



(11) **EP 1 964 204 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
13.06.2012 Bulletin 2012/24

(21) Numéro de dépôt: **06830197.7**

(22) Date de dépôt: **29.11.2006**

(51) Int Cl.:
H01P 1/18 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2006/069069

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2007/071533 (28.06.2007 Gazette 2007/26)

(54) **BOITIER AVEC FONCTION ACCORDABLE EN FREQUENCE**

MODUL MIT FREQUENZEINSTELLUNGSFUNKTION

MODULE WITH FREQUENCY-TUNABLE FUNCTION

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **22.12.2005 FR 0513122**

(43) Date de publication de la demande:
03.09.2008 Bulletin 2008/36

(73) Titulaire: **Thomson Licensing, Inc.**
92100 Boulogne-Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:
• **BARON, François**
F-92648 Boulogne Cedex (FR)
• **NICOLAS, Corinne**
F-35520 La Chapelle des Fougeretz (FR)
• **LO HINE TONG, Dominique**
F-35700 Rennes (FR)

(74) Mandataire: **Esselin, Sophie**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble Visium
22, Avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(56) Documents cités:
• **MULLER SET AL: "Tunable passive phase shifter
for microwave applications using highly
anisotropic liquid crystals" MICROWAVE
SYMPOSIUM DIGEST, 2004 IEEE MTT-S
INTERNATIONAL FORT WORTH, TX, USA JUNE
6-11, 2004, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 2,
6 juin 2004 (2004-06-06), pages 1151-1154,
XP010728343 ISBN: 0-7803-8331-1**

EP 1 964 204 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] Le domaine de l'invention est celui des composants électroniques, intégrés dans des structures micro-usinées, particulièrement intéressants notamment pour des applications composants micro-onde pour lesquelles de faibles pertes sont demandées.

[0002] La technologie de micro-usinage permet la réalisation de structures actives ou passives dont les dimensions et le poids sont fortement réduits par rapport aux technologies plus classiques, comme les circuits imprimés, tout en diminuant le coût et en améliorant notablement les performances aux fréquences millimétriques. En particulier, la capacité de cette technique à intégrer des fonctionnalités en 3 dimensions permet d'augmenter la densité d'intégration des circuits. Elle offre également la possibilité d'intégrer, à l'intérieur même de ces structures micro-usinées, des systèmes multi-fonctions de haut niveau dans une seule technologie planaire. Par exemple, l'intégration de composants actifs en flip-chip ou en filaire est tout à fait envisageable avec ce type de technologie.

[0003] Elle permet aussi d'intégrer facilement des composants passifs micro-usinés en remplacement de composants discrets, qui souvent imposent des études d'intégration complexes et par conséquent onéreuses. De plus, cette technologie a l'avantage de permettre l'intégration directe de composants MEMS (Micro Electronic Memory System) et d'obtenir des systèmes très performants de 1 GHz à quelques THz, tout en réduisant les dimensions des structures finales.

[0004] Les circuits micro-usinés ne nécessitent pas d'encapsulation particulière, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas besoin de boîtiers ou de supports externes, puisque la protection des circuits est réalisée naturellement par le blindage des structures.

[0005] La technologie de micro-usinage permet de graver des conducteurs sur une membrane très fine (environ 10 μm) et d'encapsuler l'ensemble de la structure dans un substrat solide. Elle peut être appliquée à tout type de substrat semi-conducteur, mais l'utilisation du silicium permet de diminuer de manière plus sensible les coûts de fabrication, ce substrat étant largement employé dans l'industrie du semi-conducteur.

[0006] Il a notamment déjà été proposé des modules comportant des structures micro-usinées comprenant des fonctions accordables en fréquence telles que celle illustrée en figure 1. Une ligne signal gravée L_s et un plan de masse associé PM_s sont définis à la surface d'un substrat 1 et encapsulés dans une structure micro-usinée définie par le substrat et un support 2, typiquement obtenu par usinage d'une pièce en silicium. Il s'agit d'une structure dite triplaque définie par trois niveaux de plan de masse : PM_1 , PM_s et PM_2 , les plans de masse PM_1 et PM_2 assurant le blindage électromagnétique de l'ensemble comportant une cavité 3.

