



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
23.06.2021 Bulletin 2021/25

(21) Numéro de dépôt: **20213639.6**

(22) Date de dépôt: **13.12.2020**

(51) Int Cl.:
H01Q 1/22 (2006.01) **H01Q 21/00** (2006.01)
H01Q 3/46 (2006.01) **H01Q 3/01** (2006.01)
H01Q 3/26 (2006.01) **H01Q 15/00** (2006.01)
H01Q 15/02 (2006.01) **H01Q 19/06** (2006.01)
H01Q 21/06 (2006.01)

(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 KH MA MD TN

(30) Priorité: **18.12.2019 FR 1914717**

(71) Demandeur: **Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **MARNAT, Loïc**
38054 Grenoble Cedex 09 (FR)
• **CLEMENTE, Antonio**
38054 Grenoble cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: **INNOV-GROUP**
310, avenue Berthelot
69372 Lyon Cedex 08 (FR)

(54) **ANTENNE À CAVITÉ RÉSONANTE COMPACTE**

(57) Antenne (1) reconfigurable, comportant :
- une zone émissive (ZE), comprenant au moins une source (S) rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique (2), comprenant :
un ensemble de cellules déphaseuses, comportant des commutateurs (200) configurés pour introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques,
des lignes de polarisation (BL), agencées pour polariser les commutateurs (200) ;
- une zone de couplage électromagnétique (ZC), agencée entre la zone émissive (ZE) et la lentille électromagnétique (2) pour générer un couplage électromagnétique entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses ;
la zone de couplage électromagnétique (ZC) comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante (3) guidant les ondes électromagnétiques vers la lentille électromagnétique (2), l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des premières pistes (P1) connectées électriquement aux lignes de polarisation (BL).

gnétique (2) pour générer un couplage électromagnétique entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses ;
la zone de couplage électromagnétique (ZC) comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante (3) guidant les ondes électromagnétiques vers la lentille électromagnétique (2), l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des premières pistes (P1) connectées électriquement aux lignes de polarisation (BL).

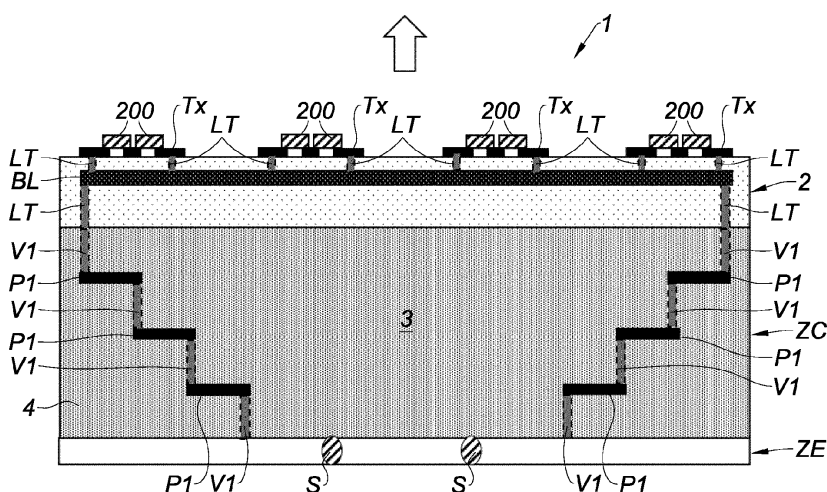


Fig. 5

Description

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine technique des antennes à réseau transmetteur (« *Transmitarray antenna* » en langue anglaise). Une antenne à réseau transmetteur comporte :

- un réseau transmetteur (appelé également lentille électromagnétique), comprenant un ensemble de cellules élémentaires pouvant être disposé sous forme matricielle (la matrice peut être régulière ou éparse ; la matrice régulière peut, par exemple, comporter un maillage carré ou triangulaire) ;
- au moins une source rayonnante (dite source primaire), agencée pour illuminer le réseau transmetteur.

[0002] Chaque cellule élémentaire du réseau transmetteur est susceptible d'introduire un déphasage à l'onde incidente émise par la ou les sources primaires afin de compenser chaque différence de trajet du rayonnement émis entre la ou les sources primaires et le réseau transmetteur.

[0003] Plus précisément, chaque cellule élémentaire du réseau transmetteur comporte au moins :

- une première antenne planaire (dite de réception), agencée pour recevoir l'onde incidente émise par la ou les sources primaires ;
- une deuxième antenne planaire (dite de transmission), agencée pour transmettre avec un déphasage l'onde incidente reçue par la première antenne.

[0004] Par « antenne planaire », on entend une surface plane électriquement conductrice (classiquement métallique) pouvant émettre/recevoir un rayonnement électromagnétique. Un exemple d'antenne planaire est la pastille micro-ruban (« *patch* » en langue anglaise).

[0005] D'autres architectures de cellules élémentaires peuvent également être utilisées, telles que des structures multicouches basées sur le concept des surfaces sélectives en fréquence, ou sur le concept des cavités Fabry-Pérot. Les éléments rayonnants de type dipôles, fentes etc. peuvent être aussi utilisés au niveau de la cellule élémentaire.

[0006] Il est à noter qu'une cellule élémentaire d'un réseau transmetteur peut fonctionner en réception ou en transmission, c'est-à-dire que la première antenne de la cellule élémentaire peut également être une antenne de transmission, tandis que la deuxième antenne de la cellule élémentaire peut également être une antenne de réception.

[0007] L'invention trouve notamment son application dans l'obtention d'une antenne reconfigurable. Par « reconfigurable », on entend qu'au moins une caractéristique de l'antenne peut être modifiée au cours de sa

durée de vie, après sa fabrication. La ou les caractéristiques généralement modifiables sont la réponse fréquentielle (en amplitude et en phase), le diagramme de rayonnement (appelé également faisceau), et la polarisation. La reconfiguration de la réponse fréquentielle couvre différentes fonctionnalités telles que la commutation de fréquences, l'accord en fréquence, la variation de bande passante, le déphasage, le filtrage fréquentiel etc. La reconfiguration du diagramme de rayonnement couvre différentes fonctionnalités telles que le balayage angulaire de la direction de pointage du faisceau (appelé également dépointage), l'ouverture du faisceau typiquement défini à mi-puissance (c'est-à-dire la concentration du rayonnement suivant une direction particulière), le filtrage spatial (lié à l'ouverture et à la formation du faisceau), la formation d'un faisceau ou de multifaisceaux (e.g. plusieurs faisceaux étroits remplaçant un faisceau large) etc. Une antenne reconfigurable à réseau transmetteur est particulièrement avantageuse à partir de la bande C (4-8 GHz) jusqu'à la bande W (75-110 GHz), voire la bande D (110-170 GHz) ou jusqu'à la bande 300 GHz, pour les applications suivantes :

- radars automobiles d'assistance et d'aide à la conduite, dans une perspective de sécurité active,
- systèmes d'imagerie et de surveillance à très haute résolution,
- systèmes de communication à très haut débit, fonctionnant notamment dans les bandes millimétriques (communications inter-bâtiments ou intra-bâtiment en environnement domotique ou imotique, et particulièrement adaptées au suivi d'utilisateurs),
- liaisons de télémesure sol-satellite en orbite basse LEO (pour « *Low Earth Orbit* » en langue anglaise) en bande Ka, télécommunications par satellite avec source primaire reconfigurable (SOTM™ pour « *Satcom-on-the-Move* » en langue anglaise, internet, télévision etc.),
- systèmes de liaison point-à-point et point-à-multi-point (réseaux métropolitains, systèmes « *Frouthaul* » et « *Backhaul* » pour les réseaux cellulaires, accès radio pour les réseaux mobiles de cinquième génération etc.).

État de l'art

[0008] Une antenne à réseau transmetteur connue de l'état de la technique, notamment du document WO 2012/085067, comporte :

- une zone émissive, comprenant une source rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique (réseau transmetteur), comprenant :

un ensemble de cellules déphaseuses, comportant des commutateurs configurés pour introdui-

re un déphasage aux ondes électromagnétiques,
des lignes de polarisation, agencées pour polariser les commutateurs.

