



(11) **EP 1 536 509 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
06.10.2010 Bulletin 2010/40

(51) Int Cl.:
H01P 1/19 (2006.01) H01P 1/23 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04106045.0**

(22) Date de dépôt: **24.11.2004**

(54) **Dispositif permettant la variation des paramètres d'une onde électromagnétique**

Anordnung zur Variation der Parameter einer elektromagnetischen Welle

Device for varying the parameters of an electromagnetic wave

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT NL

(30) Priorité: **28.11.2003 FR 0314015**

(43) Date de publication de la demande:
01.06.2005 Bulletin 2005/22

(73) Titulaire: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(72) Inventeurs:
• **MAAS, Olivier,**
Intellectual Property Thales
94117 CX ARCUEIL (FR)
• **LEBOURGEOIS, Richard,**
Intellectual Property THALES
94117 CX ARCUEIL (FR)

(74) Mandataire: **Dudouit, Isabelle**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble " Visium "
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(56) Documents cités:
GB-A- 895 884 US-A- 3 051 917
US-A- 3 332 042 US-A- 3 478 283
US-A- 5 146 191

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no.**
03, 28 avril 1995 (1995-04-28) & JP 6 334462 A
(UNIDEN CORP), 2 décembre 1994 (1994-12-02)

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).

EP 1 536 509 B1

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif permettant de faire varier au moins une composante ou paramètre d'une onde électromagnétique.

[0002] Elle concerne, par exemple, un déphaseur à ferrite, ou encore un atténuateur d'ondes hyperfréquences.

[0003] Le frittage des grenats ou spinelles à des températures relativement basses, vers 1000°C, rend possible la réalisation de circuits multicouches en ferrite. Dans de telles structures, il est possible de métalliser des plans de masse et des lignes de façon à constituer des lignes hyperfréquence triplaque adaptées, faibles pertes et dont certains caractéristiques peuvent être liées à l'état magnétique du matériau ferrite.

[0004] Le brevet US 5 774 025 divulgue une méthode de fabrication d'un déphaseur planaire composé de plusieurs couches de ferrite. Les couches sont métallisées en appliquant une quantité de métal conducteur selon un diagramme sélectionné. Des orifices métallisés assurent la connexion des couches entre elles. L'ensemble est ensuite porté à une température comprise entre 800°C et 1000°C afin d'obtenir une structure intégrée.

[0005] Le document US 3 478 283 décrit une structure conforme au préambule de la revendication 1.

[0006] La présente invention met notamment en oeuvre une ligne triplaque qui se déploie à l'intérieur du volume du matériau afin d'obtenir une longueur suffisante grâce à laquelle il est possible de faire varier une composante de l'onde électromagnétique un déphasage spécifique peut être réalisable. Sous la désignation « ligne triplaque », on entend une ligne qui se compose d'un ruban central placé entre deux plans de masse.

[0007] L'objet de l'invention concerne un dispositif permettant de faire varier un ou plusieurs paramètres d'une onde hyperfréquence.

[0008] L'invention offre notamment la possibilité de réaliser un déphaseur extrêmement intégré. Elle permet aussi d'obtenir un dispositif remplissant la fonction d'atténuateur et/ou la fonction de déphaseur dans un volume restreint.

[0009] D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui représentent :

- La figure 1 le principe mis en oeuvre dans le dispositif selon l'invention,
- La figure 2 une vue externe d'un exemple de déphaseur selon l'invention,
- Les figures 3A à 3D, la structure détaillée du déphaseur de la figure 2,
- La figure 4 une vue en coupe du déphaseur de la figure 2,
- La figure 5 un exemple de dispositif selon l'invention ayant en plus une fonction d'atténuateur.

