



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.03.2007 Bulletin 2007/13

(51) Int Cl.:
H01Q 9/40 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06121114.0**

(22) Date de dépôt: **22.09.2006**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **26.09.2005 FR 0552871**

(71) Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**
75752 Paris Cedex 15 (FR)

(72) Inventeur: **Ghis, Anne**
38400, SAINT MARTIN D'HERES (FR)

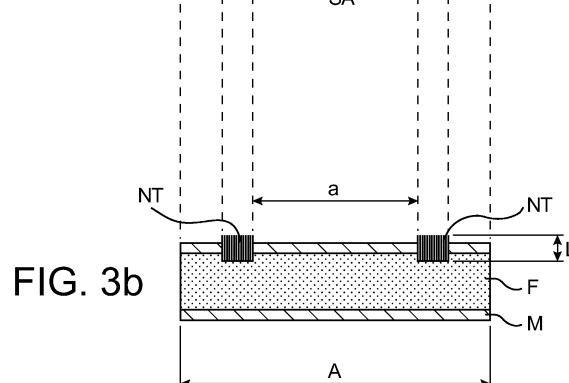
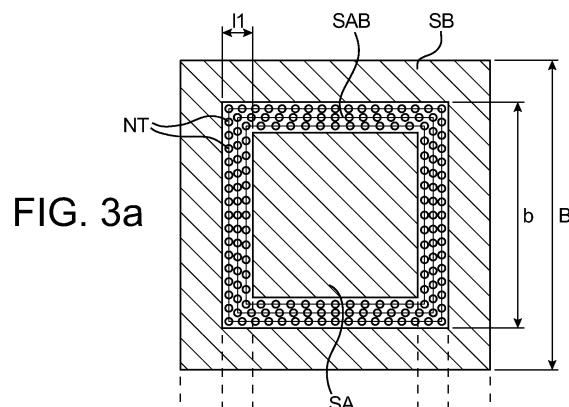
(74) Mandataire: **Poulin, Gérard**
Société BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(54) **Structure conductrice variable en fonction de la fréquence**

(57) L'invention concerne une structure conductrice comprenant :

- au moins une première couche conductrice plane déposée sur une première face d'un substrat diélectrique (F), la première couche conductrice plane étant munie d'au moins un bord,
- au moins une deuxième couche conductrice plane déposée sur la première face du substrat diélectrique, la deuxième couche conductrice plane étant munie d'au moins un bord en regard du bord de la première couche conductrice plane, et
- un ensemble de nanostructures unidimensionnelles (NT) ayant une fréquence de résonance, les nanostructures unidimensionnelles ayant un axe sensiblement perpendiculaire au plan des première et deuxième couches conductrices et étant réparties entre le bord de la première couche conductrice plane et le bord de la deuxième couche conductrice plane.

Application aux plans de masse multi-bandes pour antenne.



Description

Domaine technique et art antérieur

5 **[0001]** L'invention concerne une structure conductrice d'étendue variable en fonction de la fréquence et, plus particulièrement, un plan de masse multi-bandes pour antenne.

[0002] Électriquement, deux armatures conductrices séparées par un milieu diélectrique constituent un condensateur plan dont la capacité C est proportionnelle à la surface des armatures en regard :

10

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r S / e \quad (1)$$

15

(ϵ_0 est la permittivité diélectrique du vide, ϵ_r la permittivité diélectrique relative du matériau entre les deux armatures du condensateur, S la surface des armatures en regard, e la distance entre les deux armatures).

[0003] En électronique et en microélectronique, la valeur d'une capacité est en général définie, d'une part, par la géométrie du composant (et, en particulier, le dessin des zones métalliques) et, d'autre part, par la nature et les épaisseurs des couches d'isolant.

20

[0004] Pour certaines applications, on peut vouloir modifier la valeur de la capacité insérée dans un circuit électrique. Différentes possibilités s'offrent pour modifier cette valeur :

25

- a) changer la distance entre les armatures en regard, par exemple par un dispositif électromécanique, ou
- b) changer les caractéristiques diélectriques du matériau isolant les armatures, par exemple en employant des matériaux spécifiques aux propriétés électrochimiques appropriés, ou encore
- c) changer les dimensions de la surface des armatures en regard.

30

[0005] Dans le dernier cas (c)), il est d'usage de relier plusieurs condensateurs à l'aide de commutateurs. Selon l'état des commutateurs, les condensateurs sont connectés en parallèle, en plus ou moins grand nombre, les uns avec les autres et forment ainsi une capacité égale à la somme des capacités individuelles des condensateurs connectés.