[0009] Une telle antenne à réseau transmetteur présente une épaisseur, définie par la distance (dite « distance focale ») entre la source rayonnante et la lentille électromagnétique. Les différents paramètres électromagnétiques et géométriques (e.g. la typologie des éléments rayonnants des cellules déphaseuses et de la zone émissive, la surface de la lentille électromagnétique, la distance focale etc.) conditionnent le gain de l'antenne et son évolution fréquentielle. Par exemple, à parité de ratio F/D , où F est la distance focale et D le diamètre de la lentille électromagnétique, le paramètre D -et donc le paramètre F - doivent être doublés pour obtenir un gain de 6 dBi (décibel isotrope) et maintenir la même bande passante relative à 1 dB ou 3 dB. Le ratio F/D est typiquement compris entre 0,3 et 0,7. Si l'on souhaite maintenir le ratio F/D , il est alors nécessaire d'augmenter F .

[0010] Une telle antenne de l'état de la technique n'est pas entièrement satisfaisante dans la mesure où la recherche d'un fort gain pour l'antenne va donc conduire à augmenter la distance focale, et par là-même l'épaisseur de l'antenne. La recherche d'un fort gain, en maintenant le même comportement fréquentiel relatif, va donc nécessiter une bonne maîtrise de l'excitation des cellules déphaseuses sur une large ouverture. Or, la maîtrise de l'excitation des cellules déphaseuses sur une large ouverture peut s'avérer une tâche complexe, en particulier lorsque la fréquence de fonctionnement de l'antenne est de l'ordre de la dizaine/centaine de GHz ou du THz, et ce en raison d'un besoin d'une grande précision de l'assemblage entre la zone émissive et la lentille électromagnétique.

[0011] En outre, l'électronique de commande des commutateurs devra être positionnée avec précaution de manière à perturber au minimum le rayonnement transmis par les cellules déphaseuses.

Exposé de l'invention

[0012] L'invention vise à remédier en tout ou partie aux inconvénients précités. A cet effet, l'invention a pour objet une antenne reconfigurable, comportant :

- une zone émissive, comprenant au moins une source rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique, comprenant :

un ensemble de cellules déphaseuses, comportant des commutateurs configurés pour introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques,
des lignes de polarisation, agencées pour pola-

riser les commutateurs ;

- une zone de couplage électromagnétique, agencée entre la zone émissive et la lentille électromagnétique pour générer un couplage électromagnétique entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses ;
- la zone de couplage électromagnétique comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante guidant les ondes électromagnétiques vers la lentille électromagnétique, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des premières pistes connectées électriquement aux lignes de polarisation.

Définitions

[0013]

- Par « source rayonnante », on entend tout système (de préférence un système focal) adapté pour émettre des ondes électromagnétiques.
- Par « lentille électromagnétique », on entend un réseau transmetteur.
- Par « cellule déphaseuse », on entend une cellule élémentaire d'un réseau transmetteur. A titre d'exemple, une cellule élémentaire peut comprendre au moins :

une première antenne planaire (dite de réception), agencée pour recevoir une onde incidente émise par la ou les sources rayonnantes ;
une deuxième antenne planaire (dite de transmission), agencée pour transmettre avec un déphasage l'onde incidente reçue par la première antenne.

[0014] D'autres architectures de cellule élémentaire peuvent également être utilisées, telles que des structures multicouches basées sur le concept des surfaces sélectives en fréquence, ou sur le concept des cavités Fabry-Pérot. Les éléments rayonnants de type dipôles, fentes etc. peuvent être aussi utilisés au niveau de la cellule élémentaire.

- Par « commutateurs », on entend des éléments permettant d'autoriser ou d'interdire la circulation d'un courant électrique, par exemple entre deux surfaces de rayonnement disjointes de l'antenne de transmission de la cellule déphaseuse.
- Par « lignes de polarisation », on entend des pistes réalisées dans un matériau électriquement conducteur.
- Par « électriquement conducteur », on entend un élément présentant une conductivité électrique à 300 K supérieure à 10^2 S/cm.
- Par « couplage électromagnétique », on entend un

couplage (i.e. un transfert d'énergie) par champ électromagnétique entre les ondes électromagnétiques émises par la ou les sources rayonnantes et les cellules déphaseuses (plus précisément avec la surface rayonnante de l'antenne de réception des cellules déphaseuses).

[0015] Ainsi, une telle antenne selon l'invention permet de faciliter l'excitation des cellules déphaseuses sur une large ouverture, lorsqu'un fort gain d'antenne est recherché, grâce à une telle zone de couplage électromagnétique qui permet une excitation des cellules déphaseuses en champ proche. La taille et la forme de la cavité résonante peuvent être adaptées pour optimiser le rayonnement reçu par les cellules déphaseuses, par exemple homogénéiser l'amplitude et la phase et augmenter l'efficacité de couplage.

[0016] L'utilisation d'un couplage électromagnétique permet alors notamment d'obtenir une antenne avec une épaisseur réduite par rapport à une antenne à fentes, d'éviter une décroissance significative du champ électromagnétique reçu par les cellules déphaseuses situées sur les bords de la lentille électromagnétique, ou encore de s'affranchir d'une dépendance (en fréquence) du rayonnement électromagnétique reçu par les cellules déphaseuses lors d'un dépointage de faisceau.

[0017] Par ailleurs, une telle cavité résonante permet de ne pas perdre d'énergie sur les parties latérales de l'antenne, ce qui permet d'augmenter la qualité du rayonnement transmis par les cellules déphaseuses situées sur les bords de la lentille électromagnétique, et de contrôler la loi d'illumination de la lentille électromagnétique (apodisation ou « *aperture taper* » en langue anglaise). On peut citer par exemple l'augmentation de l'efficacité de rayonnement, grâce à la réduction du « *spillover* » (partie du rayonnement émis qui n'atteint pas les cellules déphaseuses, phénomène présent si la cavité résonante est permissive aux ondes électromagnétiques), la réduction des niveaux des lobes secondaires (SLL pour « *Side Lobe Level* » en langue anglaise) etc.

[0018] L'ensemble d'éléments électriquement conducteurs, formant un contour de la cavité résonante, permet un blindage électromagnétique au voisinage des parties latérales de l'antenne à réseau transmetteur.

[0019] Enfin, le fait que l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenne des premières pistes connectées électriquement aux lignes de polarisation, permet d'envisager de déporter l'électronique de commande des commutateurs (par exemple sous l'antenne) de manière à perturber au minimum le rayonnement émis par la ou les sources rayonnantes, et le rayonnement transmis par les cellules déphaseuses.

[0020] L'antenne selon l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0021] Selon une caractéristique de l'invention, la cavité résonante comporte :

- une première extrémité ouverte, débouchant sur la

lentille électromagnétique ;

- une seconde extrémité ouverte, opposée, débouchant sur la zone émissive ;
- une partie latérale, reliant les première et seconde extrémités ouvertes, dont le contour est formé par l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs.

[0022] Selon une caractéristique de l'invention, la zone de couplage électromagnétique s'étend dans un milieu diélectrique.

[0023] Ainsi, un avantage procuré est d'éviter des perturbations électromagnétiques dans la zone de couplage électromagnétique. Le milieu diélectrique peut être de l'air.

[0024] Selon une caractéristique de l'invention, la zone de couplage électromagnétique comporte un substrat diélectrique, comprenant des niveaux d'interconnexion ; les premières pistes étant formées sur les niveaux d'interconnexion ;

et l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend des premiers trous d'interconnexion, agencés pour connecter électriquement les premières pistes entre les niveaux d'interconnexion.

Définition

[0025]

- Par « substrat diélectrique », on entend que le substrat présente une conductivité électrique à 300 K inférieure à 10^{-8} S/cm.
- Par « trou d'interconnexion » (« *via* » en langue anglaise), on entend un trou métallisé permettant d'établir une liaison électrique entre différents niveaux d'interconnexion.

[0026] Ainsi, un avantage procuré est d'envisager une intégration de la cavité résonante au sein du substrat diélectrique.

[0027] Selon une caractéristique de l'invention, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend des deuxième pistes connectées électriquement aux lignes de polarisation.

[0028] Selon une caractéristique de l'invention, les deuxième pistes sont formées sur les niveaux d'interconnexion ;

et l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend des deuxième trous d'interconnexion, agencés pour connecter électriquement les deuxième pistes entre les niveaux d'interconnexion.

