



(11)

EP 3 537 541 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**11.09.2019 Bulletin 2019/37**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 1/52 (2006.01)**  
**H01Q 9/04 (2006.01)**

**H01Q 21/28 (2006.01)**  
**H01Q 9/42 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **19161565.7**(22) Date de dépôt: **08.03.2019**

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

(30) Priorité: **09.03.2018 FR 1852060**

(71) Demandeur: **INSIGHT SIP  
06130 Grasse (FR)**

(72) Inventeurs:  

- **LEROY, Fabien  
06600 Antibes (FR)**
- **BARRATT, Christopher  
06560 Valbonne (FR)**
- **BEGHIN, Michel  
06130 Grasse (FR)**

(74) Mandataire: **Decobert, Jean-Pascal  
Cabinet Hautier  
Office Méditerranéen de Brevets d'Invention  
20, rue de la Liberté  
06000 Nice (FR)**

## (54) DÉCOUPLAGE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

(57) La présente invention concerne un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant au moins :

- un circuit microélectronique ;
- une première antenne (10) portée par une première zone dudit circuit microélectronique ;
- une deuxième antenne (20) portée par une deuxième zone dudit circuit microélectronique ;

Le dispositif (1) comprend un module de découplage

électromagnétique (30) de la première antenne (10) et de la deuxième antenne (20), porté par une troisième zone dudit circuit microélectronique disposée entre la première zone et la deuxième zone ; le module de découplage électromagnétique (30) comprenant au moins une structure surélevée et au moins un élément de raccordement de ladite structure surélevée audit circuit microélectronique.

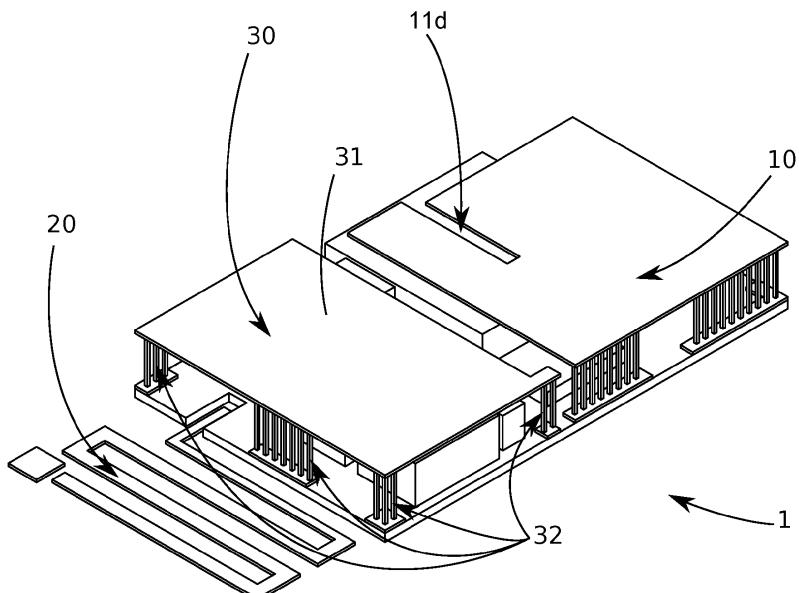


Figure 2a

**Description****DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION**

**[0001]** La présente invention concerne généralement le domaine des antennes et plus particulièrement celui des antennes miniatures utilisées par toutes sortes d'appareillages électroniques portables et mobiles pour recevoir et transmettre des signaux, typiquement dans une gamme de fréquences allant actuellement jusqu'à une dizaine de gigahertz (GHz =  $10^9$  Hertz), afin qu'ils puissent librement communiquer dans les limites d'une zone géographique couverte par un réseau dit « sans fil » ou encore « wireless », expression anglaise largement utilisée ayant la même signification.

**ETAT DE LA TECHNIQUE**

**[0002]** Les systèmes communicants dits « sans fil », qui sont de plus en plus utilisés quotidiennement, et souvent d'une façon quasi permanente, par une population d'utilisateurs toujours plus large, possèdent tous des antennes pour recevoir et, le plus souvent aussi, pour émettre des signaux dans la bande de fréquences définie par le standard technique qui les régit. Il s'agit principalement de téléphones portables, notamment ceux obéissant à la norme dite GSM, acronyme de l'anglais « global system for mobile communications » qui définit un standard de communication dont la couverture géographique est mondiale.

**[0003]** Un autre système communiquant, très largement utilisé, qui nécessite une antenne de réception très sensible, est le GPS acronyme de l'anglais « global positioning system ». En décodant les signaux en provenance d'un réseau de satellites ce système permet en effet d'obtenir, sur l'étendue du globe terrestre, un positionnement géographique très précis du récepteur. Les récepteurs GPS sont de plus en plus souvent présents dans les téléphones portables et dans toutes sortes de téléphones dits intelligents ou « smart phones » qui incluent en outre toutes les fonctions d'un assistant numérique personnel et la possibilité de se connecter au réseau mondial de l'Internet.

**[0004]** Le réseau sans fil peut au contraire être conçu pour ne couvrir qu'une zone géographique restreinte comme le Wi-Fi, voire très restreinte, comme le standard dit « Bluetooth® » qui permet la communication jusqu'à une dizaine de mètres de terminaux entre eux.

**[0005]** En dépit de leur nécessaire miniaturisation pour s'adapter aux contraintes dimensionnelles imposées par des boîtiers de toujours plus petites tailles, notamment d'épaisseurs devenues très faibles, les antennes des dispositifs ci-dessus doivent néanmoins pouvoir maintenir une efficacité optimale dans toute la bande de fréquences où elles doivent opérer. Cette efficacité dépend de pertes qui sont intrinsèques à l'antenne et qui se mesurent le plus communément à l'aide des paramètres dits « S », de l'anglais « scattering parameters » qui permet-

tent de qualifier le comportement de l'antenne entre le milieu de propagation d'une part et le circuit électronique de commande d'autre part. D'une façon générale, les paramètres S ont été conçus et sont utilisés pour mesurer et qualifier le comportement de circuits passifs ou actifs linéaires fonctionnant dans la gamme de fréquences mentionnée plus haut souvent qualifiée d'hyperfréquences ou radiofréquences (RF) dans la littérature technique sur ces sujets. Ils permettent d'évaluer les propriétés électriques de ces circuits tels que leur gain, la perte de rendement où le taux d'ondes stationnaires en tension résultant d'une inadaptation d'impédances observée entre le circuit de commande et l'antenne. L'adaptation de l'antenne est notamment définie par le paramètre S11 qui représente les pertes par réflexion de l'antenne. Il s'exprime en décibels (dB). Plus faible est la valeur de S11, meilleure est l'adaptation et donc meilleure est l'efficacité globale de l'antenne.

**[0006]** Le paramètre S11, qui est dépendant de la fréquence, permet de définir la bande passante de l'antenne c'est-à-dire la bande de fréquences dans laquelle S11 reste inférieur à un seuil donné qui est typiquement défini à un niveau de -6dB. Dans ces conditions, un quart de la puissance délivrée par le circuit électronique de commande est perdu par réflexion et les trois quarts sont donc utilement rayonnés par l'antenne.

**[0007]** La bande passante d'une antenne peut être plus ou moins large. Elle est souvent exprimée en pourcentage de sa fréquence centrale. Une antenne dont la bande passante est de quelques pourcents est considérée comme ayant une bande étroite de fonctionnement. Ce type d'antenne convient bien pour certaines applications. Par exemple, pour un récepteur GPS, une antenne dont la bande passante est de l'ordre de 2 % est suffisante.

**[0008]** Une antenne dont la bande passante est égale ou supérieure à 15 % est considérée comme ayant une large bande de fonctionnement. Celles dont la bande passante est supérieure ou égale à 20 % bénéficient d'une très large bande passante. On notera ici que pour qualifier ce type d'antennes l'acronyme « UWB », de l'anglais « ultra wide band », est aussi souvent utilisé.

**[0009]** L'utilisation d'une antenne très large bande offre potentiellement de nombreux avantages. Une seule antenne large bande peut alors couvrir simultanément plusieurs standards de radiofréquences. Cela permet de réduire le nombre d'antennes qu'il faut pouvoir implanter dans les dispositifs sans fil multiservices tels que les smart phones ce qui donne non seulement un avantage certain en terme de coût mais permet aussi de s'affranchir de problèmes techniques difficiles à résoudre autrement comme les couplages parasites qui peuvent se produire entre les différentes antennes d'un même smart phone.

**[0010]** Néanmoins, face à la polyvalence des antennes UWB, il n'en demeure pas moins parfois une nécessité de disposer d'une seconde antenne, par exemple pour des communications selon le protocole « Bluetooth® ».

Ainsi, alors même que les antennes UWB sont utilisées afin de restreindre le nombre d'antennes et par là même les problèmes de couplage électromagnétique entre deux antennes proches l'une de l'autre, il apparaît que, dans certains cas de dispositifs miniaturisés, des problèmes de couplage électromagnétique demeurent entre des antennes UWB et d'autres antennes présentes au niveau du circuit-microélectronique les portant.

**[0011]** La publication brevet US 2014/085158 A1 divulgue un dispositif antennaire avec une partie servant au découplage entre deux antennes posées dans un plan. Ce dispositif peut présenter différentes formes, suivant la configuration de pliage de l'élément métallique qui la constitue. Les modalités de fabrication d'une telle partie de découplage sont très rudimentaires.

**[0012]** C'est donc un objet de l'invention que d'offrir une solution à ce problème de couplage électromagnétique en permettant que la réduction de taille d'antennes destinées à être implantées dans le même boîtier que leur circuit de commande puisse cependant se faire en préservant des performances de fonctionnement suffisantes.

**[0013]** La présente invention vise à résoudre au moins en partie les problématiques exposées ci-dessus. Les autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description suivante et des dessins d'accompagnement. Il est entendu que d'autres avantages peuvent être incorporés.

#### RESUME DE L'INVENTION

**[0014]** La présente invention concerne un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant au moins :

- un circuit microélectronique s'étendant dans un plan principal d'extension et selon une direction principale d'extension ;
- une première antenne, de préférence à large bande, portée par une première zone dudit circuit microélectronique et s'étendant selon un premier plan d'extension, de préférence parallèle au plan principal d'extension, de préférence disposée au regard d'une portion du circuit microélectronique ;
- une deuxième antenne portée par une deuxième zone dudit circuit microélectronique s'étendant selon un deuxième plan d'extension, de préférence parallèle au premier plan d'extension ;

**[0015]** De manière avantageuse, le dispositif est caractérisé en outre en ce qu'il comprend en outre un module de découplage électromagnétique de la première antenne et de la deuxième antenne, porté par une troisième zone dudit circuit microélectronique disposée entre la première zone et la deuxième zone, de préférence le module de découplage électromagnétique étant disposé entre la première antenne et la deuxième antenne ;

**[0016]** De préférence, le module de découplage élec-

tromagnétique comprend au moins une structure surélevée relativement audit circuit microélectronique et au moins un élément de raccordement de ladite structure surélevée audit circuit microélectronique.

**[0017]** Comparativement à la technique de découplage mis en oeuvre dans l'antériorité américaine US 2014/0085158 A1 précitée. Les modalités structurelles et de fabrication du dispositif de l'invention sont nettement améliorées. En particulier, la partie de découplage est surélevée relativement au plan principal du circuit micro-électronique et est supportée par un surmoulage, un élément de raccordement sous forme d'une pluralité de vias passant au travers du surmoulage de sorte à raccorder la partie de découplage surélevée au reste du dispositif, et avantageusement à la masse. Les dispositions de l'invention permettent d'utiliser une technique de dépôt, en particulier un dépôt métallique, pour former la structure surélevée, offrant une grande flexibilité de forme, avec une épaisseur potentiellement très faible.

Pour autant, l'ensemble est mécaniquement cohérent et plus résistant que l'art antérieur de par la présence de l'élément de surmoulage.

**[0018]** Dans un mode de réalisation, la fabrication du module de découplage peut être largement mutualisée avec la fabrication d'au moins une des antennes. En effet, la phase de surmoulage et, potentiellement, la phase de polissage du surmoulage, peuvent être mises en commun. De préférence, ce surmoulage commun définit alors un plan unique de réalisation de dépôt électriquement conducteur pour former des parties antennaires des parties de découplage.

**[0019]** La présente invention permet de disposer d'un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant deux antennes ne présentant pas ou très peu de couplage électromagnétique l'une avec l'autre.

**[0020]** En effet la présente invention comprend un module de découplage électromagnétique entre chacune des première et deuxième antennes du dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences.

**[0021]** Ce module de découplage électromagnétique présente avantageusement une surface conductrice électrique connectée électriquement au moyen de vias conducteurs électriques au dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences.

**[0022]** De manière particulièrement avantageuse, ce module de découplage électromagnétique est disposé entre la première antenne et la deuxième antenne. L'utilisation d'une surface conductrice électrique accompagnée d'une pluralité de vias conducteurs électriques s'étendant selon une direction orthogonale à ladite surface conductrice électrique permet de renforcer le découplage électromagnétique entre la première et la deuxième antenne. Cela permet de former un bouclier électromagnétique comprenant deux parties, une première partie étant constituée de la surface conductrice électrique et une deuxième partie étant constituée de la pluralité de vias conducteurs électriques.

**[0023]** La présente invention permet de plus de disposer d'un module de découplage électromagnétique présentant une surface conductrice électrique au regard d'une portion du circuit microélectronique et de préférence surélevée relativement au circuit microélectronique au moyen des vias conducteurs électriques. Cela permet ainsi une plus grande compacité du dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences.

**[0024]** Avantageusement, l'utilisation de vias conducteurs électriques pour la surélévation de la structure surélevée du module de découplage électromagnétique offre un gain de surface au niveau du circuit microélectrique qui peut être exploité pour placer des composants microélectroniques, par exemple en dessous du module de découplage électromagnétique.