35

[0006] Le nombre de condensateurs est optimisé selon le nombre de configurations nécessaires. Les signaux de commande de l'état des commutateurs doivent alors être pris en compte dans la conception et la réalisation du dispositif. La mise en oeuvre d'un tel système de commutation est particulièrement lourde à mettre en oeuvre. Par ailleurs, dans le cas des dispositifs fonctionnant à haute fréquence, les dimensions des circuits ne sont plus négligeables devant la longueur d'onde de l'excitation électromagnétique. Cela signifie que les trajectoires des électrons participant au courant dépendent fortement de la géométrie locale des conducteurs. Par exemple, la diminution de la largeur d'un conducteur est un obstacle provoquant des réflexions et pouvant être assimilé à une inductance en haute fréquence.

40

[0007] La mise "en parallèle" de surfaces conductrices par l'intermédiaire d'éléments introduisant des discontinuités dans les conducteurs est alors électriquement plus complexe que la seule "addition" des surfaces. L'acheminement du signal de commande des commutateurs (transistors ou dispositifs électromécaniques) est également une contrainte, du fait de la densité habituelle des circuits.

45

[0008] Pour les mêmes raisons, en microélectronique, dans le cas d'applications à fréquences suffisamment élevées, les connections entre les éléments d'un même circuit ne peuvent plus être considérées comme des liaisons parfaites. Ces connections doivent en effet être considérées comme des éléments passifs ayant une résistance, une inductance et une capacité non négligeables. Il en est de même des commutateurs (composants actifs de type transistors ou composants électromécaniques) qui ne peuvent plus être considérés comme idéaux.

50

[0009] La conception des systèmes microélectroniques doit alors prendre en compte, en fonction des fréquences d'utilisation, d'une part, les caractéristiques électriques et les spécificités de mise en oeuvre de ces systèmes (implantation, procédé technologique, report (par exemple, report dit "above IC"), etc.) et, d'autre part, la gestion et l'acheminement des signaux de commande.

55

[0010] Dans le cas particulier des plans de masse pour antenne haute fréquence, les courants de surface générés dans le plan de masse des antennes diminuent les performances de celles-ci. Pour éviter ces courants, des techniques de structuration de surface ont été développées. Des microstructures, réalisées par des techniques de lithographie et gravure, sont alors réparties sur l'ensemble de la surface du plan de masse. Ces microstructures insèrent des circuits résonants de type LC (inductance L/capacité C) dans la propagation des courants de surface. La géométrie des microstructures est alors calculée pour rendre le plan de masse haute impédance à une fréquence de résonance spécifiée, en général la fréquence de la porteuse.

[0011] Les figures 1a et 1b illustrent un premier exemple de plan de masse d'antenne de l'art antérieur muni de telles microstructures. Les figures 1a et 1b sont respectivement une vue en coupe transversale et une vue de dessus du plan

de masse d'antenne.

[0012] Un support S, par exemple un substrat de circuit imprimé, est recouvert, sur une première face, d'un ensemble de pavés conducteurs disjoints m et, sur une deuxième face, opposée à la première face, d'un plan conducteur uniforme P. Des trous métallisés V relient les pavés conducteurs m au plan conducteur P. La distance d qui sépare deux pavés conducteurs voisins détermine une capacité Ca. Un trou métallisé V constitue une liaison inductive d'inductance La. La surface résultante est en conséquence inductive aux "basses" fréquences et capacitive aux fréquences "élevées". L'impédance du plan de masse de l'antenne est alors très élevée à la fréquence de résonance donnée par l'équation (2) :

$$F_o = 2\pi (L_a \times C_a)^{-1/2} \quad (2)$$

[0013] La figure 2 représente une vue en coupe d'un autre exemple de plan de masse d'antenne de l'art antérieur. Les pavés conducteurs ne sont pas ici tous disposés dans un même plan mais dans deux plans parallèles P1 et P2 séparés par une distance D. Les pavés m2 situés dans le plan P2 sont partiellement en regard des pavés m1 situés dans le plan P1. Les surfaces métalliques en regard des pavés m1 et m2 constituent alors, avec la couche de diélectrique d'épaisseur D qui les sépare, des condensateurs. Le contrôle de la dimension des surfaces en regard permet d'ajuster la capacité des condensateurs et, partant, la fréquence de résonance du plan de masse.