[0010] La figure 1 schématise le principe utilisé dans le dispositif selon l'invention où la ligne de propagation 2 des ondes hyperfréquences est une ligne triplaque dont le substrat 1 est un matériau ferrite. La largeur de la ligne et l'épaisseur du circuit ainsi formé sont ajustés par exemple de manière à obtenir une impédance de 50 ohms. La référence 3 désigne la métallisation. Dans une magnétisation longitudinale du substrat ferrite, on obtient par exemple un effet de déphasage réciproque dans la ligne. Ce déphasage est lié à l'intensité de la magnétisation.

[0011] Selon d'autres variantes de réalisation, on fera varier un ou plusieurs paramètres de l'onde, par exemple pour obtenir un effet d'atténuation de l'onde.

[0012] L'utilisation d'une ligne triplaque permet notamment la réalisation d'une multicouche par empilement des lignes triplaques les unes sur les autres. Il suffit de réaliser une interconnexion entre les lignes au moyen de trous métallisés qui relient les conducteurs centraux entre eux. En employant ce procédé, il est possible d'empiler plusieurs lignes triplaques les unes sur les autres et obtenir ainsi une longueur électrique significative disposée dans un circuit volumique. De même, sur une même couche de circuit, la ligne triplaque peut être enroulée de façon à maximiser sa longueur pour une surface de ferrite donnée.

[0013] La structure d'enroulement de la ligne triplaque peut être un enroulement en spirale, ou tout autre géométrie d'enroulement permettant de faire varier, par exemple, la phase, l'amplitude, ou tout autre paramètre de l'onde hyperfréquence.

[0014] La figure 2 représente une vue externe d'un circuit déphaseur selon l'invention. Il comporte plusieurs couches de substrat 1 empilées les unes sur les autres. Ces couches sont constituées de ferrite. Au centre du circuit ainsi formé, se trouve un orifice 4 permettant l'enroulement d'un solénoïde 5 ayant notamment pour fonction de magnétisation du circuit déphaseur. Les lignes du solénoïdes sont enroulées autour d'un des côtés du dispositif, et comprennent deux accès 6, 7 respectivement pour le courant de magnétisation entrant et pour le courant de magnétisation sortant.

[0015] Un des éléments attractifs de cette structure est le caractère volumique du circuit qui peut être exploité pour servir de circuit de magnétisation basse fréquence. En effet, le ferrite qui sert de substrat à la ligne triplaque, peut également servir de ferrite basse fréquence pour le circuit de magnétisation. On peut également construire le circuit multicouche afin que le circuit basse fréquence ait la forme d'un tore magnétique fermé et ainsi le déphaseur, pourra fonctionner par une magnétisation du ferrite à la rémanence (déphaseur latché).

[0016] En métallisant la surface externe du circuit multicouche on réalise, par exemple, les spires du solénoïde qui constitue le circuit de magnétisation. La métallisation est réalisée en utilisant une technique connue de l'Homme du métier.

[0017] La figure 3A est une vue de dessus de la couche

supérieure du circuit. Cette couche est formée d'un substrat de ferrite 1. Sur un des côtés du substrat 1, viennent s'enrouler les spires du solénoïde 5.

[0018] La figure 3B schématise la deuxième couche comprenant un conducteur central de la ligne triplaque. Cette ligne est distribuée en spirale autour de l'orifice 4. Une entrée 9 de cette ligne est l'entrée du signal hyperfréquence. La deuxième couche comprend un trou métallisé 8 permettant la propagation de l'onde hyperfréquence entre les différents niveaux. L'écartement entre les parties constituant la ligne triplaque est choisi de façon à minimiser les phénomènes de couplage. La longueur totale de la ligne est par exemple fixée en fonction de la valeur de déphasage que l'on souhaite obtenir.

[0019] La figure 3C représente l'avant dernière couche de substrat qui comporte le conducteur central de la ligne triplaque. Elle comprend une sortie 10 pour le signal hyperfréquence et un trou métallisé 8 permettant le passage du signal vers les autres niveaux.

[0020] La figure 3D représente la couche inférieure du circuit selon l'invention.

