



(11)

**EP 4 304 012 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**10.01.2024 Bulletin 2024/02**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01Q 9/04** <sup>(2006.01)</sup> **H01Q 21/06** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01Q 23/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **23183929.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01Q 9/0457; H01Q 9/0414; H01Q 9/0435;**  
**H01Q 21/065; H01Q 23/00**

(22) Date de dépôt: **06.07.2023**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA**  
Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(72) Inventeurs:  
• **LE GALL, Timothée**  
**78995 ELANCOURT CEDEX (FR)**  
• **GHIOTTO, Anthony**  
**33400 TALENCE (FR)**  
• **MORVAN, Gwenaël**  
**78995 ELANCOURT (FR)**  
• **VARAULT, Stefan**  
**78190 TRAPPES (FR)**  
• **LOUIS, Bruno**  
**78190 TRAPPES (FR)**  
• **PILLET, Grégoire**  
**78190 TRAPPES (FR)**

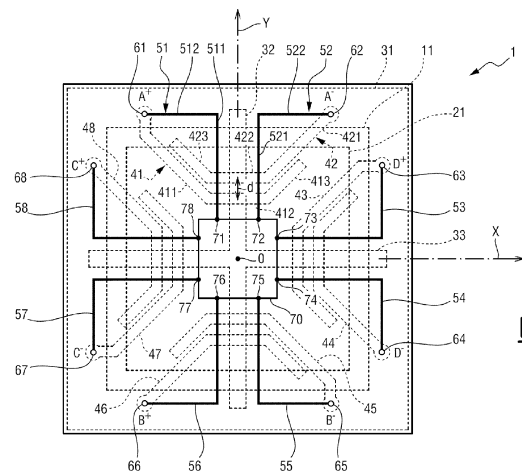
(30) Priorité: **07.07.2022 FR 2206934**

(74) Mandataire: **Lavoix**  
**2, place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(71) Demandeurs:  
• **THALES**  
**92400 Courbevoie (FR)**  
• **Université de Bordeaux**  
**33000 Bordeaux (FR)**  
• **Institut Polytechnique de Bordeaux**  
**33400 Talence (FR)**  
• **Centre National de la Recherche Scientifique**  
**75016 Paris (FR)**

(54) **ANTENNE ÉLÉMENTAIRE AMÉLIORÉE DU TYPE PLAN RAYONNANT ALIMENTÉ PAR FENTES ET ANTENNE RÉSEAU ACTIVE**

(57) Cette antenne élémentaire 1 comporte : deux fentes 32, 33 en croix définissant quatre demi-fentes ; pour chaque demi-fente, des rubans 41, 42 d'excitation, le premier ruban 41 étant connecté à un premier via 61 et le second ruban 42 étant connecté à un second via 62 ; un circuit intégré 70 portant une pluralité de ports ; pour chaque demi-fente, des pistes d'alimentation des rubans, la première piste 51 circulant depuis un premier port 71 jusqu'au premier via 61 et la seconde piste 52 circulant depuis un second port 72 jusqu'au second via 62, les premier et second ports étant deux ports successifs du circuit intégré, connectés en différentiel à une voix d'émission/réception par des première et seconde lignes d'alimentation situées à l'intérieur du circuit intégré, les lignes et les pistes circulant de sorte qu'il n'y ait aucun croisement dans leurs routages respectifs.



**FIG.3**

**EP 4 304 012 A1**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une antenne élémentaire du type « plan rayonnant alimenté par fentes » pour une antenne réseau active.

**[0002]** Une antenne réseau active, notamment à balayage électronique (AESA - « Active Electronically Scanned Array » en anglais), est une mosaïque d'une pluralité d'antennes élémentaires identiques.

**[0003]** Pour les antennes réseau actives, il y a un besoin de pouvoir émettre un signal dont la puissance crête soit élevée.

**[0004]** Si c'est la chaîne électronique d'émission en amont de l'antenne active qui prépare ce signal de puissance élevée, cela nécessite des sommations d'amplificateurs avec des rendements peu élevés et des pertes supplémentaires en fin d'amplification, c'est-à-dire au moment où les rendements sont les plus cruciaux. De plus, il faut ensuite véhiculer ce signal de puissance élevée jusqu'à l'élément rayonnant de chaque antenne élémentaire, ce qui entraîne des pertes supplémentaires et des contraintes pour véhiculer des signaux de puissance élevée.

**[0005]** Une autre alternative consiste à préparer ce signal de puissance dans chaque antenne élémentaire par combinaison de plusieurs signaux de puissance réduite appliqués en entrée de l'antenne élémentaire.

**[0006]** La combinaison de puissance dans l'antenne élémentaire est réalisée par deux paires de points d'alimentation (le nombre de points d'alimentation étant de quatre).

**[0007]** Par exemple comme illustré sur la figure 1, la société demanderesse réalise une antenne réseau active dont une antenne élémentaire 101 est du type plan rayonnant alimenté par fentes. L'élément rayonnant est ici un plan métallique (« patch » en anglais) ou une combinaison de plans métalliques, disposé sur une face avant de l'antenne élémentaire, et qui est excité par une paire de fentes : des première et seconde fentes, 132 et 133, orthogonales entre elles de manière à former un motif en croix.

**[0008]** Chaque fente est excitée par une paire de rubans (ou « stripline » en anglais), 142 et 146 pour la première fente 132 et 144 et 148 pour la seconde fente 133, qui viennent chevaucher la fente en deux points d'excitation disposés symétriquement de part et d'autre du centre géométrique de l'antenne élémentaire.

**[0009]** Pour l'alimentation des rubans, un circuit intégré 170 est disposé sur une face arrière de l'antenne élémentaire. Le circuit intégré présente autant de ports d'alimentation 172, 174, 176, et 178 que de rubans à alimenter.