[0014] Les plans de masse d'antenne de l'art antérieur décrits ci-dessus sont conçus pour une fréquence de porteuse unique. Ceci représente un inconvénient. En effet, certains systèmes de transmission d'informations par voie électromagnétique sont susceptibles, pour différentes raisons, de changer de fréquence de porteuse. C'est le cas, par exemple, lorsque se produit un encombrement du réseau de communication. Des antennes spécifiques, capables d'émettre à des fréquences de porteuse différentes (par exemple des antennes bi-bande pouvant émettre à deux fréquences différentes) ont été conçues à cette fin. Un plan de masse d'antenne calculé pour une fréquence de porteuse unique n'est alors pas optimal pour les autres fréquences de porteuse susceptibles d'être utilisées. Les performances de l'antenne s'en trouvent alors détériorées. L'invention ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

Exposé de l'invention

[0015] En effet, l'invention concerne une structure conductrice comprenant au moins une première couche conductrice plane déposée sur une première face d'un substrat diélectrique, la première couche conductrice plane étant munie d'au moins un bord, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- au moins une deuxième couche conductrice plane déposée sur la première face du substrat diélectrique, la deuxième couche conductrice plane étant munie d'au moins un bord en regard du bord de la première couche conductrice plane, et
- un ensemble de nanostructures unidimensionnelles ayant une fréquence de résonance, les nanostructures unidimensionnelles ayant un axe sensiblement perpendiculaire au plan des première et deuxième couches conductrices et étant réparties, sur le substrat diélectrique, entre le bord de la première couche conductrice plane et le bord de la deuxième couche conductrice plane.

[0016] Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, la deuxième couche conductrice plane entoure complètement la première couche conductrice plane.

[0017] Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, une deuxième face du substrat diélectrique, opposée à la première face, est recouverte d'un plan conducteur.

[0018] Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, les nanostructures unidimensionnelles sont des nanotubes de carbone.

[0019] L'invention concerne également un plan de masse multi-bandes pour antenne comprenant un substrat diélectrique recouvert, sur une première face, d'un ensemble de motifs conducteurs plans et, sur une deuxième face, opposée à la première face, d'un plan conducteur, les motifs conducteurs plans étant reliés au plan conducteur par l'intermédiaire de trous métallisés qui traversent le substrat diélectrique, caractérisé en ce qu'un motif conducteur plan supplémentaire entoure complètement chaque motif conducteur plan, le motif conducteur plan supplémentaire étant séparé, par un espace, du motif conducteur plan qu'il entoure, et en ce que des nanostructures unidimensionnelles ayant une fréquence de résonance sont réparties, sur le substrat diélectrique, dans l'espace qui sépare le motif conducteur plan du motif conducteur supplémentaire, les nanostructures unidimensionnelles ayant un axe sensiblement perpendiculaire au plan des motifs conducteurs plans.

[0020] Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, les nanostructures unidimensionnelles sont des nanotubes de carbone.

[0021] Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, des pavés électriquement conducteurs sont présents, dans l'épaisseur du substrat diélectrique, dans un plan parallèle aux plans des première et deuxième faces du substrat diélectrique et situé entre lesdits plans des première et deuxième faces, au moins une fraction d'un motif conducteur plan supplémentaire étant en regard d'au moins une fraction d'au moins un pavé électriquement conducteur, un trou métallisé reliant chaque pavé électriquement conducteur au plan conducteur situé sur la deuxième face du substrat diélectrique.

[0022] Le procédé de fabrication de structure conductrice selon l'invention comprend :

- une formation de couche de conducteur électrique sur un substrat diélectrique,
- une formation de couche de résine sur la couche de conducteur électrique,
- une gravure locale de la couche de résine et de la couche de conducteur électrique afin de dégager une surface du substrat diélectrique,
- un dépôt de couche de résine sur ladite surface du substrat diélectrique et sur la couche de conducteur électrique qui entoure la surface du substrat diélectrique,
- une étape de définition, à partir de ladite surface du substrat diélectrique, d'une zone de croissance pour les nanostructures unidimensionnelles,
- une étape de gravure de la couche de résine pour former la zone de croissance préalablement définie,
- un dépôt de catalyseur sur la couche de résine et la surface du substrat diélectrique,
- un retrait de la couche de résine recouverte du catalyseur,
- une étape de configuration du catalyseur sous forme de plots,
- une croissance de nanostructures unidimensionnelles à partir des plots par dépôt PECVD.