**[0025]** La présente invention concerne aussi un procédé de fabrication d'un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences selon la présente invention

- Fourniture du circuit microélectronique présentant un plan principal d'extension ;
- Formation de la première antenne au niveau à la première zone dudit circuit microélectronique ;
- Formation de la deuxième antenne au niveau de la deuxième zone dudit circuit microélectronique ;
- Formation du dispositif de découplage électromagnétique au niveau de la troisième zone dudit circuit microélectronique, cette étape de formation comprenant au moins les étapes suivantes :

- i. Formation d'au moins un élément de raccordement au niveau de la troisième zone dudit circuit microélectronique ;
- ii. Surmoulage du circuit microélectronique de manière à recouvrir en partie au moins l'au moins un élément de raccordement et le circuit microélectronique de sorte à définir une surface, de préférence plane, s'étendant sensiblement selon le troisième plan d'extension ;
- iii. Formation de la structure surélevée du module de découplage électromagnétique au niveau de ladite surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique.

#### BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

**[0026]** Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants dans lesquels :

- La figure 1 illustre un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant deux antennes distinctes présentant un couplage électromagnétique non souhaité, réduisant ainsi leurs performances respectives.

- Les figures 2a et 2b illustrent un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences selon un mode de réalisation de la présente invention et comprenant un module de découplage électromagnétique.
- Les figures 3a, 3b, 3c, 3d et 3e illustrent des paramètres S d'un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant deux antennes distinctes, en fonction des figures considérées le dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprend ou non un module de découplage électromagnétique selon un mode de réalisation de la présente invention.
- La figure 3a représente le coefficient de transmission inverse avec et sans module de découplage.
- La figure 3b représente le coefficient de réflexion de la première antenne sans le module de découplage.
- La figure 3c représente le coefficient de réflexion de la première antenne avec le module de découplage.
- La figure 3d représente le coefficient de réflexion de la deuxième antenne sans le module de découplage.
- La figure 3e représente le coefficient de réflexion de la deuxième antenne avec le module de découplage.
- Les figures 4a à 4e représentent différentes étapes d'un procédé de fabrication d'un élément antennaire surélevée selon un mode de réalisation de la présente invention.
- Les figures 5a à 5c représentent différentes étapes d'une technique de formation d'un via conducteur électrique vertical selon un mode de réalisation de la présente invention.
- La figure 6 représente un art antérieur d'une antenne UWB surélevée.

**[0027]** Les dessins joints sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ces dessins sont des représentations schématiques et ne sont pas nécessairement à l'échelle de l'application pratique.

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

**[0028]** Dans le cadre de la présente invention, on qualifie de deux plans parallèles l'un à l'autre, deux plans ne présentant pas d'écart coplanaire ou présentant un écart négligeable au regard des tolérances industrielles, notamment inférieur à 10 degrés et de préférence inférieur à 5 degrés.

**[0029]** Dans la présente demande, une antenne à large bande passante, également appelée « UWB », s'entend d'une antenne configurée pour fonctionner sur une bande de fréquences allant de quelques mégahertz à quelques dizaines de gigahertz, par exemple entre 3000 MHz et 11000 MHz.

**[0030]** Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement :

- Avantageusement, ladite structure surélevée comprend au moins une surface conductrice électrique s'étendant selon un troisième plan d'extension coplanaire à au moins l'un parmi le premier plan d'extension et le deuxième plan d'extension. 5
  - Cela permet d'accroître le découplage électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne en diminuant le couplage électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne, et de préférence en augmentant le couplage électromagnétique entre la surface conductrice électrique du module de découplage électromagnétique et l'une parmi la première antenne et la deuxième antenne.
- Avantageusement, l'élément de raccordement comprend une pluralité de vias conducteurs électriques électriquement connectés à ladite structure surélevée et audit circuit microélectronique et s'étendant depuis ladite structure surélevée vers ledit circuit microélectronique. 10
- Avantageusement, la surface conductrice électrique du module de découplage électromagnétique s'étend selon un troisième plan d'extension parallèle au plan principal d'extension. 15
  - Cela permet d'accroître la compacité du dispositif tout en disposant d'un module découplage situé entre la première antenne et la deuxième antenne.
- Avantageusement, la pluralité de vias conducteurs électriques est disposée sur une partie au moins de la troisième zone du circuit microélectronique. 20
- Avantageusement, le premier plan d'extension et le deuxième plan d'extension sont décalés relativement à une direction perpendiculaire au premier plan d'extension et au deuxième plan d'extension. 25
  - Cela permet de réduire le couplage électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne tout en augmentant la compacité du dispositif.
- Avantageusement, au moins l'un parmi le premier plan d'extension et le deuxième plan d'extension sont coplanaires au plan principal d'extension. Cela permet de réaliser aisément la connexion électrique du circuit microélectronique avec l'une parmi la première antenne et la deuxième antenne. 30
- Avantageusement, le module de découplage électromagnétique est mécaniquement solidaire de la première antenne et de la deuxième antenne uniquement via le circuit microélectronique. 35
- Avantageusement, la structure surélevée du module de découplage électromagnétique est en partie au moins au-dessus d'une partie au moins des composants microélectroniques du circuit microélectronique, de préférence la structure surélevée du module de découplage électromagnétique recouvre au moins 15%, de préférence au moins 20% et avantageusement au moins 30% du circuit microélectrique. 40
- Avantageusement, la structure surélevée du module de découplage électromagnétique est en partie au moins au-dessus d'une partie au moins des composants microélectroniques du circuit microélectronique, de préférence la structure surélevée du module de découplage électromagnétique recouvre au moins 10%, de préférence au moins 20% et avantageusement au moins 30% du circuit microélectrique. 45
- Avantageusement, la structure surélevée du module de découplage électromagnétique présente au moins une extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, supérieure ou égale à l'extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, de la première surface conductrice électrique et à l'extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, de la deuxième surface conductrice électrique. 50
- Avantageusement, la structure surélevée du module de découplage électromagnétique présente au moins une extension transversale perpendiculaire à ladite direction principale inférieure ou égale à la l'extension transversale dudit circuit microélectronique relativement à ladite direction principale d'extension. 55
- Avantageusement, le potentiel électrique de la structure surélevée du module de découplage électromagnétique est contrôlé, de préférence au travers dudit élément de raccordement.
  - Le contrôle du potentiel électrique de la surface conductrice électrique permet un ajustement du découplage électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne afin de l'améliorer et/ou de répondre à des conditions de fonctionnement ou des paramètres extérieurs.
- Avantageusement, le circuit microélectronique comprend une masse et la structure surélevée du module de découplage électromagnétique est électriquement connectée à ladite masse, de préférence au travers dudit élément de raccordement.
  - Cela permet de réaliser un bouclier électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne afin de limiter le couplage électromagnétique entre ces deux antennes.
- Avantageusement, la première antenne comprend une première surface conductrice électrique s'étendant selon le premier plan d'extension, la deuxième antenne comprend une deuxième surface conductrice électrique s'étendant selon le deuxième plan d'extension et la structure surélevée du module de découplage électromagnétique présente au moins une extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, supérieure ou égale à l'extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, de la première surface conductrice électrique et à l'extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, de la deuxième surface conductrice électrique. 55
- Avantageusement, la première antenne comprend

- |    |  |  |
|----|--|--|
|    | - au moins une première structure surélevée relativement audit circuit microélectronique et au moins un premier élément de raccordement de ladite première structure surélevée audit circuit microélectronique, ladite première structure surélevée s'étendant dans le premier plan d'extension, le premier plan d'extension étant disposé en regard d'une partie au moins de ladite première zone dudit circuit microélectronique.  |  |
| 5  | - Avantageusement, le premier élément de raccordement de ladite première structure surélevée audit circuit microélectronique comprend une première pluralité de vias conducteurs électriques électriquement connectés à ladite première structure surélevée et audit circuit microélectronique et s'étendant depuis ledit circuit microélectronique vers ladite première structure surélevée.  |  |
| 10 | - Avantageusement, la première antenne est configurée pour fonctionner dans une bande de fréquences comprise entre 3000 MHz et 11000 MHz, et la deuxième antenne est configurée pour fonctionner dans une bande de fréquences comprise entre 2000 MHz et 3000 MHz.   |  |
| 15 | - De préférence, la première antenne et la deuxième antenne sont configurées pour fonctionner dans des bandes de fréquences distinctes, de préférence séparée l'une de l'autre.  |  |
| 20 | - Avantageusement, la première antenne est configurée pour fonctionner à une fréquence comprise entre 3000 MHz et 11000 MHz, et la deuxième antenne est configurée pour fonctionner dans une bande de fréquences comprise entre 2200 MHz et 2600 MHz, de préférence entre 2300 MHz et 2500 MHz et avantageusement entre 2400 MHz et 2 483.5 MHz.<br>Cela permet de disposer d'une antenne à large bande ainsi que d'une antenne de type Bluetooth® afin d'accroître les fonctionnalités du dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences tout en conservant une compacité réduite et tout en limitant, voire évitant, le couplage électromagnétique entre ces deux antennes. |  |
| 25 | - Avantageusement, la structure surélevée du module de découplage électromagnétique présente une aire comprise entre 15% et 75%, avantageusement entre 25% et 50% de l'aire de la surface de la première antenne dans le premier plan d'extension et la surface de la deuxième antenne dans le deuxième plan d'extension.  |  |
| 30 | - Avantageusement, l'étape de formation de la structure surélevée du module de découplage électromagnétique est réalisée par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique, de préférence par pulvérisation sélective de plasma.   |  |
| 35 | - Avantageusement, l'étape de formation de l'au moins un élément de raccordement comprend la formation d'une pluralité de vias conducteurs électriques.  |  |
| 40 | - Avantageusement, l'étape de formation d'au moins un élément de raccordement au niveau de la troisième zone dudit circuit microélectronique comprend au moins les étapes suivantes :  |  |
| 45 | ◦ Soudure d'une extrémité d'au moins un fil conducteur électrique au niveau d'une partie de la troisième zone dudit circuit microélectronique ;<br>◦ Coupure d'une partie au moins dudit fil conducteur électrique soudé au niveau d'une partie de la troisième zone dudit circuit microélectronique ;<br>◦ Disposition dudit fil conducteur électrique soudé au niveau d'une partie de la troisième zone dudit circuit microélectronique de sorte à ce qu'il présente une direction d'extension orthogonale au plan principal d'extension dudit circuit microélectronique.  |  |
| 50 | - Avantageusement, l'étape de formation de la pre-   |  |
| 55 | - Avantageusement, le rapport entre l'aire de la surface conductrice électrique du module de découplage électromagnétique et l'aire de la surface du circuit microélectronique s'étendant dans le plan principale d'extension est compris entre 10% et 50%, de préférence entre 20% et 40% et avantageusement entre 25% et 35%.<br>Cela permet d'améliorer le découplage électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne.   |  |
|    | - Avantageusement, le rapport entre l'aire de la surface conductrice électrique du module de découplage électromagnétique et l'aire de la surface de la première antenne dans le premier plan d'extension est compris entre 50% et 100%, de préférence entre 70% et 90% et avantageusement entre 75% et 85%.<br>Cela permet d'améliorer le découplage électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne.  |  |
|    | - Avantageusement, le rapport entre l'aire de la surface conductrice électrique du module de découplage électromagnétique et l'aire de la surface de la deuxième antenne dans le deuxième plan d'extension est compris entre 50% et 100%, de préférence entre 70% et 90% et avantageusement entre 75% et 85%.<br>Cela permet d'améliorer le découplage électromagnétique entre la première antenne et la deuxième antenne.   |  |

mière antenne comprend au moins les étapes suivantes :

- Former une première pluralité de vias conducteurs électriques au niveau de la première zone du circuit microélectronique ;
  - Surmouler le circuit microélectronique de manière à recouvrir en partie au moins lesdits vias conducteurs électriques de la première pluralité de vias conducteurs électriques de sorte à définir une première surface, de préférence plane, s'étendant sensiblement selon le premier plan d'extension ;
  - Former une première surface conductrice électrique de la première antenne au niveau de ladite première surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique.
  - De préférence, mais non limitativement, on protège la première surface conductrice électrique par un film isolant électrique, par exemple par un masque isolant électrique relativement fin par rapport à l'épaisseur de la première surface conductrice électrique et généralement dénommé « vernis de protection ».
- Selon un mode de réalisation, l'étape de formation de la première antenne comprend au moins les étapes suivantes :
- Fourniture d'un circuit microélectronique ;
  - Formation d'une première pluralité de pistes conductrices électriques au niveau de la première zone du circuit microélectronique ;
  - Formation d'une troisième pluralité de vias conducteurs électriques au niveau de ladite première zone du circuit microélectronique ;
  - Surmoulage du circuit microélectronique de manière à recouvrir en partie au moins lesdits vias conducteurs électriques de la troisième pluralité de vias conducteurs électriques de sorte à définir une première surface, de préférence plane, s'étendant sensiblement selon le premier plan d'extension.
  - Formation d'une deuxième pluralité de pistes conductrices électriques au niveau de ladite première surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique.
- Avantageusement, l'étape de formation du module de découplage électromagnétique est réalisée en même temps que l'étape de formation de la première antenne.

**[0031]** La présente invention trouve pour domaine préférentiel d'application les antennes en boîtier ou AIP, acronyme de l'anglais « antenna in package ». Ce domaine recouvre toutes les solutions qui permettent d'implanter dans un même dispositif : la puce radiofréquence

d'émission et de réception des signaux radiofréquences ; l'antenne ou les antennes et leurs réseaux d'adaptation ainsi que d'autres composants radiofréquences.

**[0032]** Pour ce type de dispositif, une des principales exigences est l'efficacité alliée à la compacité. La présente invention comme présentée par la suite, permet de répondre conjointement à ces deux exigences.

**[0033]** Nous allons tout d'abord décrire un procédé de fabrication d'une antenne surélevée grâce à des vias verticaux formés par une technique appelée la technique « Bond Via Array ».

➤ Technique possible pour la réalisation d'un élément antennaire surélévé :

**[0034]** La présente invention repose en partie au moins sur une technique de fabrication qui de manière surprenante se trouve être en parfaite adéquation avec les exigences demandées par ce domaine technique. D'une manière générale, on fabrique des vias pour former des éléments conducteurs entre une partie en surélévation au-dessus du substrat et la surface de ce dernier.