[0029] Selon une caractéristique de l'invention, l'antenne comporte des moyens de commutation configurés pour commuter entre les premières et deuxième pistes, les premières ou deuxième pistes non commutées étant à potentiel électrique flottant.

Définition

[0030] Par « potentiel électrique flottant », on entend que les pistes non commutées ne sont pas soumises à un potentiel électrique de référence à la fréquence de fonctionnement de l'antenne.

[0031] Ainsi, un avantage procuré est d'ajouter un degré de liberté pour ajuster le comportement électromagnétique de la cavité résonante. Plus précisément, il existe une première cavité résonante dont le contour est formé par les premières pistes et les premiers trous d'interconnexion. De la même façon, il existe une deuxième cavité résonante dont le contour est formé par les deuxièmes pistes et les deuxièmes trous d'interconnexion. Les moyens de commutation permettent donc de commuter entre la première cavité résonante et la deuxième cavité résonante. A titre d'exemples non limitatifs, la première cavité résonante peut être configurée (taille, forme) pour élargir la bande passante, tandis que la deuxième cavité résonante peut être configurée (taille, forme) pour augmenter la gamme de dépointage.

[0032] Selon une caractéristique de l'invention, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs est agencé de sorte que le contour de la cavité résonante présente une section transversale croissante à partir de la zone émissive vers la lentille électromagnétique.

Définitions

[0033]

- Par « section transversale », on entend une section perpendiculaire à un axe correspondant à la normale à un plan défini par la lentille électromagnétique.
- Par « croissante », on entend que l'aire de la section transversale augmente de la zone émissive vers la lentille électromagnétique.

[0034] Ainsi, un avantage procuré par une telle forme de la cavité résonante est de favoriser un gain important pour l'antenne.

[0035] Selon une caractéristique de l'invention, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs est agencé de sorte que le contour de la cavité résonante présente une symétrie axiale.

Définition

[0036] Par « symétrie axiale », on entend une symétrie suivant un axe correspondant à la normale à un plan défini par la lentille électromagnétique.

[0037] Ainsi, un avantage procuré par une telle forme de la cavité résonante est de favoriser la directivité de l'antenne, c'est-à-dire la capacité de l'antenne à concentrer l'énergie rayonnée dans un angle solide ou dans une direction spécifique.

[0038] Selon une caractéristique de l'invention, la zone émissive est plane.

[0039] Ainsi, un avantage procuré est d'autoriser une intégration monolithique de la zone émissive à la cavité résonante lorsque la cavité résonante est formée dans un substrat diélectrique.

[0040] Selon une caractéristique de l'invention, la lentille électromagnétique est plane.

[0041] Ainsi, un avantage procuré est d'autoriser une intégration monolithique de la lentille électromagnétique à la cavité résonante lorsque la cavité résonante est formée dans un substrat diélectrique.

[0042] Selon une caractéristique de l'invention, la zone émissive, la zone de couplage électromagnétique et la lentille électromagnétique sont monolithiques.

Définition

[0043] Par « monolithiques », on entend que la zone émissive, la zone de couplage électromagnétique et la lentille électromagnétique partagent un même substrat, au sens où la zone émissive, la zone de couplage électromagnétique et la lentille électromagnétique sont formées sur le même substrat.

[0044] Ainsi, un avantage procuré est de simplifier la fabrication de l'antenne avec une technologie monolithique, par exemple une technologie PCB (« *Printed Circuit Board* » en langue anglaise) ou LTCC (« *Low Temperature Co-fired Ceramic* » en langue anglaise). Ces technologies permettent des mises en œuvre monolithiques, avec des épaisseurs de substrat classiquement comprises entre 100 μm et 10 mm, et conviennent tout particulièrement lorsque la fréquence de fonctionnement de l'antenne est comprise entre 1 GHz et 1 THz, les faibles épaisseurs de substrat étant adaptées aux fréquences de l'ordre du GHz, tandis que les fortes épaisseurs de substrat étant adaptées aux fréquences de l'ordre du THz.

[0045] Selon une caractéristique de l'invention, la cavité résonante présente une épaisseur comprise entre λ et 10λ , où λ est la longueur d'onde des ondes électromagnétiques.

[0046] Ainsi, un avantage procuré est d'obtenir une cavité compacte.

[0047] L'invention a également pour objet une antenne passive, comportant :

- une zone émissive, comprenant au moins une source rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique, comprenant :

un ensemble de cellules déphaseuses, configuré pour introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques,
un plan de masse ;

- une zone de couplage électromagnétique, agencée entre la zone émissive et la lentille électromagnétique pour générer un couplage électromagnétique

entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses ;

la zone de couplage électromagnétique comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante guidant les ondes électromagnétiques vers la lentille électromagnétique, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des pistes connectées électriquement au plan de masse.

Définitions

[0048]

- Par « antenne passive », on entend que les cellules déphaseuses ne comportent pas de composants électroniques actifs permettant d'introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques. Le déphasage peut être obtenu par exemple par des configurations géométriques différentes des antennes de réception et de transmission de la cellule déphaseuse.
- Par « plan de masse », on entend une surface électriquement conductrice, de préférence métallique, formant un plan de masse électrique de manière à définir un potentiel de référence pour les ondes électromagnétiques.

[0049] Ainsi, une telle antenne selon l'invention permet de faciliter l'excitation des cellules déphaseuses sur une large ouverture, lorsqu'un fort gain d'antenne est recherché, grâce à une telle zone de couplage électromagnétique qui permet une excitation des cellules déphaseuses en champ proche. La taille et la forme de la cavité résonante peuvent être adaptées pour optimiser le rayonnement reçu par les cellules déphaseuses, par exemple homogénéiser l'amplitude et la phase et augmenter l'efficacité de couplage.

[0050] Par ailleurs, une telle cavité résonante permet de ne pas perdre d'énergie sur les parties latérales de l'antenne, ce qui permet d'augmenter la qualité du rayonnement transmis par les cellules déphaseuses situées sur les bords de la lentille électromagnétique, et de contrôler la loi d'illumination de la lentille électromagnétique (apodisation ou « *aperture taper* » en langue anglaise). On peut citer par exemple l'augmentation de l'efficacité de rayonnement, grâce à la réduction du « *spillover* » (partie du rayonnement émis qui n'atteint pas les cellules déphaseuses, phénomène présent si la cavité résonante est permissive aux ondes électromagnétiques), la réduction des niveaux des lobes secondaires (SLL pour « *Side Lobe Level* » en langue anglaise) etc.

[0051] L'ensemble d'éléments électriquement conducteurs, formant un contour de la cavité résonante, permet un blindage électromagnétique au voisinage des parties latérales de l'antenne à réseau transmetteur.

Brève description des dessins

[0052] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans l'exposé détaillé de différents modes de réalisation de l'invention, l'exposé étant assorti d'exemples et de références aux dessins joints.

Figure 1 est une vue schématique en perspective d'une antenne selon l'invention.

Figure 2 est une vue schématique en perspective éclatée d'une antenne selon l'invention, illustrant un premier mode de réalisation de la cavité résonante. Le milieu diélectrique n'est pas représenté pour faciliter la visualisation.

Figure 3 est une vue schématique en perspective d'une antenne selon l'invention, illustrant un deuxième mode de réalisation de la cavité résonante. Le milieu diélectrique n'est pas représenté pour faciliter la visualisation.

Figure 4 est une vue schématique en coupe d'une antenne passive selon l'invention. La flèche désigne le sens du rayonnement transmis par la lentille électromagnétique.

Figure 5 est une vue schématique en coupe d'une antenne reconfigurable selon l'invention, illustrant une première forme de la cavité résonante. La flèche désigne le sens du rayonnement transmis par la lentille électromagnétique.

Figure 6 est une vue schématique en coupe d'une antenne reconfigurable selon l'invention, illustrant une deuxième forme de la cavité résonante. La flèche désigne le sens du rayonnement transmis par la lentille électromagnétique.

Figure 7 est une vue schématique en coupe d'une antenne reconfigurable selon l'invention, illustrant un mode de réalisation où il est possible de commuter entre une première cavité résonante et une deuxième cavité résonante de forme différente. La flèche désigne le sens du rayonnement transmis par la lentille électromagnétique.

[0053] Les figures ne sont pas représentées à l'échelle par souci de lisibilité et pour en simplifier leur compréhension.