**[0010]** Des pistes électriques 152, 154, 156 et 158 connectent chaque port du circuit intégré 170 à l'extrémité du ruban associé (au travers de vias 162, 164, 166 et 168).

**[0011]** Pour pouvoir exciter convenablement le mode principal TE<sub>10</sub> d'une fente, il convient que les deux rubans d'excitation de cette fente soient alimentés en opposition de phase, c'est-à-dire en différentiel.

**[0012]** Ainsi, à l'intérieur du circuit intégré 170, deux ports opposés sont connectés en sortie d'une même voie d'émission/réception par deux lignes d'alimentation. Ainsi, les ports 172 et 176 sont alimentés en différentiel depuis la voie 182 par des lignes 192 et 196 et les ports 174 et 178 sont alimentés en différentiel depuis la voie 183 par des lignes 194 et 198.

**[0013]** On constate qu'il est alors nécessaire de croiser les lignes d'alimentation au sein du circuit intégré (croisement 184 sur la figure 1) ou bien les pistes d'alimentation.

**[0014]** Le routage à l'intérieur ou à l'extérieur du circuit intégré n'est donc pas optimal et engendre des pertes et des déséquilibres entre les rubans et par conséquent dans le fonctionnement de l'antenne élémentaire.

**[0015]** De plus, la reproductibilité du routage d'une antenne élémentaire à l'autre est difficile à réaliser, de sorte qu'il y a une dispersion importante des caractéristiques des antennes élémentaires constituant une antenne. Les propriétés de l'antenne sont donc dégradées.

**[0016]** Le but de la présente invention est d'apporter une solution à ce problème.

**[0017]** Pour cela l'invention a pour objet une antenne élémentaire du type plan rayonnant alimenté par fentes pour une antenne réseau active, caractérisée en ce que, le plan rayonnant étant disposé sur une face avant de l'antenne élémentaire, l'antenne élémentaire comporte: un plan de masse portant des première et seconde fentes, orthogonales entre elles de manière à former un motif en croix définissant quatre demi-fentes ; pour chaque demi-fente, une paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente, un premier ruban de la paire de rubans étant connecté par une de ses extrémités à un premier via associé au premier ruban et chevauchant la demi fente depuis un premier côté vers un second côté de la demi-fente, un second ruban de la paire de rubans étant connecté par une de ses extrémités à un second via associé au second ruban et chevauchant la demi fente depuis le second côté vers le premier côté de la demi-fente, les premier et second rubans de la paire de rubans circulant sans se croiser ; un circuit intégré disposé sur une face arrière de l'antenne élémentaire, un contour du circuit intégré portant une pluralité de ports ; pour chaque demi-fente, une paire de pistes d'alimentation de la paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente, une première piste de la paire de pistes d'alimentation circulant depuis un premier port du circuit intégré jusqu'au premier via, une seconde piste de la paire de pistes d'alimentation circulant depuis un second port du circuit intégré jusqu'au second via, les premier et second ports étant deux ports successifs le long du contour du circuit intégré, qui sont connectés en différentiel à une voie d'émission/réception de l'antenne élémentaire par des première et seconde lignes d'alimentation situées à l'intérieur du circuit intégré, les lignes et les pistes circulant de sorte qu'il n'y ait aucun croisement dans le routage ni

des lignes à l'intérieur du circuit imprimé, ni des pistes à l'extérieur du circuit imprimé.

**[0018]** Suivant des modes particuliers de réalisation, l'antenne élémentaire comporte une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- 5 - le circuit intégré est un circuit intégré monolithique hyperfréquence,
- les vias sont disposés en périphérie de l'antenne élémentaire à proximité de ses bords et, pour chaque demi-fente, les premier et second vias de connexion de la paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente sont deux vias successifs le long de la périphérie de l'antenne élémentaire,
- 10 - pour chaque demi-fente, les premier et second rubans d'une paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente présentent une longueur identique,
- pour chaque demi-fente, les premier et second rubans d'une paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente circulent en parallèle l'un de l'autre,
- pour chaque demi-fente, les premier et second rubans d'une paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente sont espacés d'une distance permettant un isolement électrique des premier et second rubans tout en excitant la
- 15 - demi-fente en deux points d'excitation proches pour considérer que la demi-fente comme excitée localement, un ruban croise une demi-fente orthogonalement,
- les première et seconde pistes de la paire de pistes d'alimentation associée à une demi-fente ont la même longueur ; et
- l'antenne élémentaire est symétrique par rotation de 90° autour d'un axe normal au plan rayonnant.

20 **[0019]** L'invention a également pour objet une antenne réseau comportant une pluralité d'antennes actives identiques à l'antenne active précédente.

**[0020]** L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée qui va suivre d'un mode de réalisation particulier, donné uniquement à titre d'exemple illustratif et non limitatif, cette description étant faite

25 en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

[Fig 1] La figure 1 est une représentation schématique en vue de dessous d'une antenne élémentaire selon l'état de la technique ;

[Fig 2] La figure 2 est une représentation en coupe transversale d'un mode de réalisation préféré d'une antenne élémentaire selon l'invention ;

[Fig 3] La figure 3 est une représentation en vue de dessous de l'antenne élémentaire de la figure 2 ; et,

[Fig 4] La figure 4 est une représentation électrique des moyens d'alimentation de l'antenne élémentaire de la figure 2.

35 **[0021]** Une antenne réseau active, notamment à balayage électronique, est une mosaïque constituée d'une pluralité d'antennes élémentaires identiques.

**[0022]** La présente invention concerne le cas d'une antenne réseau active dont les antennes élémentaires sont du type « patch alimenté par fentes ». Un patch est un plan métallique imprimé sur un substrat. L'élément rayonnant de l'antenne élémentaire est constitué par au moins un patch.

