

(19)



(11)

**EP 3 485 534 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:

**21.07.2021 Bulletin 2021/29**

(51) Int Cl.:

**H01Q 15/00 (2006.01)**

(86) Numéro de dépôt international:

**PCT/EP2017/067600**

(21) Numéro de dépôt: **17737819.7**

(22) Date de dépôt: **12.07.2017**

(87) Numéro de publication internationale:

**WO 2018/011294 (18.01.2018 Gazette 2018/03)**

(54) **SURFACE SÉLECTIVE EN FRÉQUENCE COMMANDABLE ET MULTIFONCTIONNELLE**

**STUEERBARE MULTIFUNKTIONELLE FREQUENZSELEKTIVE OBERFLÄCHE**

**CONTROLLABLE MULTIFUNCTIONAL FREQUENCY SELECTIVE SURFACE**

(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**

(56) Documents cités:

**GB-A- 689 089 GB-A- 689 089**  
**US-A1- 2011 210 903 US-A1- 2011 210 903**

(30) Priorité: **13.07.2016 FR 1601100**

(43) Date de publication de la demande:

**22.05.2019 Bulletin 2019/21**

(73) Titulaires:

- **Naval Group**  
**75015 Paris (FR)**
- **Université de Rennes I**  
**35065 Rennes Cedex (FR)**
- **Centre National de la Recherche Scientifique**  
**75016 Paris (FR)**

- **BAYATPUR F ET AL: "A Tunable Metamaterial Frequency-Selective Surface With Variable Modes of Operation", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 57, no. 6, 1 juin 2009 (2009-06-01), pages 1433-1438, XP011257280, ISSN: 0018-9480**
- **BAYATPUR F ET AL: "Single-Layer High-Order Miniaturized-Element Frequency-Selective Surfaces", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 56, no. 4, 1 avril 2008 (2008-04-01), pages 774-781, XP011206148, ISSN: 0018-9480**
- **BAYATPUR F ET AL: "A Tunable Metamaterial Frequency-Selective Surface With Variable Modes of Operation", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, PLENUM, USA, vol. 57, no. 6, 1 June 2009 (2009-06-01), pages 1433-1438, XP011257280, ISSN: 0018-9480**
- **BAYATPUR F ET AL: "Single-Layer High-Order Miniaturized-Element Frequency-Selective Surfaces", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, PLENUM, USA, vol. 56, no. 4, 1 April 2008 (2008-04-01), pages 774-781, XP011206148, ISSN: 0018-9480**

(72) Inventeurs:

- **RUBRICE, Kevin**  
**44340 Bouguenais (FR)**
- **HIMDI, Mohammed**  
**35042 Rennes Cedex (FR)**
- **CASTEL, Xavier**  
**22004 Saint-Brieuc (FR)**
- **PARNEIX, Patrick**  
**44340 Bouguenais (FR)**

(74) Mandataire: **Lavoix**

**2, place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cedex 09 (FR)**

**EP 3 485 534 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un dispositif à surface sélective en fréquence, comprenant un substrat, un réseau de motifs élémentaires conducteurs imprimés sur au moins une surface dudit substrat, et un réseau de composants de couplage, chaque composant de couplage reliant deux motifs élémentaires conducteurs adjacents, chaque composant de couplage ayant une capacité modifiable par application d'une commande.

**[0002]** On connaît des documents « A tunable meta-material frequency-selective surface with variable modes of opération », « Single-layer high-order miniaturized-element frequency-selective surfaces » et US 2011/0210903 de tels dispositifs.

**[0003]** Les dispositifs à surface sélective en fréquence (également appelée FSS pour « Frequency Selective Surface » en anglais) sont des éléments connus dans le milieu de l'électromagnétisme, ayant la capacité selon leur configuration de rejeter certaines fréquences ou au contraire de transmettre certaines fréquences. Ces dispositifs sont généralement réalisés sous la forme de surfaces périodiques constituées d'un arrangement ordonné sur un substrat d'éléments passifs électriquement conducteurs, formant des motifs. Lorsque cet arrangement d'éléments est soumis à une onde électromagnétique plane incidente, celle-ci est en partie transmise et en partie réfléchi.

**[0004]** Sous certaines conditions de résonance, l'amplitude de l'onde transmise est égale à 0, l'énergie étant réfléchi ou diffusée du côté de l'onde incidente. Ce type de surface se comporte ainsi soit comme un filtre passe-bande, c'est-à-dire laissant passer des ondes électromagnétiques à une fréquence donnée, soit comme un filtre coupe-bande, c'est-à-dire rejetant des ondes électromagnétiques à une fréquence donnée.

**[0005]** Néanmoins une telle solution souffre d'une double rigidité. D'une part, la largeur de bande passante fonctionnelle visée est une conséquence directe du motif périodique retenu, et ne peut pas être modifiée. D'autre part, il n'est pas possible, avec le même dispositif, de basculer d'une fonction « passe bande » vers une fonction « coupe bande » ou réciproquement.

**[0006]** Afin de remédier à ces inconvénients, il a été proposé d'intégrer à des dispositifs à surface sélective en fréquence des condensateurs variables ou des diodes, commandables électriquement, permettant ainsi de faire varier la fréquence de fonctionnement du dispositif.

**[0007]** En particulier, il a été proposé, pour réaliser un dispositif à surface sélective en fréquence coupe-bande actif, c'est-à-dire dont la fréquence rejetée est variable, d'interconnecter les motifs de la surface sélective en fréquence au moyen de composants électroniques, tels que des selfs et/ou des capacités variables afin de rendre les FSS actives. Par exemple, une variation de la tension appliquée aux bornes des capacités variables apporte une modification de la fréquence rejetée.

**[0008]** Néanmoins, cette solution ne permet pas de fai-

re fonctionner le dispositif de manière sélective en mode passe-bande ou en mode coupe-bande.

**[0009]** Il a par ailleurs été proposé de faire varier le mode de fonctionnement, en passe-bande ou en coupe-bande, pour une même configuration des motifs, en utilisant des modes de métallisation du dispositif, différents. Par exemple, pour une même configuration, lorsque le substrat est diélectrique et les motifs métallisés, le dispositif fonctionne en mode coupe-bande, tandis que lorsque le substrat est métallisé et les motifs diélectriques, le dispositif fonctionne en mode passe-bande.

**[0010]** Néanmoins, cette solution ne permet pas non plus de faire fonctionner un même dispositif de manière sélective en mode passe-bande ou en mode coupe-bande.

**[0011]** Un objectif de l'invention est donc de fournir un dispositif à surface sélective en fréquence qui soit multifonctionnel, c'est-à-dire qui puisse fonctionner sélectivement, en réponse à une commande, en mode coupe-bande et en mode passe-bande.

**[0012]** A cette fin, l'invention a pour objet un dispositif selon la revendication 1.

**[0013]** Le dispositif selon l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques des revendications 2 à 13.

**[0014]** L'invention a également pour objet un système à surface sélective en fréquence selon la revendication 14.

**[0015]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 est un schéma d'un dispositif à surface sélective en fréquence selon un mode de réalisation de l'invention;
- la Figure 2 est un schéma détaillé d'une partie du réseau de motifs élémentaires et du réseau de composants de couplage du dispositif de la Figure 1 ;
- la Figure 3 illustre le coefficient de réflexion  $S_{11}$  d'un dispositif à surface sélective en mode coupe-bande en fonction de la fréquence, pour diverses valeurs des capacités ;
- la Figure 4 illustre le coefficient de transmission  $S_{21}$  du dispositif de la Figure 2 en mode coupe-bande en fonction de la fréquence, pour diverses valeurs des capacités ;
- la Figure 5 illustre le coefficient de réflexion  $S_{11}$  du dispositif à surface sélective de la Figure 2 en mode passe-bande en fonction de la fréquence, pour diverses valeurs des capacités ;
- la Figure 6 illustre le coefficient de transmission  $S_{21}$  du dispositif à surface sélective de la Figure 2 en mode passe-bande en fonction de la fréquence, pour diverses valeurs des capacités ;
- la Figure 7 est un schéma d'un système selon un mode de réalisation de l'invention.

**[0016]** Les Figures 1 et 2 illustrent un dispositif 2 à surface sélective en fréquence selon un mode de réalisation de l'invention, appelé par la suite simplement dispositif 2.

**[0017]** Le dispositif 2 comprend un substrat 4, et un réseau 6 d'éléments conducteurs 8 imprimés sur au moins une surface du substrat.

**[0018]** Les éléments conducteurs 8 forment sur la surface du substrat des motifs élémentaires formant ensemble un réseau régulier, et seront par la suite appelés motifs élémentaires conducteurs 8.

**[0019]** Le substrat 4 est par exemple plan. Le substrat 4 est de préférence réalisé en un matériau diélectrique, ayant des caractéristiques diélectriques, notamment une permittivité réelle et une tangente de pertes, faibles. De préférence, la permittivité réelle du matériau formant le substrat est inférieure à 25 et sa tangente de pertes est inférieure à 0,1.

**[0020]** Par exemple, le substrat est un substrat diélectrique NX9300 commercialisé par la société NELTEC® ayant une permittivité réelle égale à 3 et une tangente de perte égale à 0,0023.

**[0021]** En variante, le substrat peut être réalisé en un matériau composite monolithique.

**[0022]** Les motifs élémentaires conducteurs 8 sont réalisés en un matériau électriquement conducteur.

**[0023]** Les motifs élémentaires conducteurs 8 sont de formes identiques.

**[0024]** Dans l'exemple représenté, les motifs élémentaires conducteurs 8 sont des motifs circulaires formant des anneaux.