[0007] Il est par ailleurs connu de pouvoir réaliser des fonctions accordables en fréquence en utilisant des ma-

tériaux diélectriques dont les caractéristiques varient avec une excitation électrique.

[0008] Par exemple, l'utilisation de cristaux liquides permettant de réaliser des capacités ou des déphaseurs variables, mais aussi des filtres accordables a été décrite dans la littérature ("Tunable Passive Phase Shifter for Microwave Applications using Highly isotropic Liquid Crystals", WEIF-32, IEEE MTT-S Digest 2004, pp 1153-1156, "Ferro-electric and Liquid Crystal Tunable Microwave Phase Shifters", 33rd European Microwave Conference - Munich 2003, pp 1431-1434, "Improvement of an Inverted Microstrip Line-Based Microwave Tunable Phase-Shifter using Liquid Crystal", 33rd European Microwave Conference - Munich 2003, pp 1417-1420, "Nouvelles structures de déphaseurs agiles en fréquence à substrat cristal liquide », 12èmes Journées Nationales Microondes, 16-17-18 mai 2001 - POITIERS, 6B1)

[0009] Pour rendre la fonction définie par la ligne signal et son plan de masse, accordable en fréquence, il a déjà été proposé de remplir la cavité 3 par un matériau, par exemple, de type cristal liquide dont la permittivité peut être commandée électriquement.

[0010] Néanmoins, la présence du substrat massif représente un inconvénient dans ce type de structure, d'une part en raison de la permittivité élevée des matériaux classiquement employés comme substrat et d'autre part par la non accordabilité en fréquence de leurs propriétés diélectriques.

[0011] Dans ce contexte, la présente invention propose un nouveau boîtier électronique comportant un substrat, une fonction accordable en fréquence, un matériau diélectrique à permittivité variable avec une excitation électrique en contact avec ladite fonction et un support solidaire du substrat de manière à définir le boîtier, caractérisé en ce que le substrat comporte une membrane supportant la fonction accordable, ladite membrane étant comprise entre une cavité supérieure et une cavité inférieure du boîtier, au moins une cavité étant remplie par le matériau diélectrique.

[0012] Avantageusement, le matériau diélectrique à permittivité variable peut comprendre un cristal liquide. Il peut s'agir d'un matériau homogène ou d'un matériau composite comportant un polymère et du cristal liquide dispersé dans le polymère.

[0013] Avantageusement, le substrat comporte une première partie en matériau semiconducteur présentant une surface localement usinée, une seconde partie comprenant une membrane supportée par un matériau semiconducteur comportant une surface localement usinée, lesdites première partie et seconde partie étant assemblées, les surfaces usinées étant en regard, la cavité inférieure étant définie entre ces surfaces usinées et la membrane.

[0014] Avantageusement, le support comporte une troisième partie en matériau semiconducteur localement usinée, la cavité supérieure étant définie entre ladite surface usinée et la membrane.

[0015] Avantageusement, l'une ou les deux cavités sont remplies d'au moins un matériau comprenant du cristal liquide.

[0016] Avantageusement, la fonction peut être de type filtre, ligne à retard, déphaseur, ...

[0017] Avantageusement, la fonction comprend une ligne signal et un plan de masse associé.

[0018] Avantageusement, la face inférieure de la cavité supérieure et la face supérieure de la cavité inférieure comprennent chacune un plan de masse pour le signal, permettant d'assurer le blindage électromagnétique du boîtier vis à vis de la fonction accordable en fréquence. Il est à noter que la notion de plan de masse dans le cas présent est relative à la bande de fréquence du signal utile, la masse pour les tensions continues pouvant être différente.

[0019] Avantageusement, les surfaces usinées des substrats semiconducteurs sont métallisées pour constituer des plans de masse.