[0023] L'invention permet avantageusement, entre autres, de réaliser simplement des antennes bi-bande dont le plan de masse est haute impédance aux deux fréquences de porteuse susceptibles d'être utilisées. Les caractéristiques inductance/capacité des microstructures sont alors adaptées aux deux fréquences de résonance.

Brève description des figures

[0024] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel fait en référence aux figures jointes parmi lesquelles :

- les figures 1a et 1b, déjà décrites, illustrent un premier exemple de plan de masse d'antenne selon l'art connu,
- la figure 2, déjà décrite, illustre un deuxième exemple de plan de masse d'antenne selon l'art connu,
- les figures 3a et 3b illustrent un premier exemple de surface conductrice d'étendue variable en fonction de la fréquence selon l'invention,
- la figure 4 illustre un deuxième exemple de surface conductrice d'étendue variable en fonction de la fréquence selon l'invention,
- la figure 5 illustre un premier exemple de plan de masse d'antenne bi-bande selon l'invention,
- les figures 6a et 6b illustrent un deuxième exemple de plan de masse d'antenne bi-bande selon l'invention,
- les figures 7 - 16 illustrent un exemple de procédé de réalisation de nanostructures unidimensionnelles selon l'invention,
- les figures 17 et 18 illustrent deux variantes d'un exemple de dispositif obtenu selon le procédé décrit aux figures 7-16.

[0025] Sur toutes les figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention.

[0026] Les figures 3a et 3b illustrent un premier exemple de structure conductrice d'étendue variable en fonction de la fréquence selon l'invention. La figure 3a est une vue de dessus de la structure et la figure 3b en est une vue en coupe transversale.

[0027] Un milieu diélectrique F est recouvert, sur une première face, d'un élément plan électriquement conducteur de surface SA ($SA = a \times b$) et d'une bande plane électriquement conductrice de surface SB qui entoure l'élément plan de surface SA. L'élément plan de surface SA et la bande plane de surface SB sont séparés par une distance 11. Des nanostructures unidimensionnelles verticales NT sont réparties sur une surface SAB, dans un espace de largeur 11 qui sépare l'élément de surface SA de la bande de surface SB. Selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention, les nanostructures unidimensionnelles NT sont des nanotubes de carbone tels que ceux décrits dans la demande de brevet

internationale WO 02/080361 A1 intitulée "Carbon Nanotube Array RF Filter", déposée le 1^{er} avril 2002 au nom du "California Institute Of Technology" et publiée le 10 octobre 2002. Il est également possible d'utiliser d'autres matériaux pour réaliser les nanostructures unidimensionnelles. Le carbone est préférentiellement choisi pour son excellente stabilité chimique et mécanique. Des nanofils peuvent également être utilisés.

[0028] De façon générale, par nanostructure "unidimensionnelle", il faut entendre une structure filaire dont la longueur est très supérieure au diamètre et dont le diamètre moyen varie, par exemple, de quelques nanomètres à quelques dizaines de nanomètres. La caractéristique "unidimensionnelle" est essentielle pour avoir une résonance mécanique quelle que soit la direction de l'excitation. L'axe des nanostructures unidimensionnelles est sensiblement perpendiculaire aux éléments plans de surfaces SA et SB.

[0029] Selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention, les nanotubes de carbone sont des tubes de carbone creux dont le diamètre moyen varie de quelques nanomètres à quelques dizaines de nanomètres. Pour un nanotube ayant un diamètre extérieur Δ , un diamètre intérieur Δ_i , une longueur L, une densité ρ et un module d'élasticité E_b , il apparaît que la fréquence de résonance F_R s'écrit :

$$F_R = \frac{(1,875)^2}{8\pi} \frac{1}{L^2} \sqrt{\Delta^2 + \Delta_i^2} \sqrt{\frac{E_b}{\rho}} \quad (3)$$

[0030] La longueur L des nanotubes peut varier, par exemple, de sensiblement 10nm à sensiblement 100 μ m. Les nanotubes sont reportés sur le substrat 1 d'une manière qui est décrite ci-dessous, en référence aux figures 13 à 16.