**[0025]** Le diamètre des anneaux est choisi notamment en fonction de la fréquence de travail visée pour l'application.

**[0026]** Les motifs élémentaires conducteurs 8 sont agencés de manière à former un réseau, notamment un réseau ligne colonne. Par réseau ligne colonne, on entend que les motifs élémentaires conducteurs 8 sont alignés à la fois selon des lignes et selon des colonnes.

**[0027]** Dans l'exemple représenté, chaque motif élémentaire conducteur 8, à l'exception des motifs élémentaires conducteurs de bord ou de coin, est ainsi adjacent à deux motifs élémentaires conducteurs selon une ligne et à deux autres motifs élémentaires conducteurs selon une colonne.

**[0028]** Les motifs élémentaires conducteurs 8 sont disjoints. Par disjoints, on entend que les motifs élémentaires ne sont pas reliés les uns aux autres, en l'absence des composants de couplage décrits ci-après.

**[0029]** Afin de permettre une commandabilité du mode de fonctionnement du réseau de motifs élémentaires conducteurs 8, c'est-à-dire de permettre de basculer d'un mode passe-bande à un mode coupe-bande, et de modifier la fréquence de fonctionnement en mode passe-bande ou en mode coupe-bande, le dispositif 2 comprend par ailleurs une pluralité de composants 12 de couplage (non illustrés sur la Figure 1), configurés pour coupler les motifs élémentaires conducteurs 8 deux-à-deux, ainsi

qu'un ensemble 14 de commande des composants 12 de couplage.

**[0030]** Dans la suite de la description, on appellera mode passe-bande un mode dans lequel le dispositif 2 transmet uniquement des rayonnements électromagnétiques dont la fréquence est comprise dans au moins une bande de fréquence comprise entre une fréquence de coupure basse et une fréquence de coupure haut, et centrée autour d'une fréquence de résonance.

**[0031]** On appellera par ailleurs mode coupe-bande un mode dans lequel le dispositif 2 transmet uniquement des rayonnements électromagnétiques dont la fréquence n'est pas comprise dans une bande de fréquence comprise entre une fréquence de coupure basse et une fréquence de coupure haut, et centrée autour d'une fréquence de résonance.

**[0032]** Ces fréquences de résonance seront désignées par extension comme fréquence de fonctionnement du dispositif, en mode passe-bande ou en mode coupe-bande.

**[0033]** Les composants 12 de couplage et l'ensemble 14 de commande 6 permettent ainsi, en combinaison, de faire varier sélectivement le mode de fonctionnement, coupe-bande ou passe-bande, du dispositif 2, qui était, en l'absence de ces éléments, fixé.

**[0034]** Les composants 12 de couplage et l'ensemble 14 de commande permettent également de faire varier sélectivement la fréquence de fonctionnement du dispositif 2, celle-ci étant également, en l'absence de ces éléments, fixée.

**[0035]** Les composants 12 de couplage relient les motifs élémentaires conducteurs 8 deux-à-deux, chaque composant de couplage 12 reliant deux motifs élémentaires conducteurs 8 adjacents.

**[0036]** En particulier, chaque motif élémentaire conducteur 8 est relié à chacun des motifs élémentaires conducteurs 8 qui lui sont adjacents par un unique composant 12 de couplage.

**[0037]** Dans l'exemple représenté, chaque composant 12 de couplage relie deux motifs élémentaires conducteurs 8 adjacents selon une ligne ou selon une colonne. Les composants 12 de couplage forment donc, comme les motifs élémentaires conducteurs 8, un réseau ligne colonne.

**[0038]** Les composants 12 de couplage sont des condensateurs à capacité variable.

**[0039]** Le fonctionnement de chaque composant 12 de couplage, en particulier la valeur de sa capacité, peut donc être modifié par application d'une commande à ce composant 12 de couplage, le composant 12 de couplage étant polarisé en direct ou en inverse.

**[0040]** Les composants 12 de couplage sont identiques les uns aux autres.

**[0041]** Les composants 12 de couplage sont commandables électriquement. Ainsi, chaque composant 12 de couplage est propre à fonctionner comme un condensateur, dont la capacité est variable en fonction d'une commande électrique, en particulier de la tension électrique

appliquée à ses bornes.

**[0042]** Les composants 12 de couplage sont par exemple des varicaps, notamment des varicaps MOS, des diodes des varicaps ou des varicaps ferroélectriques.

**[0043]** En variante, les composants de couplage peuvent être des MEMS, des NEMs, des diodes PIN, des composants à base de cristaux liquides, des diodes Schottky, ou des transistors FET.

**[0044]** Les composants 12 de couplage sont commandables électriquement.

**[0045]** Lorsque les varicaps 12 sont des varicaps ferroélectriques, elles peuvent être commandées en étant polarisées en inverse ou en direct.

**[0046]** Par ailleurs, de telles varicaps ferroélectriques peuvent également être commandables thermiquement. Chaque varicap ferroélectrique est alors propre à fonctionner comme un condensateur variable, dont la capacité est variable en fonction d'une commande thermique qui lui est appliquée en vue de fixer sa température à une température de fonctionnement donnée.

**[0047]** Par exemple, de telles varicaps ferroélectriques, commandables thermiquement peuvent être des varicaps de BST ( $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ ). En particulier, de telles varicaps de BST sont avantageuses, car elles sont commandables à la fois électriquement (en inverse et en direct) et thermiquement, et nécessitent essentiellement l'application d'une différence de potentiel, et ne consomment ainsi pas d'énergie.

**[0048]** Par exemple, une varicap de BST peut avoir une capacité variable pouvant prendre des valeurs comprises entre 3,2 pF et 0,7 pF lorsque la tension à ses bornes varie de 0 V à 20 V, la capacité étant une fonction décroissante de la valeur absolue de la tension appliquée.

**[0049]** Les composants 12 de couplage sont choisis en fonction de l'application souhaitée, en particulier en fonction de la gamme de capacité pouvant être obtenue en faisant varier la tension à leurs bornes ou en faisant varier leur température.

**[0050]** Lorsque les composants 12 de couplage sont commandés électriquement, une variation de la capacité d'un composant 12 de couplage est obtenue en faisant varier la tension appliquée à ses bornes.

**[0051]** Lorsque les composants 12 de couplage sont commandés thermiquement, une variation de la capacité d'un composant 12 de couplage est obtenue en faisant varier la température appliquée à ce composant 12 de couplage.

**[0052]** Les composants 12 de couplage du dispositif 2 peuvent être commandés selon deux modes distincts, correspondant aux deux modes de fonctionnement du dispositif, c'est-à-dire le mode passe-bande et le mode coupe-bande.

**[0053]** Les composants 12 de couplage sont commandés par groupe, chaque groupe de composants 12 de couplage comprenant au moins un premier composant de couplage reliant un premier motif élémentaire à un deuxième motif élémentaire qui lui est adjacent, et un

deuxième composant de couplage, reliant le premier motif élémentaire à un troisième motif élémentaire qui lui est adjacent. La capacité des composant de couplage d'un groupe donné sont donc égales les unes aux autres.

5 Les groupes de composants de couplage sont disjoints, c'est-à-dire que chaque composant de couplage appartient à un unique groupe.

**[0054]** Notamment, dans l'exemple représenté, dans lequel les motifs élémentaires forment un réseau ligne-colonne, chaque groupe de composants de couplage est une paire de composants de couplage. Chaque paire est formée d'un premier composant de couplage 12a, reliant un premier motif élémentaire à un deuxième motif élémentaire qui lui est adjacent selon une ligne, et d'un deuxième composant de couplage 12b, reliant le premier motif élémentaire à un troisième motif élémentaire qui lui est adjacent selon une colonne. La capacité du premier composant de couplage d'une paire est donc toujours identique à la capacité du deuxième composant de couplage de cette paire. Les paires de composant de couplage sont disjointes, c'est-à-dire que chaque composant de couplage appartient à une unique paire.

**[0055]** Néanmoins, on comprendra que les composant de couplage reliant entre eux les motifs élémentaires conducteurs d'une ligne d'extrémité (par exemple la dernière ligne), et les composant de couplage reliant entre eux les motifs élémentaires conducteurs d'une colonne d'extrémité (par exemple la première colonne), n'appartiennent pas à un groupe ou paire de composants de couplage. Ces composants de couplage sont donc omis.

**[0056]** Par capacité d'un groupe (par exemple d'une paire) de composants de couplage on entend donc la valeur commune de la capacité des composants de couplage de ce groupe (notamment du premier composant de couplage et du deuxième composant de couplage d'une paire).

**[0057]** On distingue par ailleurs un premier ensemble de groupes de composants de couplage et un deuxième ensemble de groupes de composants de couplage, qui sont disjoints et complémentaires.

**[0058]** Dans l'exemple illustré sur la Figure 2, des groupes ou paires de composants de couplage du premier ensemble sont désignées par la référence générale 20a, tandis que des paires de composants de couplage du deuxième ensemble sont désignées par la référence générale 20b.

**[0059]** Comme visible sur la Figure 2, chacun des premiers et deuxième ensembles complémentaires est formé de paires de composants de couplage non adjacentes deux-à-deux, i.e. non adjacentes en ligne et non adjacente en colonnes.

