur 501 autour du via 311.

[0052] Le plan de masse 303 est adapté à former un blindage électromagnétique entre l'antenne 301 et l'antenne 309 de la cellule 109.

[0053] Dans l'exemple illustré en figure 4, les vias 313a et 313b contactent le plan conducteur 501 dans des régions diamétralement opposées par rapport au via 311. Dans cet exemple, les vias 313a, 311 et 313b sont situés sur une même droite parallèle à l'un des côtés du plan conducteur 501. Les vias 313a et 313b sont en outre équidistants du via 311.

[0054] La figure 5 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une autre partie de la cellule 109 de la figure 2. La figure 5 illustre plus précisément la structure d'interconnexion 305 de la cellule 109.

[0055] Dans l'exemple représenté, la structure 305 comporte une première piste conductrice 601a connectant le via conducteur central 311 au via conducteur 313a et une deuxième piste conductrice 601b connectant le via conducteur central 311 au via conducteur 313b. Les

pistes conductrices 601a et 601b s'étendent par exemple latéralement, au-dessus du plan de masse 303, dans des directions diamétralement opposées depuis le via central 311 jusqu'aux vias 313a et 313b, respectivement.

5 Dans cet exemple, les pistes 601a et 601b sont alignées et parallèles à l'un des côtés du plan conducteur 501. Les pistes 601a et 601b présentent par exemple des longueurs identiques. Plus précisément, chaque piste conductrice 601a, 601b forme par exemple une ligne quart d'onde ($\lambda/4$), c'est-à-dire une ligne présentant une longueur sensiblement égale au quart de la longueur d'onde de fonctionnement de l'antenne.

10 **[0056]** Dans l'exemple représenté, le via conducteur central 311 est connecté au plan de masse 303 par la ligne quart d'onde 601a de la structure d'interconnexion 305 et le via 313a d'une part, et par la ligne quart d'onde 601b de la structure d'interconnexion 305 et le via 313b d'autre part.

15 **[0057]** La figure 6 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une autre partie de la cellule 109 de la figure 2. La figure 6 illustre plus précisément la structure de polarisation 307 de la cellule 109.

20 **[0058]** Dans l'exemple représenté, la structure 307 comporte une première piste conductrice 701 et une deuxième piste conductrice 703, perpendiculaire à la piste 701. La deuxième piste conductrice 703 connecte la piste conductrice 701 au via conducteur 315. Les pistes conductrices 701 et 703 de la structure de polarisation 307 sont destinées à être parcourues par un courant Ip_{ol} de polarisation, par exemple imposé par une source d'alimentation continue externe non représentée.

25 **[0059]** Comme illustré en figure 6, la structure 307 peut en outre comporter un élément ou tronçon 705 (« stub », en anglais) de découplage radiofréquence, par exemple en forme de secteur de disque, connecté à la piste conductrice 703. L'élément de découplage radiofréquence 705 est par exemple réalisé dans le même niveau de métallisation que les pistes conductrices 701 et 703 de la structure 307, à proximité d'une extrémité de la piste conductrice 703 connectée au via 315.

30 **[0060]** La figure 7 est une vue de dessus, schématique et partielle, d'une autre partie de la cellule 109 de la figure 2. La figure 7 illustre plus précisément l'antenne à plaque 309 de la cellule 109.

35 **[0061]** Selon un mode de réalisation, l'antenne 309 comporte un plan conducteur 801 à quatre côtés. Le plan conducteur 801 est par exemple plus précisément de forme rectangulaire ou, comme dans l'exemple illustré en figure 7, de forme sensiblement carrée.

40 **[0062]** Selon ce mode de réalisation, le plan conducteur 801 comporte une ouverture 803 excentrée par rapport au plan conducteur 801. Plus précisément, dans l'orientation de la figure 7, l'ouverture 803 est excentrée par rapport à un axe horizontal, séparant le plan conducteur 801 en deux parties de dimensions sensiblement équivalentes, et est centrée sur un axe vertical, séparant le plan conducteur 801 en deux parties de dimensions sensiblement équivalentes.