**[0035]** Ainsi, selon un mode de réalisation privilégié, la présente invention tire avantageusement parti de la technique Bond Via Array (BVA™) (voir en particulier l'article « BVA: Molded Cu Wire Contact Solution for Very High Density Package-on-Package (PoP) Applications, Vern Solberg and Ilyas Mohammed Invensas Corporation, 02/06/2013) qui permet la construction de vias connectés sur un circuit microélectronique s'étendant perpendiculairement par rapport au plan d'extension du circuit microélectronique.

**[0036]** Nous allons à présent décrire les étapes d'un procédé dans ce contexte pour la formation d'une ou de plusieurs antennes surélevées relativement à un circuit microélectronique selon un mode de réalisation préféré de la présente invention.

**[0037]** Ce procédé peut ainsi comprendre au moins les étapes suivantes :

- Fourniture d'un circuit microélectronique 2 ;  
Ce circuit microélectronique peut comprendre des composants microélectroniques, des pistes mais également un plan de masse.
- Formation d'un ou d'une pluralité d'éléments de raccordement mécanique et électrique d'au moins un élément antennaire à former ;  
De manière préférée, cette pluralité d'éléments de raccordement comprend une pluralité de vias conducteurs électriques 12, 32.  
Cette étape de formation peut nécessiter le masquage d'une partie au moins du circuit microélectronique 2 de sorte à ce que l'intégralité du circuit microélectronique ne soit pas exposée aux étapes que peut comprendre la formation des éléments de raccordement.
- Surmoulage d'une partie au moins du circuit microélectronique 2 de manière à recouvrir en partie au moins lesdits éléments de raccordement.

Selon un mode de réalisation, le circuit microélectronique 2 est surmoulé d'un matériau polymère, par exemple une résine.

- De manière optionnelle, réalisation d'un polissage du surmoulage, via une étape de CMP (de l'anglais « chemical mechanical polishing ») par exemple, de sorte à définir au moins une surface s'étendant sensiblement selon un plan d'extension et de sorte à exposer une partie desdits éléments de raccordement 12, 32 ;
- Formation d'une ou de plusieurs surfaces conductrices électriques au niveau de ladite surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique.  
Pour cette étape, un masquage d'une partie de ladite surface peut être nécessaire afin de ne pas réaliser la ou les surfaces conductrices électriques sur l'ensemble de ladite surface, ou bien afin de réaliser une surface conductrice électrique présentant une géométrie particulière, comme par exemple des pistes ou bien des structures polygonales complexes.
- Optionnellement, retrait du surmoulage.

**[0038]** Afin d'illustrer ce procédé de fabrication, les figures 4a à 4e vont maintenant être décrites.

La figure 4a représente un circuit microélectronique 2 selon une vue en coupe. Ce circuit microélectronique 2 comprend un substrat 3 et une pluralité de composants microélectroniques 4.

**[0039]** La figure 4b illustre la formation des éléments de raccordement mécaniques et électriques 12, 32. Ces éléments de raccordement sont des vias conducteurs électriques 12, 32.

**[0040]** De manière avantageuse, les éléments de raccordement sont des fils conducteurs. Ils sont de préférence formés à partir d'un micro-fil conducteur électrique avantageusement soudé à une partie du circuit microélectronique 2 et ensuite redressé dans une position verticale, c'est-à-dire selon une direction orthogonale au plan d'extension principal du substrat 3.

**[0041]** Selon un mode de réalisation, les vias conducteurs électriques 12, 32 présentent un diamètre, selon leur dimension transversale, compris entre 10 $\mu\text{m}$  et 500 $\mu\text{m}$ , de préférence entre 20 $\mu\text{m}$  et 250 $\mu\text{m}$  et avantageusement égal à 50 $\mu\text{m}$ .

**[0042]** Avantageusement, l'espacement entre deux vias conducteurs électriques 12, 32 est compris entre 150 $\mu\text{m}$  et 5000 $\mu\text{m}$ , de préférence entre 300 $\mu\text{m}$  et 3000 $\mu\text{m}$  et avantageusement entre 250 $\mu\text{m}$  et 1000 $\mu\text{m}$ .

**[0043]** Avantageusement, la dimension en hauteur des vias conducteurs 12, 32 est comprise entre 100 $\mu\text{m}$  et 5000 $\mu\text{m}$ , de préférence entre 750 $\mu\text{m}$  et 3000 $\mu\text{m}$  et avantageusement égale à 1500 $\mu\text{m}$ .

**[0044]** De préférence, les vias conducteurs électriques 12, 32 comprennent au moins un matériau conducteur électrique est pris parmi au moins : Cuivre, Or, Argent, Aluminium, ou un alliage formé par tout ou partie de ces éléments.

**[0045]** Les éléments de raccordement forment alors des vias conducteurs électriques 12, 32 s'étendant depuis le substrat 3 selon une direction orthogonale au plan d'extension principal du substrat 3.

**[0046]** Cette étape de formation des vias conducteurs électriques 12, 32 sera plus longuement décrite ci-après au travers des figures 5a à 5c.

**[0047]** Chaque via conducteur électrique 12, 32 présente une extrémité proximale 12a, 32a solidaire du substrat 3 et une extrémité distale 12b, 32b destinée à être solidaire d'au moins une surface métallisée à former.

**[0048]** La figure 4c représente l'étape de surmoulage du circuit microélectronique 2. Ce surmoulage est avantageusement réalisé à partir d'une ou de plusieurs polymères 5 de type résine couramment utilisées en microélectronique.

**[0049]** Selon un mode de réalisation non illustré, cette résine 5 est déposée selon une dimension en hauteur inférieure à la dimension en hauteur des éléments de raccordement 12, 32.

**[0050]** Selon un mode de réalisation préféré et présenté en figure 4c, le surmoulage est réalisé de manière à ce que la résine 5 recouvre les éléments de raccordement 12, 32, c'est-à-dire que la résine 5 utilisée pour le surmoulage est de préférence déposée selon une dimension en hauteur supérieure à la dimension en hauteur des éléments de raccordement 12, 32. Selon ce mode de réalisation, l'extrémité distale 12b, 32b des vias conducteurs électriques 12, 32 est alors noyée dans la résine 5.

**[0051]** Avantageusement, la dimension en hauteur de la résine 5 est comprise entre 100 $\mu\text{m}$  et 5000 $\mu\text{m}$ , de préférence entre 750 $\mu\text{m}$  et 3000 $\mu\text{m}$  et avantageusement égale à 1500 $\mu\text{m}$ .

**[0052]** On comprend que l'emploi d'une technique de surmoulage, en particulier avec une résine, permet de profiter d'une phase liquide pour la mise en place de l'élément de surmoulage aux endroits appropriés et en entourant les vias, puis, après solidification du matériau de surmoulage (typiquement par polymérisation de la résine) de disposer d'un élément solide servant en effet à construire les portions du plan supérieur du surmoulage, en particulier par un dépôt de matériau conducteur.

**[0053]** Selon ce mode de réalisation, illustré en figure 4d, une étape de polissage mécanico-chimique de type CMP peut être nécessaire afin de réduire la dimension en hauteur de la résine 5 au moins jusqu'à la dimension en hauteur des éléments de raccordement 12, 32 afin d'exposer au moins l'extrémité distale 12b, 32b des vias conducteurs électriques 12, 32.

**[0054]** De manière astucieuse, cette étape de polissage permet d'une part de définir une surface plane surélevée relativement au circuit microélectronique 2 et d'autre part d'exposer les éléments de raccordement 12, 32, et de préférence en étalant localement l'extrémité distale 12b, 32b des vias conducteurs électriques 12, 32 relativement à ladite surface plane. Ce phénomène d'étalement provient du polissage de l'extrémité distale 12b,

32b des éléments de raccordement 12, 32. Comme nous le verrons par la suite, cet étalement local de la matière dont sont composés les éléments de raccordement 12, 32 participe à la connexion mécanique et principalement électrique des via conducteurs électriques 12, 32 avec la ou les surfaces conductrices électriques à former.

**[0055]** La figure 4e représente la formation de deux surfaces conductrices électriques 11, 31. La formation de chacune de ces surfaces conductrices électriques 11, 31 comprend au moins le dépôt d'au moins un matériau conducteur électrique.

**[0056]** Selon un mode de réalisation, ce dépôt peut être un dépôt par pulvérisation sélective de plasma par exemple, ou par tout autre type de dépôt permettant la formation desdites surfaces conductrices électriques.

**[0057]** De manière particulièrement avantageuse, la technique de dépôt utilisée est configurée pour permettre la connexion électrique entre l'extrémité distale 12b, 32b des via conducteurs électriques 12, 32 et le matériau conducteur électrique déposé.

**[0058]** De préférence, le matériau conducteur électrique déposé est pris parmi au moins : Cuivre, Nickel, Or, Argent, Aluminium, Palladium ou un alliage formé par tout ou partie de ces éléments.

**[0059]** Selon un mode de réalisation préféré, les deux surfaces conductrices électriques 11, 31 sont formées en même temps et de préférence à partir d'un même dépôt d'un ou de plusieurs matériaux conducteurs électriques. De plus, un masque peut être utilisé afin de former à partir d'un même dépôt deux surfaces conductrices électriques 11, 31 disjointes, c'est-à-dire non solidaires l'une de l'autre dans leur plan d'extension respectif.

**[0060]** De manière avantageuse, un ou plusieurs masques peuvent être utilisés afin de former une ou plusieurs surfaces conductrices électriques 11, 31 distinctes les unes des autres et/ou présentant des géométries particulières, comme par exemple des pistes, des disques, des cercles, etc....

**[0061]** Nous allons à présent décrire plus précisément, selon un mode de réalisation, l'étape de formation d'un ou d'une pluralité d'éléments de raccordement mécanique et électrique au travers des figures 5a à 5b.

**[0062]** La figure 5a représente un substrat 3 comprenant une zone conductrice électrique 62 et une zone non conductrice électrique 63.

**[0063]** Au moyen d'un outil de câblage 60, un fil conducteur électrique 61 est soudé au niveau de la zone conductrice électrique 61 comme illustré en figure 5a.

**[0064]** Puis l'outil de câblage 60 déroule une partie du fil conducteur électrique 61 avant de le couper au niveau de la zone non conductrice électrique 62 comme illustré en figure 5b. Ces précédentes étapes sont courantes lorsque l'on réalise des microsoudures par la technique de câblage par ultrasons également appelée « wire bonding » en anglais.

**[0065]** Enfin, au moyen du même outil ou bien d'un autre, le fil conducteur électrique 61 coupé est disposé selon une position orthogonale relativement au plan prin-

cipal du substrat 3 de sorte à définir un via conducteur électrique 12, comme illustré en figure 5c.

**[0066]** Comme cela sera présenté par la suite, la présente invention tire ainsi avantageusement parti de la technique de construction BVA™ pour d'une part accroître la compacité du dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences et d'autre part pour réduire le nombre d'étapes du procédé de fabrication.

**[0067]** Ce procédé de fabrication permet de plus une meilleure précision dimensionnelle dans la réalisation des surfaces conductrices électriques ce qui est un facteur essentiel dans le fonctionnement des éléments électromagnétiques étant donné que les fréquences de résonances et les couplages électromagnétiques sont directement affectés par l'aspect dimensionnel des éléments électromagnétiques.

**[0068]** De plus, cela permet une grande flexibilité au niveau de la conception du ou des éléments antennaires, notamment la possibilité de placer une ou des antennes dans une ou des positions optimales relativement à leurs fonctions.

**[0069]** Cela permet également une meilleure reproductibilité des caractéristiques ce qui représente un avantage certain en fabrication de grande série.

**[0070]** Enfin, ce procédé est compatible avec les procédés électroniques de production de masse, il présente l'avantage d'être intégrable dans le flux d'assemblage et du packaging industrielle par conséquent le cout est significativement réduit et la fiabilité augmentée.

#### **➤ Exemple d'antenne à large bande passante (UWB) :**

**[0071]** Relativement à la double problématique de compacité et d'efficacité, nous allons à présent décrire une antenne à large bande passante, dite « UWB », surélevée ainsi que son procédé de fabrication utilisant la technique de formation de via précédemment introduite.

**[0072]** Pour la question de la compacité, on connaît par exemple des dispositifs selon la figure 6 qui comprennent une antenne de type UWB surélevée relativement au circuit microélectronique 2 afin d'augmenter la compacité du dispositif. Néanmoins, ce type de solution présente encore des problèmes de compacité et d'efficacité.

**[0073]** En effet, ce type de dispositif présente un premier inconvénient relativement à l'efficacité de cette antenne UWB 10. De par sa connexion électrique avec le circuit microélectronique 2 uniquement au niveau de flancs 11e porteurs de l'antenne UWB 10, il demeure des parties de l'antenne UWB 10 relativement éloignées électriquement du circuit microélectronique 2, impliquant un accroissement de la résistance électrique de l'antenne UWB 10 en certains endroits.

**[0074]** De plus, les flancs 11e porteurs de l'antenne UWB 10 occupent un espace non négligeable sur le circuit microélectronique 2 impliquant des contraintes de conception non négligeables.

**[0075]** La présente invention propose un procédé de fabrication d'une antenne de type UWB surélevée résol-

vant au moins en partie ces inconvénients et permettant de répondre en partie au moins à la double problématique de l'efficacité et de la compacité.

**[0076]** Selon un aspect, la présente invention concerne donc la réalisation d'une antenne à large bande passante dite « UWB » surélevée relativement à un circuit microélectronique.

**[0077]** Tirant avantageusement partie de la technique BVA™ précédemment introduite, la présente invention permet la formation d'une antenne UWB au-dessus d'un circuit microélectronique de sorte à réduire l'encombrement que peut représenter ce type d'antenne et de sorte à accroître son efficacité via une répartition plus importante de connexions mécaniques et électriques de ladite antenne UWB avec le circuit microélectronique.

**[0078]** Ainsi, selon un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant au moins un circuit microélectronique s'étendant dans un plan principal d'extension et selon une direction principale d'extension.

**[0079]** De manière avantageuse, ce dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences est caractérisé en outre en ce qu'il comprend une première antenne, de préférence à large bande de type UWB, portée par une première zone dudit circuit microélectronique et s'étendant selon un premier plan d'extension, de préférence parallèle au plan principal d'extension et de préférence disposée au regard d'une portion du circuit microélectronique.