**[0060]** Ainsi, chaque paire de composants de couplage 20a du premier ensemble est adjacente uniquement à des paires de composants de couplage 20b du deuxième ensemble, et réciproquement, chaque paire de composants de couplage 20b du deuxième ensemble est adjacente uniquement à des paires de composants de couplage 20a du premier ensemble.

**[0061]** Par paire de composants de couplage adjacents, on entend deux paires de composants de couplage qui comprennent toutes deux des composants de couplage reliant un même motif élémentaire conducteur à d'autres motifs élémentaires. A contrario, deux paires de composants de couplage non adjacentes sont telles qu'aucun motif élémentaire conducteur relié à un motif élémentaire par un composant de couplage d'une première de ces paires n'est relié à un motif élémentaire par un composant de couplage de la deuxième de ces paires.

**[0062]** Dans un premier mode de commande, correspondant au mode coupe-bande, les composants de couplage sont commandés de manière à avoir tous la même capacité. Ainsi, la capacité de l'ensemble des groupes de composants de couplage est fixée à une même valeur.

**[0063]** Dans un deuxième mode de commande, correspondant au mode passe-bande, la capacité des groupes de composants de couplage du premier ensemble est fixée à une première valeur, et la capacité des groupes de composants de couplage du deuxième ensemble est fixée à une deuxième valeur, distincte de la première valeur, de telle manière à ce que le rapport de la capacité  $C_{\min}$  sur la valeur de la capacité  $C_{\max}$  ( $C_{\min}/C_{\max}$ ) reste inférieur à 0,90.

**[0064]** L'ensemble 14 de commande est configuré pour commander sélectivement la valeur des capacités des groupes de composants de couplage 12, selon le premier mode ou selon le deuxième mode décrit ci-dessus.

**[0065]** En particulier, l'ensemble 14 de commande est configuré pour commander la valeur de la capacité des groupes 20a, 20b de composants de couplage sélectivement :

- selon le premier mode, dans lequel l'ensemble 14 de commande fixe la capacité de l'ensemble des groupes de composants de couplage à une même valeur, en vue de faire fonctionner le dispositif 2 en mode coupe-bande,
- selon le deuxième mode, dans lequel l'ensemble 14 de commande fixe la capacité des composants de couplage du premier ensemble de groupes 20a de composants de couplage à une première valeur, et fixe la capacité des composants de couplage du deuxième ensemble de groupes 20b de composants de couplage à une deuxième valeur, distincte de la première valeur.

**[0066]** Dans le premier mode, l'ensemble 14 de commande est en outre configuré pour faire varier la valeur de la capacité de l'ensemble des groupes 20a, 20b de composants de couplage 12, en vue de faire varier la fréquence de fonctionnement du dispositif en mode coupe-bande, c'est-à-dire de la fréquence centrale de la bande non transmise. Notamment, la fréquence de fonctionnement augmente lorsque la valeur de la capacité des composants de couplage diminue.

**[0067]** Dans le deuxième mode, l'ensemble 14 de com-

mande est en outre configuré pour faire varier la valeur de la capacité des composants de couplage du premier ensemble de composants de couplage et/ou du deuxième ensemble de composants de couplage, en vue de faire varier la fréquence de fonctionnement du dispositif 2 en mode passe-bande, c'est-à-dire la fréquence centrale de la bande transmise.

**[0068]** Afin de faire varier la fréquence de fonctionnement de ce deuxième mode, la variation des groupes de composants de couplage doit être du même ordre, c'est-à-dire, pour un groupe 20a de 2,7pF et un groupe 20b de 3,2pF, en diminuant les valeurs des capacités variables de -0,5 pF soit 20a = 2,2 pF et 20b = 2,7 pF, la fréquence de fonctionnement augmente. La réciprocity est valable, avec une augmentation du même ordre des valeurs de composants de couplage, la fréquence de fonctionnement diminue.

**[0069]** En outre, dans le deuxième mode, l'ensemble 14 de commande est également configuré pour faire varier la valeur de la capacité des composants de couplage du premier ensemble de composants de couplage et/ou du deuxième ensemble de composants de couplage, en vue de faire varier la largeur de la bande passante. L'augmentation de la valeur du rapport  $C_{\min}/C_{\max}$  vers 1 diminue la largeur de la bande passante et réciproquement, la diminution du rapport  $C_{\min}/C_{\max}$  vers 0 augmente la largeur de la bande passante.

**[0070]** A cette fin, l'ensemble 14 de commande comprend une pluralité de modules de commande des composants de couplage 12, configurés pour commander les composants de couplage 12 afin d'en faire varier la capacité, et une unité 26 de commande, configurée pour commander les modules de commande en fonction du mode coupe-bande ou passe-bande souhaité et/ou en fonction de la fréquence de fonctionnement souhaitée. Sur la Figure 1, à titre de simplification, seul un module de commande est représenté de manière schématique et est désigné par la référence générale 24.

**[0071]** Les modules 24 de commande sont chacun associés à un groupe de composants de couplage donné, chaque composant de couplage étant associé à un unique module de commande.

**[0072]** Chaque module 24 de commande est configuré pour commander la valeur des capacités des composants de couplage du groupe qui lui est associé. En particulier, chaque module de commande est configuré pour commander la valeur des capacités des composants de couplage 12a, 12b du groupe 20a ou 20b qui lui est associé, en réponse à une commande issue de l'unité 26 de commande.

**[0073]** L'unité 26 de commande comprend un processeur 28 et une mémoire 30.

**[0074]** La mémoire 30 comprend au moins une zone de stockage 32 dans laquelle sont stockées, pour chaque mode coupe-bande et passe-bande, des grandeurs représentatives des valeurs des capacités associées à plusieurs fréquences de fonctionnement données.

**[0075]** Ainsi, pour le mode coupe-bande, la zone de

stockage 32 comprend, pour chaque fréquence de fonctionnement possible, la valeur de la grandeur représentative de la valeur de toutes les capacités permettant d'atteindre cette fréquence de fonctionnement.

**[0076]** Pour le mode passe-bande, la zone de stockage 32 comprend, pour chacune d'une pluralité de fréquences de fonctionnement possibles, éventuellement associée à une largeur de bande passante, un couple de valeurs, comprenant la valeur de la grandeur représentative de la capacité des groupes de composants de couplage du premier ensemble et la valeur de la grandeur représentative de la capacité des groupes de composants de couplage du deuxième ensemble, permettant d'atteindre cette fréquence de fonctionnement et le cas échéant la largeur de bande passante.

**[0077]** Chaque grandeur représentative de la valeur d'une capacité est par exemple la valeur de la capacité elle-même, une valeur de tension devant être appliquée aux bornes du composant de couplage pour obtenir cette capacité, ou une valeur de température devant être imposée au composant de couplage pour obtenir cette capacité.

**[0078]** Ces données sont par exemple issues d'un étalonnage préalablement réalisé en condition réelles. Notamment, si le dispositif 2 est destiné à être intégré à une paroi composite, l'étalonnage est réalisé après intégration du dispositif dans la paroi composite.

**[0079]** La mémoire 30 comprend par ailleurs une application 36 de commande, propre à être exécutée par le processeur 28.

**[0080]** Lorsqu'un mode donné de fonctionnement, coupe-bande ou passe-bande, une fréquence de résonance donnée et éventuellement une largeur de bandes passantes sont visées, l'application 36 de commande est configurée pour extraire de la zone de stockage 32 les valeurs des grandeurs représentatives des capacités des différents groupes de composants de couplage permettant d'obtenir un fonctionnement du dispositif 2 selon le mode visé et la fréquence de fonctionnement visée. Par ailleurs, l'application 36 de commande est configurée pour commander les modules 24 de commande en transmettant à chaque module 24 de commande la valeur de la grandeur représentative de la capacité du groupe de composants de couplage associé à ce module.

**[0081]** Le mode de fonctionnement, la fréquence de fonctionnement et la largeur de la bande passante sont par exemple saisies par un opérateur au moyen d'une interface homme-machine adaptée reliée à l'unité 26 de commande, ou sont fournies par un autre système relié à l'unité 26 de commande.

**[0082]** Selon un mode de réalisation, les composants de couplage 12 étant commandables électriquement, l'ensemble 14 de commande est adapté pour appliquer une commande électrique aux composants de couplage 12, afin commander la valeur des capacités des groupes de composants de couplage 12.

**[0083]** Dans ce mode de réalisation, la grandeur représentative de la valeur de la capacité d'un composant

de couplage 12 est par exemple la tension devant être appliquée aux bornes du composant de couplage pour obtenir cette valeur de capacité.

**[0084]** L'unité 26 de commande est ainsi configurée pour commander à chaque module 24 de commande l'application d'une tension électrique prédéterminée aux bornes des capacités d'un groupe 20a ou 20b de composants de couplage 12, en fonction du mode de fonctionnement de la fréquence de fonctionnement visés, et éventuellement de la largeur de bande passante visés, et chaque module 24 de commande est configuré pour appliquer la tension électrique commandée par l'unité 26 de commande aux bornes des composants de couplage 12 du groupe de composants de couplage 12. Par exemple, l'unité 26 de commande comprend deux sources de tension variable, chacune reliée, via des ramifications électriques, aux groupes de composants de couplage du premier ensemble ou du deuxième ensemble respectivement.

**[0085]** Pour obtenir un fonctionnement en mode coupe-bande, les deux sources de tension génèrent une tension à la même valeur, tandis que pour obtenir un fonctionnement en mode passe-bande, les tensions générées par les deux sources de tension diffèrent. Dans ces deux modes, les tensions générées dépendent de la fréquence de fonctionnement visée.