[0020] Selon une variante de l'invention, les moyens pour accorder en fréquence la fonction sont constitués par un champ électrique appliqué soit entre la structure gravée sur la membrane d'une part et au moins l'un des plans de masse d'autre part, soit entre les deux plans de masse qui sont dans ce cas isolés d'un point de vue signal continu.

[0021] Avantageusement, le boîtier peut-être en silicium, la membrane étant en matériau de type silice ou nitrure de silicium ou une combinaison des deux, ou bien encore en benzocyclobutene.

[0022] Avantageusement, la fonction et/ou les plans de masse sont en métal. Il peut notamment s'agir d'or

[0023] L'invention a aussi pour objet un procédé de fabrication d'un boîtier électronique selon l'invention comportant en outre les étapes suivantes :

- la réalisation d'un premier substrat localement usiné
- la réalisation d'une membrane comportant une fonction accordable en fréquence, supportée par un second substrat localement usiné
- la réalisation d'un troisième substrat localement usiné
- l'assemblage des trois substrats de manière à définir un boîtier comportant une cavité inférieure et une cavité supérieure de part et d'autre de la membrane.
- le remplissage d'au moins une cavité par un matériau fluide comportant un matériau diélectrique à permittivité variable avec une excitation électrique.

[0024] Avantageusement, le matériau diélectrique peut comprendre du cristal liquide.

[0025] Selon une variante de l'invention, le remplissage de matériau comportant du cristal liquide est effectué par injection.

[0026] Selon une variante de l'invention, les surfaces usinées des premier, second et troisième substrats sont métallisées.

[0027] Avantageusement les substrats sont en sili-

cium.

[0028] Selon une variante de procédé selon l'invention, les substrats peuvent être usinés par photolithographie.

5 **[0029]** L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- 10 - la figure 1 illustre un exemple de boîtier électronique comportant une fonction accordable en fréquence selon l'art connu
- la figure 2 illustre un exemple de boîtier de l'invention, comportant deux cavités délimitées par une membrane
- 15 - les figures 3a à 3c illustrent les étapes d'un procédé de fabrication du boîtier selon l'invention
- les figures 4a et 4b illustrent deux exemples d'adressage de la fonction accordable en fréquence
- 20 - la figure 5 illustre un exemple de filtre à 3 pôles réalisé à la surface de la membrane dans un boîtier selon l'invention
- la figure 6 illustre les évolutions de l'adaptation et de la transmission en fonction de la fréquence pour différentes valeurs de permittivités ajustées par modification de la tension continue appliquée sur un cristal liquide utilisé dans un boîtier selon l'invention

30 **[0030]** Le boîtier électronique proposé dans la présente invention comporte de manière générale deux cavités délimitées par une membrane sur laquelle est réalisé au moins un composant encore appelé fonction que l'on cherche à rendre accordable en fréquence, comme illustré en figure 2 qui représente une vue en coupe d'un exemple de boîtier selon l'invention.

35 **[0031]** Plus précisément le boîtier est défini par une première partie ou support 11 et une seconde partie 12 appelée aussi substrat, séparée par une membrane 13 sur laquelle est réalisée la fonction, dans le cas représenté une ligne micro-ruban L_s . Deux cavités supérieures 14 et inférieure 15 sont ainsi définies de part et d'autre de la membrane 13. Au moins l'une de ces deux cavités est remplie de matériau diélectrique à permittivité accordable en fréquence, avantageusement les 2 peuvent l'être, comme représenté dans le cas présent par des hachures relatives au matériau diélectrique. Par ailleurs, la structure ainsi réalisée comprend trois niveaux de plan de masse : PM_s , PM_{11} et PM_{12} .

50 Exemple de réalisation de boîtier comportant des cavités réalisées dans des substrats de silicium :

[0032] Nous allons décrire plus en détails la réalisation du boîtier à partir de plusieurs substrats de silicium :

- 55
- On utilise un premier substrat S_1 en silicium, sur lequel on réalise un masque par photolithographie de manière à pouvoir définir une zone destinée à la gra-

vure. Après gravure, l'ensemble de la surface est métallisé, on obtient le substrat usiné tel que représenté en figure 3a et comprenant le plan de masse PM_{11} .