[0021] Les spires de solénoïde de magnétisation s'enroulant autour d'un côté du circuit ainsi formé.

[0022] Selon ce mode de réalisation, le signal hyperfréquence se propage ainsi dans le volume du circuit au travers de la ligne triplaque.

[0023] La figure 4 est une vue en coupe d'un déphaseur selon l'invention. Cette vue montre l'empilement des différentes couches de ferrites, les trous métallisés 8 permettant la liaison entre les différents niveaux ou couches, le conducteur central 2 et la métallisation 3.

[0024] L'épaisseur d'une couche de ferrite est par exemple de 0.15 mm en standard (procédé de coffrage). Une ligne triplaque requiert par exemple 2 couches de ferrite ce qui fait une épaisseur de 0.33 mm avec la métallisation. Sur un substrat de 10mm par 10mm, on peut enrouler la ligne en plusieurs spires sur une longueur totale de 45mm. En bande S, cette longueur correspond au minimum à une longueur électrique de 2 longueurs d'onde. Ainsi on dispose d'une ligne de 2λ , par couche de triplaque. On considère qu'il faut entre 5 et 10λ , de longueur totale pour créer un déphasage de 360° (1λ), par variation de la magnétisation. On obtient alors une structure de circuit multicouche ferrite qui contient 6 à 10 couches de ferrite, pour une épaisseur totale de 3.3 mm et une surface de 10mm par 10 mm.

[0025] Le courant de magnétisation à faire passer dans le solénoïde est estimé à quelques 100 mA, pendant un temps de l'ordre de la ms ($5\mu s$, soit $5 \cdot 10^{-6}$ s), par une commutation de phase.

[0026] Les pertes hyperfréquences sont dépendantes notamment de la technologie mise en oeuvre, de l'épaisseur des couches de ferrite et de la largeur des conducteurs centraux et de la qualité de la magnétisation.

[0027] Dans cet exemple de réalisation de déphaseur, le ferrite a été utilisé pour constituer le tore de magnétisation basse fréquence du déphaseur.

[0028] La figure 5 représente une variante de réalisation

où le dispositif est un atténuateur.

[0029] Dans cet exemple de mise en oeuvre, le ferrite est utilisé pour réaliser un autre type de magnétisation qui pourrait déplacer la résonance gyromagnétique à proximité de la bande de fréquence et produire une atténuation commandable. Il devient possible de faire varier les pertes du circuit et de réaliser la fonction atténuateur. L'intérêt d'une telle structure consiste notamment dans le fait qu'une même structure de lignes hyperfréquences disposées dans le volume du multicouche ferrite peut être, selon la disposition du circuit métallique de magnétisation, utilisé comme un déphaseur ou comme un atténuateur.

[0030] Sur un même dispositif en intégrant 2 types de conducteurs différents pour le courant de magnétisation, il est possible d'actionner ces deux fonctions, déphasage et atténuation.

[0031] Le dispositif de la figure 5 comporte une ligne permettant la propagation des ondes hyperfréquences à l'intérieur du dispositif, la ligne étant répartie sur les différentes couches de ferrite constituant le circuit atténuateur/déphaseur comme il a été décrit aux figures 3A à 3D. Il comprend aussi un solénoïde 5 enroulé autour d'un côté du circuit permettant la commande de magnétisation déphaseur et une métallisation 11 par exemple une ligne de commande de magnétisation pour la fonction atténuateur.

[0032] Une telle structure présente notamment les avantages suivants. Dans des dimensions relativement modestes, il est possible d'obtenir les fonctions de déphaseur et d'atténuateur d'un module actif, avec des pertes bien inférieures à celles des déphaseurs ou atténuateurs de technologie MMIC. Un autre avantage de cette solution réside dans la relativement forte tenue en puissance de cette structure, que l'on estime à 10 W crêtes.