**[0086]** Selon un autre mode de réalisation, les composants de couplage 12 étant commandables thermiquement, l'ensemble 14 de commande est adapté pour appliquer une commande thermique aux composants de couplage 12, afin commander la valeur des capacités des groupes 20a, 20b de composants de couplage 12.

**[0087]** Dans ce mode de réalisation, la grandeur représentative de la valeur de la capacité d'un composant de couplage 12 est par exemple la température devant être imposée au composant de couplage 12 pour obtenir cette valeur de capacité.

**[0088]** L'unité 26 de commande est ainsi configurée pour commander à chaque module 24 de commande l'application d'une température prédéterminée à un groupe de composants de couplage, et chaque module 24 de commande est configuré pour appliquer la température commandée par l'unité 26 de commande au groupe de composants de couplage 12.

**[0089]** Par exemple, les modules 24 de commande peuvent être choisis parmi des modules Peltier, des résistances chauffantes, ou des moyens de commande pyro-optiques.

**[0090]** A titre d'exemple, un dispositif à surface sélective en fréquence a été fabriqué à partir d'un substrat de 0,78 mm d'épaisseur, réalisé en un matériau ayant une permittivité réelle égale à 3 et une tangente de pertes égale à 0,0023. Une pluralité de motifs élémentaire conducteurs de forme circulaire a été imprimée sur ce substrat, les motifs élémentaires formant un réseau lignes-colonnes. Chaque motif élémentaire forme un anneau de diamètre interne égal à 23 mm, la largeur de la bande formant l'anneau étant de 0,5 mm. Chaque motif élémentaire

taire occupe une cellule carrée de 25 mm de côté. Les différents motifs élémentaires sont donc disjoints.

**[0091]** Des varicaps ont été insérées pour relier les différents motifs élémentaires, comme décrit ci-dessus. Les varicaps sont des varicaps de BST, dont la capacité varie de 3,2 pF à 0,7 pF lorsque la tension à ses bornes varie de 0 V à  $\pm 20$  V.

**[0092]** Des ramifications électriques ont par ailleurs été imprimées sur le substrat afin de lier chaque paire de varicaps d'un premier ensemble, tel que décrit ci-dessus, à une première source de tension, et afin de relier chaque paire de varicaps d'un deuxième ensemble à une deuxième source de tension.

**[0093]** Dans un premier temps, la réponse en fréquence de ce dispositif a été testée en mode coupe-bande en appliquant plusieurs valeurs de tension aux bornes des varicaps, la même tension étant générée par la première et la deuxième sources de tension. Trois valeurs de tension ont été testées, correspondant à trois valeurs de capacité pour l'ensemble des varicaps, égales respectivement à 3,2 pF, 1,85 pF et 0,7 pF.

**[0094]** Des ondes électromagnétiques ont été émises sur le dispositif, avec un angle d'incidence nul et une polarisation verticale, et les ondes transmises ont été analysées afin de déterminer le coefficient de réflexion  $S_{11}$  et le coefficient de transmission  $S_{21}$  en fonction de la fréquence, pour des fréquences comprises entre 0,5 et 2,2 GHz.

**[0095]** Les Figures 3 et 4 illustrent ainsi la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  et du de transmission  $S_{21}$  respectivement en fonction de la fréquence, pour des valeurs des capacités égales à 3,2 pF (courbe A), 1,85 pF (courbe B) et 0,7 pF (courbe C).

**[0096]** On constate d'après ces Figures que le fonctionnement du dispositif 1 est bien celui d'une filtre coupe-bande.

**[0097]** La Figure 4 montre en particulier un déplacement de la fréquence de résonance du dispositif, c'est-à-dire de la fréquence centrale de la bande non transmise, vers de plus hautes fréquences lorsque la valeur des capacités diminue.

**[0098]** Dans un deuxième temps, la réponse en fréquence de ce dispositif a été testée en mode passe-bande en appliquant plusieurs couples de valeurs de tension aux bornes des varicaps, des tensions de valeurs distinctes étant générées par la première et la deuxième sources de tension.

**[0099]** Quatre couples valeurs de tension ont été testées, correspondant à quatre couples de valeurs de capacité, respectivement 2,3/3,2 pF, 1,5/2,9 pF, 0,7/3,2 pF, et 0,7/1,5 pF.

**[0100]** Des ondes électromagnétiques ont été émises sur le dispositif, avec un angle d'incidence nul et une polarisation verticale, et les ondes réfléchies et transmises ont été analysées afin de déterminer le coefficient de réflexion  $S_{11}$  et le coefficient de transmission  $S_{21}$  en fonction de la fréquence, pour des fréquences comprises entre 0,5 et 2,2 GHz.

**[0101]** Les Figures 5 et 6 illustrent ainsi la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  et du coefficient de transmission  $S_{21}$  respectivement en fonction de la fréquence, pour ces quatre couples de valeurs de capacités.

**[0102]** Sur ces Figures, la courbe D illustre la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  et du coefficient de transmission  $S_{21}$  respectivement en fonction de la fréquence pour le couple de valeurs de capacités 2,3/3,2 pF.

**[0103]** La courbe E illustre la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  et du coefficient de transmission  $S_{21}$  respectivement en fonction de la fréquence pour le couple de valeurs de capacités 1,5/2,9 pF.

**[0104]** La courbe F illustre la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  et du coefficient de transmission  $S_{21}$  respectivement en fonction de la fréquence pour le couple de valeurs de capacités 0,7/3,2 pF.

**[0105]** Enfin, la courbe G illustre la variation du coefficient de réflexion  $S_{11}$  et du coefficient de transmission  $S_{21}$  respectivement en fonction de la fréquence pour le couple de valeurs de capacités 0,7/1,5 pF.

**[0106]** On constate, d'après ces Figures, que le fonctionnement du dispositif est bien celui d'un filtre passe-bande, dont la fréquence de fonctionnement, correspondant à la fréquence centrale de la bande de fréquence transmise, varie lorsque les valeurs absolues de capacité  $C_{\min}$  et  $C_{\max}$  du couple varie. En outre, on constate une variation de la largeur de la bande passante lorsque la valeur du rapport  $C_{\min}/C_{\max}$  du couple varie. Notamment, on constate une variation de la largeur de la bande passante, avec une ouverture à -3 dB, de 0,010 GHz à 0,150 GHz. Le couple 2,3/3,2 pF (Courbe D) permet d'obtenir un mode passe-bande très étroit, de par le rapport  $C_{\min}/C_{\max}$  proche de 1. En diminuant les valeurs absolues de  $C_{\min}$  et  $C_{\max}$  à rapport  $C_{\min}/C_{\max}$  constant, une augmentation de la valeur de la fréquence de travail est obtenue. La bande passante est ajustable par la variation du rapport  $C_{\min}/C_{\max}$ . En effet, le couple 2,3/3,2 pF de rapport  $C_{\min}/C_{\max} = 0,72$  présente une bande passante très étroite (0,010 GHz à -3 dB) à la fréquence centrale de 0,96 GHz alors que le couple 0,7/3,2 pF de rapport  $C_{\min}/C_{\max} = 0,22$  a une bande passante élargie (0,150 GHz à -3 dB) à la fréquence centrale de 1,26 GHz.

**[0107]** Le dispositif à surface sélective en fréquence est donc multifonctionnel, en ce qu'il est propre à fonctionner sélectivement en tant que coupe-bande ou en tant que passe-bande, en réponse à une commande, en fonction des applications visées. En outre, ce dispositif est commandable en fréquence, la fréquence de fonctionnement et la largeur de la bande passante pouvant être modifiée, par application d'une commande, en fonction du besoin. En particulier, le dispositif offre des largeurs de bandes passantes qui peuvent atteindre des valeurs plus élevées que celles offertes par les dispositifs traditionnels.

**[0108]** Un tel dispositif est apte à être intégré dans une paroi structurelle composite, sans en dégrader les propriétés mécaniques. On comprendra néanmoins que seul le substrat sur lequel sont imprimés les motifs élé-

mentaires conducteurs et éventuellement les ramifications, et les composants de couplage, sont intégrées à la paroi, l'unité de commande pouvant être déportée à l'extérieur de la paroi.

**[0109]** Notamment, ce dispositif peut être intégré dans une paroi composite de type monolithique ou dans une paroi composite de type sandwich, notamment par insertion entre deux plis de composite, ou au niveau de l'interface entre l'âme et une peau du sandwich, ou encore en insertion au sein de l'âme dans une position parfaitement parallèle aux faces de la structure (par exemple par collage entre deux plaques de matériaux constitutifs de l'âme).

**[0110]** En particulier, en raison de la commandabilité fréquentielle du dispositif selon l'invention, un tel dispositif peut être utilisé de manière avantageuse :

- dans une paroi structurelle d'un porteur naval, terrestre ou aérien,
- dans une paroi de radôme actif, associé à une antenne, et/ou en tant que structure porteuse, par exemple une structure porteuse d'une antenne,
- dans un brouilleur, une carte électronique...
- pour réaliser du filtrage fréquentiel spatial, dans une antenne filtre ou un découpleur.

**[0111]** Notamment, l'intégration de dispositifs selon l'invention dans une paroi structurelle d'un porteur permet d'en modifier la signature radar.

**[0112]** L'utilisation de dispositifs selon l'invention permet d'apporter à des structures les intégrant de nouvelles fonctionnalités, ajoutant une plus-value à des structures initialement passives, tout en offrant un rallongement de la durée de vie de ces structures de par sa modularité.