- On utilise un second substrat S_2 correspondant à un substrat silicium recouvert d'une couche d'oxyde en face supérieure comme représenté en figure 3b. A la place d'oxyde, d'autres matériaux peuvent être utilisés comme mentionné ci-dessus pour la membrane. On procède à l'usinage de cette pièce en face inférieure jusqu'à arrêt de gravure sur la couche d'oxyde formant ainsi la membrane destinée à recevoir la fonction accordable. On dépose donc sur la couche d'oxyde Co, en face supérieure, une ligne micro-ruban L_s destinée à constituer la fonction accordable en fréquence, ainsi qu'un plan de masse associé PM_s , et en face arrière une autre métallisation PM_{20} .
- On utilise un troisième substrat silicium S_3 usiné et recouvert d'une couche métallique illustré en figure 3c de manière à réaliser un substrat similaire à celui illustré en figure 3a et comportant le plan de masse PM_{21} .
- Les trois substrats S_1 , S_2 et S_3 sont alors assemblés par brasage, collage ou thermo-compression. On définit ainsi le boîtier avec ses deux cavités et ses plans de masse permettant le blindage: PM_{11} et PM_{12} défini par les métallisations PM_{20} et PM_{21} .

[0033] Après réalisation du boîtier intégrant les deux cavités, on procède au remplissage par un matériau cristal liquide fluide. Cette opération de remplissage peut être effectuée par injection en utilisant des ouvertures aménagées dans le couvercle et qui permettent le passage des accès hyperfréquence, pour connecter la fonction accordable en fréquence.

[0034] La commande en tension du cristal liquide peut être faite de différentes manières. Les figures 4a et 4b illustrent des montages électriques possibles. Ainsi la figure 4a illustre une configuration dans laquelle une tension radio-fréquence RF et une tension continue Vdc sont appliquées sur la structure gravée sur la membrane au niveau de la ligne micro-ruban L_s .

[0035] La figure 4b illustre une autre configuration possible dans laquelle, la tension continue de commande du cristal liquide est appliquée entre les éléments de plan de masse PM_{11} et PM_{12} entourant la ligne micro-ruban.

Exemple de réalisation de boîtier selon l'invention comportant un filtre 3 pôles et deux cavités remplies de cristal liquide

[0036] Dans l'exemple choisi, la fonction est un filtre à 3 pôles tel qu'illustré en figure 5 qui illustre une vue de dessus mettant en évidence les métallisations constitutives des lignes d'entrée L_1 et de sortie L_2 , des résonateurs R_1 , R_2 et R_3 , des plans de masse signal associés PM_s . D'autres fonctions telles que des lignes à retard,

des déphaseurs ou similaire peuvent être aussi réalisées.

[0037] Les cavités sont remplies avec le cristal liquide nématique commercial K15 de la société Merck dont la permittivité relative peut varier entre 2,9 et 3,1.

[0038] On obtient les performances illustrées en figure 6, correspondant à l'évolution de l'adaptation (courbes descendantes) et de la transmission (courbes ascendantes) en fonction de la fréquence de fonctionnement pour différentes permittivités. La permittivité est ajustée par modification de la tension continue appliquée.

[0039] La variation relative de la fréquence centrale obtenue est égale à $\sqrt{\epsilon_{r2} / \epsilon_{r1}}$ soit ici 1 GHz à 30GHz.

Et comme le montrent les courbes de la figure 6, le niveau d'adaptation, autour de -30dB, est parfaitement conservé.