40 **[0023]** La figure 2 est une coupe transversale d'un mode de réalisation préféré d'une antenne élémentaire 1 selon l'invention.

**[0024]** L'antenne élémentaire 1 comporte quatre substrats, empilés les uns sur les autres selon un axe Z, dit « vertical » :

- 45 - un premier substrat 10, qui est le substrat dit « antennaire », sur une surface supérieure duquel est gravé un premier patch 11. Cette surface supérieure constitue la face avant de l'antenne élémentaire.
- un second substrat 20, sur une surface supérieure duquel est gravé un second patch 21.
- un troisième substrat 30, dont une surface supérieure porte un plan de masse supérieur 31, qui est muni de fentes.
- un quatrième substrat 40, dont une surface supérieure porte une pluralité de rubans pour exciter les fentes.
- 50 - un cinquième substrat 50, dont une surface inférieure porte à la fois le circuit intégré 70 et les pistes d'alimentation des rubans. Une piste est connectée à un port du circuit intégré 70 d'une part, et à un via, d'autre part. Le via traverse les cinquième et quatrième substrats pour relier la piste au ruban associé. Il y a donc une piste par ruban. La surface supérieure du substrat 50, orientée vers le ou les patch(s) comporte un plan de masse inférieur 49 dans lequel sont gravées des épargnes (ou trous) afin de réaliser la connexion par via précédemment mentionnée.

55 **[0025]** Les différents substrats sont associés les uns aux autres, par exemple au moyen d'une colle adaptée : une couche d'interface entre les premier et second substrats porte la référence 12 sur la figure 2 ; une couche d'interface entre les second et troisième substrats porte la référence 23 sur la figure 2 ; une couche d'interface entre les troisième et quatrième substrats porte la référence 34 sur la figure 2 ; et une couche d'interface entre les quatrième et cinquième

substrats porte la référence 45 sur la figure 2.

**[0026]** La figure 3 est une vue de dessous de l'antenne élémentaire 1 de la figure 2, c'est-à-dire selon un plan transversal à l'axe Z. Ce plan transversal est défini par des axes X et Y. Sur cette figure, on a représenté en traits pointillés les patchs 11 et 21, le plan de masse 31 et les fentes dont il est muni, ainsi que les différents rubans d'excitation des fentes.

**[0027]** L'antenne élémentaire 1 est de préférence de forme carrée. Elle présente une symétrie centrale par rapport à son centre O, mais surtout une symétrie par rotation de 90° autour du centre O. En variante, l'antenne élémentaire peut prendre d'autres formes, notamment rectangulaire ou circulaire.

**[0028]** Deux fentes 32 et 33 sont prévues dans le plan de masse 31. Ces fentes sont oblongues.

**[0029]** Dans le mode de réalisation représenté, elles sont rectangulaires, mais en variante elles pourraient présenter des extrémités de sorte qu'une fente ait une forme en « os de chien », en « haltère », ou autre...

**[0030]** Chaque fente présente une largeur réduite par rapport à sa longueur, cette dernière étant légèrement inférieure à celle du côté de l'antenne élémentaire.

**[0031]** Les fentes sont disposées de sorte que le grand axe de la première fente 32 coïncide avec l'axe Y et celui de la seconde fente 33 coïncide avec l'axe X.

**[0032]** Les deux fentes se croisent par conséquent à angle droit au niveau du centre géométrique O de l'antenne élémentaire 1, de manière à former un motif en croix.

**[0033]** Ce motif en croix peut être vu comme composé de quatre demi-fentes, respectivement une première demi-fente positive correspondant à la partie de la première fente 32 au-dessus de l'axe X, une première demi-fente négative correspondant à la partie de la première fente 32 au-dessous de l'axe X, une seconde demi-fente positive correspondant à la partie de la seconde fente 33 à droite de l'axe Y, une seconde demi-fente négative correspondant à la partie de la seconde fente 33 à gauche de l'axe Y sur la figure 3.

**[0034]** Dans ce qui suit, sauf mention contraire, on décrit en détails l'antenne élémentaire pour ce qui se rapporte à une demi-fente particulière, en l'occurrence la première demi-fente supérieure.

**[0035]** La demi-fente est excitée par une paire de rubans. Cette paire de rubans comporte un premier ruban 41 et un second ruban 42 qui ne se chevauchent pas.

**[0036]** Dans le présent mode de réalisation, un ruban est constitué d'une pluralité de portions rectilignes. Le premier ruban 41 comporte ainsi une portion proximale 411, une portion intermédiaire 412, et une portion distale 413. Le second ruban 42 comporte ainsi une portion proximale 421, une portion intermédiaire 422, et une portion distale 423.

**[0037]** La portion proximale d'un ruban est connectée à un premier via associé au ruban, respectivement un premier via 61 pour le premier ruban 41 et un second via 62 pour le second ruban 42. Les vias sont ici disposés en périphérie de l'antenne à proximité de ses bords.

**[0038]** Le premier ruban 41 circule par exemple depuis le via 61 (situé à gauche de l'axe X) de sorte que sa portion proximale fasse un angle de -45° par rapport à l'axe X de la demi-fente, sa portion intermédiaire chevauche la demi-fente perpendiculairement à l'axe X de la demi-fente et sa portion distale fasse un angle de +45° par rapport à l'axe X de la demi-fente.

**[0039]** De manière similaire, le second ruban 42 circule depuis le via 62 (situé à droite de l'axe X) de sorte que sa portion proximale fasse un angle de +45° par rapport à l'axe X de la demi-fente, sa portion intermédiaire chevauche la demi-fente perpendiculairement à l'axe X de la demi-fente et sa portion distale fasse un angle de -45° par rapport à l'axe X de la demi-fente.