**[0113]** Selon un mode de réalisation, illustré sur la Figure 6, plusieurs dispositifs selon l'invention peuvent être utilisés au sein d'un même système 30.

**[0114]** Un tel système comprend ainsi plusieurs dispositifs selon l'invention qui partagent le même substrat, et éventuellement la même unité de commande.

**[0115]** Dans l'exemple illustré sur la Figure 6, les réseaux 6 de motifs élémentaires conducteurs 8 des différents dispositifs 2, chacun de forme carrée, sont agencés en lignes et en colonnes, pour former un réseau global régulier de motifs élémentaires.

**[0116]** La réponse en fréquence de chacun des dispositifs 2, notamment son mode de fonctionnement en tant que coupe-bande ou en tant que passe-bande, sa fréquence de fonctionnement et éventuellement sa largeur de bande passante, reste cependant commandable indépendamment des autres dispositifs 2 du système 30. Par exemple, certains dispositifs 2 peuvent être commandés pour fonctionner en tant que passe-bandes, les autres dispositifs 2 étant commandés pour fonctionner en tant que coupe-bandes.

**[0117]** D'autres modes de réalisation peuvent être envisagés. Notamment, les élémentaires conducteurs ne sont pas nécessairement circulaires (anneaux et disques

pleins) mais peuvent être elliptiques, carrés, rectangulaires, hexagonaux, en croix de Jérusalem, etc.

## 5 Revendications

1. Dispositif (2) à surface sélective en fréquence, comprenant un substrat (4), un réseau (6) de motifs élémentaires conducteurs (8) imprimés sur une surface dudit substrat (4) et formant ensemble un réseau régulier, et un réseau de composants de couplage (12, 12a, 12b), chaque composant de couplage (12) reliant deux motifs élémentaires conducteurs (8) adjacents, chaque composant de couplage (12, 12a, 12b) ayant une capacité modifiable par application d'une commande, ledit dispositif (2) comprend en outre un ensemble (14) de commande configuré pour commander sélectivement la valeur des capacités de groupes (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) sélectivement selon :

- un premier mode, dans lequel la capacité de l'ensemble des groupes (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) est fixée à une même valeur, en vue de faire fonctionner ledit dispositif (2) en mode coupe-bande, et
- un deuxième mode, dans lequel la capacité des composants de couplage (12, 12a, 12b) d'un premier ensemble de groupes (20a) de composants de couplage (12, 12a, 12b) est fixée à une première valeur, et la capacité des composants de couplage (12, 12a, 12b) d'un deuxième ensemble (20b) de groupes de composants de couplage (12, 12a, 12b), complémentaire au premier ensemble, est fixée à une deuxième valeur, distincte de la première valeur, en vue de faire fonctionner ledit dispositif (2) en mode passe-bande, chaque groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) comprenant un premier composant de couplage (12a) reliant un premier motif élémentaire à un deuxième motif élémentaire qui lui est adjacent, et un deuxième composant de couplage (12b) reliant le premier motif élémentaire à un troisième motif élémentaire qui lui est adjacent le réseau (6) de motifs élémentaires étant un réseau lignes-colonnes, chaque composant de couplage (12) reliant deux motifs élémentaires conducteurs (8) adjacents selon une ligne ou selon une colonne.

2. Dispositif (2) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque groupe de composants de couplage (12, 12a, 12b) du premier ensemble, respectivement du deuxième ensemble, est adjacent uniquement à des groupes de composants de couplage (12, 12a, 12b) du deuxième ensemble, respective-

ment du premier ensemble.

3. Dispositif (2) selon les revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** chaque groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) est une paire de composants de couplage (12, 12a, 12b), chaque paire de composants de couplage (12, 12a, 12b) étant constituée d'un premier composant de couplage (12a) reliant un premier motif élémentaire à un deuxième motif élémentaire adjacent selon une ligne, et d'un deuxième composant de couplage (12b) reliant le premier motif élémentaire à un troisième motif élémentaire adjacent selon une colonne.
4. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** dans le premier mode, ledit ensemble (14) de commande est configuré pour faire varier la valeur de la capacité de tous les groupes (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b), en vue de faire varier une fréquence de résonance du dispositif (2).
5. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** dans le deuxième mode, ledit ensemble (14) de commande est configuré pour faire varier la valeur de la capacité des composants de couplage (12, 12a, 12b) du premier ensemble et/ou du deuxième ensemble, en vue de faire varier une fréquence de résonance du dispositif (2).
6. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** dans le deuxième mode, ledit ensemble (14) de commande est configuré pour faire varier la valeur de la capacité des composants de couplage (12, 12a, 12b) du premier ensemble et/ou du deuxième ensemble, en vue de faire varier une largeur de bande passante du dispositif (2).
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** lesdits composants de couplage (12, 12a, 12b) sont commandables électriquement, et **en ce que** ledit ensemble (14) de commande est adapté pour appliquer une commande électrique aux composants de couplage (12, 12a, 12b), afin de commander la valeur des capacités des groupes de composants de couplage (12, 12a, 12b).
8. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** lesdits composants de couplage (12, 12a, 12b) sont commandables thermiquement, et **en ce que** ledit ensemble (14) de commande est adapté pour appliquer une commande thermique auxdits composants de couplage (12, 12a, 12b), afin de commander la valeur des capacités des groupes de composants de couplage (12, 12a, 12b).
9. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** lesdits composants de couplage (12, 12a, 12b) sont des varicaps, notamment des varicaps ferroélectriques.
10. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'ensemble (14) de commande comprend :
  - un réseau de modules (24) de commande des composants de couplage (12, 12a, 12b), chaque module (24) de commande étant associé à un groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) parmi lesdits groupes (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) et étant configuré pour commander sélectivement la valeur des capacités du groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) associé, et
  - une unité (26) de commande des modules (24) de commande, configurée pour commander lesdits modules (24) de commande pour que chaque module (24) de commande commande la valeur des capacités du groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) associé, selon le premier mode ou selon le deuxième mode sélectivement.
11. Dispositif (2) selon les revendications 7 et 10, **caractérisé en ce que** ladite unité (26) de commande est configurée pour commander à chaque module (24) de commande l'application d'une tension électrique prédéterminée aux bornes de chaque composants de couplage (12) du groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) associé au module (24) de commande, et **en ce que** chaque module (24) de commande est configuré pour appliquer la tension électrique commandée par ladite unité (26) de commande aux bornes de chaque composant de couplage (12) du groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) associé.
12. Dispositif (2) selon les revendications 8 et 10, **caractérisé en ce que** ladite unité (26) de commande est configurée pour commander à chaque module (24) de commande l'application d'une température prédéterminée au groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) associé audit module (24) de commande, et **en ce que** chaque module (24) de commande est configuré pour appliquer ladite température commandée par ladite unité (26) de commande au groupe (20a, 20b) de composants de couplage (12, 12a, 12b) associé.
13. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** chaque motif élémentaire conducteur (8) est en forme d'anneau.

14. Système (30) à surface sélective en fréquence, ledit système (30) étant **caractérisé en ce qu'il** comprend une pluralité de dispositifs (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, les substrats (4) desdits dispositifs (2) étant communs auxdits dispositifs (2), les motifs élémentaires conducteurs (8) de chaque dispositif (2) étant imprimés sur au moins une surface du substrat (4) disjointe de toute surface du substrat (4) sur laquelle sont imprimés les motifs élémentaires conducteurs (8) d'un autre dispositif (2).

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung (2) mit frequenzselektiver Fläche, aufweisend ein Substrat (4), ein Netzwerk (6) aus elementaren leitfähigen Mustern (8), welche auf eine Fläche des Substrats (4) gedruckt sind und zusammen ein regelmäßiges Gitter bilden, und ein Netzwerk von Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b), wobei jede Verbindungskomponente (12) zwei benachbarte, elementare leitfähige Muster (8) verbindet, wobei jede Verbindungskomponente (12, 12a, 12b) eine durch Anlegen eines Befehls modifizierbare Kapazität hat, wobei die Vorrichtung (2) ferner eine Steuereinrichtung (14) aufweist, welche dazu eingerichtet ist, selektiv den Wert von Kapazitäten von Gruppen (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) zu steuern auf selektive Weise gemäß:

- einem ersten Modus, in welchem die Kapazität aller Gruppen (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) auf einen gleichen Wert festgelegt wird, um die Vorrichtung (2) im Bandsperr-Modus zu betreiben,
- einem zweiten Modus, in welchem die Kapazität der Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) eines ersten Satzes von Gruppen (20a) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) auf einen ersten Wert festgelegt wird und die Kapazität der Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) eines zum ersten Satz komplementären zweiten Satzes von Gruppen (20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) auf einen zweiten Wert, welcher von dem ersten Wert verschieden ist, festgelegt wird, um die Vorrichtung (2) im Bandpass-Modus zu betreiben,

wobei jede Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) eine erste Verbindungskomponente (12a), welche ein erstes elementares Muster mit einem zweiten elementaren Muster, welches dazu benachbart ist, verbindet, und eine zweite Verbindungskomponente (12b), welche das erste elementare Muster mit einem dritten elementaren Muster, welches dazu benachbart ist, verbindet, auf-

weist,

wobei das Netzwerk (6) aus elementaren Mustern ein Zeilen-Spalten-Netzwerk ist, wobei jede Verbindungskomponente (12) zwei benachbarte elementare leitfähige Muster (8) entlang einer Zeile oder einer Spalte verbindet.