[0040] Les performances en terme d'amplitude de variation en fréquence de fonctionnement du filtre 3 pôles dans un boîtier selon l'art connu et selon l'invention ont été comparées.

a) Boîtier avec une structure de l'art antérieur telle qu'illustrée en figure 1 comprenant un substrat en alumine et une cavité remplie avec le cristal liquide K15 :

Variation relative de la fréquence centrale : 0,7 %

b) Boîtier avec une structure de l'art antérieur telle qu'illustrée en figure 1 comprenant un substrat en matériau polymère RO 4003 et une cavité remplie avec le cristal liquide K15 : Variation relative de la fréquence centrale : 1,6 %

c) Boîtier avec une structure de l'invention telle qu'illustrée en figure 2 comprenant une cavité remplie d'air et une cavité remplie avec le cristal liquide K15 :

Variation relative de la fréquence centrale : 3 %

d) Boîtier avec une structure de l'invention telle qu'illustrée en figure 2 comprenant deux cavités remplies avec le cristal liquide K15 :

Variation relative de la fréquence centrale : 3,3 %

Revendications

1. Boîtier électronique comportant un substrat (12), une fonction accordable en fréquence à la surface dudit substrat, un matériau diélectrique à permittivité variable avec une excitation électrique en contact avec ladite fonction (L_s) et un support (11) solidaire du

substrat de manière à définir le boîtier **caractérisé en ce que** le substrat comporte une membrane (13) supportant la fonction accordable, ladite membrane étant comprise entre une cavité supérieure (14) et une cavité inférieure (15) du boîtier, au moins une cavité étant remplie par le matériau diélectrique.

2. Boîtier électronique selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins une cavité est remplie d'un matériau comprenant du cristal liquide.

3. Boîtier électronique selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le matériau est un matériau composite comprenant un polymère et du cristal liquide.

4. Boîtier électronique selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la face inférieure de la cavité supérieure et la face supérieure de la cavité inférieure comprennent chacune un plan de masse (PM_{11} , PM_{12}).

5. Boîtier électronique selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la fonction comprend une ligne micro-ruban (L_s) et un plan de masse associé (PM_s).

6. Boîtier électronique selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le substrat comporte une première partie en matériau semiconducteur présentant une surface localement usinée, une seconde partie comportant une membrane supportée par un matériau semiconducteur comportant une surface localement usinée, lesdites première partie et seconde partie étant assemblées, les surfaces usinées étant en regard, la cavité inférieure étant définie entre ces surfaces usinées et la membrane.

7. Boîtier électronique selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le support comporte une partie en matériau semiconducteur usinée, la cavité supérieure étant définie entre ladite surface usinée et la membrane.

8. Boîtier électronique selon l'une des revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce que** les surfaces usinées sont métallisées et constituent des plans de masse.

9. Boîtier électronique selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'**il comprend des moyens pour accorder en fréquence la fonction.

10. Boîtier électronique selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les moyens pour accorder en fréquence la fonction sont constitués par des moyens pour appliquer un champ électrique au niveau de la fonction ou des plans de masse.

11. Boîtier électronique selon l'une des revendications

1 à 10, **caractérisé en ce que** le boîtier est en silicium, la membrane étant en matériau de type silice ou nitrure de silicium ou une combinaison des deux, ou benzocyclobutène.

12. Boîtier électronique selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la fonction est de type filtre, ligne à retard, déphaseur.

Claims

1. Electronic box comprising a substrate (12), a frequency tuned function at the surface of said substrate, a dielectric material with variable permittivity with an electrical excitation in contact with said function (L_s) and a support (11) integral with the substrate in such a manner as to define the box **characterized in that** the substrate comprises a membrane (13) supporting the tuned function, said membrane being comprised between an upper cavity (14) and a lower cavity (15) of the box, at least one cavity being filled with the dielectric material.

2. Electronic box according to claim 1, **characterized in that** at least one cavity is filled with a material comprising liquid crystal.

3. Electronic box according to claim 2, **characterized in that** the material is a composite material comprising a polymer and liquid crystal.

4. Electronic box according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the lower face of the upper cavity and the upper face of the lower cavity each comprise a ground plane (PM_{11} , PM_{12}).

5. Electronic box according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** the function comprises a microstrip line (L_s) and an associated ground plane (PM_s).