**[0080]** De préférence, la première antenne comprend au moins une première structure surélevée relativement au circuit microélectronique et au moins un premier élément de raccordement de ladite structure surélevée au circuit microélectronique.

**[0081]** Nous allons à présent décrire, au travers de la figure 1, un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant une première antenne 10 de type UWB.

**[0082]** Ce dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences présente traditionnellement un circuit microélectronique 2 disposé sur un substrat 3 et comprenant une pluralité de composants microélectroniques 4. Ce circuit microélectronique 2 s'étend selon un plan principal d'extension et présente une dimension principale d'extension selon une direction principale.

**[0083]** La première antenne 10 par exemple de type UWB, présente une première surface conductrice électrique 11 surélevée au moyen d'une première pluralité de vias conducteurs électriques 12 connectant électriquement cette première surface conductrice électrique 11 au circuit microélectronique 2 et disposée au-dessus d'une première zone du circuit microélectronique 2. Cette première surface conductrice électrique 11 s'étend selon un premier plan d'extension de préférence parallèle au plan principal d'extension du circuit microélectronique 2.

**[0084]** Selon un mode de réalisation, la première zone représente au moins 25 %, de préférence au moins 50

% et avantageusement au moins 65 % de la surface du circuit microélectronique 2.

**[0085]** Avantageusement la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 est disposée principalement sur une partie de la périphérie du circuit microélectronique 2 et en particulier principalement sur un côté du circuit microélectronique 2.

**[0086]** Selon un mode de réalisation, la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 peut être disposée à distance de la périphérie du circuit microélectronique 2, par exemple dans une zone interne du circuit microélectronique 2, c'est-à-dire au niveau de composants microélectroniques 4, par exemple entre des composants microélectronique 4.

**[0087]** Cela peut permettre de rapprocher les vias conducteurs électriques 12 de certaines parties du circuit microélectronique 2 comme par exemple de certains composants microélectroniques 4 en particulier. Cela peut également permettre d'optimiser les longueurs de chemins radiofréquences, autrement dit d'optimiser la distance entre l'élément antennaire et la partie du circuit microélectronique 2 destinée à traiter le ou les signaux radiofréquences.

**[0088]** Avantageusement, le nombre de vias conducteurs électriques de la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 est compris entre 4 et 80, de préférence entre 8 et 40 et avantageusement entre 12 et 20.

**[0089]** Il est à noter que sur cette figure la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 peut comprendre des vias conducteurs électriques 12 regroupés en plusieurs groupes de sorte par exemple à connecter électriquement certaines portions de la première surface conductrice électrique 11 en différents points du circuit microélectronique 2.

**[0090]** Avantageusement, l'espacement entre deux groupes de vias conducteurs électriques 12 est compris entre 150 µm et 50000 µm, de préférence entre 200 µm et 10000 µm et avantageusement entre 250 µm et 3000 µm.

**[0091]** Selon un mode de réalisation, le nombre de vias conducteurs électriques de la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 est plus important au niveau d'un côté de la première antenne 10.

**[0092]** Selon un mode de réalisation, la première antenne 10 comprend au moins un via conducteur électrique de la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 au niveau de chaque coin de sa forme géométrique.

**[0093]** De manière non limitative, mais telle qu'illustrée en figure 1, la première antenne 10 peut être disposée en porte-à-faux, c'est-à-dire n'être portée par une pluralité de vias conducteurs électriques 12 qu'au niveau d'un ou de deux côtés contigus. Ainsi, sur cette figure, la première antenne 10 est solidaire de circuit microélectronique 2 au niveau de deux côtés contigus, la disposant ainsi en porte-à-faux. Cela s'avère particulièrement pratique lorsque le ou les composants microélectroniques 4 situés sous la première surface conductrice électrique

11 empêchent la disposition de vias conducteurs électriques 12, ou lorsque les dimensions de la première surface conductrice électrique 11 sont telles qu'un ou des composants microélectroniques 4 rendent impossible la disposition de vias conducteurs électriques 12 supplémentaires.

**[0094]** Avantageusement, cette disposition en porte-à-faux permet une distribution des courants planaires par exemple comme dans un élément antennaire de type PIFA, c'est-à-dire un dispositif antennaire plan dit « en F renversé ».

**[0095]** Sur cette figure, et selon un mode de réalisation, on notera que la première surface conductrice électrique 11 présente une première portion 11a et une deuxième portion 11b reliées mécaniquement et électriquement entre elles via une troisième portion 11c de sorte à définir une fente 11d. De préférence, la deuxième portion 11b présente une surface inférieure à celle de la première portion 11a, et une extension transversale, perpendiculaire à la direction principale d'extension du circuit microélectronique 2, supérieure à celle de la première portion 11a.

**[0096]** La présence de la première 11a et de la deuxième 11b portions présentant des géométries distinctes et formant la première surface conductrice électrique 11 permet à la première antenne 10 de disposer de plusieurs fréquences de résonance.

**[0097]** En effet, il est à noter que les fréquences de résonances des différents modes régissant une antenne dépendent des dimensions (largeur et longueur) de celle-ci et/ou de ses différentes parties.

**[0098]** Ainsi, la réalisation de cette première antenne 10 en porte-à-faux permet un ajustement précis et aisément des dimensions de la première surface conductrice électrique 11 et donc des fréquences de résonance de ladite première antenne 10 et cela de préférence sans se préoccuper de la rigidité mécanique de la première antenne 10 étant donné que la première surface conductrice électrique 11 est supportée par le surmoulage, c'est-à-dire par la résine 5.

**[0099]** De plus, le couplage électromagnétique entre les modes de résonance d'une même antenne caractérise la bande passante de celle-ci. De ce fait, la géométrie de l'antenne influe directement sur ses caractéristiques électromagnétiques.

**[0100]** De ce fait, le couplage électromagnétique entre les différents modes de résonance de la première antenne 10 varie selon la largeur de la fente 11d séparant les premières 11a et deuxième 11b portions de la première surface conductrice électrique 11.

**[0101]** En particulier, plus la fente 11d est étroite plus le couplage électromagnétique entre la première portion 11a et la deuxième portion 11b est important, ce qui peut s'avérer particulièrement avantageux dans certaines applications.

**[0102]** Selon un mode de réalisation, la fente 11d présente une dimension en largeur comprise entre quelques dizaines de micromètres et quelques centaines de mi-

cromètres, et de préférence étant de l'ordre de 100µm.

**[0103]** Avantageusement, la fente 11d présente une dimension en largeur comprise entre 1µm et 1000µm, de préférence entre 25µm et 500µm et avantageusement entre 50µm et 150µm.

**[0104]** En comparaison avec les techniques de l'état de l'art, la présente invention permet de créer une ou des fentes 11d de largeur contrôlée. En effet, c'est le procédé de formation de la première surface conductrice électrique 11 par dépôt physico-chimique qui permet d'atteindre ce contrôle et cette précision.

**[0105]** Selon ce mode de réalisation, un premier groupe de vias conducteurs électriques 12 relie mécaniquement et électriquement la première portion 11a de la première surface conductrice électrique 11 au circuit microélectronique 2, et un deuxième groupe de vias conducteurs électriques 12 relie mécaniquement et électriquement la deuxième portion 11b de la première surface conductrice électrique 11 au circuit microélectronique 2.

**[0106]** Il est à noter qu'ici encore l'utilisation de vias conducteurs électriques 12 permet d'améliorer les performances de la première antenne 11 en raccordant électriquement chacune des premières 11a et deuxièmes 11b portions de la première surface conductrice électrique 11 au circuit microélectronique 2.

**[0107]** Tel qu'illustré en figure 1, la première surface conductrice électrique 11 recouvre au moins 25 %, de préférence au moins 50 % et avantageusement au moins 65 % du circuit microélectronique 2.

**[0108]** Comme précédemment indiqué, la présente invention trouve pour domaine préférentiel d'application les antennes en boîtier ou AIP, acronyme de l'anglais «antenna in package», et ce domaine est confronté à des problématiques d'efficacité et de compacité.

**[0109]** Ainsi, afin de résoudre cette problématique, la présente invention tire avantageusement parti de la technique de formation de vias précédemment présentée. En effet, cette technique permet la réalisation de la première antenne 10 surélevée au-dessus du circuit microélectronique. Cette disposition avantageuse permet un gain conséquent en compacité. Quant à l'efficacité, ce procédé de fabrication permet une très bonne reproductibilité des caractéristiques de la première antenne, critère nécessaire à la production en masse de ce type de dispositif.

**[0110]** Concernant le procédé de fabrication de cette antenne UWB surélevée, le procédé précédemment décrit peut être adapté comme suit :

Ce procédé peut comprendre au moins les étapes suivantes :

- Fourniture d'un circuit microélectronique 2 ;
- Formation d'une première pluralité de vias conducteurs électriques 12 destinée à raccorder mécaniquement et électriquement la première antenne 10 au niveau d'une première zone du circuit microélectronique 2 ;
- Surmoulage du circuit microélectronique 2 de ma-

- nière à recouvrir en partie au moins lesdits via conducteurs électriques de la première pluralité de via conducteurs électriques 12.
- Réalisation d'un polissage du surmoulage via une étape de CMP de sorte à définir une première surface s'étendant sensiblement selon le premier plan d'extension et de sorte à exposer la première pluralité de via conducteurs électriques 12 au niveau de ladite première surface ;
  - Formation de la première surface conductrice électrique 11 de la première antenne 10 au niveau de ladite première surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique.

**[0111]** Ainsi, de manière surprenante, ce procédé permet la résolution de la problématique de la compacité et de l'efficacité en permettant la formation d'une pluralité de via conducteurs électriques, plutôt que de pans continus, reliant électriquement au circuit microélectronique une antenne de type UWB surélevée relativement audit circuit microélectronique.

➤ Module de découplage électromagnétique :

**[0112]** Comme précédemment indiqué, la présente invention concerne la résolution d'une double problématique d'efficacité et de compacité.

**[0113]** En effet, les dispositifs AIP disposent souvent d'une pluralité d'antennes, et notamment dans le cas où celui-ci dispose d'une antenne UWB, il peut être nécessaire de recourir à une seconde antenne, de type Bluetooth® par exemple, afin d'accroître les fonctionnalités du dispositif et d'en étendre sa modularité. C'est dans ce type de situation que la présente invention trouve principalement application.

**[0114]** Du fait de la dimension toujours décroissante des dispositifs microélectroniques, la présence d'une pluralité d'antennes conduit à des problèmes de couplage électromagnétique occasionnant des pertes de performances relativement à chaque antenne.

**[0115]** Afin de résoudre entre autres cette problématique, la présente invention concerne un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquence comprenant un module de découplage électromagnétique disposé astucieusement entre une première antenne et une deuxième antenne.

**[0116]** Ce module de découplage électromagnétique, comme cela sera exposé par la suite, est conçu à la fois pour permettre à chaque antenne de présenter des performances dont les caractéristiques tendent à être indépendantes de la présence d'une autre antenne, et tout en présentant un encombrement réduit, cela au travers entre autres, d'un positionnement et d'une conception astucieux.

**[0117]** Typiquement, le module de découplage électromagnétique comprend une structure surélevée, formée par exemple d'une surface conductrice électrique, disposée au-dessus d'une partie d'un circuit microélectronique entre une première antenne et une deuxième

antenne, de préférence dans le même plan qu'une des deux antennes. Afin de disposer ainsi cette structure surélevée, la présente invention peut recourir à l'utilisation d'au moins un élément de raccordement, par exemple une pluralité de via conducteurs électriques connectés à la surface conductrice électrique et au circuit microélectronique, permettant par exemple de surélever ladite surface conductrice électrique du module de découplage électromagnétique.

**[0118]** Selon un mode de réalisation, l'utilisation de via conducteurs électriques apporte à la présente invention d'une part la possibilité de surélever la surface conductrice électrique relativement aux composants du circuit microélectronique, à l'image d'une parmi la première et la deuxième antenne, et d'autre part de renforcer le phénomène de bouclier électromagnétique relativement à chacune des première et deuxième antennes. En effet, les via conducteurs électriques participent au phénomène de bouclier électromagnétique entre chacune des première et deuxième antennes.

**[0119]** La figure 1 précédemment présentée illustre le cas d'un dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant une première antenne 10 de type UWB et une deuxième antenne 20 mais ne présentant pas de module de découplage électromagnétique. Ce type de dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences présente généralement une efficacité limitée par le couplage électromagnétique entre ses différentes antennes.

**[0120]** Comme précédemment décrit, ce dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences présente un circuit microélectronique 2 disposé sur un substrat 3 et comprenant une pluralité de composants microélectroniques 4.

**[0121]** De manière similaire à ce qui a été décrit précédemment, ce dispositif comprend la première antenne 10 qui peut par exemple être de type UWB réalisée comme précédemment indiquée.

**[0122]** La deuxième antenne 20, par exemple une antenne configurée pour des applications Bluetooth®, est disposée au niveau d'une deuxième zone du circuit microélectronique et dans un deuxième plan d'extension de préférence différent du premier plan d'extension de la première antenne 10, mais de préférence parallèle à celui-ci. Ce deuxième plan d'extension correspond par exemple au plan principal d'extension du circuit microélectronique 2. Cette deuxième antenne 20 présente une deuxième surface conductrice électrique 21 électriquement connectée au circuit microélectronique 2.

**[0123]** Selon un mode de réalisation, la deuxième zone représente au moins 15 %, de préférence au moins 20 % et avantageusement au moins 25 % de la surface du circuit microélectronique 2.

**[0124]** Tel qu'illustré en figure 1, cette deuxième antenne 20 peut présenter une forme de serpentin s'étendant principalement depuis le circuit microélectronique 2 selon une direction sensiblement colinéaire à la direction principale d'extension du circuit microélectronique 2.

**[0125]** Selon un mode de réalisation, la deuxième antenne 20 présente une section transversale, relativement à sa dimension principale d'extension, croissante à mesure qu'elle s'étend depuis le circuit microélectronique 2.