Revendications

1. Structure pour faire varier un ou plusieurs paramètres d'une onde hyperfréquence, ladite structure comportant deux couches de ferrite (1) superposées et une ligne conductrice (2) placée sur la surface de contact entre les deux couches de ferrite (1), l'ensemble étant agencé de façon à former une ligne triplaque sur substrat de ferrite, les faces externes de ladite structure ayant une métallisation (3), et les couches de ferrite (1) étant pourvues d'une ouverture (4) par laquelle passe le bobinage d'un solénoïde (5) constituant un circuit de magnétisation de ces couches de ferrite (1), les couches de ferrite (1) étant agencées pour constituer à la fois le circuit de magnétisation et le substrat de la ligne triplaque, **caractérisée en ce que** l'ouverture (4) est une ouverture centrale (4) et la ligne conductrice (2) est formée d'une pluralité de spires entourant l'ouverture centrale (4).

2. Dispositif comportant une pluralité de structures selon la revendication 1 superposées, **caractérisé en ce que** chaque structure comporte des trous métallisés (8) agencés de façon à mettre en contact deux à deux les lignes conductrices constituant les structures pour constituer une ligne triplaque occupant sensiblement tout le volume dudit dispositif, un solénoïde unique commun (5) étant bobiné sur l'ensemble des structures de façon à entourer le dispositif au moins sur un côté.
3. Dispositif selon la revendication 2 **caractérisé en ce que** les dimensions des couches de ferrite (1) formant les structures sont déterminées de façon à ce que, compte tenu du nombre de spires de ligne conductrice réalisé sur chaque structure, la longueur de la ligne triplaque globale formée par le dispositif soit suffisante créer un déphasage donné de l'onde hyperfréquence se propageant sur la ligne.
4. Dispositif selon la revendication 3 **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre un deuxième circuit de magnétisation (11) adapté à atténuer l'amplitude de l'onde hyperfréquence.

Claims

1. A structure for varying one or more hyper-frequency wave parameters, said structure including two superposed ferrite layers (1) and a conducting line (2) placed on the contact surface between the two ferrite layers (1), the assembly being arranged so as to form a triplate line on a ferrite substrate, the external surfaces of said structure having a metallisation (3), and the ferrite layers (1) being provided with an opening (4) through which passes the coil of a solenoid (5) constituting a magnetising circuit for these ferrite layers (1), the ferrite layers (1) being arranged to constitute both the magnetising circuit and the substrate of the triplate line, **characterised in that** the opening (4) is a central opening (4) and the conducting line (2) is formed from a plurality of windings around the central opening (4).
2. A device comprising a plurality of superposed structures according to claim 1, **characterised in that** each structure includes metallised holes (8) arranged so as to place the conducting lines constituting the structures into two-by-two contact in order to constitute a triplate line essentially occupying the entire volume of said device, a single shared solenoid (5) being wound over all of the structures so as to encapsulate the device on at least one side.
3. The device according to claim 2, **characterised in that** the dimensions of the ferrite layers (1) forming the structures are determined so that, taking into ac-

count the number of conducting line windings realised on each structure, the length of the overall triplate line formed by the device is sufficient to create predetermined de-phasing of the hyper-frequency wave propagating on the line.

4. The device according to claim 3, **characterised in that** it further includes a second magnetising circuit (11) designed to attenuate the amplitude of the hyper-frequency wave.