6. Electronic box according to claim 5, **characterized in that** the substrate comprises a first part in semiconductor material presenting a locally machined surface, a second part comprising a membrane supported by a semiconductor material comprising a locally machined surface, said first part and second part being assembled, the machined surfaces being opposite, the lower cavity being defined between these machined surfaces and the membrane.

7. Electronic box according to claim 6, **characterized in that** the support comprises a part in machined semiconductor material, the upper cavity being defined between the machined surface and the membrane.

8. Electronic box according to one of claims 6 or 7, **characterized in that** the machined surfaces are metallized and constitute ground planes.
9. Electronic box according to one of claims 1 to 8, **characterized in that** it comprises means for tuning the frequency of the function.
10. Electronic box according to claim 9, **characterized in that** the means for tuning the frequency of the function are constituted by means for applying an electric field at the level of the function or the ground planes.
11. Electronic box according to one of claims 1 to 10, **characterized in that** the box is in silicon, the membrane being a silica type material or silicon nitride or a combination of both, or benzocyclobutene.
12. Electronic box according to claim 11, **characterized in that** the function is of the filter, delay line, phase shifter type.

Patentansprüche

1. Elektronisches Modul mit einem Substrat (12), einer in der Frequenz durchstimmbaren Funktion an der Oberfläche des Substrats, einem dielektrischen Material mit variabler Permittivität mit einer elektrischen Erregung im Kontakt mit der Funktion (L_s) und einem Träger (11), der mit dem Substrat fest verbunden ist, um das Modul zu definieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat eine Membran (13) aufweist, welche die durchstimmbare Funktion trägt, wobei die Membran zwischen einem oberen Hohlraum (14) und einem unteren Hohlraum (15) des Moduls enthalten ist, wobei mindestens ein Hohlraum mit dem dielektrischen Material gefüllt ist.
2. Elektronisches Modul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Hohlraum mit einem Flüssigkristall enthaltenden Material gefüllt ist.
3. Elektronisches Modul nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material ein Verbundmaterial ist, das ein Polymer und Flüssigkristall enthält.
4. Elektronisches Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die untere Seite des oberen Hohlraums und die obere Seite des unteren Hohlraums jeweils eine Masseebene (PM_{11} , PM_{12}) aufweisen.
5. Elektronisches Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktion

eine Mikrostreifenleitung (L_s) und eine zugeordnete Masseebene (PM_s) umfasst.

6. Elektronisches Modul nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat einen ersten Teil aus einem Halbleitermaterial mit einer stellenweise bearbeiteten Oberfläche aufweist, wobei ein zweiter Teil eine Membran aufweist, die von einem Halbleitermaterial mit einer stellenweise bearbeiteten Oberfläche getragen wird, wobei der erste und der zweite Teil zusammengesetzt sind, wobei die bearbeiteten Oberflächen einander gegenüberliegen, wobei der untere Hohlraum zwischen diesen bearbeiteten Oberflächen und der Membran definiert ist.
7. Elektronisches Modul nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger einen bearbeiteten Teil aus einem Halbleitermaterial aufweist, wobei der obere Hohlraum zwischen der bearbeiteten Oberfläche und der Membran definiert ist.
8. Elektronisches Modul nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bearbeiteten Oberflächen metallisiert sind und Masseebenen bilden.
9. Elektronisches Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Mittel umfasst, um die Funktion in der Frequenz durchzustimmen.
10. Elektronisches Modul nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel, um die Funktion in der Frequenz durchzustimmen, durch Mittel zum Anlegen eines elektrischen Feldes an die Funktion oder an die Masseebenen gebildet sind.
11. Elektronisches Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Modul aus Silicium besteht, wobei die Membran aus einem Material des Typs Siliciumdioxid oder Siliciumnitrid oder einer Kombination aus beiden oder aus Benzocyclobuten besteht.
12. Elektronisches Modul nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Funktion vom Typ Filter, Verzögerungsleitung, Phasenschieber ist.