**[0126]** Avantageusement, la deuxième antenne 20 présente une forme géométrique principalement bidimensionnelle.

**[0127]** De préférence, la deuxième antenne 20 est directement connectée électriquement et mécaniquement au circuit microélectronique 2.

**[0128]** Selon un mode de réalisation, l'extension transversale de la deuxième antenne 20 perpendiculaire à la direction principale d'extension du circuit microélectronique 2 est inférieure ou égale à l'extension transversale du circuit microélectronique 2, et l'extension longitudinale de la deuxième antenne 20 relativement à la direction principale d'extension du circuit microélectronique 2 est inférieure ou égale à l'extension longitudinale du circuit microélectronique 2.

**[0129]** Selon un mode particulier de réalisation non représenté, la deuxième antenne 20 peut comprendre une deuxième surface conductrice électrique 21 surélevée relativement au circuit microélectronique 2 au moyen par exemple d'un deuxième élément de raccordement du type via conducteurs électriques par exemple et/ou du type parois verticales pleines.

**[0130]** Dans la configuration de ce type de dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences, il existe un couplage électromagnétique entre la première antenne 10 et la deuxième antenne 20. Ce couplage électromagnétique perturbe dès lors les performances de chacune des première 10 et deuxième 20 antennes.

**[0131]** Afin de mettre en avant ce couplage électromagnétique, la figure 3a illustre la variation du coefficient de transmission inverse S12 40 de ce dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences lorsqu'il n'est pas prévu de module de découplage électromagnétique.

**[0132]** Sur cette même figure, la courbe 41 correspond au cas où un module de découplage électromagnétique 30 entre la première antenne 10 et la deuxième antenne 20 est réalisé. En particulier, on notera la forte influence de ce module de découplage électromagnétique 30 dans la bande de fréquences située entre 4GHz et 7 GHz à titre d'exemple.

**[0133]** Ainsi, dans cette bande de fréquences qui nous sert ici d'exemple de mise en avant d'une partie des avantages de la présente invention, la présence d'un module de découplage électromagnétique 30 permet au dispositif 1 d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences de présenter des caractéristiques radiofréquences accrues, cela en limitant, et de préférence en supprimant, le couplage électromagnétique entre la première 10 et la deuxième 20 antennes.

**[0134]** Ce module de découplage électromagnétique 30 est représenté, selon un mode de réalisation, dans les figures 2a et 2b qui présentent un dispositif 1 d'émis-

sion et/ou de réception de signaux radiofréquences 1.

**[0135]** Comme précédemment, ce dispositif 1 d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprend un circuit microélectronique 2 dont une première zone porte une première antenne 10 et dont une deuxième zone porte une deuxième antenne 20.

**[0136]** De plus, ce dispositif 1 d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences présente une troisième zone portant un module de découplage électromagnétique 30. Ce module de découplage électromagnétique 30 comprend avantageusement une structure surélevée relativement audit circuit microélectronique 2.

**[0137]** Cette troisième zone est disposée de préférence entre la première zone et la deuxième zone selon la direction principale d'extension du circuit microélectronique 2.

**[0138]** Cette structure surélevée comprend avantageusement une surface conductrice électrique 31 disposée dans un troisième plan d'extension.

**[0139]** Selon un mode de réalisation, le module de découplage électromagnétique 30 comprend au moins un élément de raccordement s'étendant depuis le circuit microélectronique 2, de préférence depuis une partie de la troisième zone du circuit microélectronique 2, vers ladite structure surélevée.

**[0140]** Selon un mode de réalisation, l'élément de raccordement peut comprendre une paroi pleine sensiblement verticale s'étendant depuis le circuit microélectronique 2 vers ladite structure surélevée.

**[0141]** De manière avantageuse, et comme précédemment indiqué, il peut être préféré l'utilisation de via conducteurs électriques 32 afin de former cet élément de raccordement de sorte à connecter électriquement la structure surélevée, en particulier la surface conductrice électrique 31, au circuit microélectronique 2, par exemple à son plan de masse.

**[0142]** De plus, l'utilisation de via conducteurs électriques 32 permet de former en partie au moins un blindage électromagnétique pour les composants microélectroniques 4 disposés entre la surface conductrice électrique 31 et le substrat 3 du circuit microélectronique 2, autrement dit pour les composants microélectroniques 4 disposés au niveau de la troisième zone du circuit microélectronique 2 au regard de la structure surélevée, de préférence au regard de la surface conductrice électrique 31.

**[0143]** Avantageusement, le nombre de via conducteurs électriques de la pluralité de via conducteurs électriques 32 est compris entre 4 et 100, de préférence entre 10 et 80 et avantageusement entre 20 et 40.

**[0144]** De préférence, la surface conductrice électrique 31 est supportée par les via conducteurs électriques 32 au niveau d'au moins 2 coins, de préférence au niveau d'au moins trois coins et avantageusement au niveau de chacun de ses coins.

**[0145]** Selon un mode de réalisation, le nombre de via conducteurs électriques de la pluralité de via conducteurs électriques 32 est plus important au niveau d'un

côté de du module de découplage électromagnétique 30.

[0146] Selon un mode de réalisation préféré, le troisième plan d'extension correspond au plan d'extension de l'une ou l'autre des première 10 et deuxième 20 antennes, c'est-à-dire au plan d'extension de leurs surfaces conductrices électriques respectives 11 et 21.

[0147] Avantageusement, la surface conductrice électrique 31 présente une extension transversale perpendiculaire à la direction principale d'extension du circuit microélectronique 2 inférieure ou égale à l'extension transversale du circuit microélectronique 2.

[0148] Selon un mode de réalisation, la troisième zone représente au moins 15 %, de préférence au moins 25 % et avantageusement au moins 35 % de la surface du circuit microélectronique 2.

[0149] Avantageusement, la surface conductrice électrique 31 du module de découplage électromagnétique 30 présente une aire au moins égale à 25 %, de préférence à 50 % et avantageusement à 75 % de l'aire de l'une parmi la surface de la première antenne 10 selon le premier plan d'extension et la surface de la deuxième antenne 20 selon le deuxième plan d'extension.

[0150] De préférence, la surface conductrice électrique 31 du module de découplage électromagnétique 30 présente une aire au moins égale à 10 %, de préférence à 20 % et avantageusement à 30 % de l'aire du circuit microélectronique 2.

[0151] Avantageusement, comme visible à la figure 2b notamment, la surface conductrice électrique 31 peut-être polygonale, et de préférence rectangulaire. De préférence, l'élément de raccordement comporte des via sur au moins deux côtés de la structure polygonale ; il peut présenter des via à chaque intersection entre des côtés.

[0152] Avantageusement, la surface conductrice électrique 31 est une surface issue d'un dépôt métallique.

[0153] Il est à noter, et cela sera décrit plus précisément par la suite, que le module de découplage électromagnétique 30 et la première antenne 10 peuvent comprendre en partie au moins des caractéristiques structurales semblables compte tenu qu'ils peuvent être formés via le même procédé et de préférence simultanément.

[0154] Dans les figures 3a et 3b, et cela de manière avantageuse, la surface conductrice électrique 31 du module de découplage électromagnétique 30 est disposée dans le plan d'extension de la première surface conductrice électrique 11 de la première antenne 10. Cette disposition est particulièrement avantageuse car elle permet d'utiliser la zone du circuit microélectronique 2 non couverte par la première surface conductrice électrique 11 de la première antenne 10 et ainsi la surface conductrice électrique 31 présente un très faible encombrement.

[0155] De manière avantageuse, l'utilisation d'une pluralité de vias 32 conducteurs électriques s'étendant depuis le circuit microélectronique 2 vers la surface conductrice électrique 31 permet de les relier électriquement. Ces vias conducteurs électriques 32 participent dès lors au découplage électromagnétique en jouant un

rôle complémentaire à celui de la surface conductrice électrique 31.

[0156] Selon un mode de réalisation préféré, la surface conductrice électrique 31 est mécaniquement indépendante de la première surface conductrice électrique 11 et de la deuxième surface conductrice électrique 21. Autrement formulé cela veut dire que la surface conductrice électrique 31 ne présente pas de point de contact physique direct ni avec la première surface conductrice électrique 11 ni avec la deuxième surface conductrice électrique 21.

[0157] Les figures 3b et 3c présentent le coefficient de réflexion S11 de la première antenne 10 en fonction de la fréquence. La courbe 42 de la figure 3b correspond à la situation de la figure 1, c'est-à-dire à l'absence d'un module de découplage électromagnétique.

[0158] À l'inverse, la courbe 43 de la figure 3c correspond à la situation des figures 2a et 2b, c'est-à-dire à la présence d'un module de découplage électromagnétique 30.

[0159] On notera que sur la figure 3c, une bande de fréquence pour laquelle le coefficient de réflexion S11 de la première antenne 10, de type UWB par exemple, s'est élargi et pour laquelle son amplitude s'est réduite.

[0160] Cette modification du coefficient de réflexion S11 de la première antenne 10 est un marqueur de l'effet de découplage électromagnétique permis par le module de découplage électromagnétique 30.

[0161] Concernant les figures 3d et 3e, celles-ci concernent le coefficient de réflexion S22 de la deuxième antenne 20 en fonction de la fréquence. La courbe 44 de la figure 3d correspond à la situation de la figure 1, c'est-à-dire à l'absence d'un module de découplage électromagnétique. La courbe 44 de la figure 3e correspond à la situation des figures 2a et 2b, c'est-à-dire à la présence d'un module de découplage électromagnétique 30. On notera que la présence d'un module de découplage électromagnétique 30 n'influe que très peu sur les performances de la deuxième antenne 20, par exemple de type Bluetooth®.

[0162] En effet, relativement au positionnement du module de découplage électromagnétique 30 relativement à la première 10 et à la deuxième 20 antennes dans les figures 2a et 2b, le découplage électromagnétique présente un effet plus marquant au niveau des propriétés électromagnétiques de la première antenne 10 que de la deuxième antenne 20.

[0163] En effet, relativement aux bandes de fréquences de fonctionnement respectives de la première 10 et de la deuxième 20 antennes, le module de découplage électromagnétique 30 permet une amélioration des performances électromagnétiques de la première antenne 10 présentant la plus grande bande de fréquence de fonctionnement.

[0164] Nous allons à présent décrire les étapes d'un procédé de fabrication d'un dispositif 1 d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant un module de découplage électromagnétique selon un mo-

de de réalisation préféré. Ce procédé de fabrication reprend de nombreuses étapes du procédé précédemment décrit de fabrication d'une antenne surélevée à partir de la technique de formation de vias décrite précédemment.

**[0165]** Ainsi, ce procédé peut comprendre au moins les étapes suivantes :

- Fourniture du circuit microélectronique 2 ;
- Formation d'un premier élément de raccordement mécanique et électrique de la première antenne 10 au niveau de la première zone du circuit microélectronique 2 ;  
De manière préférée, ce premier élément de raccordement comprend une première pluralité de vias conducteurs électriques 12.  
Pour cette étape, il peut être avantageux de recourir à la technique précédemment décrite et illustrée au travers des figures 5a à 5c.  
Cette étape de formation peut nécessiter le masquage d'une partie au moins du circuit microélectronique 2, par exemple la deuxième zone et/ou la troisième zone du circuit microélectronique 2 peuvent être masquées de sorte à ne pas être exposées aux étapes que peut comprendre la formation du premier élément de raccordement.
- Formation de l'élément de raccordement de la structure surélevée du module de découplage électromagnétique 30 au niveau de la troisième portion du circuit microélectronique 2 ;  
De préférence, ledit élément de raccordement comprend la pluralité de vias conducteurs électriques 32. Pour cette étape, il peut être avantageux également de recourir à la technique précédemment décrite. De manière préférée, cette étape de formation des vias conducteurs électriques 32 est réalisée simultanément à l'étape de formation de la première pluralité de vias conducteurs électriques 12.  
Cette étape de formation peut également nécessiter le masquage d'une partie au moins du circuit microélectronique 2, comme par exemple la deuxième zone destinée à accueillir la deuxième antenne 20.
- Surmoulage du circuit microélectronique 2 de manière à recouvrir en partie au moins lesdits vias conducteurs électriques de la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 et lesdits vias conducteurs électriques de la pluralité de vias conducteurs électriques 32. Selon un mode de réalisation, le circuit microélectronique 2 est surmoulé d'un matériau polymère ;
- De préférence, réalisation d'un polissage du surmoulage via une étape de CMP (de l'anglais « chemical mechanical polishing ») par exemple de sorte à définir une première surface s'étendant sensiblement selon le premier plan d'extension et une surface s'étendant sensiblement selon le troisième plan d'extension, de préférence coplanaire au premier plan d'extension et de sorte à exposer la première pluralité de vias conducteurs électriques 12 et

la pluralité de vias conducteurs électriques 32 au niveau respectivement de la première surface et de ladite surface ;

- Formation de la première surface conductrice électrique 11 de la première antenne 10 au niveau de ladite première surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique. Pour cette étape, un masquage de ladite surface destinée à accueillir la structure surélevée du module de découplage électromagnétique 30 peut être réalisé afin de la protéger de ce dépôt. De même, un masquage de la deuxième zone peut être nécessaire.
- Formation de la surface conductrice électrique 31 du module de découplage électromagnétique 30 au niveau de ladite surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique. Ici également pour cette étape, un masquage de la première surface conductrice électrique 11 peut être réalisé afin de la protéger de ce dépôt. Selon un autre mode de réalisation préféré, la formation de la surface conductrice électrique 31 est réalisée simultanément à la formation de la première surface conductrice électrique 11.
- Optionnellement, retrait du surmoulage ;
- Formation de la deuxième antenne 20 au niveau de la deuxième zone du circuit microélectronique 2. Cette formation pouvant comprendre des étapes de gravure, masquage et de dépôts de matériaux conducteurs électriques.

**[0166]** Ainsi, de manière surprenante la technique de formation de vias et le procédé de fabrication d'une antenne surélevée à partir de cette technique de formation de vias présentent une synergie avec la résolution de la problématique du découplage électromagnétique entre la première antenne 10 et la deuxième antenne 20. Cette technique et ce procédé permettent en effet de disposer la surface conductrice électrique 31 dans le même plan d'extension que la première surface conductrice électrique 11 permettant ainsi un meilleur découplage électromagnétique entre la première 10 et la deuxième 20 antennes.