Patentansprüche

1. Struktur zum Variieren von einem oder mehreren Parametern einer Höchsthäufigenzwelle, wobei die Struktur zwei übereinander liegende Ferritlagen (1) und eine auf der Kontaktfläche zwischen den beiden Ferritlagen (1) befindliche elektrische Leitung (2) umfasst, wobei die Baugruppe so angeordnet ist, dass eine Streifenleitung auf einem Ferritsubstrat entsteht, wobei die Außenflächen der Struktur eine Metallisierung (3) aufweisen und die Ferritlagen (1) mit einer Öffnung (4) versehen sind, durch die die Spirale eines Solenoids (5) verläuft, das eine Magnetisierungsschaltung für diese Ferritlagen (1) bildet, wobei die Ferritlagen (1) so ausgelegt sind, dass sie sowohl die Magnetisierungsschaltung als auch das Substrat der Streifenleitung bilden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnung (4) eine zentrale Öffnung (4) ist und die elektrische Leitung (2) von mehreren Windungen um die zentrale Öffnung (4) gebildet wird.
2. Vorrichtung, die mehrere übereinander liegende Strukturen nach Anspruch 1 umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Struktur metallisierte Löcher (8) aufweist, die so angeordnet sind, dass die die Strukturen bildenden elektrischen Leitungen paarweise in Kontakt gebracht werden, um eine Streifenleitung zu bilden, die im Wesentlichen das gesamte Volumen der Vorrichtung bildet, wobei ein einziges gemeinsames Solenoid (5) über die Gesamtheit der Strukturen gewunden ist, um die Vorrichtung auf wenigstens einer Seite zu verkapseln.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abmessungen der die Strukturen bildenden Ferritlagen (1) so festgelegt sind, dass unter Berücksichtigung der Zahl der auf jeder Struktur realisierten Windungen der elektrischen Leitung die Länge der von der Vorrichtung gebildeten Streifenleitung insgesamt ausreicht, um eine gegebene Phasenverschiebung der sich auf der Leitung ausbreitenden Höchsthäufigenzwelle zu erzeugen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ferner eine zweite Magnetisie-

rungsschaltung (11) aufweist mit der Aufgabe, die
 Amplitude der Höchstfrequenzwelle zu dämpfen.

5

10

15

20

25

30

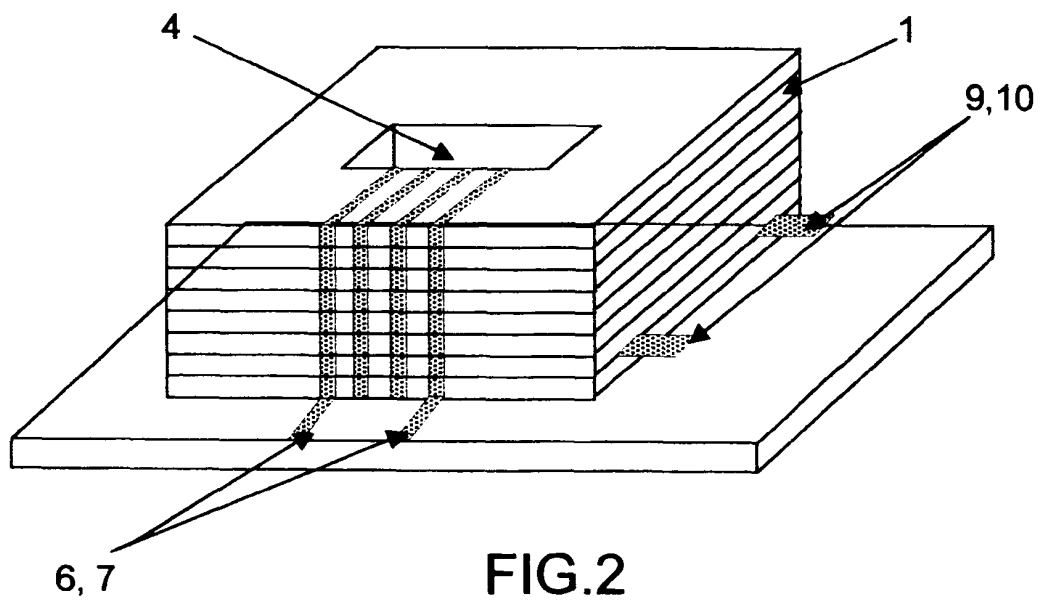
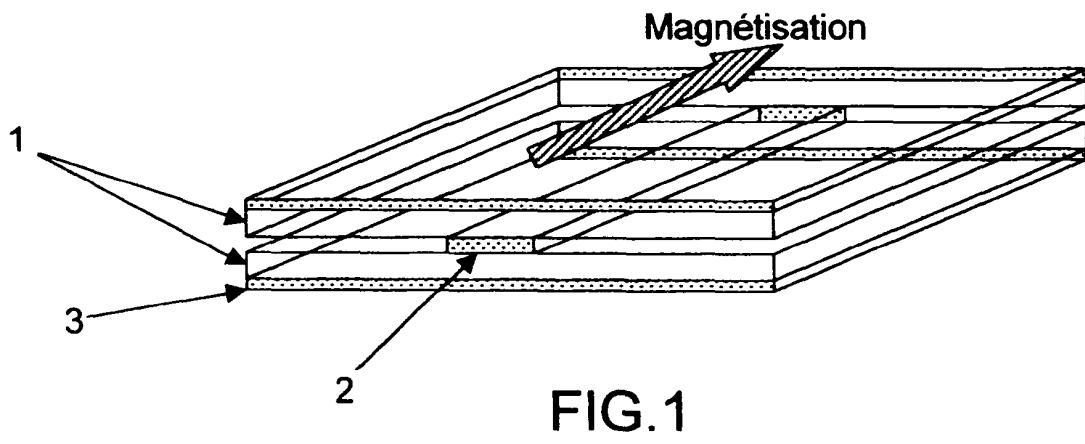
35