2. Vorrichtung (2) gemäß dem Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch, dass** jede Gruppe an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) des ersten Satzes bzw. des zweiten Satzes nur zu Gruppen an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) des zweiten Satzes bzw. des ersten Satzes benachbart ist.

3. Vorrichtung (2) gemäß den Ansprüchen 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch, dass** jede Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) ein Paar von Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) ist, wobei jedes Paar von Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) aus einer ersten Verbindungskomponente (12a), welche ein erstes elementares Muster mit einem entlang einer Zeile benachbarten, zweiten elementaren Muster verbindet, und aus einer zweiten Verbindungskomponente (12b), welche das erste elementare Muster mit einem entlang einer Spalte benachbarten, dritten elementaren Muster verbindet, gebildet sind.

4. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch, dass** in dem ersten Modus die Steuereinrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Wert der Kapazität aller Gruppen (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) zu variieren, um eine Resonanzfrequenz der Vorrichtung (2) zu variieren.

5. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch, dass** in dem zweiten Modus die Steuereinrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Wert der Kapazität der Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) des ersten Satzes und/oder des zweiten Satzes zu variieren, um eine Resonanzfrequenz der Vorrichtung (2) zu variieren.

6. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch, dass** in dem zweiten Modus die Steuereinrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Wert der Kapazität der Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) des ersten Satzes und/oder des zweiten Satzes zu variieren, um eine Durchlassbandbreite der Vorrichtung (2) zu variieren.

7. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) elektrisch steuerbar sind, und dadurch, dass die Steuereinrichtung (14) dazu eingerichtet ist, einen elektrischen Befehl an die Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) da-

zu anzulegen, den Wert von Kapazitäten von Gruppen an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) zu steuern.

8. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) thermisch steuerbar sind, und dadurch, dass die Steuereinrichtung (14) dazu eingerichtet ist, einen thermischen Befehl an die Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) dazu anzulegen, den Wert von Kapazitäten von Gruppen an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) zu steuern. 5
9. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) Varaktoren, insbesondere ferroelektrische Varaktoren, sind. 10
10. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Steuereinrichtung (14) aufweist: 15
  - ein Netzwerk aus Modulen (24) zum Steuern der Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b), wobei jedes Modul (24) zum Steuern zu einer Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) aus den Gruppen (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) gehört und dazu eingerichtet ist, selektiv den Wert von Kapazitäten der zugehörigen Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) zu steuern, und 25
  - eine Einheit (26) zum Steuern der Module (24) zum Steuern, welche dazu eingerichtet ist, die Module (24) zum Steuern so zu steuern, dass jedes Modul (24) zum Steuern den Wert von Kapazitäten einer zugehörigen Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) selektiv gemäß dem ersten Modus oder dem zweiten Modus steuert. 30
11. Vorrichtung (2) gemäß den Ansprüchen 7 und 10, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Einheit (26) zum Steuern dazu eingerichtet ist, jedem Modul (24) zum Steuern das Anlegen einer vorbestimmten elektrischen Spannung an die Anschlüsse jeder Verbindungskomponente (12) der zu dem Modul (24) zum Steuern zugehörige Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) zu befehlen, und dadurch, dass jedes Modul (24) zum Steuern dazu eingerichtet ist, die elektrische Spannung, welche durch die Einheit (26) zum Steuern befohlen wird, an die Anschlüsse jeder Verbindungskomponente (12) der zugehörigen Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) anzulegen. 35
12. Vorrichtung (2) gemäß den Ansprüchen 8 und 10, 40

**gekennzeichnet dadurch, dass** die Einheit (26) zum Steuern dazu eingerichtet ist, jedem Modul (24) zum Steuern das Anlegen einer vorbestimmten Temperatur an die zu dem Modul (24) zum Steuern zugehörige Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) zu befehlen, und dadurch, dass jedes Modul (24) zum Steuern dazu eingerichtet ist, die Temperatur, welche durch die Einheit (26) zum Steuern befohlen wird, an die zugehörige Gruppe (20a, 20b) an Verbindungskomponenten (12, 12a, 12b) anzulegen.

13. Vorrichtung (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, **gekennzeichnet dadurch, dass** jedes elementare leitfähige Muster (8) ringförmig ist. 45
14. System (30) mit frequenzselektiver Fläche, wobei das System (30) **dadurch gekennzeichnet ist, dass** es eine Mehrzahl an Vorrichtungen (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 aufweist, wobei die Substrate (4) der Vorrichtungen (2) unter den Vorrichtungen (2) gemeinsam geteilt werden, wobei die elementaren leitfähigen Muster (8) jeder Vorrichtung (2) auf mindestens eine Fläche des Substrats (4) gedruckt ist, welche von jeder Fläche des Substrats (4), auf welche die elementare leitfähigen Muster (8) einer anderen Vorrichtung (2) gedruckt sind, separat ist. 50

## Claims

1. Device (2) having a frequency-selective surface comprising a substrate (4), a network (6) of conductive elementary patterns (8) which are imprinted on a surface of said substrate (4) and form in total a regular network, and a network of coupling components (12, 12a, 12b), each coupling component (12) connecting two adjacent conductive elementary patterns (8), each coupling component (12, 12a, 12b) having a capacitance which can be modified by application of a control, 55  
said device (2) comprising, furthermore, a control assembly (14) which is configured to control selectively the value of the capacitances of the groups (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) selectively according to:
  - a first mode, in which the capacitance of the assembly of groups (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) is fixed at the same value, in order to make said device (2) function in band-stop mode, and
  - a second mode, in which the capacitance of the coupling components (12, 12a, 12b) of a first assembly of groups (20a) of coupling components (12, 12a, 12b) is fixed at a first value, and the capacitance of the coupling components

(12, 12a, 12b) of a second assembly (20b) of groups of coupling components (12, 12a, 12b), complementary to the first assembly, is fixed at a second value, different from the first value, in order to make said device (2) function in band-pass mode,

each group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) comprising a first coupling component (12a) connecting a first elementary pattern to a second elementary pattern which is adjacent thereto, and a second coupling component (12b) connecting the first elementary pattern to a third elementary pattern which is adjacent thereto, the network (6) of elementary patterns being a line-column network, each coupling component (12) connecting two adjacent conductive elementary patterns (8) according to a line or according to a column.

2. Device (2) according to claim 1, **characterised in that** each group of coupling components (12, 12a, 12b) of the first assembly, respectively of the second assembly, is adjacent solely to groups of coupling components (12, 12a, 12b) of the second assembly, respectively of the first assembly.
3. Device (2) according to claims 1 and 2, **characterised in that** each group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) is a pair of coupling components (12, 12a, 12b), each pair of coupling components (12, 12a, 12b) being formed of a first coupling component (12a) connecting a first elementary pattern to a second adjacent elementary pattern according to a line, and a second coupling component (12b) connecting the first elementary pattern to a third adjacent elementary pattern according to a column.
4. Device (2) according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** in the first mode, said control assembly (14) is configured to make the value of the capacitance of all the groups (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) vary, in order to make a resonance frequency of the device (2) vary.
5. Device (2) according to any of claims 1 to 4, **characterised in that** in the second mode, said control assembly (14) is configured to make the value of the capacitance of the coupling components (12, 12a, 12b) of the first assembly and/or of the second assembly vary, in order to make a resonance frequency of the device (2) vary.
6. Device (2) according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** in the second mode, said control assembly (14) is configured to make the value of the capacitance of the coupling components (12, 12a, 12b) of the first assembly and/or of the second assembly vary, in order to make a width of the band-

width of the device (2) vary.

7. Device (2) according to any of claims 1 to 6, **characterised in that** said coupling components (12, 12a, 12b) can be controlled electrically, and **in that** said control assembly (14) is adapted to apply an electrical control to the coupling components (12, 12a, 12b), in order to control the value of the capacitances of the groups of coupling components (12, 12a, 12b).
8. Device (2) according to any of claims 1 to 7, **characterised in that** said coupling components (12, 12a, 12b) can be controlled thermally, and **in that** said control assembly (14) is adapted to apply a thermal control to said coupling components (12, 12a, 12b), in order to control the value of the capacitances of the groups of coupling components (12, 12a, 12b).
9. Device (2) according to any of claims 1 to 8, **characterised in that** said coupling components (12, 12a, 12b) are varicaps, in particular ferroelectrical varicaps.
10. Device (2) according to any of claims 1 to 9, **characterised in that** the control assembly (14) comprises:
  - a network of control modules (24) of the coupling components (12, 12a, 12b), each control module (24) being associated with a group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) among said groups (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b), and being configured to control selectively the value of the capacitances of the associated group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b), and
  - a control unit (26) of the control modules (24), configured to control said control modules (24) in order that each control module (24) controls the value of the capacitances of the associated group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) according to the first mode or according to the second mode selectively.
11. Device (2) according to claims 7 and 10, **characterised in that** said control unit (26) is configured to control at each control module (24) the application of a predetermined electrical voltage to the terminals of each coupling component (12) of the group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) associated with the control module (24), and **in that** each control module (24) is configured to apply the electrical voltage controlled by said control unit (26) to the terminals of each coupling component (12) of the associated group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b).