**[0167]** La présente invention permet ainsi, dans un mode de réalisation non limitatif, d'accroître l'efficacité des dispositifs AIP sans affecter leur compacité via entre autre l'utilisation d'un procédé original de formation de système antennaire surélevée avantageusement utilisé pour la réalisation d'un module de découplage électromagnétique par exemple et d'une antenne située alors dans le même plan d'extension.

**[0168]** L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits, mais s'étend à tout mode de réalisation entrant dans la portée des revendications.

## 55 REFERENCES

**[0169]**

1. Dispositif d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences		en présence du module de découplage électromagnétique
2. Circuit microélectronique		60. Outil de câblage
3. Substrat		61. Fil conducteur électrique
4. Composants microélectroniques	5	62. Zone conductrice électrique
5. Résine		63. Zone non conductrice électrique
10. Première antenne		
11. Première surface conductrice électrique		
11a. Première portion	10	<b>Revendications</b>
11b. Deuxième portion		1. Dispositif (1) d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences comprenant au moins :
11c. Troisième portion		<ul style="list-style-type: none"> <li>• un circuit microélectronique (2) s'étendant dans un plan principal d'extension et selon une direction principale d'extension ;</li> </ul>
11d. Fente		<ul style="list-style-type: none"> <li>• une première antenne (10) portée par une première zone dudit circuit microélectronique (2) et s'étendant selon un premier plan d'extension ;</li> </ul>
11e. Flanc conducteur électrique	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• une deuxième antenne (20) portée par une deuxième zone dudit circuit microélectronique (2) s'étendant selon un deuxième plan d'extension ;</li> </ul>
12. Première pluralité de vias conducteurs électriques		le dispositif (1) comprenant en outre un module de découplage électromagnétique (30) entre la première antenne (10) et de la deuxième antenne (20), porté par une troisième zone dudit circuit microélectronique (2) disposée entre la première zone et la deuxième zone ; le module de découplage électromagnétique (30) comprenant au moins une structure surélevée relativement audit circuit microélectronique (2) et au moins un élément de raccordement de ladite structure surélevée audit circuit microélectronique (2),
12a. Extrémité proximale d'un via de la première pluralité de vias conducteurs électriques	20	le dispositif étant <b>caractérisé en ce que</b> :
12b. Extrémité distale d'un via de la première pluralité de vias conducteurs électriques		<ul style="list-style-type: none"> <li>- il comprend un surmoulage du circuit microélectronique (2) configuré de manière à recouvrir en partie au moins l'au moins un élément de raccordement et le circuit microélectronique (2) de sorte à définir une surface, de préférence plane, s'étendant sensiblement selon un troisième plan d'extension;</li> </ul>
20. Deuxième antenne		<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'élément de raccordement comprend une pluralité de vias conducteurs électriques (32) électriquement connectés à ladite structure surélevée et audit circuit microélectronique (2) et s'étendant depuis ledit circuit microélectronique (2) vers la structure surélevée ;</li> </ul>
21. Deuxième surface conductrice électrique	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la structure surélevée est un dépôt d'au moins un élément conducteur métallique situé sur ladite surface.</li> </ul>
22. Deuxième pluralité de vias conducteurs électriques		
22a. Extrémité proximale d'un via de la deuxième pluralité de vias conducteurs électriques	30	2. Dispositif (1) selon la revendication précédente, dans lequel la structure surélevée est supportée par les vias conducteurs électriques (32) au niveau d'au moins deux de ses coins, de préférence au niveau
22b. Extrémité distale d'un via de la deuxième pluralité de vias conducteurs électriques		
30. Module de découplage électromagnétique		
31. Surface conductrice électrique	35	
32. Pluralité de vias conducteurs électriques		
32a. Extrémité proximale d'un via de la pluralité de vias conducteurs électriques		
32b. Extrémité distale d'un via de la pluralité de vias conducteurs électriques	40	
40. Coefficient de transmission inverse entre la première antenne et la deuxième antenne en l'absence du module de découplage électromagnétique		
41. Coefficient de transmission inverse entre la première antenne et la deuxième antenne en présence du module de découplage électromagnétique	45	
42. Coefficient de réflexion de la première antenne en l'absence du module de découplage électromagnétique	50	
43. Coefficient de réflexion de la première antenne en présence du module de découplage électromagnétique		
44. Coefficient de réflexion de la deuxième antenne en l'absence du module de découplage électromagnétique	55	
45. Coefficient de réflexion de la deuxième antenne		

- d'au moins trois de ses coins et encore plus préférentiellement au niveau de chacun de ses coins.
3. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite structure surélevée comprend au moins une surface conductrice électrique (31) s'étendant selon un troisième plan d'extension coplanaire à au moins l'un parmi le premier plan d'extension et le deuxième plan d'extension. 5
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le surmoulage est en au moins un matériau polymère. 10
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre des vias conducteurs électriques (32), selon leur dimension transversale, est entre 10 µm et 500 µm. 15
6. Dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pluralité de vias conducteurs électriques (32) est disposée sur une partie au moins de la troisième zone du circuit microélectronique (2). 20
7. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier plan d'extension et le deuxième plan d'extension sont décalés relativement à une direction perpendiculaire au premier plan d'extension et au deuxième plan d'extension. 25
8. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module de découplage électromagnétique (30) est mécaniquement solidaire de la première antenne (10) et de la deuxième antenne (20) uniquement via le circuit microélectronique (2). 30
9. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la première antenne (10) comprend une première surface conductrice électrique (11) s'étendant selon le premier plan d'extension, la deuxième antenne (20) comprend une deuxième surface conductrice électrique (21) s'étendant selon le deuxième plan d'extension et la structure surélevée (31) du module de découplage électromagnétique (30) présente au moins une extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, supérieure ou égale à l'extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, de la première surface conductrice électrique (11) et à l'extension transversale, perpendiculaire à ladite direction principale d'extension, de la deuxième surface conductrice électrique (21). 35
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit microélectro- que (2) comprend une masse et dans lequel la structure surélevée du module de découplage électromagnétique (30) est électriquement connectée à ladite masse, de préférence au travers dudit élément de raccordement. 5
11. Procédé de fabrication d'un dispositif (1) d'émission et/ou de réception de signaux radiofréquences selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins les étapes suivantes :
- Fourniture du circuit microélectronique (2) présentant un plan principal d'extension et une antenne appelée deuxième antenne (20) au niveau de la deuxième zone dudit circuit microélectronique (2)
  - Formation de la première antenne (10) au niveau à la première zone dudit circuit microélectronique (2) ;
  - Formation du dispositif de découplage électromagnétique (30) au niveau de la troisième zone dudit circuit microélectronique (2), cette étape de formation comprenant au moins les étapes successives suivantes :
- i. Formation d'au moins un élément de raccordement au niveau de la troisième zone dudit circuit microélectronique (2), l'élément de raccordement comprenant une pluralité de vias conducteurs électriques (32) électriquement connectés à ladite structure surélevée et audit circuit microélectronique (2) et s'étendant depuis ledit circuit microélectronique (2) vers la structure surélevée ;
  - ii. Surmoulage du circuit microélectronique (2) de manière à recouvrir en partie au moins l'au moins un élément de raccordement et le circuit microélectronique (2) de sorte à définir une surface, de préférence plane, s'étendant sensiblement selon un troisième plan d'extension ;
  - iii. Formation de la structure surélevée du module de découplage électromagnétique (30) par dépôt d'au moins un élément conducteur métallique au niveau de ladite surface.
12. Procédé selon la revendication précédente dans lequel l'étape de formation de la structure surélevée (31) du module de découplage électromagnétique (30) par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique est réalisée par pulvérisation sélective de plasma. 50
13. Procédé selon l'une quelconque des deux revendications précédentes dans lequel l'étape de formation d'au moins un élément de raccordement au ni-

veau de la troisième zone dudit circuit microélectronique (2) comprend au moins les étapes suivantes :

- Soudure d'une extrémité d'au moins un fil conducteur électrique (61) au niveau d'une partie de la troisième zone dudit circuit microélectronique (2) ; 5
- Coupure d'une partie au moins dudit fil conducteur électrique (61) soudé au niveau d'une partie de la troisième zone dudit circuit microélectronique (2) ; 10
- Disposition dudit fil conducteur électrique (61) soudé au niveau d'une partie de la troisième zone dudit circuit microélectronique (2) de sorte à ce qu'il présente une direction d'extension orthogonale au plan principal d'extension dudit circuit microélectronique (2). 15

- 14.** Procédé selon l'une quelconque des trois revendications précédentes dans lequel l'étape de formation de la première antenne (10) comprend au moins les étapes suivantes : 20

- Formation d'une première pluralité de vias conducteurs électriques (12) au niveau de la première zone du circuit microélectronique (2) ; 25
- Surmoulage du circuit microélectronique (2) de manière à recouvrir en partie au moins lesdits vias conducteurs électriques de la première pluralité de vias conducteurs électriques (12) de sorte à définir une première surface, de préférence plane, s'étendant sensiblement selon le premier plan d'extension ; 30
- Formation d'une première surface conductrice électrique (11) de la première antenne au niveau de ladite première surface, de préférence par dépôt d'au moins un élément conducteur électrique. 35

40

- 15.** Procédé selon l'une quelconque des quatre revendications précédentes dans lequel l'étape de formation du module de découplage électromagnétique (30) est réalisée en même temps que l'étape de formation de la première antenne (10). 45