**[0040]** D'autres cheminements sont envisageables pour les rubans : portions rectilignes faisant d'autres angles par rapport à l'axe X (respectivement l'axe Y), portions curvilignes, etc.

**[0041]** Le premier ruban 41 croise de préférence la demi-fente orthogonalement en un premier point d'excitation. Ce premier croisement s'effectue par un franchissement de la demi-fente de gauche à droite.

**[0042]** Le second ruban 42 croise orthogonalement la demi-fente en un second point d'excitation, plus éloigné du centre O que le premier point d'excitation. Une distance d sépare les premier et second points d'excitation le long de l'axe X. Cette distance est réduite au maximum, tout en maintenant un intervalle d'isolement électrique entre les rubans.

**[0043]** La distance d est minimale pour que l'excitation de la demi-fente par la paire de rubans s'effectue essentiellement localement, c'est-à-dire que l'on peut considérer que l'application d'un premier champ électrique d'excitation au niveau du premier point d'excitation et d'un second champ électrique d'excitation au niveau du second point d'excitation, est équivalent à l'application d'un champ électrique d'excitation (résultant de la somme des premier et second champs électriques d'excitation) au niveau d'un point milieu entre les premier et second points d'excitation.

**[0044]** Ce second croisement s'effectue par un franchissement de la demi-fente de droite à gauche. La configuration tête-bêche de ce mode de réalisation particulier impose, toutes choses égales par ailleurs, que le potentiel électrique A- auquel le second ruban 42 est porté soit déphasé de 180° par rapport au potentiel électrique A+ auquel le premier ruban 41 est porté, afin que les champs électriques générés soient en phase pour exciter convenablement la première fente.

**[0045]** Les premier et second rubans circulent en parallèle l'un de l'autre. De préférence, on essaie de maintenir un décalage constant entre les premier et second rubans 41 et 42 pour des raisons de couplage entre les rubans d'une

## EP 4 304 012 A1

même paire de rubans.

**[0046]** Chaque ruban se poursuit au-delà de la demi-fente de manière à optimiser l'adaptation d'impédance (« stub » en anglais). On essaie de donner aux deux rubans une même longueur afin qu'ils présentent une même impédance. Pour cela la portion proximale du second ruban, a priori plus court dans le mode de réalisation des figures, peut être rallongée par exemple par un méandre au niveau de la connexion au second via. Alternativement, un déphasage peut être introduit entre les signaux délivrés sur chaque port du circuit intégré, ce déphasage pouvant être réalisé soit par l'ajout d'une longueur de ligne en amont dudit port ou directement par un déphaseur intégré au circuit intégré.

**[0047]** Une description similaire pourrait être faite pour la paire de rubans 43, 44 d'excitation de la seconde demi-fente positive (vias associés 63 et 64 et potentiels d'alimentation D+ et D-), pour la paire de rubans 45, 46 d'excitation de la première demi-fente négative (vias associés 65 et 66 et potentiels B+ et B-), pour la paire de rubans 47, 48 d'excitation de la seconde demi-fente négative (vias associés 67 et 68 et potentiels C+ et C-).

**[0048]** Les moyens d'alimentation des rubans doivent appliquer des tensions adaptées en phase pour que l'antenne élémentaire émette une onde polarisée.

**[0049]** Le tableau ci-dessous indique la commande de phase pour que l'antenne élémentaire émette selon différentes polarisations.

[TABLE 1]

A+	A-	B+	B-	C+	C-	D+	D-	Polarisation (par rapport à l'axe X)
0°	180°	0°	180°	0°	180°	0°	180°	45°
0°	180°	0°	180°	180°	0°	180°	0°	-45°
0°	180°	0°	180°	90°	270°	90°	270°	Circulaire droite
0°	180°	0°	180°	270°	90°	270°	90°	Circulaire gauche
0°	180°	0°	180°	OFF	OFF	OFF	OFF	Horizontale
OFF	OFF	OFF	OFF	0°	180°	0°	180°	Verticale

**[0050]** Il est à noter qu'une fente est excitée symétriquement par rapport au centre O par deux paires de rubans de manière à fonctionner dans le mode TE<sub>10</sub>.

**[0051]** Les moyens d'alimentation des paires de rubans comportent un circuit intégré 70 et des pistes d'alimentation circulant sur la face arrière de l'antenne élémentaire.

**[0052]** Le circuit 70 est par exemple un circuit intégré monolithique hyperfréquence- MMIC (« Monolithic Microwave Integrated Circuit »).

**[0053]** Il est par exemple de forme parallélépipédique. Il présente par exemple encore un contour carré dans le plan transversal XY.

**[0054]** Il est implanté au centre O de la face arrière de l'antenne élémentaire de sorte que ses côtés soient parallèles aux côtés de l'antenne élémentaire.

**[0055]** Chacun des quatre côtés du circuit présente deux ports (ou pattes de connexion), référencés 71 à 78 sur la figure 3. Le circuit 70 présente donc huit ports de sortie au total.

**[0056]** Une piste d'alimentation relie électriquement un port du circuit à un via associé à un ruban.

**[0057]** Ainsi, à la paire de rubans 41 et 42 excitant la première demi-fente positive est associée une paire de pistes d'alimentation 51 et 52. Le premier ruban 41 est alimenté par une première piste 51 dédiée au travers du via 61, tandis que le second ruban 42 est alimenté par une seconde piste 52 dédiée au travers du via 62.

**[0058]** Les première et seconde pistes 51 et 52 sont connectées à des ports du circuit 70 situés sur un même côté du circuit intégré 70, en l'occurrence les ports 71 et 72 sur le côté du circuit 70 orienté vers les vias 61 et 62.