Exposé détaillé des modes de réalisation

[0054] Les éléments identiques ou assurant la même fonction porteront les mêmes références pour les différents modes de réalisation, par souci de simplification.

[0055] Un objet de l'invention est une antenne 1 reconfigurable, comportant :

- une zone émissive ZE, comprenant au moins une source S rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique 2, comprenant :

un ensemble de cellules déphaseuses 20, comportant des commutateurs 200 configurés pour introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques,
des lignes de polarisation BL, agencées pour polariser les commutateurs 200 ;

- une zone de couplage électromagnétique ZC, agencée entre la zone émissive ZE et la lentille électromagnétique 2 pour générer un couplage électromagnétique entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses 20 ;

la zone de couplage électromagnétique ZC comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante 3 guidant les ondes électromagnétiques vers la lentille électromagnétique 2, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des premières pistes P1 connectées électriquement aux lignes de polarisation BL.

Zone émissive

[0056] La zone émissive ZE est avantageusement planaire, de sorte que chaque source S rayonnante se trouve à équidistance de la lentille électromagnétique 2.

[0057] La ou chaque source S rayonnante est avantageusement configurée pour opérer à une fréquence comprise entre 1 GHz et 1 THz, de préférence comprise entre 10 GHz et 300 GHz.

[0058] La zone émissive ZE est avantageusement électriquement connectée à un émetteur-récepteur (« *Transceiver* » en langue anglaise), situé à l'arrière de l'antenne 1 ou sous l'antenne 1.

Lentille électromagnétique

[0059] La lentille électromagnétique 2 est avantageusement planaire.

[0060] Chaque cellule déphaseuse 20 peut comporter :

- une première antenne planaire (dite de réception, non illustrée), agencée pour recevoir l'onde incidente émise par la ou les sources S rayonnantes ;
- une deuxième antenne planaire Tx (dite de transmission), agencée pour transmettre avec un déphasage l'onde incidente reçue par la première antenne planaire.

[0061] La première antenne planaire et la deuxième antenne planaire Tx sont avantageusement agencées de part et d'autre d'un plan de masse (non illustré, excepté à la figure 4 pour une antenne passive, non reconfigurable). Le plan de masse est préférentiellement réalisé dans un matériau métallique, plus préférentiellement le cuivre. A titre d'exemple non limitatif, le plan de masse

peut présenter une épaisseur de l'ordre de 17 μm lorsque la fréquence de fonctionnement de l'antenne à réseau transmetteur est de 29 GHz.

[0062] La deuxième antenne planaire Tx présente avantageusement des première et seconde surfaces de rayonnement disjointes, au sens où elles sont séparées entre elles par une zone de séparation de manière à être électriquement isolées entre elles. A cet effet, une fente est avantageusement formée dans la deuxième antenne planaire Tx pour isoler électriquement les première et seconde surfaces de rayonnement disjointes. La fente définit la zone de séparation. La fente est préférentiellement annulaire, à section rectangulaire. Bien entendu, d'autres formes sont envisageables pour la fente, telles qu'une forme elliptique ou circulaire. Selon une variante d'exécution, l'isolation électrique des première et seconde surfaces de rayonnement de la deuxième antenne planaire peut être assurée par un matériau diélectrique.

[0063] Chaque cellule déphaseuse 20 comporte avantageusement un circuit de déphasage comprenant des premier et second commutateurs 200 présentant respectivement un état passant et un état bloqué en alternance, les états passant ou bloqué correspondant à une circulation d'un courant, respectivement autorisée ou bloquée, entre les première et seconde surfaces de rayonnement disjointes de la deuxième antenne planaire Tx. Par « en alternance », on entend que le premier commutateur 200 alterne entre l'état passant et l'état bloqué, tandis que, simultanément, le second commutateur 200 alterne entre l'état bloqué et l'état passant. En d'autres termes, à tout instant, les premier et second commutateurs 200 appartenant au même circuit de déphasage présentent deux états opposés, soit passant/bloqué, soit bloqué/passant. Les états passant/passant ou bloqué/bloqué ne sont pas autorisés.

[0064] A titre d'exemples non limitatifs, les commutateurs 200 des cellules déphaseuses 20 peuvent être des diodes de type p-i-n, des MEMS (« *Micro Electro-Mechanical Systems* » en langue anglaise), des NEMS (« *Nano Electro-Mechanical Systems* » en langue anglaise). Les diodes de type p-i-n peuvent être réalisées en AlGaAs. D'autres formes d'exécution sont envisageables pour les commutateurs 200. A titre d'exemples non limitatifs, des commutateurs radiofréquence de type diodes, transistors, photodiodes, phototransistor sont possibles. Le choix d'un dispositif pour commander les commutateurs 200 dépend de la technologie choisie. A titre d'exemples, les dispositifs suivants peuvent être utilisés :

- une fibre optique pour un commutateur de type photoélectrique,
- un faisceau laser généré par des moyens extérieurs et excitant un commutateur de type photoélectrique,
- une onde électromagnétique selon les principes de la télé-alimentation connus du domaine de la RFID (« *Radio Frequency Identification* » en langue anglaise).

[0065] Les lignes de polarisation BL sont des pistes électriquement conductrices, formant des moyens de commande des commutateurs 200 des cellules déphaseuses 20. Les lignes de polarisation BL sont préférentiellement réalisées dans un matériau métallique, plus préférentiellement le cuivre. Les lignes de polarisation BL peuvent être électriquement connectées à l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs, et à la deuxième antenne planaire Tx, par l'intermédiaire de lignes de transmission LT.

[0066] D'autres architectures de cellules déphaseuses 20 peuvent également être utilisées, telles que des structures multicouches basées sur le concept des surfaces sélectives en fréquence, ou sur le concept des cavités Fabry-Pérot.

Zone de couplage électromagnétique

[0067] La zone de couplage électromagnétique ZC s'étend avantageusement dans un milieu diélectrique.

[0068] La zone de couplage électromagnétique ZC comporte avantageusement un substrat diélectrique 4, comprenant des niveaux d'interconnexion. A titre d'exemple non limitatif, le substrat diélectrique 4 peut être réalisé dans un matériau commercial tel que le RT/duroid® 6002. Le substrat diélectrique 4 présente une épaisseur typiquement comprise entre 100 μm et 1500 μm pour une fréquence de fonctionnement de l'antenne comprise entre 10 GHz et 300 GHz. A titre d'exemple non limitatif, le substrat diélectrique 4 peut présenter une épaisseur de l'ordre de 4 mm lorsque la fréquence de fonctionnement est de 60 GHz.

[0069] Les premières pistes P1 sont avantageusement formées sur les niveaux d'interconnexion. L'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend avantageusement des premiers trous d'interconnexion V1, agencés pour connecter électriquement les premières pistes P1 entre les niveaux d'interconnexion.

[0070] L'ensemble d'éléments électriquement conducteurs peut comprendre des deuxième pistes P2 connectées électriquement aux lignes de polarisation BL. Les deuxième pistes P2 sont avantageusement formées sur les niveaux d'interconnexion. L'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend avantageusement des deuxième trous d'interconnexion V2, agencés pour connecter électriquement les deuxième pistes P2 entre les niveaux d'interconnexion. L'antenne 1 comporte avantageusement des moyens de commutation 5 configurés pour commuter entre les premières et deuxième pistes P1, P2, les premières ou deuxième pistes P1, P2 non commutées étant à potentiel électrique flottant. A cet effet, des moyens de commutation additionnels 5' peuvent être prévus sur les lignes de polarisation BL de sorte que les premières ou deuxième pistes P1, P2 non commutées sont à potentiel électrique flottant.

[0071] La cavité résonante 3 comporte avantageusement :

- une première extrémité 30 ouverte, débouchant sur la lentille électromagnétique 2 ;
- une seconde extrémité 31 ouverte, opposée, débouchant sur la zone émissive ZE ;
- une partie latérale 32, reliant les première et seconde extrémités 30, 31 ouvertes, dont le contour est formé par l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs.