[0063] Dans cet exemple, l'ouverture 803 présente une forme annulaire, par exemple une forme annulaire rectangulaire ou carrée. L'ouverture 803 comporte plus précisément des premier et deuxième côtés 803T, 803B (situés respectivement en haut et en bas de l'ouverture 803, dans l'orientation de la figure 7), parallèles entre eux et parallèles à des premier et deuxième côtés 801T, 801B du plan conducteur 801, et des troisième et quatrième côtés 803L, 803R (situés respectivement à gauche et à droite de l'ouverture 803, dans l'orientation de la figure 7), parallèles entre eux et parallèles à des troisième et quatrième côtés 801L, 801R du plan conducteur 801. Les côtés 803T, 803B de l'ouverture 803 sont orthogonaux aux côtés 803L, 803R de l'ouverture 803 et les côtés 801T, 801B du plan 801 sont orthogonaux aux côtés 801L, 801R du plan 801.

[0064] Le côté 803T de l'ouverture 803 est séparé du côté 801T du plan 801 par une distance inférieure à la distance séparant le côté 803B de l'ouverture 803 du côté 801B du plan 801. Les côtés 803L, 803R de l'ouverture 803 sont séparés des côtés respectivement 801L, 801R du plan 801 par des distances sensiblement égales.

[0065] L'antenne 309 comporte en outre une borne 805 d'application d'un signal d'entrée, située à l'intérieur de l'ouverture annulaire 803. Plus particulièrement, dans cet exemple, la borne 805 est constituée par une portion du plan conducteur 801 délimitée latéralement par l'ouverture annulaire 803. La borne 805 est en contact, par sa face inférieure, avec l'extrémité supérieure du via

conducteur central 311.

[0066] Selon un mode de réalisation, l'antenne 309 comporte en outre un premier élément de commutation D1 reliant la borne 805 à une première région du plan 801 située au voisinage d'un premier coin C1 du plan 801 et un deuxième élément de commutation D2 reliant la borne 805 à une deuxième région du plan 801 située au voisinage d'un deuxième coin C2 du plan 801. Autrement dit, l'élément de commutation D1 relie la borne 805 à une première région du plan 801 située plus proche du coin C1 que des autres coins du plan 801, et l'élément de commutation D2 relie la borne 805 à une deuxième région du plan 801 située plus proche du coin C2 que des autres coins du plan 801. Dans cet exemple, les coins C1 et C2 sont situés sur un même côté du plan 801. Plus particulièrement, dans l'exemple représenté, le coin C1 est situé à l'intersection des côtés 801L et 801T du plan 801 et le coin C2 est situé à l'intersection des côtés 801R et 801T du plan 801.

[0067] À titre d'exemple, les éléments de commutation D1 et D2 sont des diodes, par exemple des diodes PIN (de l'anglais « Positive Intrinsic Negative »), des commutateurs micro électromécaniques (« Microelectromechanical switch » - MEMS, en anglais), des varactors, des commutateurs à changement de phase, des diodes électro-optiques, etc.

[0068] Dans l'exemple représenté, le plan conducteur 801 de l'antenne 309 est connecté, par sa face inférieure,

à une extrémité supérieure du via 315. Le via 315 connecte ainsi le plan conducteur 801 de l'antenne 309 et la piste conductrice 703 de la structure de polarisation 307. Dans cet exemple, le via 315 connecte le plan 801 dans une région du plan 801 située au voisinage du côté 803B de l'ouverture 803. Le via 315 est par exemple centré par rapport au côté 803B de l'ouverture 803.

[0069] La figure 8 est un schéma électrique équivalent à l'antenne à plaque 309 de la figure 7.

[0070] Dans l'exemple représenté, les éléments de commutation D1 et D2 sont des diodes. La diode D1 comporte une anode connectée à la borne 805 et une cathode connectée au plan conducteur 801. La diode D2 comporte une anode connectée au plan conducteur 801 et une cathode connectée à la borne 805.

[0071] La borne 805 est mise à la masse pour les signaux basse fréquence et est adaptée à recevoir les signaux radiofréquence captés par l'antenne 301 en provenance du deuxième élément d'antenne 105b de la cellule 105 et transmis par le via conducteur central 311. Le courant I_{pol} de polarisation circule dans la structure de polarisation 307, dans le via 315 et dans le plan conducteur 801 de l'antenne 309.

[0072] Les diodes D1 et D2 sont commandées en opposition, c'est-à-dire de sorte que, si l'une des diodes D1, D2 est passante, l'autre diode D2, D1 soit bloquée. La diode D1 est bloquée et la diode D2 est passante lorsque le courant I_{pol} de polarisation est positif. Dans ce cas, un champ électromagnétique radiofréquence présentant une polarisation circulaire gauche est rayonné, vers le milieu extérieur, par l'antenne 309. En revanche, la diode D1 est passante et la diode D1 est bloquée lorsque le courant I_{pol} de polarisation est négatif. Dans ce cas, un champ électromagnétique radiofréquence présentant une polarisation circulaire droite est rayonné, vers le milieu extérieur, par l'antenne 309.