**[0059]** On notera que les vias sont ici disposés sur la périphérie de l'antenne élémentaire à proximité de ses bords. Les premier et second vias 61 et 62 sont des vias successifs le long de la périphérie de l'antenne.

**[0060]** La première piste 51 a par exemple la forme d'un « L », avec une section axiale 511, qui circule parallèlement à l'axe X de la première demi-fente positive depuis le port 71 de connexion au circuit intégré 70, suivie d'une section latérale 511 qui circule transversalement à l'axe X pour rejoindre le premier via 61. De manière symétrique, la seconde piste 52 comporte une section axiale 521, qui circule parallèlement à l'axe X, suivie d'une section latérale 522 qui circule transversalement à l'axe X pour rejoindre le second via 62.

**[0061]** Les premiers et second vias 61 et 62 traversent les cinquième et quatrième substrats, 50 et 40, pour connecter électriquement une piste et un ruban associés. Chaque via traverse le plan de masse prévu sur la surface supérieure du cinquième substrat au niveau d'une épargne ménagée dans ce plan de masse.

**[0062]** Les impédances vues par chaque port 71 et 72 doivent être le plus proche possible les unes des autres.

[0063] Une description similaire pourrait être faite pour l'alimentation de la paire de rubans 43 et 44 depuis les ports 73 et 74 par les pistes d'alimentation 53 et 54 respectivement, pour l'alimentation de la paire de rubans 45 et 46 depuis les ports 75 et 76 par les pistes d'alimentation 55 et 56 respectivement, et pour l'alimentation de la paire de rubans 47 et 48 depuis les ports 77 et 78 par les pistes d'alimentation 57 et 58 respectivement.

5 [0064] La figure 4 est une représentation électrique illustrant le routage à l'intérieur et à l'extérieur du circuit intégré 70.

[0065] Une paire de ports pour l'alimentation d'une paire de rubans, comme la paire 71 et 72 d'alimentation de la paire de rubans de la première demi-fente positive, est alimentée en différentiel à la sortie d'une voie d'émission/réception 81 (représenté schématiquement sur la figure 4), par une première ligne 91 reliée au premier port 71 et une seconde ligne 92 reliée au second port 72.

10 [0066] De manière similaire, la paire de ports 73 et 74 d'alimentation de la paire de rubans de la seconde demi-fente positive, est alimentée en différentiel à la sortie d'une voie d'émission/réception 83 par une première ligne 93 reliée au premier port 73 et une seconde ligne 94 reliée au second port 74.

[0067] De manière similaire, la paire de ports 75 et 76 d'alimentation de la paire de rubans de la première demi-fente inférieure, est alimentée en différentiel à la sortie d'une voie d'émission/réception 85 par une première ligne 95 reliée au premier port 75 et une seconde ligne 96 reliée au second port 76.

15 [0068] De manière similaire, la paire de ports 77 et 78 d'alimentation de la paire de rubans de la seconde demi-fente négative, est alimentée en différentiel à la sortie d'une voie d'émission/réception 87 par une première ligne 97 reliée au premier port 77 et une seconde ligne 98 reliée au second port 78.

[0069] L'homme du métier constatera sur cette figure, que le routage est maintenant dépourvu de tout croisement que ce soit entre les lignes 91 à 97 à l'intérieur du circuit intégré 70, ou entre les pistes 51 à 58 à l'extérieur du circuit intégré 70.

[0070] Le routage est ainsi grandement allégé. Cela simplifie la réalisation du circuit imprimé et l'empilement de ses couches constitutives.

25 [0071] De plus, une plus grande précision de fabrication des antennes élémentaires est obtenue, ce qui impacte positivement le fonctionnement global de l'antenne réseau active intégrant de tels éléments rayonnants

[0072] La présente invention a l'avantage de présenter quatre paires de points d'excitation des fentes, soit huit points d'excitation. Cela double par conséquent la puissance émise par rapport à la configuration de la figure 1.

[0073] Cela permet, en émission, de combiner les puissances de huit signaux élémentaires afin de générer un signal de plus forte puissance.

30 [0074] Cela permet en réception de répartir la puissance incidente sur un plus grand nombre de voix de réception. Le niveau de puissance appliqué en entrée de l'amplificateur faible bruit - LNA de la chaîne électronique de la voix de réception est par conséquent réduit, de sorte que ce composant n'est pas saturé et peut fonctionner dans une plage linéaire optimale.

[0075] La présente invention permet d'améliorer le rendement par minimisation des pertes.

35 [0076] Grâce à la sommation dans l'antenne élémentaire, le circuit imprimé n'utilise plus autant de combineur. Cela participe à la réduction de la dissipation thermique au sein du circuit intégré et à la réduction de la taille du circuit imprimé.

[0077] Elle autorise une polarisation programmable.

[0078] La présente invention trouve des applications dans le domaine des radars, des brouilleurs, des radiocommunications, du transfert d'énergie à distance, ou encore des liaisons de données.

## Revendications

45 1. Antenne élémentaire (1) du type plan rayonnant alimenté par fentes pour une antenne réseau active, **caractérisée en ce que**, le plan rayonnant (11) étant disposé sur une face avant de l'antenne élémentaire, l'antenne élémentaire comporte:

- un plan de masse portant des première et seconde fentes (32, 33), orthogonales entre elles de manière à former un motif en croix définissant quatre demi-fentes ;

50 - pour chaque demi-fente, une paire de rubans (41, 42) permettant d'exciter la demi-fente, un premier ruban (41) de la paire de rubans étant connecté par une de ses extrémités à un premier via (61) associé au premier ruban et chevauchant la demi fente depuis un premier côté vers un second côté de la demi-fente, un second ruban (42) de la paire de rubans étant connecté par une de ses extrémités à un second via (62) associé au second ruban et chevauchant la demi fente depuis le second côté vers le premier côté de la demi-fente, les premier et second rubans de la paire de rubans circulant sans se croiser ;