12. Device (2) according to claims 8 and 10, **characterised in that** said control unit (26) is configured to control at each control module (24) the application of a predetermined temperature to the group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b) associated with said control module (24), and **in that** each control module (24) is configured to apply said temperature controlled by said control unit (26) to the associated group (20a, 20b) of coupling components (12, 12a, 12b). 5 10
13. Device (2) according to any of claims 1 to 12, **characterised in that** each conductive elementary pattern (8) is in the form of a ring. 15
14. System (30) having a frequency-selective surface, said system (30) being **characterised in that** it comprises a plurality of devices (2) according to any of claims 1 to 13, 20  
the substrates (4) of said devices (2) being common to said devices (2), the conductive elementary patterns (8) of each device (2) being imprinted on at least one surface of the substrate (4) which is disconnected from any surface of the substrate (4) on which the conductive elementary patterns (8) of another device (2) are imprinted. 25

30

35

40

45

50

55

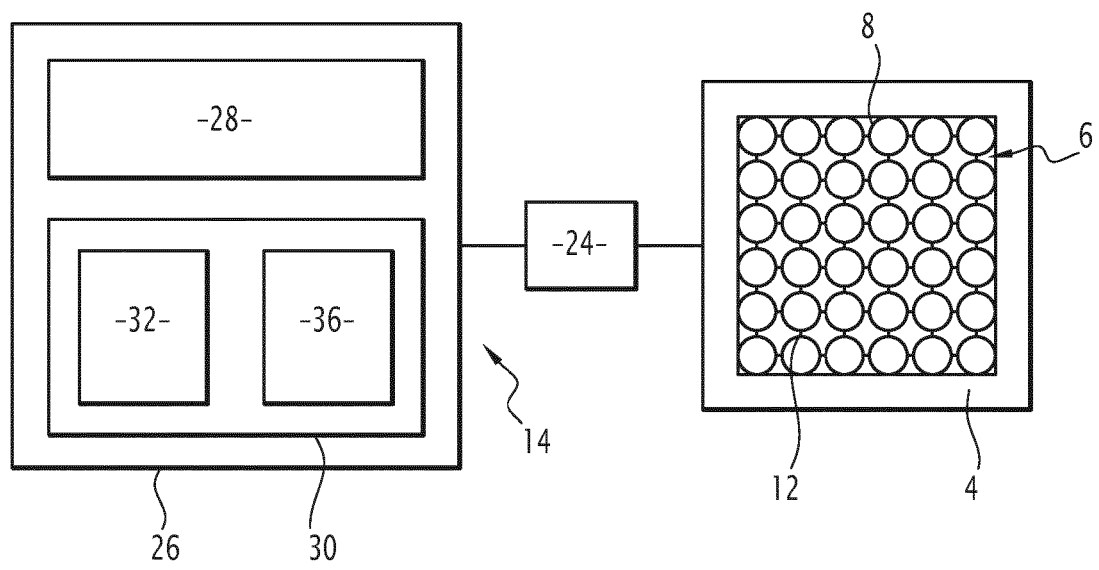
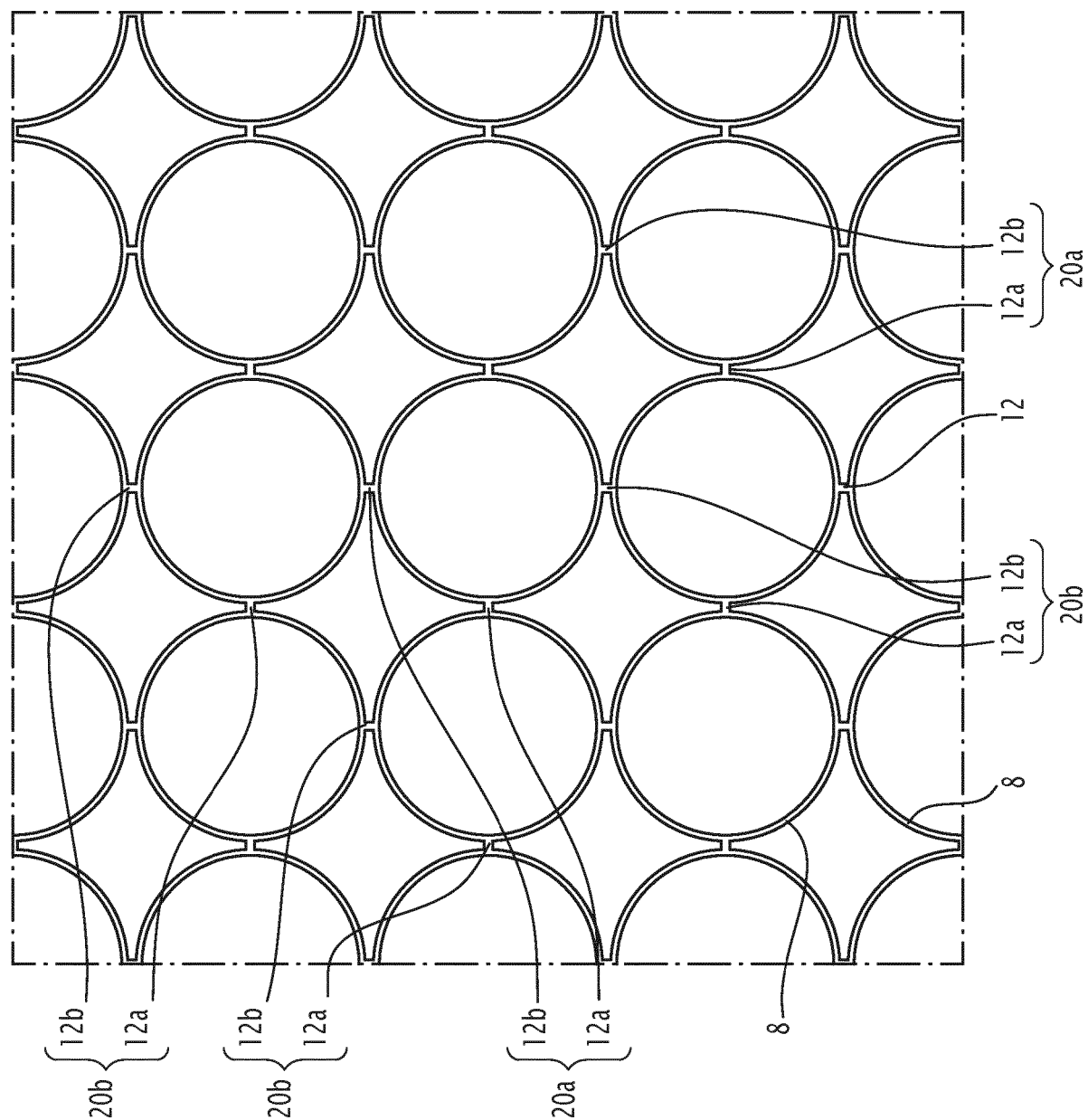