[0072] La cavité résonante 3 est donc délimitée par la zone émissive ZE, la lentille électromagnétique 2 et l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs. Selon un mode de réalisation, la cavité résonante 3 est délimitée par la zone émissive ZE, la lentille électromagnétique 2, les premières pistes P1 et les premiers trous d'interconnexion V1. En d'autres termes, les premières pistes P1 et les premiers trous d'interconnexion V1 forment le contour de la partie latérale 32 de la cavité résonante 3. Selon un autre mode de réalisation, la cavité résonante 3 est délimitée par la zone émissive ZE, la lentille électromagnétique 2, les deuxième pistes P2 et les deuxième trous d'interconnexion V2. En d'autres termes, les deuxième pistes P2 et les deuxième trous d'interconnexion V2 forment le contour de la partie latérale 32 de la cavité résonante 3.

[0073] La cavité résonante 3 présente avantageusement une épaisseur comprise entre λ et 10λ , où λ est la longueur d'onde des ondes électromagnétiques. La taille et la forme de la cavité résonante 3 sont définies par le gabarit des première et deuxième pistes P1, P2 et des premiers et deuxième trous d'interconnexion V1, V2. Le gabarit est déterminé par des simulations électromagnétiques selon les propriétés souhaitées de l'antenne 1.

[0074] Selon un mode de réalisation, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs est agencé de sorte que le contour de la cavité résonante 3 présente une section transversale croissante à partir de la zone émissive ZE vers la lentille électromagnétique 2.

[0075] Selon un mode de réalisation, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs est agencé de sorte que le contour de la cavité résonante 3 présente une symétrie axiale.

Intégration monolithique

[0076] La zone émissive ZE, la zone de couplage électromagnétique ZC et la lentille électromagnétique 2 sont avantageusement monolithiques, au sein du substrat diélectrique 4.

[0077] L'antenne 1 peut être fabriquée avec une technologie planaire permettant une mise en œuvre monolithique, de préférence sélectionnée parmi :

- une technologie PCB (« *Printed Circuit Board* » en langue anglaise),
- une technologie LTCC (« *Low Temperature Co-fired Ceramic* » en langue anglaise),

- une technologie WLP (« *Vafer-Level Packaging* » en langue anglaise).

Antenne passive (faisceau fixe)

[0078] Un objet de l'invention est également une antenne 1 passive, comportant :

- une zone émissive ZE, comprenant au moins une source S rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique 2, comprenant :
 - un ensemble de cellules déphaseuses 20, configuré pour introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques,
 - un plan de masse PM ;
- une zone de couplage électromagnétique ZC, agencée entre la zone émissive ZE et la lentille électromagnétique 2 pour générer un couplage électromagnétique entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses 20 ;

la zone de couplage électromagnétique ZC comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante 3 guidant les ondes électromagnétiques vers la lentille électromagnétique 2, l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des pistes P connectées électriquement au plan de masse PM.

[0079] Le plan de masse PM est préférentiellement réalisé dans un matériau métallique, plus préférentiellement le cuivre. A titre d'exemple non limitatif, le plan de masse PM peut présenter une épaisseur de l'ordre de 17 μm lorsque la fréquence de fonctionnement de l'antenne à réseau transmetteur est de 29 GHz.

[0080] Chaque cellule déphaseuse 20 peut comporter :

- une première antenne planaire (dite de réception, non illustrée), agencée pour recevoir l'onde incidente émise par la ou les sources S rayonnantes ;
- une deuxième antenne planaire Tx (dite de transmission), agencée pour transmettre avec un déphasage l'onde incidente reçue par la première antenne planaire.

[0081] D'autres architectures de cellules déphaseuses 20 peuvent également être utilisées, telles que des structures multicouches basées sur le concept des surfaces sélectives en fréquence, ou sur le concept des cavités Fabry-Pérot.

[0082] La première antenne planaire et la deuxième antenne planaire Tx sont agencées de part et d'autre du plan de masse PM. Le plan de masse PM peut être électriquement connecté à l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs par l'intermédiaire de lignes de trans-

mission LT.

[0083] La zone de couplage électromagnétique ZC comporte avantageusement un substrat diélectrique 4, comprenant des niveaux d'interconnexion. Les pistes P sont avantageusement formées sur les niveaux d'interconnexion. L'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend avantageusement des trous d'interconnexion V, agencés pour connecter électriquement les pistes P entre les niveaux d'interconnexion.

[0084] La cavité résonante 3 comporte avantageusement :

- une première extrémité 30 ouverte, débouchant sur la lentille électromagnétique 2 ;
- une seconde extrémité 31 ouverte, opposée, débouchant sur la zone émissive ZE ;
- une partie latérale 32, reliant les première et seconde extrémités 30, 31 ouvertes, dont le contour est formé par l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs.

[0085] La cavité résonante 3 présente avantageusement une épaisseur comprise entre λ et 10λ , où λ est la longueur d'onde des ondes électromagnétiques.

[0086] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation exposés. L'homme du métier est à même de considérer leurs combinaisons techniquement opérantes, et de leur substituer des équivalents.

Revendications

1. Antenne (1) reconfigurable, comportant :

- une zone émissive (ZE), comprenant au moins une source (S) rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique (2), comprenant :

un ensemble de cellules déphaseuses (20), comportant des commutateurs (200) configurés pour introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques, des lignes de polarisation (BL), agencées pour polariser les commutateurs (200) ;

- une zone de couplage électromagnétique (ZC), agencée entre la zone émissive (ZE) et la lentille électromagnétique (2) pour générer un couplage électromagnétique entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses (20) ;

la zone de couplage électromagnétique (ZC) comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante (3) guidant les ondes électromagné-

tiques vers la lentille électromagnétique (2), l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des premières pistes (P1) connectées électriquement aux lignes de polarisation (BL).

2. Antenne (1) reconfigurable selon la revendication 1, dans laquelle la cavité résonante (3) comporte :

- une première extrémité (30) ouverte, débouchant sur la lentille électromagnétique (2) ;
- une seconde extrémité (31) ouverte, opposée, débouchant sur la zone émissive (ZE) ;
- une partie latérale (32), reliant les première et seconde extrémités (30, 31) ouvertes, dont le contour est formé par l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs.

3. Antenne (1) reconfigurable selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la zone de couplage électromagnétique (ZC) s'étend dans un milieu diélectrique.

4. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la zone de couplage électromagnétique (ZC) comporte un substrat diélectrique (4), comprenant des niveaux d'interconnexion ; les premières pistes (P1) étant formées sur les niveaux d'interconnexion ; et l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend des premiers trous d'interconnexion (V1), agencés pour connecter électriquement les premières pistes (P1) entre les niveaux d'interconnexion.

5. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend des deuxièmees pistes (P2) connectées électriquement aux lignes de polarisation (BL).

6. Antenne (1) reconfigurable selon la revendication 5 en combinaison avec la revendication 4, dans laquelle les deuxièmees pistes (P2) sont formées sur les niveaux d'interconnexion ; et l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprend des deuxièmees trous d'interconnexion (V2), agencés pour connecter électriquement les deuxièmees pistes (P2) entre les niveaux d'interconnexion.

7. Antenne (1) reconfigurable selon la revendication 5 ou 6, comportant des moyens de commutation (5) configurés pour commuter entre les premières et deuxièmees pistes (P1, P2), les premières ou deuxièmees pistes (P1, P2) non commutées étant à potentiel électrique flottant.

8. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle l'ensemble d'éléments

électriquement conducteurs est agencé de sorte que le contour de la cavité résonante (3) présente une section transversale croissante à partir de la zone émissive (ZE) vers la lentille électromagnétique (2).

9. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs est agencé de sorte que le contour de la cavité résonante (3) présente une symétrie axiale.

10. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle la zone émissive (ZE) est plane.

11. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle la lentille électromagnétique (2) est plane.

12. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle la zone émissive (ZE), la zone de couplage électromagnétique (ZC) et la lentille électromagnétique (2) sont monolithiques.

13. Antenne (1) reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle la cavité résonante (3) présente une épaisseur comprise entre λ et 10λ , où λ est la longueur d'onde des ondes électromagnétiques.