50

55

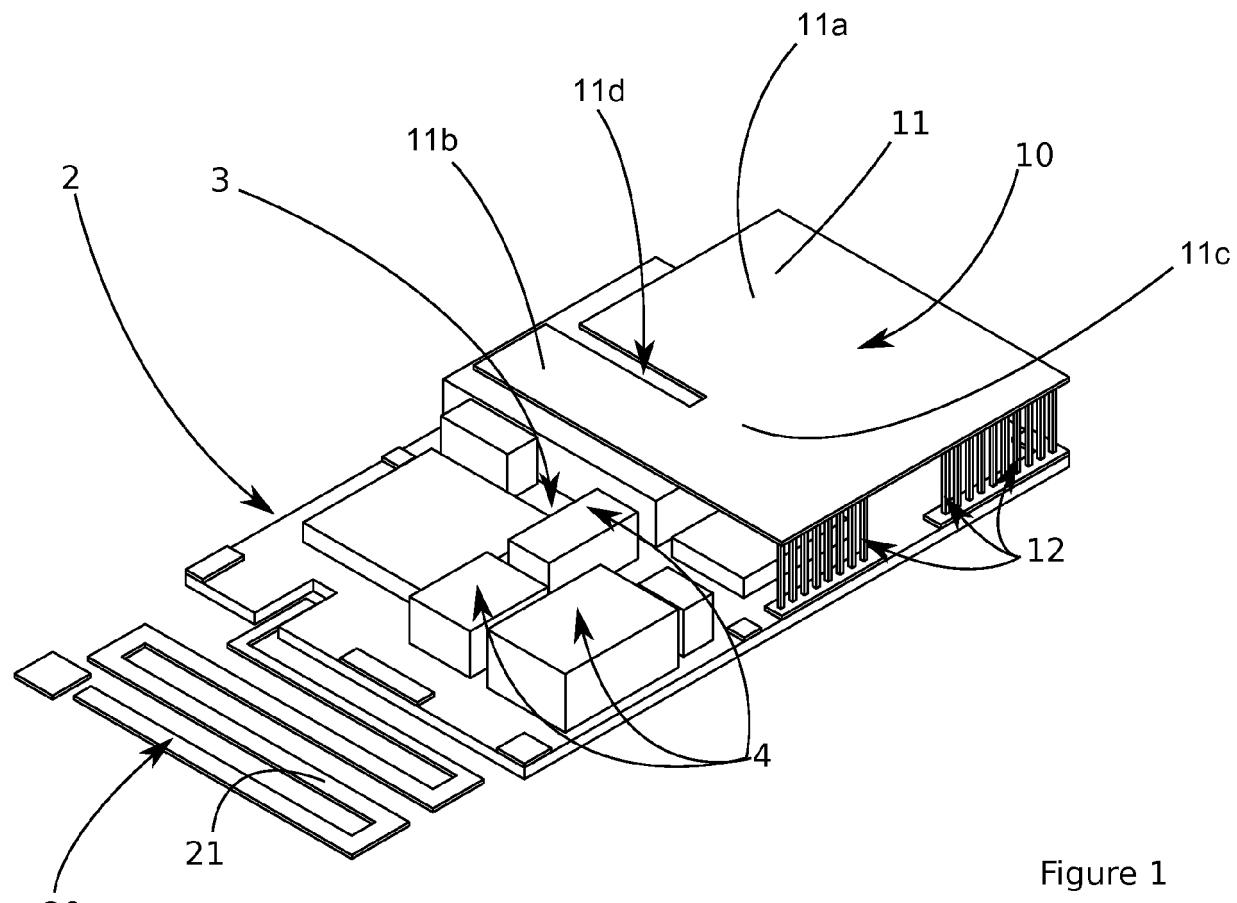


Figure 1

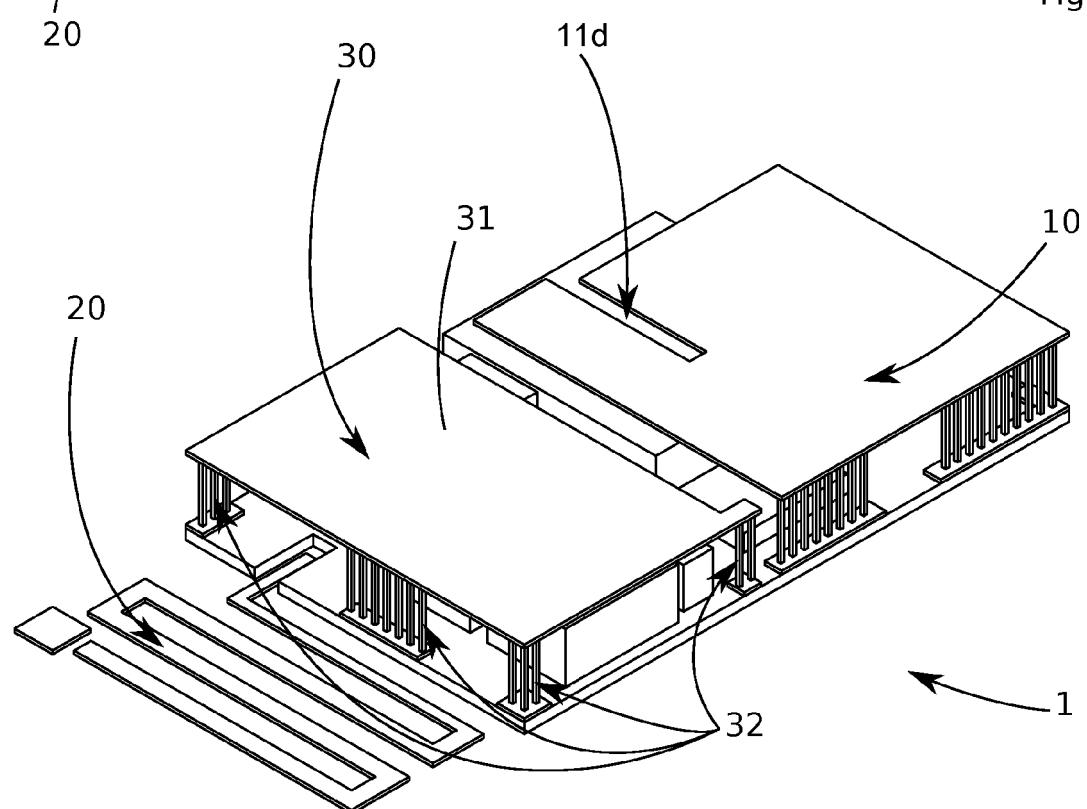


Figure 2a

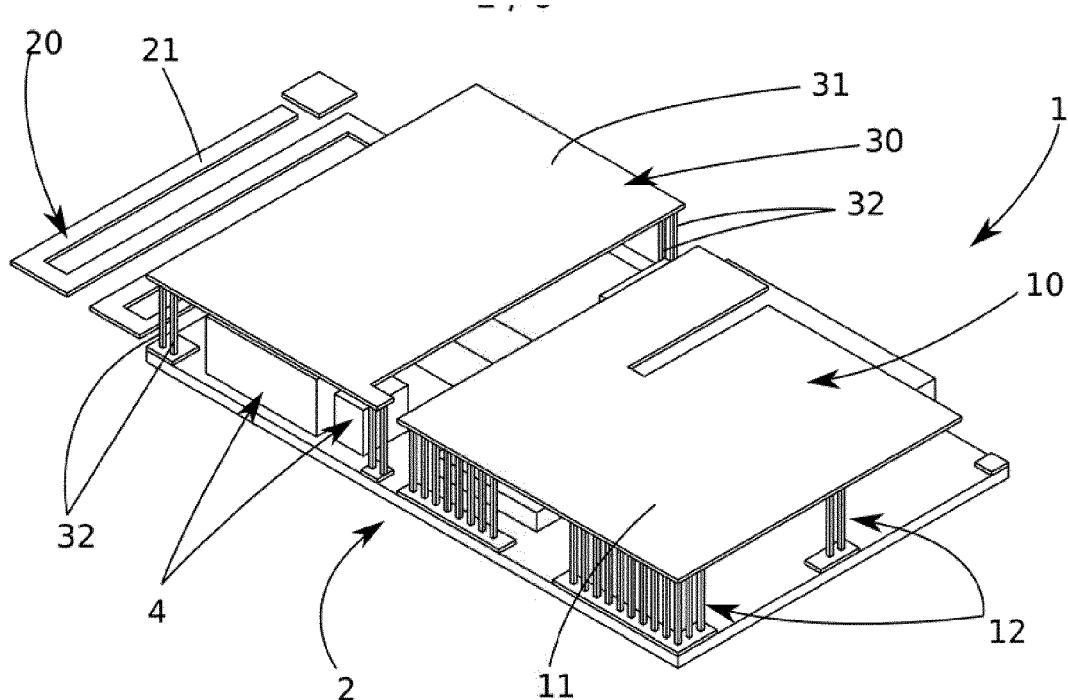
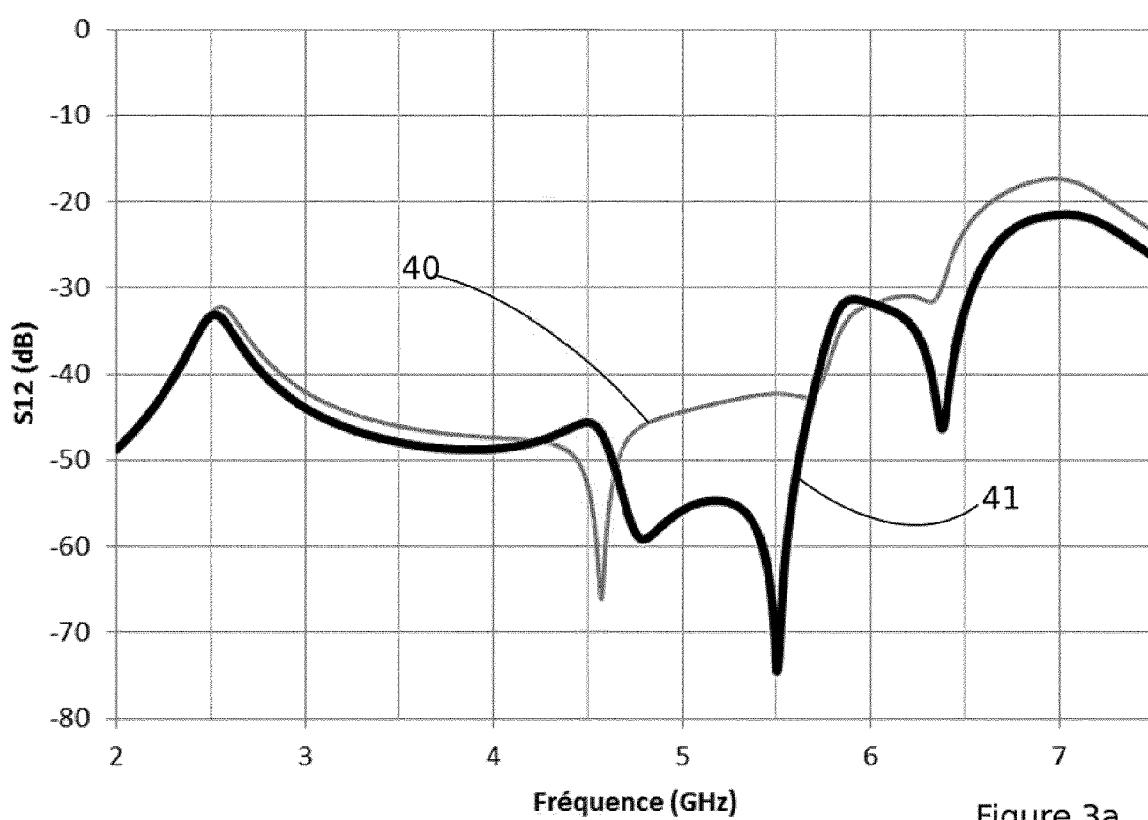


Figure 2b



Fréquence (GHz)