[0073] En commandant le niveau du signal I_{pol}, on peut ainsi avantageusement obtenir, en sortie de l'élément d'antenne 109b de la cellule 109, deux états de polarisation circulaire (gauche et droite). Lorsque la cellule 109 est couplée à la cellule 105 du type décrit dans le brevet européen EP 3392959, on obtient de surcroît quatre états de phase.

[0074] Les modes de réalisation décrits ne se limitent pas au cas particulier décrit ci-dessus dans lequel la cellule 105 est une cellule du type décrit dans le brevet européen EP 3392959. Plus généralement, la cellule 105 peut être constituée par tout autre type de cellule, commutable ou non, par exemple une cellule fournissant un signal de polarisation circulaire ou un signal de polarisation linéaire.

[0075] Un avantage des modes de réalisation décrits tient au fait qu'ils mettent en œuvre un nombre minimal de commutateurs, en l'espèce seulement deux commutateurs pour la cellule 109. Cela permet d'obtenir une cellule 109, donc une antenne 100, présentant une structure simple, peu coûteuse et présentant un bon rendement énergétique. En particulier, les modes de réalisa-

tion décrits permettent de réaliser des réseaux transmetteurs présentant des pertes énergétiques réduites par rapport notamment à un cas où l'on combinerait des cellules présentant des polarisations verticale et horizontale pour recréer un champ présentant une polarisation circulaire.

[0076] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier. En particulier, la forme de l'antenne 301 peut être adaptée en fonction du signal transmis par la cellule 105.

[0077] Enfin, la mise en œuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus. En particulier, les niveaux du signal lpol de commande des commutateurs D1 et D2 peuvent être adaptés par la personne du métier en fonction de l'application.

Revendications

1. Cellule (109) de polarisation comportant :

- un plan conducteur (801) rectangulaire présentant une ouverture (803) excentrée par rapport au plan conducteur (801) ;
- une borne (805) d'application d'un signal d'entrée située à l'intérieur de l'ouverture ;
- un premier élément de commutation (D1) reliant la borne à une première région du plan conducteur située au voisinage d'un premier coin (C1) du plan conducteur ; et
- un deuxième élément de commutation (D2) reliant la borne à une deuxième région du plan conducteur située au voisinage d'un deuxième coin (C2) du plan conducteur, les premier et deuxième coins étant reliés par un même côté (801T) du plan conducteur.

2. Cellule selon la revendication 1, dans laquelle la borne (805) est connectée à un plan de masse (303).

3. Cellule selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la borne (805) est située au centre de l'ouverture (803).

4. Cellule selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle l'ouverture (803) est plus proche dudit côté (801T) du plan conducteur (801) que d'un autre côté (801B) du plan conducteur opposé audit côté.

5. Cellule selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comportant en outre une antenne à plaque (301) adaptée à transmettre le signal d'entrée à la

borne (805).

6. Cellule selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle le plan conducteur (801) est adapté à recevoir un signal de commande des premier et deuxième éléments de commutation (D1, D2).

7. Cellule selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle :

- le premier élément de commutation (D1) est une diode PIN comportant une anode connectée à la borne (805) et une cathode connectée au plan conducteur (801) ; et
- le deuxième élément de commutation (D2) est une autre diode PIN comportant une anode connectée au plan conducteur (801) et une cathode connectée à la borne (805).

8. Cellule d'antenne comportant une cellule (109) de polarisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 et une cellule (105) de transmission adaptée à commuter entre au moins deux états de phase.

9. Cellule d'antenne selon la revendication 8, dans laquelle la cellule (105) de transmission est adaptée à commuter entre quatre états de phase.

10. Cellule d'antenne selon la revendication 8 ou 9, dans laquelle la cellule (109) de polarisation et la cellule (105) de transmission sont isolées l'une de l'autre par un substrat (111) diélectrique.

11. Antenne (100) comprenant un réseau de cellules d'antenne selon l'une quelconque des revendications 8 à 10.

12. Antenne (100) selon la revendication 11 comprenant en outre au moins une source (101) configurée pour irradier une face du réseau.