14. Antenne (1) passive, comportant :

- une zone émissive (ZE), comprenant au moins une source (S) rayonnante agencée pour émettre des ondes électromagnétiques ;
- une lentille électromagnétique (2), comprenant :

un ensemble de cellules déphaseuses (20), configuré pour introduire un déphasage aux ondes électromagnétiques, un plan de masse (PM) ;

- une zone de couplage électromagnétique (ZC), agencée entre la zone émissive (ZE) et la lentille électromagnétique (2) pour générer un couplage électromagnétique entre les ondes électromagnétiques et l'ensemble de cellules déphaseuses (20) ;

la zone de couplage électromagnétique (ZC) comporte un ensemble d'éléments électriquement conducteurs, agencé pour former un contour d'une cavité résonante (3) guidant les ondes électromagnétiques vers la lentille électromagnétique (2), l'ensemble d'éléments électriquement conducteurs comprenant des pistes (P) connectées électriquement au plan de masse (PM).

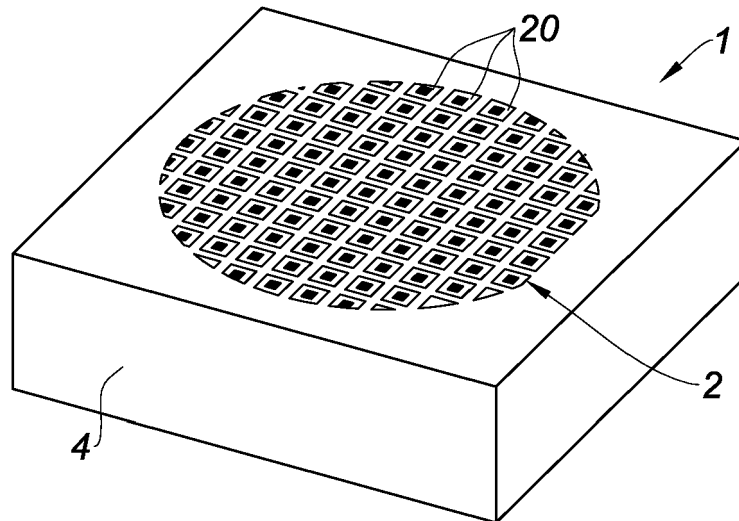


Fig. 1

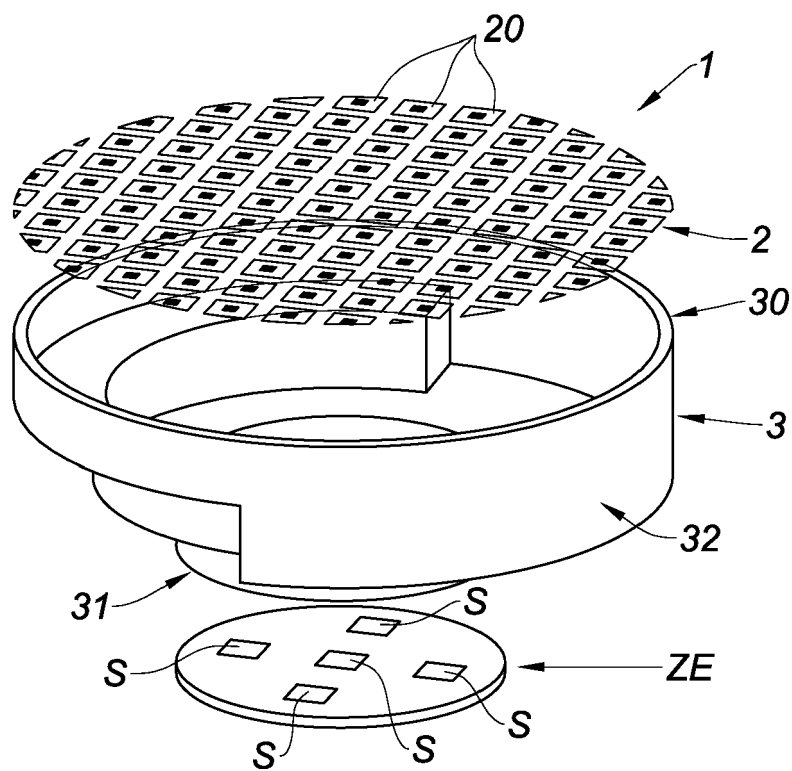


Fig. 2

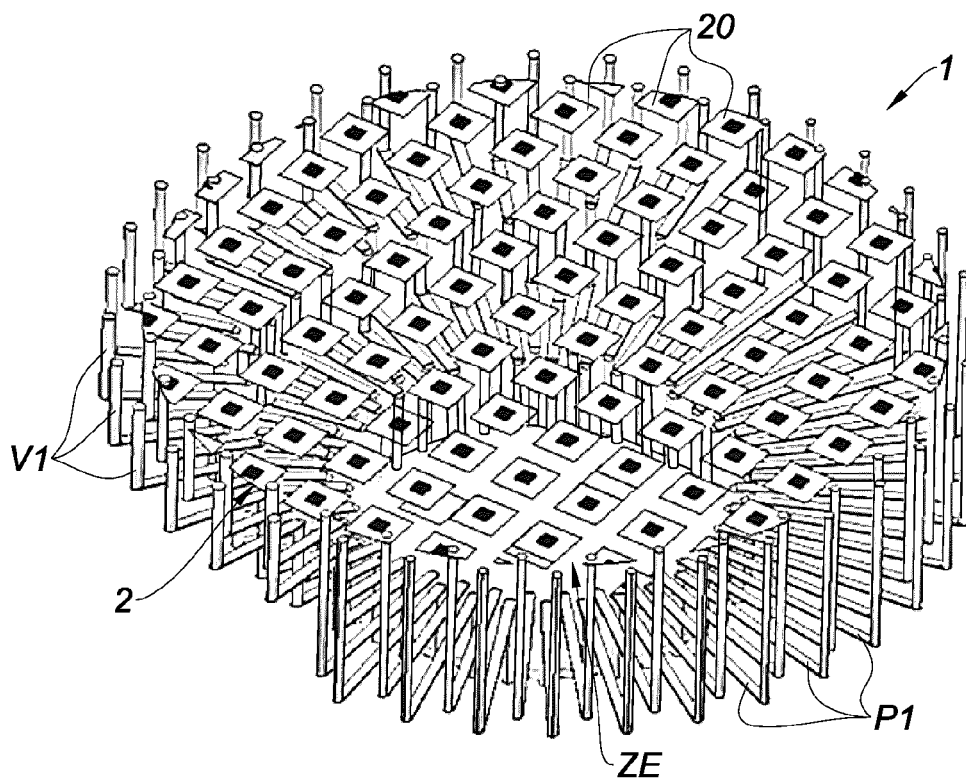


Fig. 3

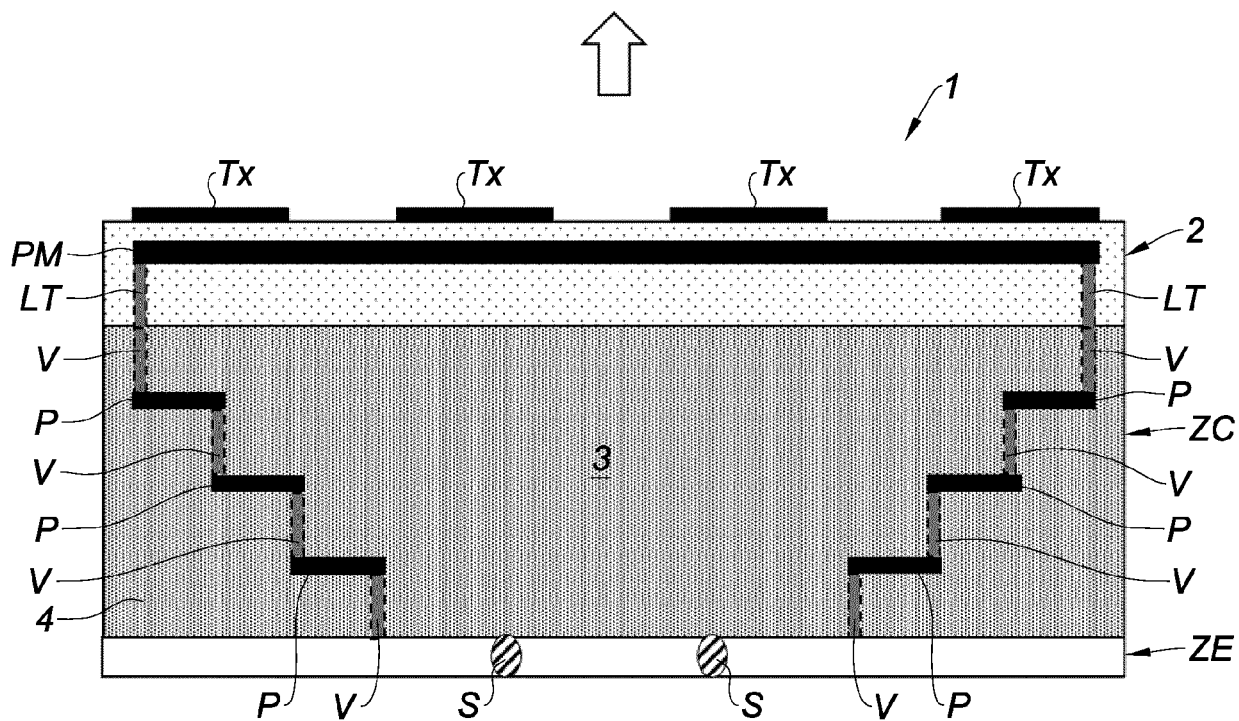


Fig. 4

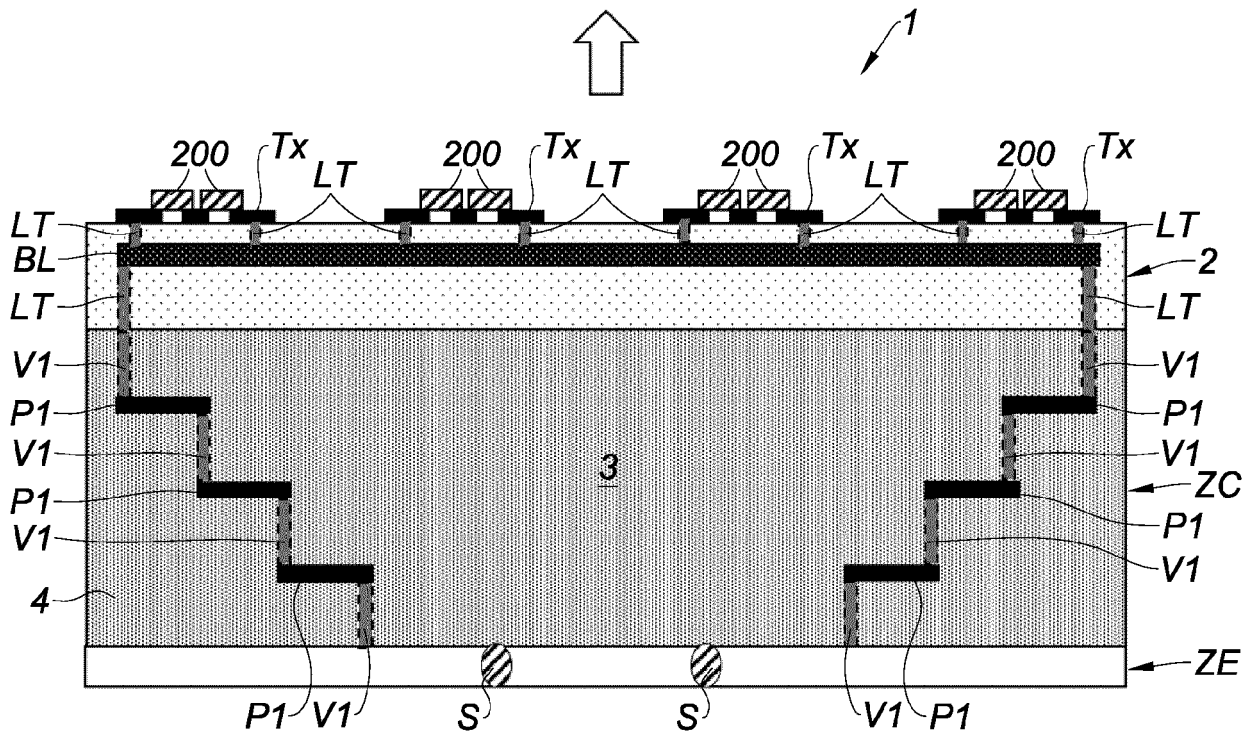


Fig. 5

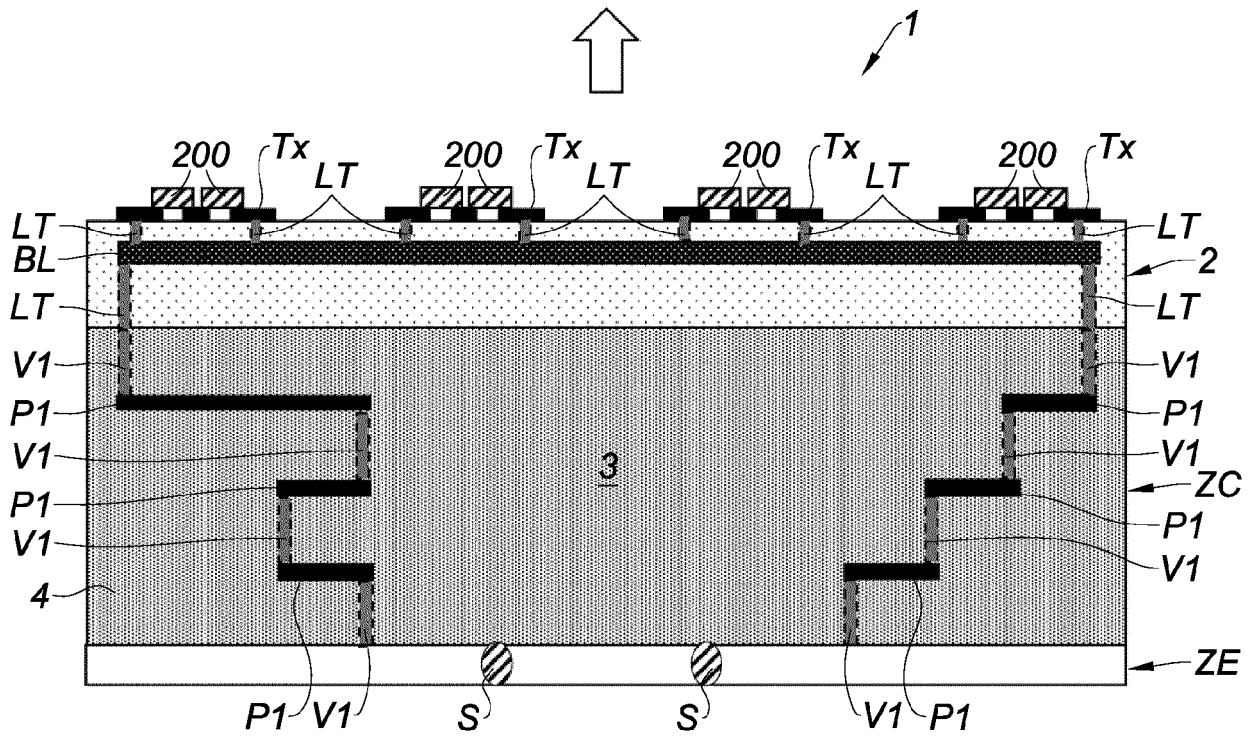


Fig. 6

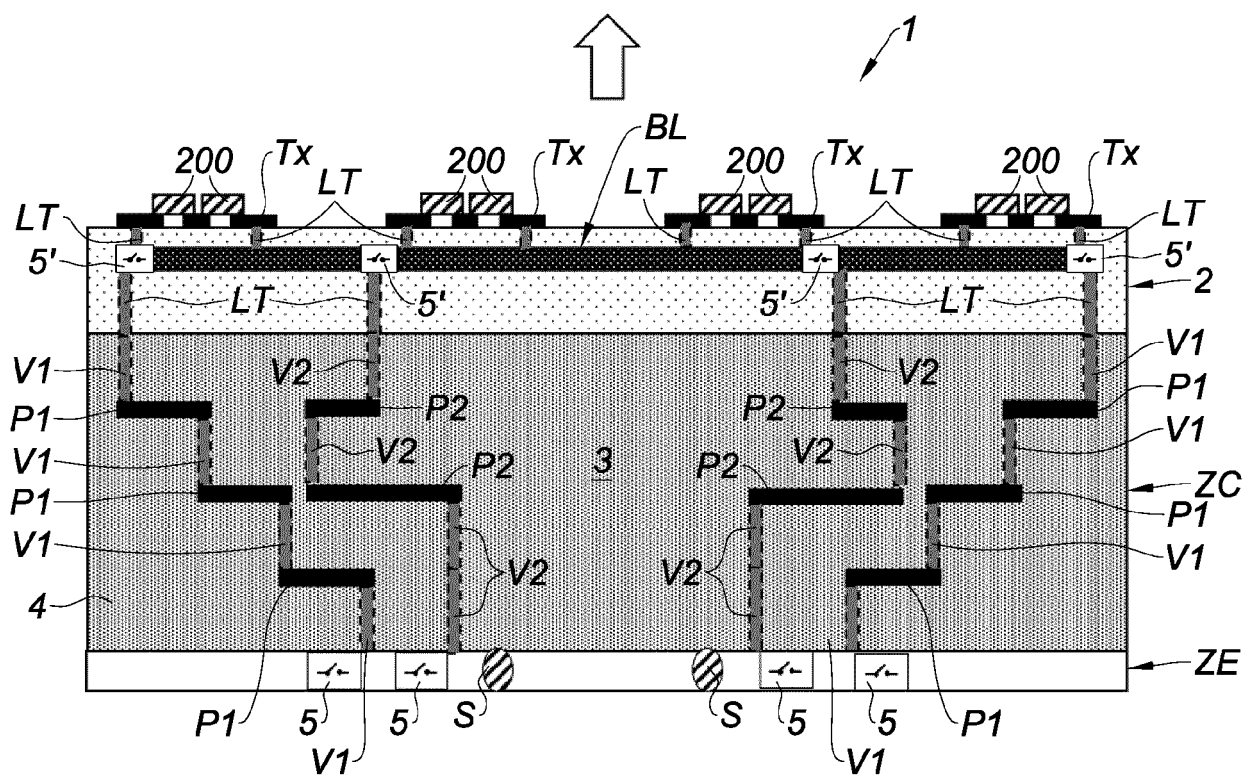


Fig. 7



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 21 3639

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2008/042917 A1 (SEKI TOMOHIRO [JP] ET AL) 21 février 2008 (2008-02-21) * alinéas [0191] - [0200]; figures 12a, 12b, 13a, 13b, 14a, 14b, 15 *	1-14	INV. H01Q1/22 H01Q21/00 H01Q3/46 H01Q3/01 H01Q3/26 H01Q15/00 H01Q15/02 H01Q19/06 H01Q21/06
X	US 5 010 351 A (KELLY KENNETH C [US]) 23 avril 1991 (1991-04-23) * colonne 3, lignes 48-62; figures 1, 2 *	14	
A	* colonne 4, lignes 19-28 * * colonne 5, lignes 16-20 *	1-13	
A	CYRIL JOUANLANNE ET AL: "Wideband Linearly Polarized Transmitarray Antenna for 60 GHz Backhauling", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION., vol. 65, no. 3, 18 janvier 2017 (2017-01-18), pages 1440-1445, XP055727552, US ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2017.2655018 * page 1440, colonne de droite, lignes 10-16; figures 1,2,4,7 * * page 1441, colonne de gauche, ligne 19 - colonne de droite, ligne 2 * * page 1442, colonne de droite, lignes 15-16 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13 avril 2021	Examineur Georgiadis, A
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)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 21 3639