55 - un circuit intégré (70) disposé sur une face arrière de l'antenne élémentaire, un contour du circuit intégré portant une pluralité de ports ;

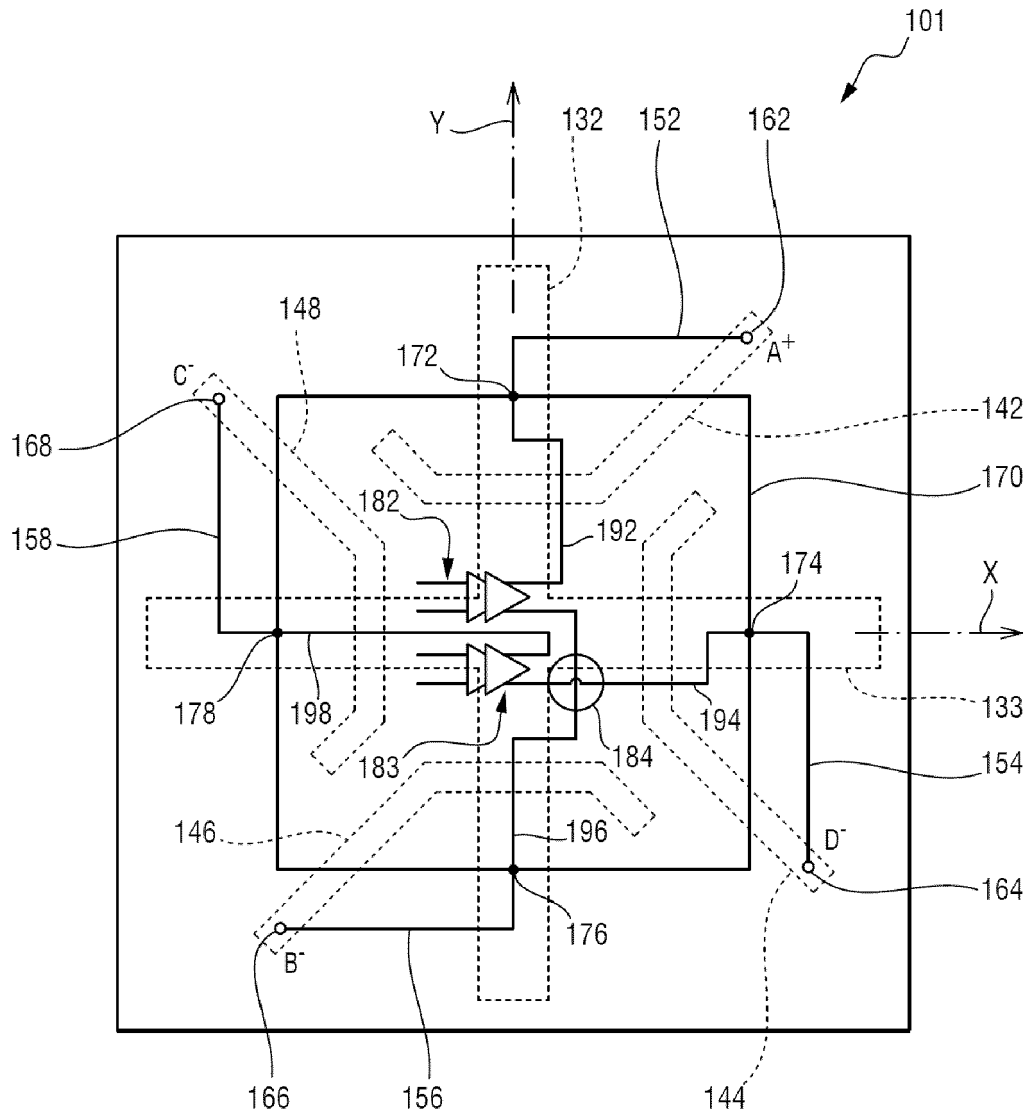
- pour chaque demi-fente, une paire de pistes d'alimentation de la paire de rubans permettant d'exciter la demi-

## EP 4 304 012 A1

fente, une première piste (51) de la paire de pistes d'alimentation circulant depuis un premier port (71) du circuit intégré jusqu'au premier via (61), une seconde piste (52) de la paire de pistes d'alimentation circulant depuis un second port (72) du circuit intégré jusqu'au second via (62), les premier et second ports étant deux ports successifs le long du contour du circuit intégré, qui sont connectés en différentiel à une voix d'émission/réception (81) de l'antenne élémentaire par des première et seconde lignes d'alimentation (91, 92) situées à l'intérieur du circuit intégré,