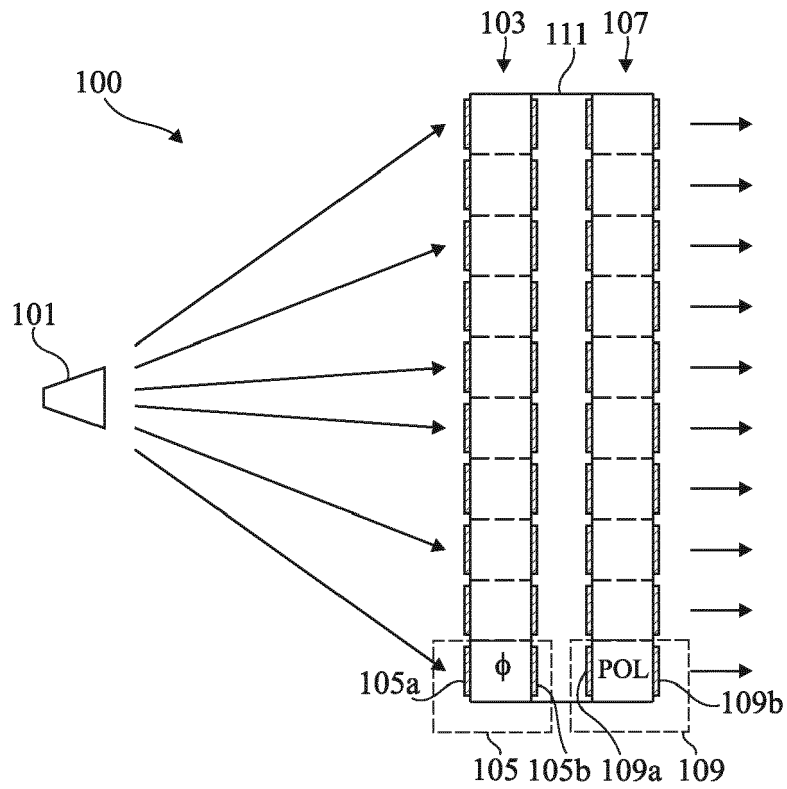


Fig 1

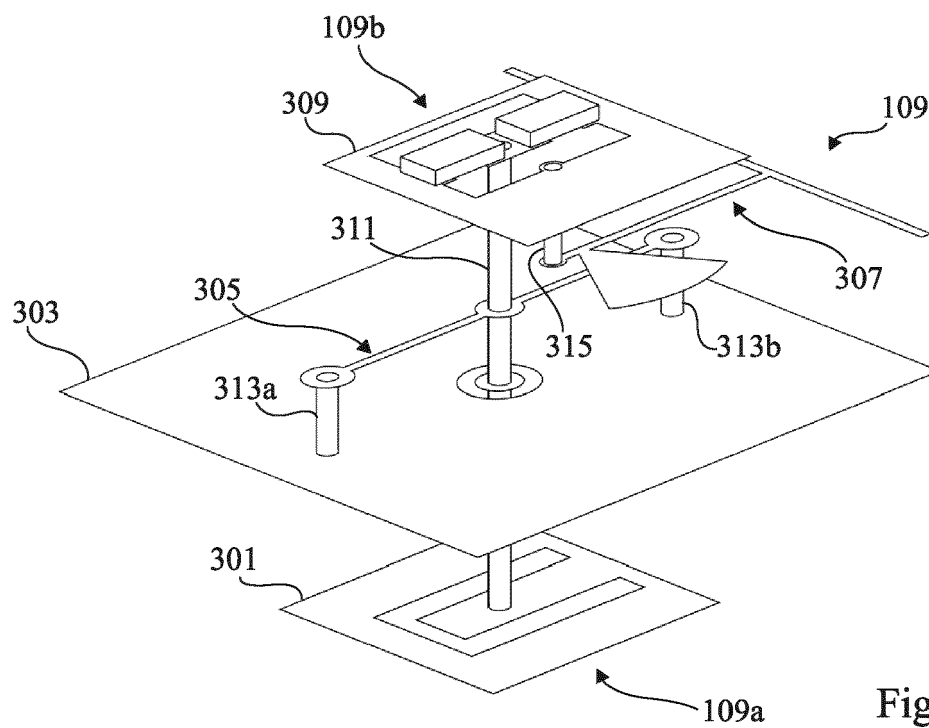


Fig 2

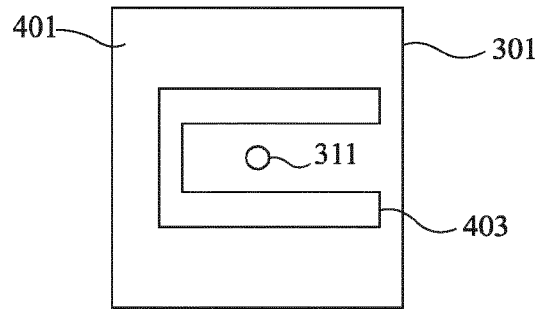


Fig 3

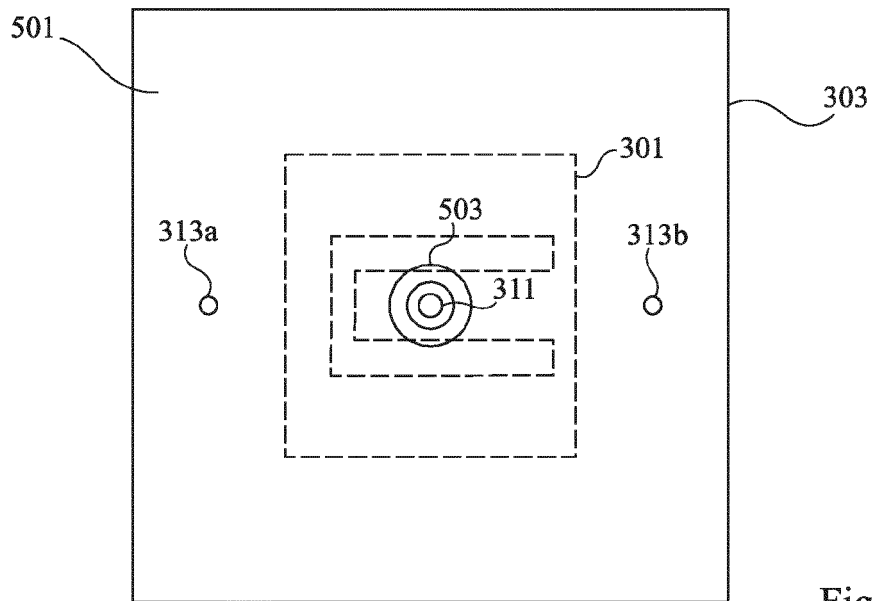


Fig 4

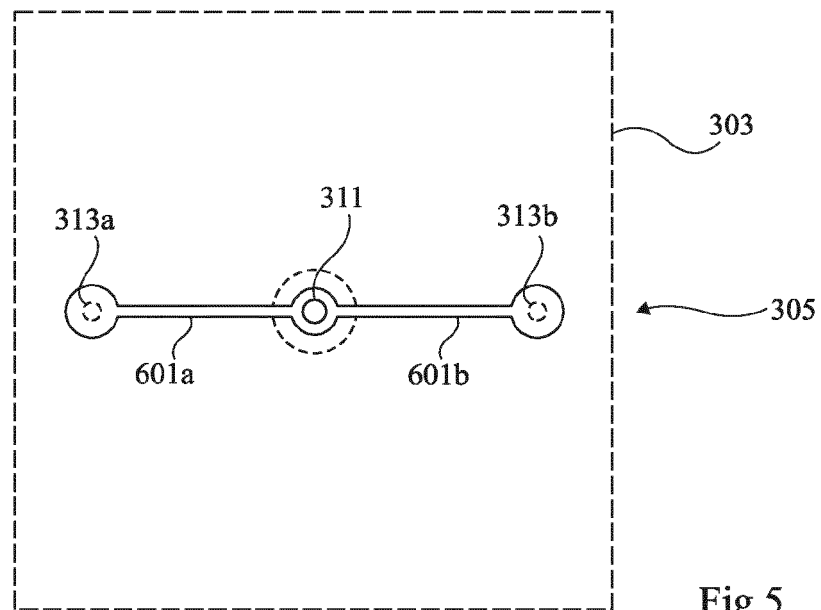


Fig 5

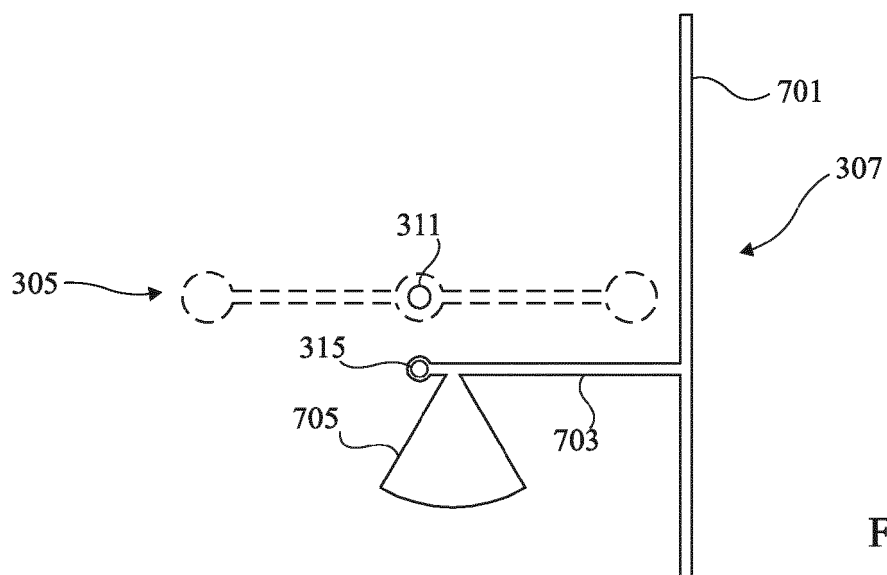


Fig 6

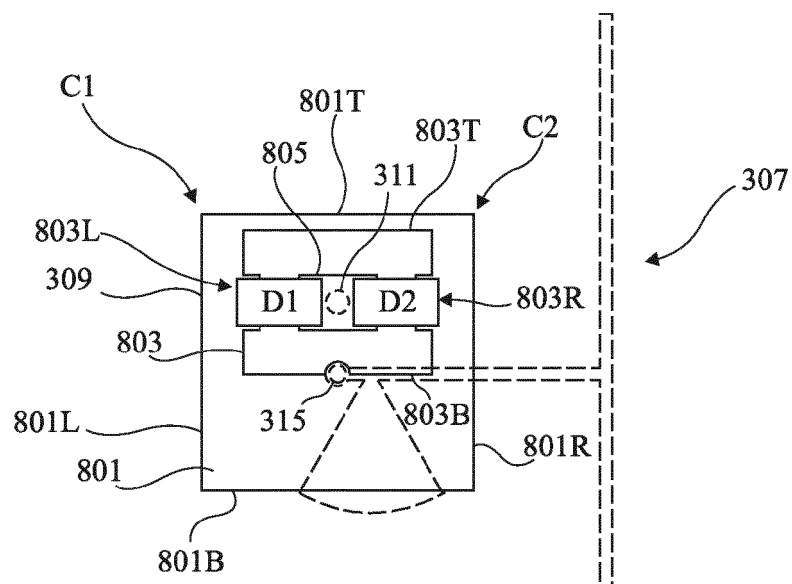


Fig 7

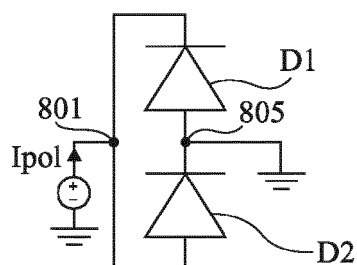


Fig 8



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 18 1429

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 3 764 462 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 13 janvier 2021 (2021-01-13)	1-5, 7, 8, 11, 12	INV. H01Q3/46
A	* alinéas [0028] - [0110]; figures 1-12 * -----	10	H01Q15/24 H01Q21/00
X,D	EP 3 392 959 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 24 octobre 2018 (2018-10-24)	1-9, 11, 12	ADD. H01Q21/24
A	* alinéas [0035] - [0067]; figures 1-7 * -----	10	H01Q9/04
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		9 novembre 2022	E1-Shaarawy, Heba
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 22 18 1429

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09-11-2022

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	EP 3764462 A1	13-01-2021	CN 112424995 A	26-02-2021
			EP 3764462 A1	13-01-2021
			KR 20200023254 A	04-03-2020
			RU 2688949 C1	23-05-2019
			US 2021234269 A1	29-07-2021
			WO 2020040624 A1	27-02-2020
20	EP 3392959 A1	24-10-2018	EP 3392959 A1	24-10-2018
			FR 3065329 A1	19-10-2018
			US 2018301807 A1	18-10-2018
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0460

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- EP 3392959 A [0034] [0073] [0074]