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	NICHOLLS JEFFREY GRANT ET AL: "Full-Space Electronic Beam-Steering Transmitarray With Integrated Leaky-Wave Feed", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 64, no. 8, 7 juin 2016 (2016-06-07), pages 3410-3422, XP011618444, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2016.2576502 [extrait le 2016-08-02] * Section II; page 3411, colonne de droite, lignes 15-27; figures 1,5,6,7,14,16,17 * * page 3412, colonne de droite, lignes 16-27 * * Section III.B; page 3417, colonne de gauche, ligne 25 - colonne de droite, ligne 7 * -----	1-14	
A	WU MINGQI ET AL: "Reconfigurable Metasurface Lens Thin Antenna with 3-State Unit Cells in 28-GHz Band", 2019 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTENNAS AND PROPAGATION AND USNC-URSI RADIO SCIENCE MEETING, IEEE, 7 juillet 2019 (2019-07-07), pages 1599-1600, XP033654219, DOI: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2019.8888622 * Section II; page 1599, colonne de gauche - page 1600; figures 1,2 * ----- -/--	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		13 avril 2021	Georgiadis, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 21 3639

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	KASAHARA YOSHIKI ET AL: "Low-Profile Transmitarray Antenna With Single Slot Source and Metasurface in 80-GHz Band", 2018 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTENNAS AND PROPAGATION & USNC/URSI NATIONAL RADIO SCIENCE MEETING, IEEE, 8 juillet 2018 (2018-07-08), pages 521-522, XP033496964, DOI: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8609144 * Section II; page 521, colonne de droite - page 522, colonne de gauche; figures 1,2 *	1-14	
A	US 2017/033462 A1 (CLEMENTE ANTONIO [FR] ET AL) 2 février 2017 (2017-02-02) * alinéas [0016] - [0018], [0041] - [0055], [0087] - [0091]; figures 1, 2a, 2b, 6, 7,9 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13 avril 2021	Examineur Georgiadis, A
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 (P4/C02)

**REVENDEICATIONS DONNANT LIEU AU PAIEMENT DE TAXES**

La présente demande de brevet européen comportait lors de son dépôt les revendications dont le paiement était dû.

☐ Une partie seulement des taxes de revendication ayant été acquittée dans les délais prescrits, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les revendications pour lesquelles aucun paiement n'était dû ainsi que pour celles dont les taxes de revendication ont été acquittées, à savoir les revendication(s):

☐ Aucune taxe de revendication n'ayant été acquittée dans les délais prescrits, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les revendications pour lesquelles aucun paiement n'était dû.

ABSENCE D'UNITE D'INVENTION

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet européen ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir:

voir feuille supplémentaire B