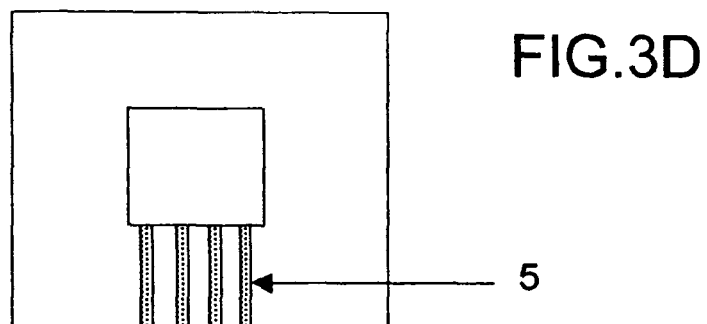
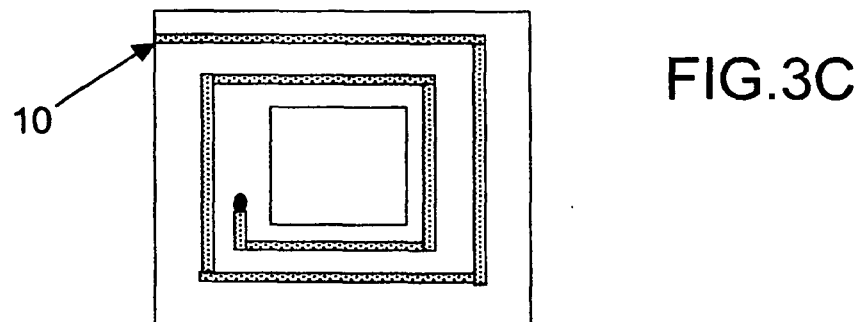
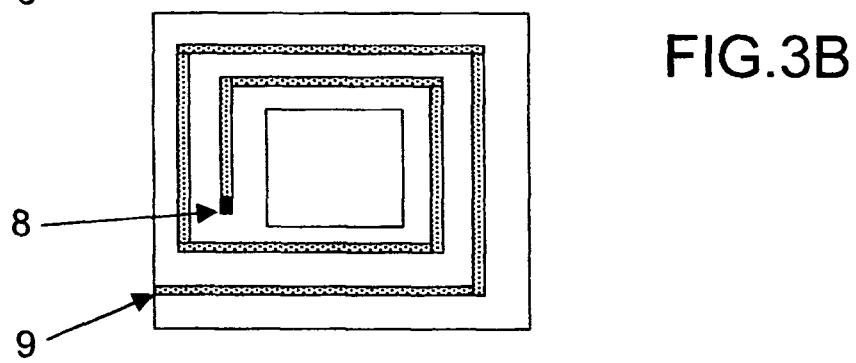
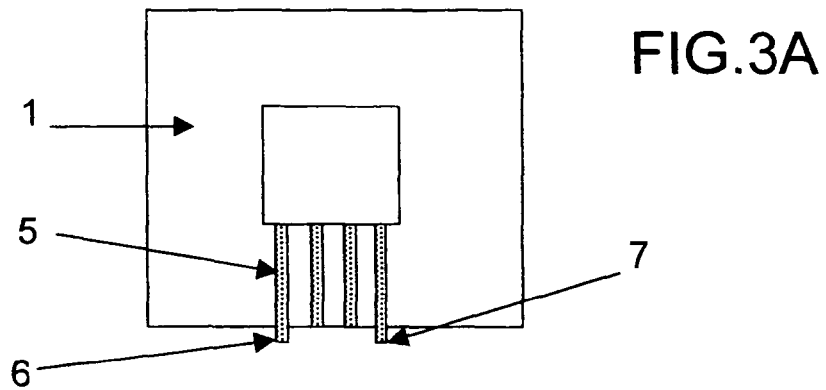
40