Figure 3a

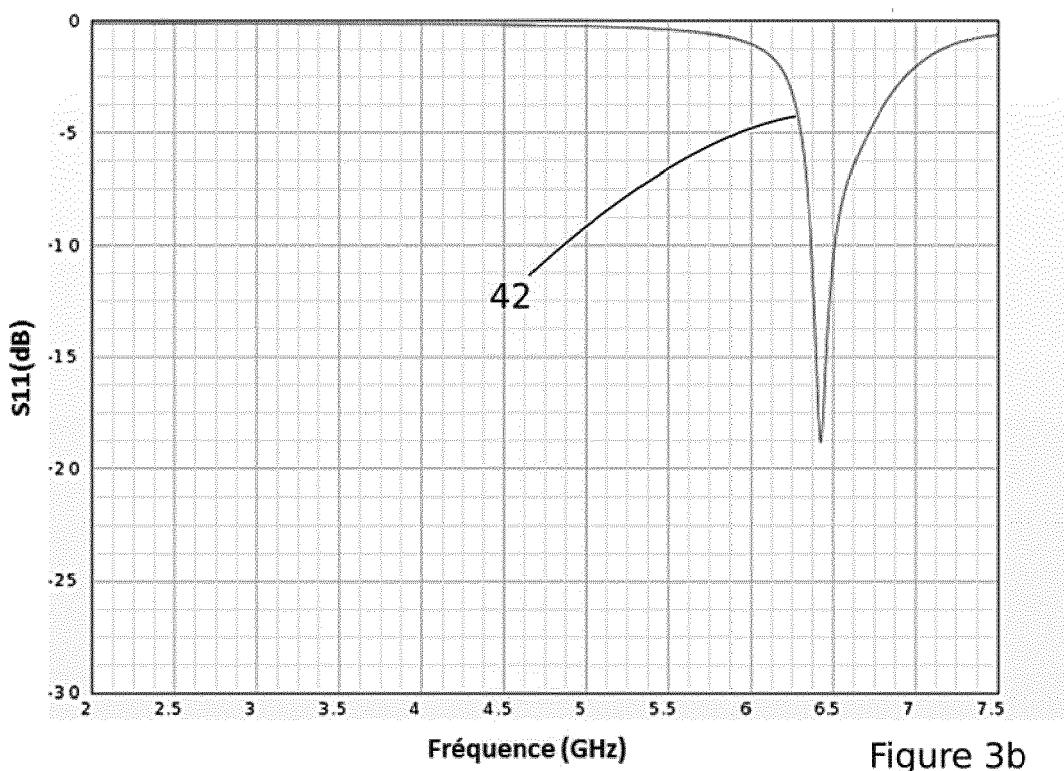


Figure 3b

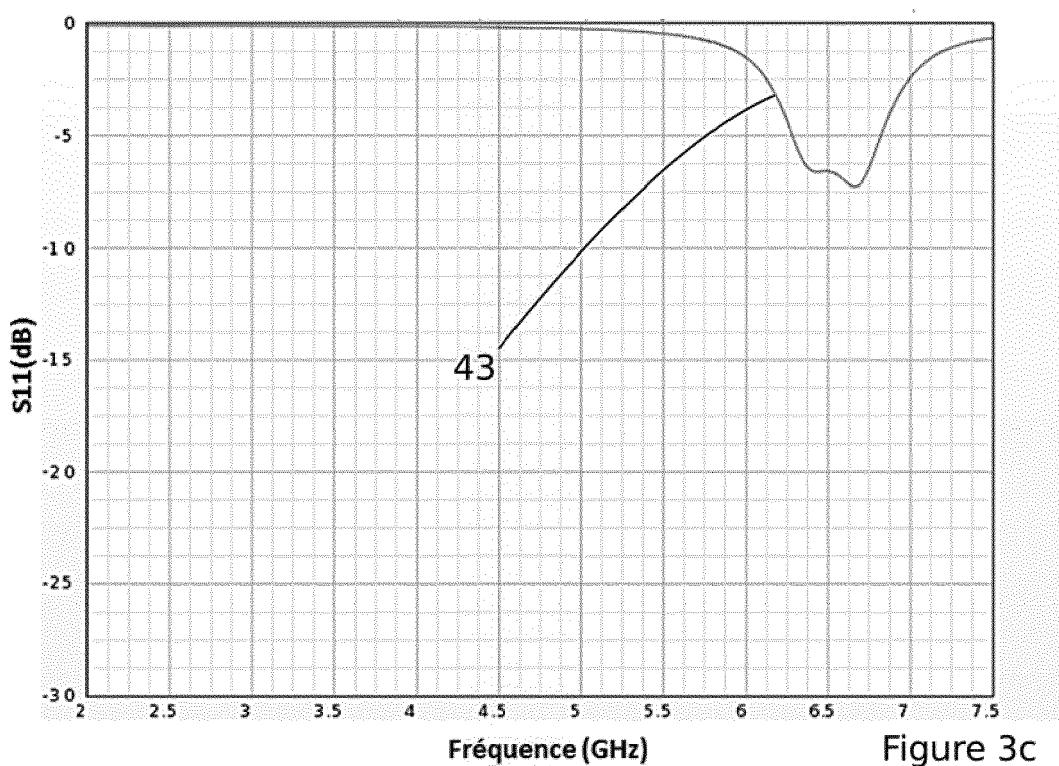


Figure 3c

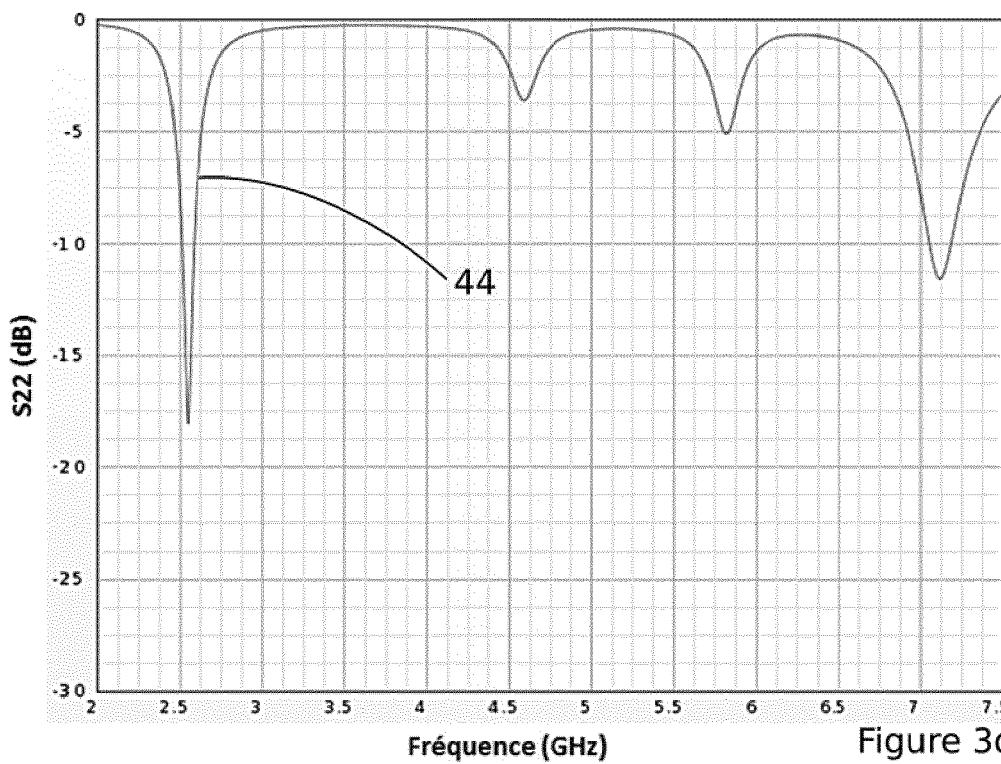


Figure 3d

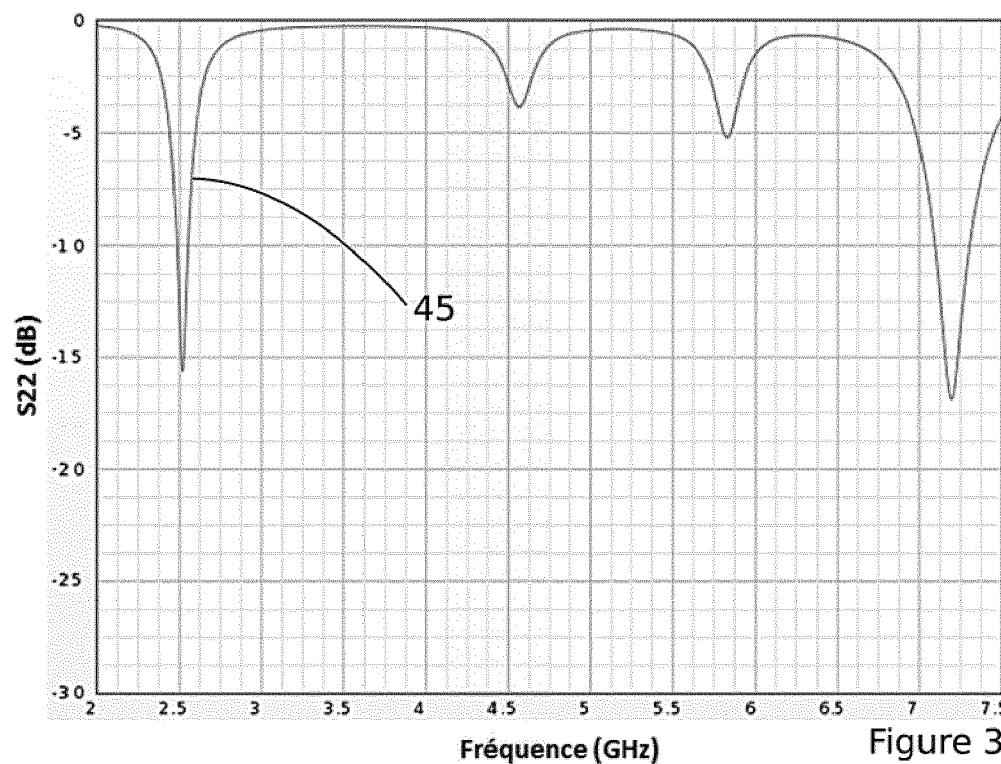


Figure 3e

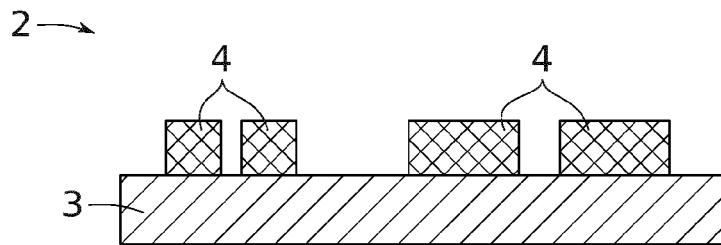


Figure 4a

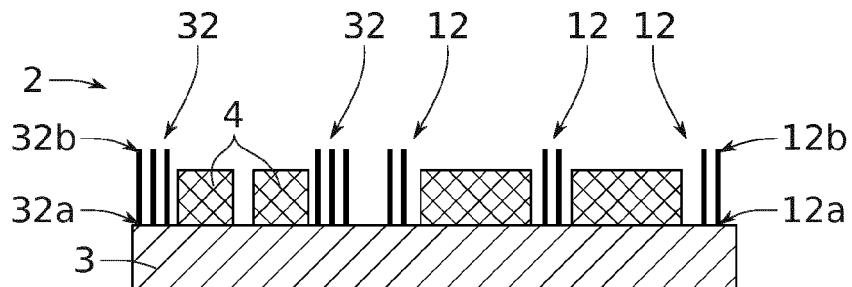


Figure 4b

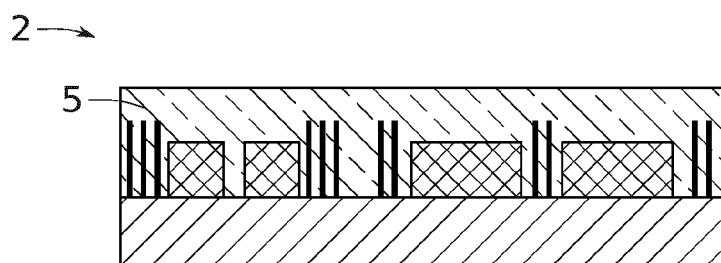


Figure 4c

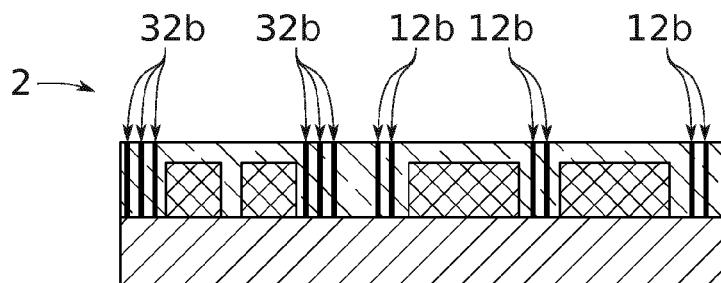


Figure 4d

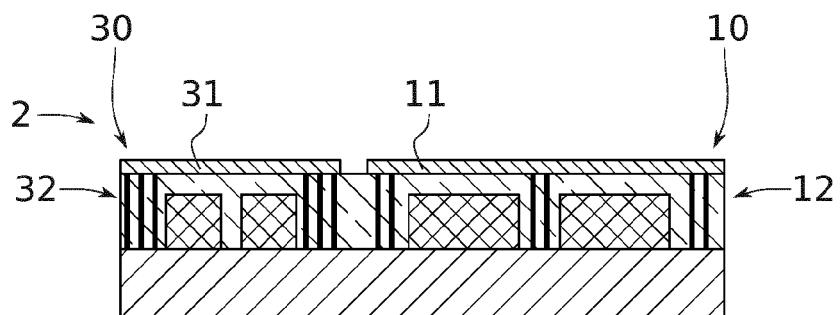
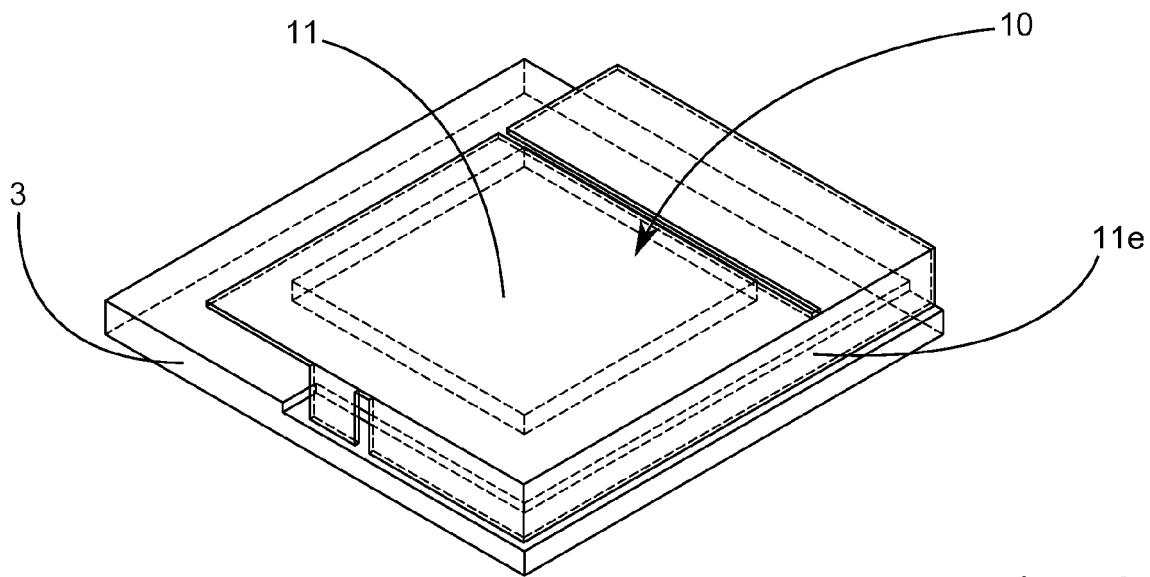
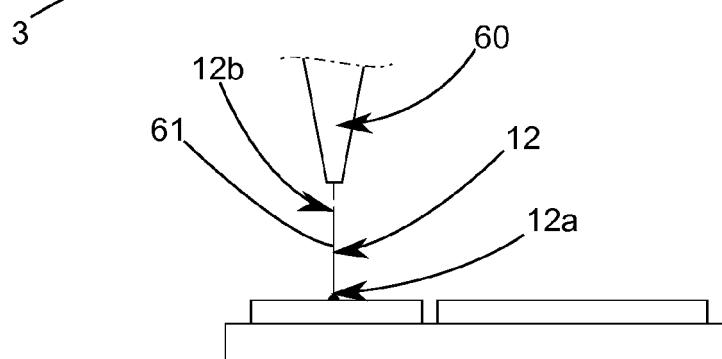
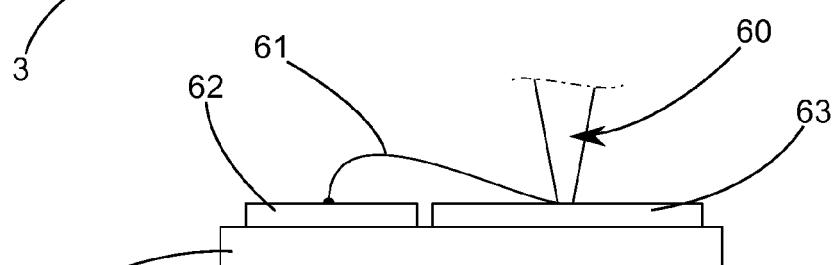
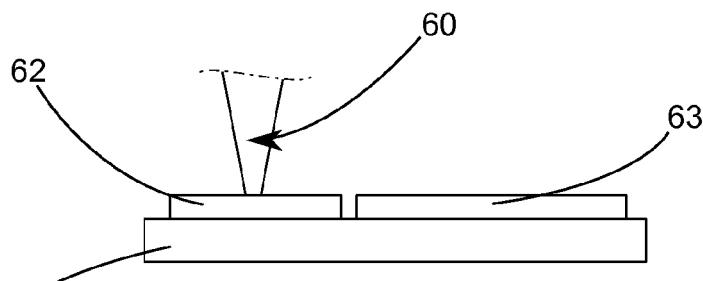


Figure 4e





## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 19 16 1565

5

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2014/085158 A1 (WONG KIN-LU [TW] ET AL) 27 mars 2014 (2014-03-27) * figures 1-7 * * alinéa [0023] - alinéa [0029] * * alinéa [0034] *	1-13,15 14	INV. H01Q1/52 H01Q21/28
Y	-----	14	ADD. H01Q9/04 H01Q9/42
A	US 2017/018975 A1 (KIM SI HYUNG [KR] ET AL) 19 janvier 2017 (2017-01-19) * figures 7-12 * * alinéa [0067] - alinéa [0074] *	1-13,15	
A	US 2008/259585 A1 (FUJII TOMOHARU [JP]) 23 octobre 2008 (2008-10-23) * figures 3, 8 * * alinéa [0035] - alinéa [0037] * * alinéa [0042] * * alinéa [0061] - alinéa [0067] *	1-15	
A	WO 2012/130044 A1 (HUAWEI DEVICE CO LTD [CN]; FAN YI [CN]; LAN YAO [CN]; SUN SHUHUI [CN]) 4 octobre 2012 (2012-10-04) * figure 2 *	7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	EP 2 006 953 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 24 décembre 2008 (2008-12-24) * abrégé * * figures 3A-4B * * alinéa [0034] - alinéa [0037] *	1-15	H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
2	Lieu de la recherche La Haye	Date d'achèvement de la recherche 24 juillet 2019	Examinateur Gehrmann, Elke
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X	: particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y	: particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A	: arrrière-plan technologique	D : cité dans la demande	
O	: divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons	
P	: document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant	

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

EP 19 16 1565

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.

24-07-2019

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	US 2014085158 A1	27-03-2014	CN 103682630 A DE 102013100731 A1 US 2014085158 A1	26-03-2014 17-04-2014 27-03-2014
20	US 2017018975 A1	19-01-2017	KR 20170008617 A US 2017018975 A1	24-01-2017 19-01-2017
25	US 2008259585 A1	23-10-2008	JP 4870509 B2 JP 2008085639 A KR 20080028782 A TW 200816883 A US 2008259585 A1	08-02-2012 10-04-2008 01-04-2008 01-04-2008 23-10-2008
30	WO 2012130044 A1	04-10-2012	CN 102185174 A WO 2012130044 A1	14-09-2011 04-10-2012
35	EP 2006953 A1	24-12-2008	CN 101330169 A EP 2006953 A1 JP 5294443 B2 JP 2009005040 A KR 20080112952 A US 2008316098 A1	24-12-2008 24-12-2008 18-09-2013 08-01-2009 26-12-2008 25-12-2008
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**

- US 2014085158 A1 [0011]
- US 20140085158 A1 [0017]