☐ Toutes les nouvelles taxes de recherche ayant été acquittées dans les délais impartis, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour toutes les revendications.

☒ Comme toutes les recherches portant sur les revendications qui s'y prêtaient ont pu être effectuées sans effort particulier justifiant une taxe additionnelle, la division de la recherche n'a sollicité le paiement d'aucune taxe de cette nature.

☐ Une partie seulement des nouvelles taxes de recherche ayant été acquittée dans les délais impartis, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les parties qui se rapportent aux inventions pour lesquelles les taxes de recherche ont été acquittées, à savoir les revendications:

☐ Aucune nouvelle taxe de recherche n'ayant été acquittée dans les délais impartis, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les parties de la demande de brevet européen qui se rapportent à l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications, à savoir les revendications:

☐ Le présent rapport supplémentaire de recherche européenne a été établi pour les parties de la demande de brevet européen qui se rapportent à l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications (Règle 164 (1) CBE)

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

EP 20 21 3639

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet européen ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1-14

Une antenne réseau à alimentation spatiale.

1.1. revendications: 1-13

Une antenne reconfigurable.

1.2. revendication: 14

Une antenne directive efficiente.

Prière de noter que toutes les inventions mentionnées sous point 1, qui ne sont pas nécessairement liées par un concept inventif commun, ont pu être recherchées sans effort particulier justifiant une taxe additionnelle.

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

EP 20 21 3639

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.

13-04-2021

	Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
10	US 2008042917	A1	21-02-2008	CA 2577659 A1	16-03-2006
15				CN 101032055 A	05-09-2007
				EP 1796213 A1	13-06-2007
				JP 4319224 B2	26-08-2009
				JP W02006028136 A1	08-05-2008
				KR 20070033039 A	23-03-2007
				US 2008042917 A1	21-02-2008
				WO 2006028136 A1	16-03-2006
20	-----				
	US 5010351	A	23-04-1991	AU 623564 B2	14-05-1992
CA 2033828 C				17-01-1995	
DE 69111256 T2				25-01-1996	
EP 0441204 A2				14-08-1991	
ES 2029415 A6				01-08-1992	
25				JP H0590833 A	09-04-1993
				KR 910016109 A	30-09-1991
				US 5010351 A	23-04-1991
30	-----				
	US 2017033462	A1	02-02-2017	EP 3125362 A1	01-02-2017
FR 3039711 A1				03-02-2017	
US 2017033462 A1				02-02-2017	
35	-----				
40					
45					
50					
55					

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

- WO 2012085067 A [0008]