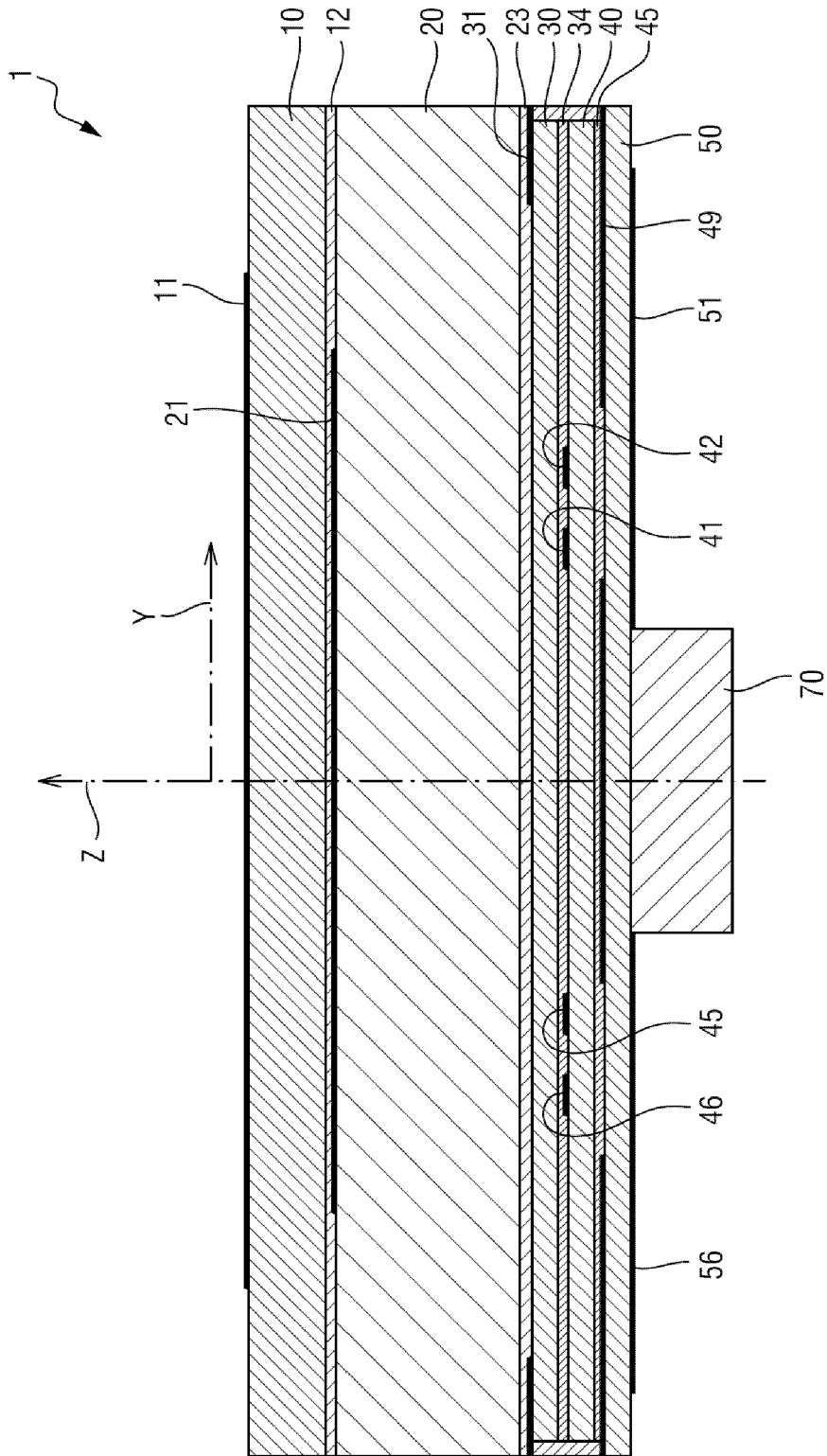
les lignes et les pistes circulant de sorte qu'il n'y ait aucun croisement dans le routage ni des lignes à l'intérieur du circuit intégré, ni des pistes à l'extérieur du circuit intégré.

2. Antenne élémentaire (1) selon la revendication 1, dans laquelle le circuit intégré (70) est un circuit intégré monolithique hyperfréquence.
3. Antenne élémentaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les vias sont disposés en périphérie de l'antenne élémentaire à proximité de ses bords et, pour chaque demi-fente, les premier et second vias (61, 62) de connexion de la paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente sont deux vias successifs le long de la périphérie de l'antenne élémentaire.
4. Antenne élémentaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle, pour chaque demi-fente, les premier et second rubans d'une paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente présentent une longueur identique.
5. Antenne élémentaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle, pour chaque demi-fente, les premier et second rubans d'une paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente circulent en parallèle l'un de l'autre.
6. Antenne élémentaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle, pour chaque demi-fente, les premier et second rubans d'une paire de rubans permettant d'exciter la demi-fente sont espacés d'une distance permettant un isolement électrique des premier et second rubans tout en excitant la demi-fente en deux points d'excitation proches pour considérer que la demi-fente comme excitée localement.
7. Antenne élémentaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle un ruban croise une demi-fente orthogonalement.
8. Antenne élémentaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les première et seconde pistes de la paire de pistes d'alimentation associée à une demi-fente ont la même longueur.
9. Antenne élémentaire (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, symétrique par rotation de 90° autour d'un axe (Z) normal au plan rayonnant.
10. Antenne réseau active comportant une pluralité d'antennes élémentaires, **caractérisée en ce que** chaque antenne élémentaire est conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 9.