45

50

55





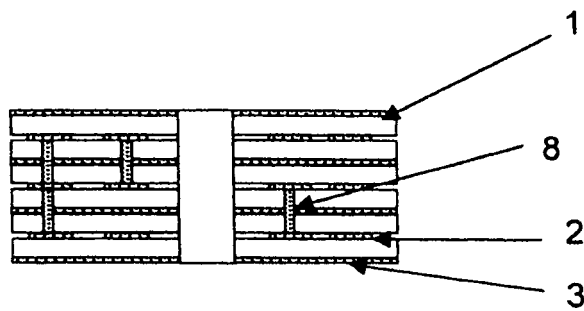


FIG.4

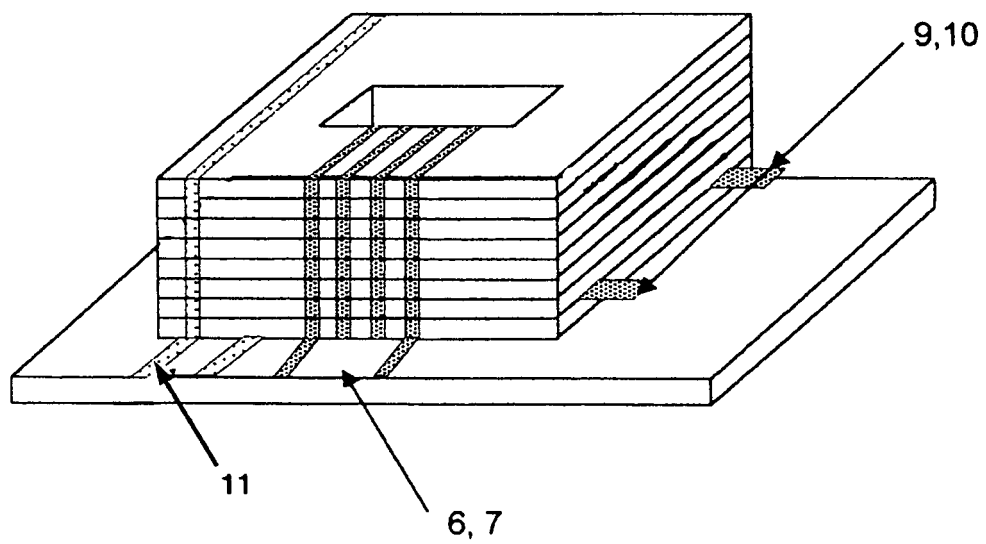


FIG.5

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 5774025 A [0004]
- US 3478283 A [0005]