FIG.1

**FIG. 2**



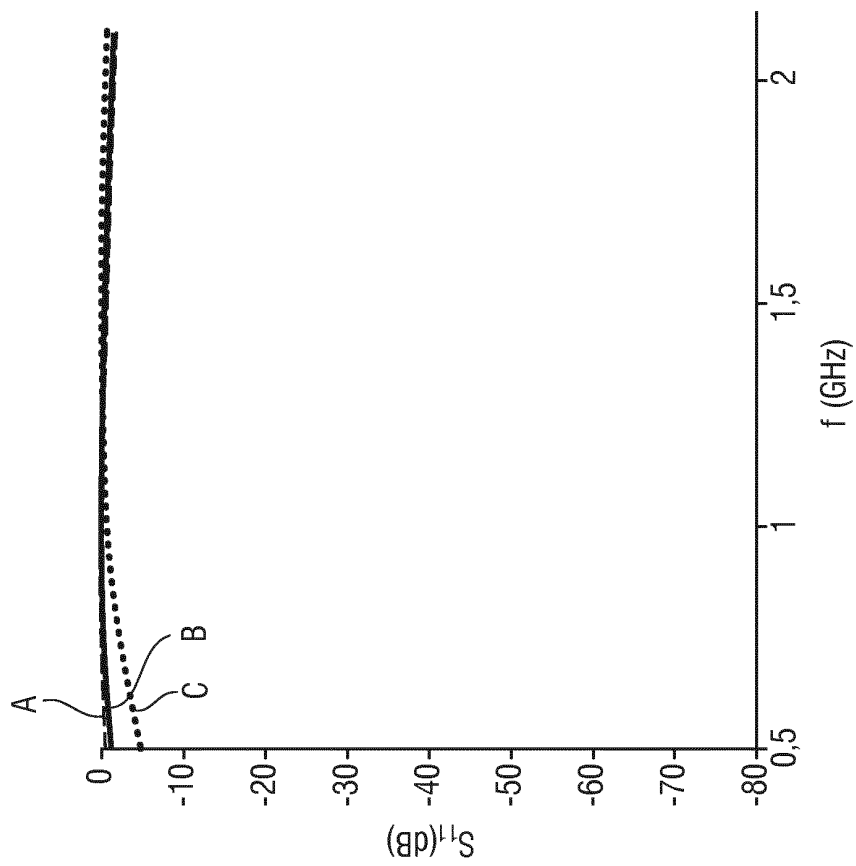


FIG. 3

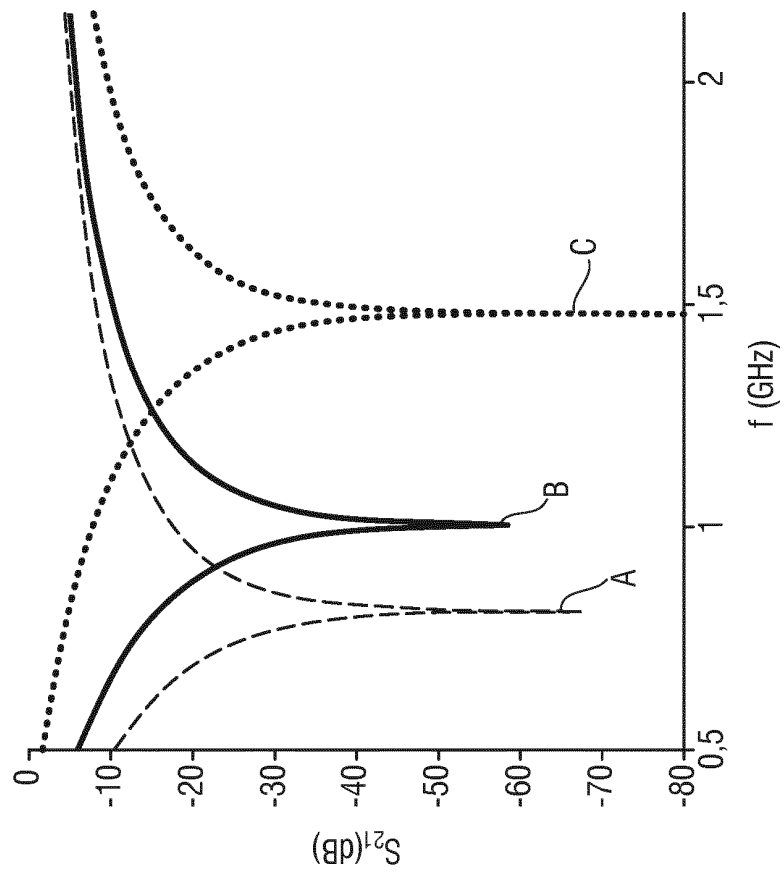


FIG. 4

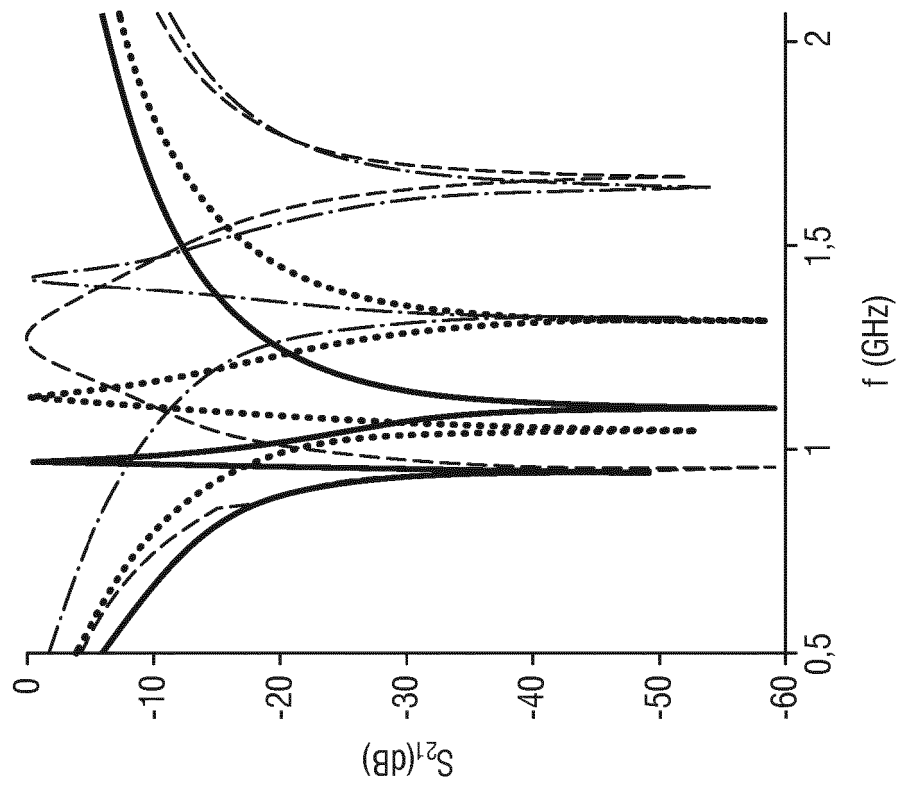


FIG. 5

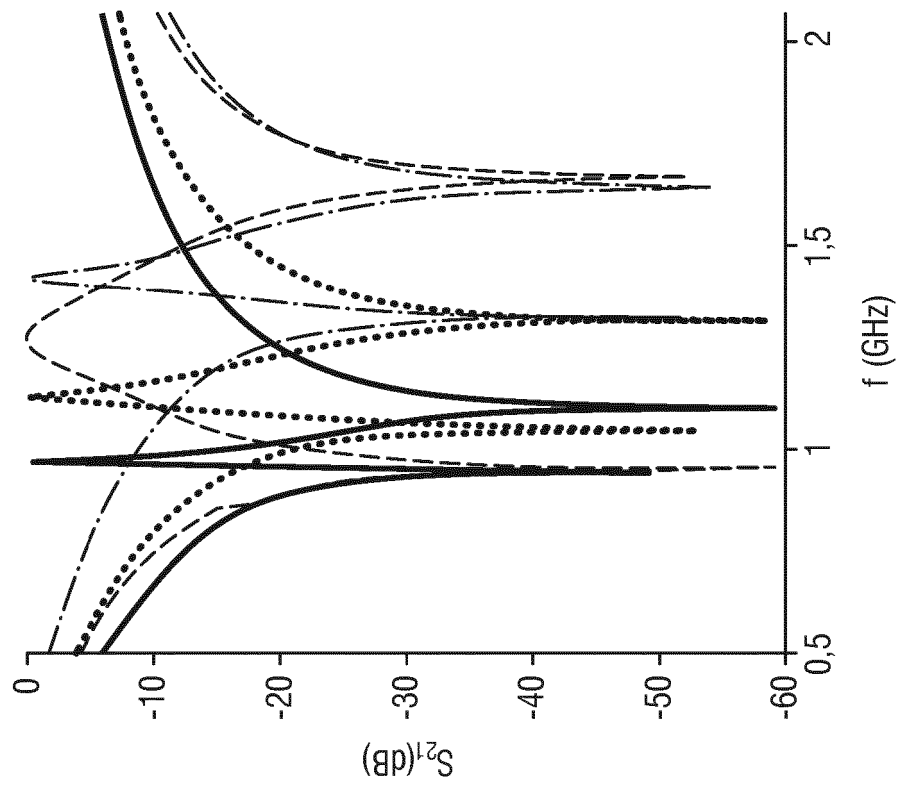


FIG. 6

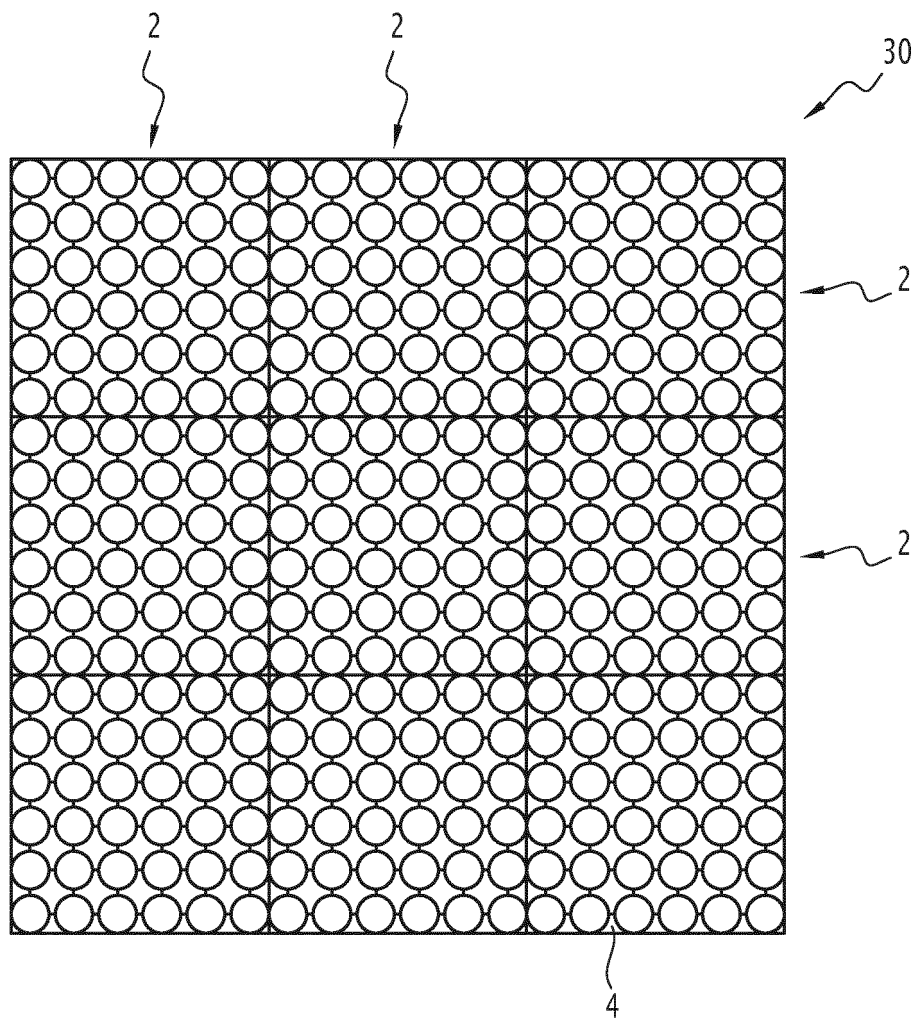


FIG. 7

**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 20110210903 A [0002]