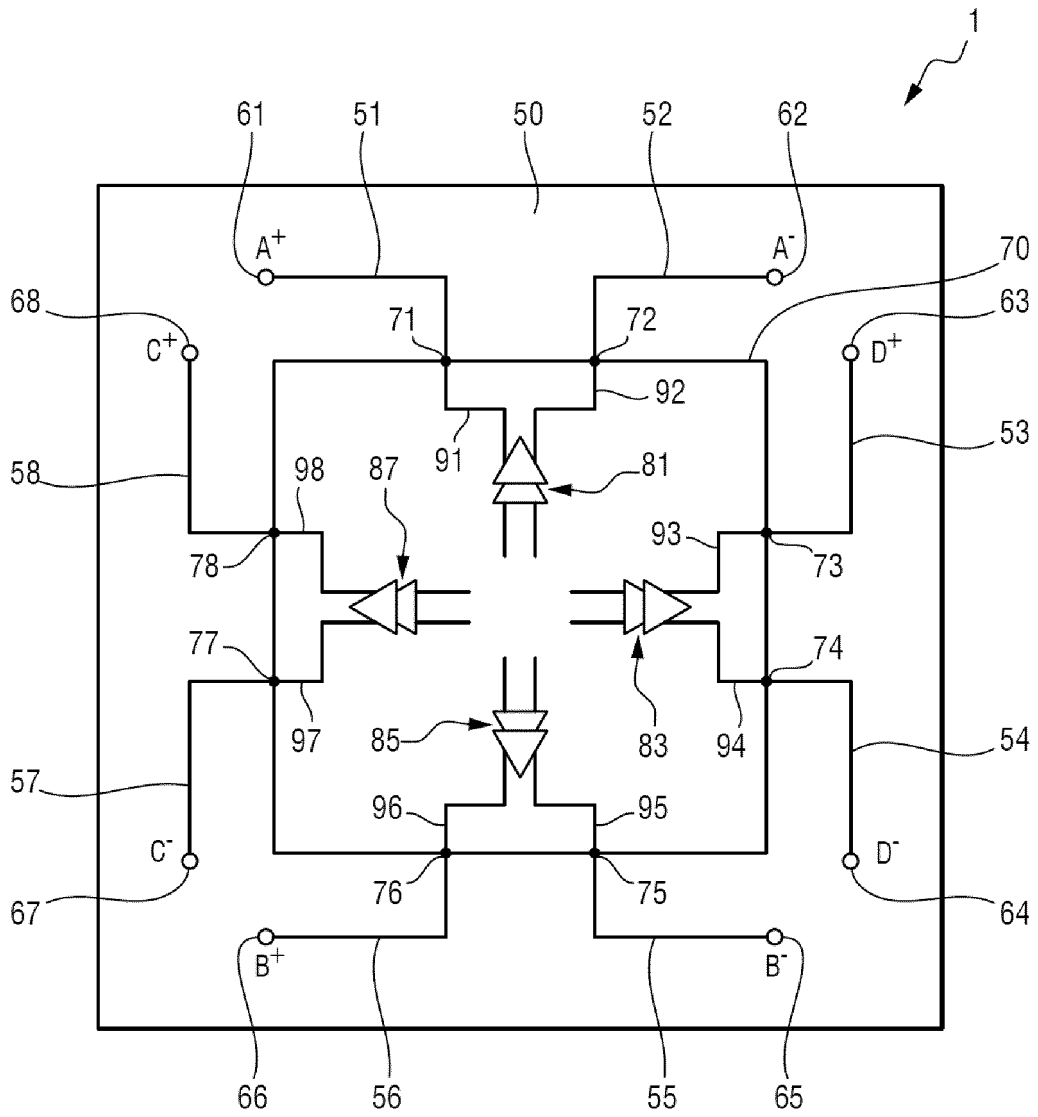
**FIG.1 (PRIOR ART)**





**FIG.2**





**FIG.4**



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 23 18 3929

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 2004/189527 A1 (KILLEN WILLIAM D [US] ET AL) 30 septembre 2004 (2004-09-30) * alinéas [0027] - [0077]; figures 1-5 * -----	1-10	INV. H01Q9/04 H01Q21/06
A	US 2019/372239 A1 (GARREC PATRICK [FR] ET AL) 5 décembre 2019 (2019-12-05) * alinéas [0048] - [0204]; figures 1-21 * -----	1-10	ADD. H01Q23/00
A	US 2019/372240 A1 (GARREC PATRICK [FR] ET AL) 5 décembre 2019 (2019-12-05) * alinéas [0030] - [0127]; figures 1-5 * -----	1-10	
A	US 5 241 321 A (TSAO CHICH-HSING A [US]) 31 août 1993 (1993-08-31) * colonnes 1-9; figures 1-7 * -----	1-10	
A	CN 105 552 550 B (HUAWEI TECH CO LTD) 20 août 2019 (2019-08-20) * alinéas [0001] - [0065]; figures 1-12 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>31 octobre 2023</b>	Examineur <b>El-Shaarawy, Heba</b>
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	

1  
EPO FORM 1503 03:82 (P04C02)

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

EP 23 18 3929

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.

31-10-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004189527 A1	30-09-2004	CA 2520940 A1	04-11-2004
		CN 1784809 A	07-06-2006
		EP 1614189 A2	11-01-2006
		JP 4142713 B2	03-09-2008
		JP 2006522550 A	28-09-2006
		KR 20060059868 A	02-06-2006
		US 2004189527 A1	30-09-2004
		WO 2004095628 A2	04-11-2004
US 2019372239 A1	05-12-2019	AU 2018216020 A1	22-08-2019
		CN 110506365 A	26-11-2019
		EP 3577721 A1	11-12-2019
		FR 3062524 A1	03-08-2018
		IL 268066 A	26-09-2019
		JP 7104479 B2	21-07-2022
		JP 2020505893 A	20-02-2020
		US 2019372239 A1	05-12-2019
US 2019372240 A1	05-12-2019	AU 2018216002 A1	22-08-2019
		CN 110574232 A	13-12-2019
		EP 3577720 A1	11-12-2019
		EP 4210172 A1	12-07-2023
		ES 2945992 T3	11-07-2023
		FR 3062523 A1	03-08-2018
		IL 268065 A	26-09-2019
		JP 7003155 B2	04-02-2022
		JP 2020505892 A	20-02-2020
		US 2019372240 A1	05-12-2019
		WO 2018141852 A1	09-08-2018
US 5241321 A	31-08-1993	AUCUN	
CN 105552550 B	20-08-2019	CN 105552550 A	04-05-2016
		CN 110600872 A	20-12-2019
		CN 110611160 A	24-12-2019
		EP 3401998 A1	14-11-2018
		EP 3751663 A1	16-12-2020
		KR 20180099897 A	05-09-2018
		TW 201728002 A	01-08-2017
		US 2018337456 A1	22-11-2018
		US 2020280132 A1	03-09-2020
WO 2017128872 A1	03-08-2017		

EPO FORM P0460

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