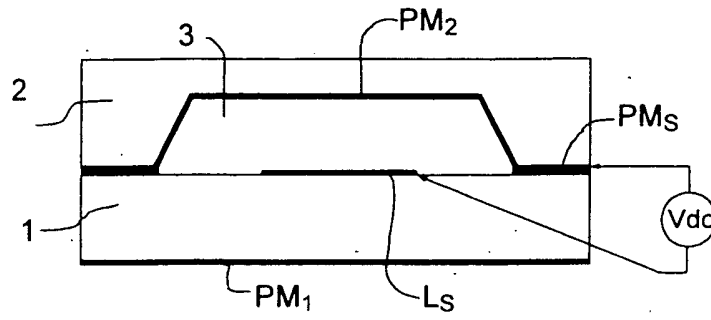


FIG. 1

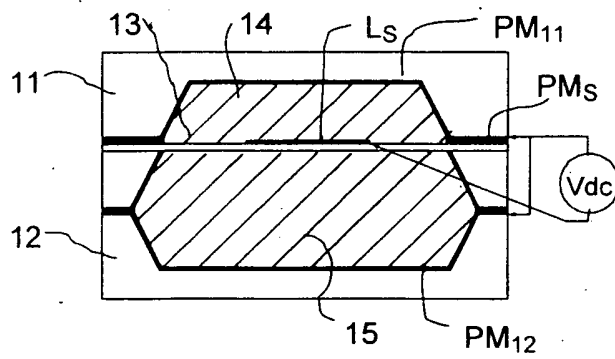


FIG. 2

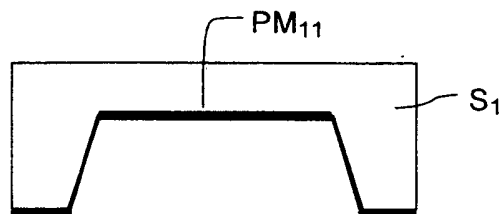


FIG. 3a

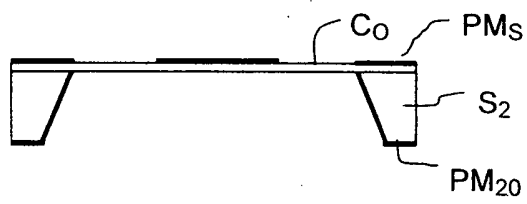


FIG. 3b

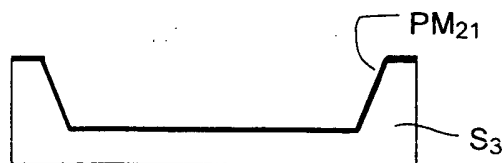


FIG. 3c

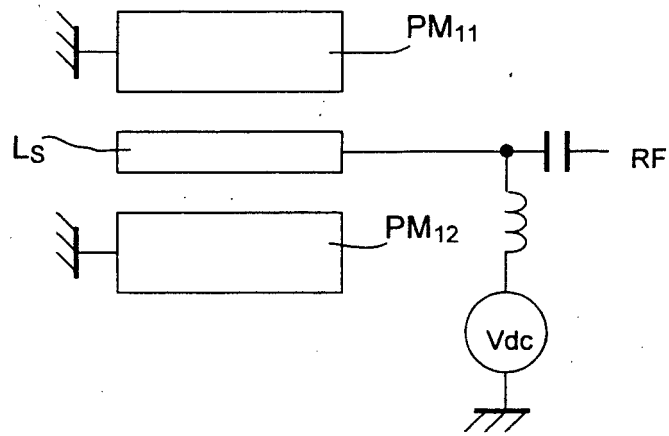


FIG.4a

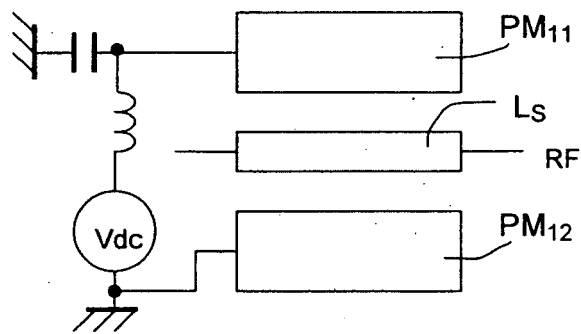


FIG.4b

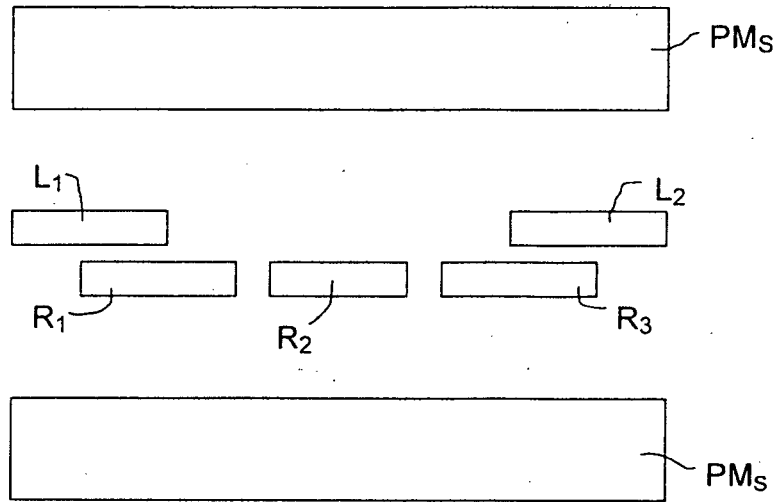


FIG.5

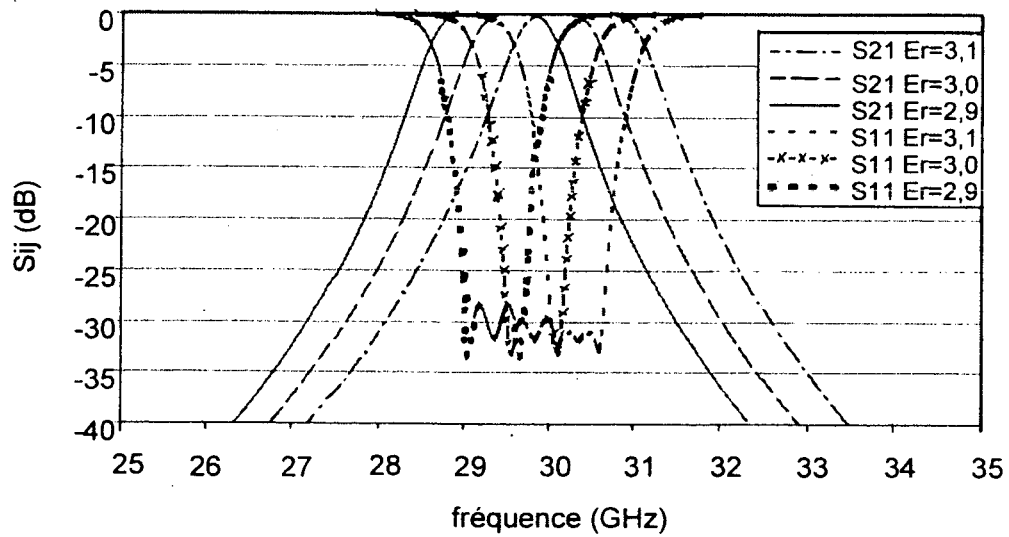


FIG.6

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.

Littérature non-brevet citée dans la description

- Tunable Passive Phase Shifter for Microwave Applications using Highly isotropic Liquid Crystals. *WEIF-32, IEEE MTT-S Digest 2004*, 2004, 1153-1156 [0008]
- Ferro-electric and Liquid Crystal Tunable Microwave Phase Shifters. *33rd European Microwave Conference*, 2003, 1431-1434 [0008]
- Improvement of an Inverted Microstrip Line-Based Microwave Tunable Phase-Shifter using Liquid Crystal. *33rd European Microwave Conference*, 2003, 1417-1420 [0008]
- Nouvelles structures de déphaseurs agiles en fréquence à substrat cristal liquide. *12èmes Journées Nationales Microondes*, 16 Mai 2001 [0008]