[0031] De l'équation (3) ci-dessus, il apparaît que chaque nanotube est un élément de filtrage de type passe-bande à facteur de qualité élevé. Dans le cadre de l'invention, les propriétés de filtrage des nanotubes sont utilisées pour moduler les surfaces conductrices. Ainsi, à la fréquence de résonance F_R des nanotubes, l'ensemble constitué de l'élément plan de surface SA, de l'ensemble de nanotubes répartis sur la surface SAB et de la bande conductrice de surface SB est-il équivalent à une surface conductrice unique égale à la somme SA + SAB + SB, alors que, aux fréquences situées de part et d'autre de la fréquence de résonance, les surfaces SA et SB sont électriquement isolées l'une de l'autre.

[0032] De façon plus générale, deux surfaces conductrices coplanaires voisines, reliées entre elles de bord en bord par un ensemble de nanostructures unidimensionnelles verticales, se comportent comme une surface conductrice unique à la fréquence de résonance des nanostructures, et comme deux surfaces séparées aux autres fréquences.

[0033] On notera que les nanostructures divulguées dans la demande de brevet internationale WO 02/080361 sont posées sur une surface conductrice. Cette surface conductrice tend à réduire fortement, voire à annuler, la fonction de filtrage des nanostructures. Au contraire, dans la présente invention, les nanostructures sont posées directement sur un substrat diélectrique.

[0034] Une particularité avantageuse du filtre de nanostructures unidimensionnelles est de permettre une propagation des courants de façon omnidirectionnelle et délocalisée, c'est à dire sur toute la longueur du côté commun aux deux surfaces conductrices, sans introduire de discontinuité dans la géométrie des conducteurs.

[0035] Les mouvements de charges électriques dans la surface conductrice sont donc possibles, dans chacune des surfaces séparées, à toutes les fréquences sauf à la fréquence de résonance des nanostructures, et, dans les deux surfaces, comme si elles n'en faisaient qu'une seule à la fréquence de résonance des nanostructures.

[0036] En particulier, si une des surfaces n'est reliée à un élément conducteur que par un joint de nanostructures unidimensionnelles (c'est le cas, par exemple, de la surface SB sur les figures 3a et 3b), elle se comporte comme électriquement flottante pour toutes les fréquences autres que la fréquence de résonance des nanostructures, et comme électriquement connectée à l'élément conducteur à la fréquence de résonance.

[0037] Dans l'exemple donné aux figures 3a et 3b, le substrat diélectrique F est recouvert sur une deuxième face, opposée à la première face, d'un plan conducteur M. La structure conductrice illustrée sur les figures 3a et 3b est en conséquence un condensateur dont la capacité varie en fonction de la fréquence.

[0038] Selon l'invention, il est également possible de réaliser des filtres de nanostructures unidimensionnelles à différentes fréquences de résonance entre des éléments conducteurs. La figure 4 illustre ce type d'exemple. Une première armature métallique de surface S1 est placée entre une deuxième armature métallique de surface S2 et une troisième armature métallique de surface S3. Un espace de largeur 12 sépare les première et deuxième armatures et un espace de largeur 13 sépare les deuxième et troisième armatures. Des nanostructures verticales NT sont uniformément réparties dans les espaces qui séparent les armatures. La fréquence de résonance du premier ensemble de nanostructures est réglée à une première fréquence F_{R1} et la fréquence de résonance du deuxième ensemble de est réglée à une deuxième fréquence de résonance F_{R2} . Il s'en suit:

- que les surfaces conductrices S1 et S2 sont électriquement reliées entre elles à la fréquence F_{R1} , et
- que les surfaces conductrices S1 et S3 sont électriquement reliées entre elles à la fréquence F_{R2} .

[0039] Aux fréquences autres que les fréquences F_{R1} et F_{R2} , les trois surfaces S1, S2, S3 sont électriquement isolées les unes des autres.

[0040] La figure 5 représente une vue de dessus d'un premier exemple de plan de masse d'antenne bi-bande selon l'invention. Un ensemble de motifs élémentaires sont régulièrement répartis sur la première face du substrat S. Un motif élémentaire est constitué d'un pavé conducteur p1, entouré par un ensemble de nanostructures unidimensionnelles verticales NT, lequel ensemble de nanostructures verticales NT est lui-même entouré par une bande conductrice b1. Le pavé conducteur p1, l'ensemble de nanostructures verticales NT et la bande b1 ont, par exemple, une géométrie hexagonale. Le pavé conducteur p1 est électriquement relié, par un trou métallisé V, à un plan conducteur P situé sur une deuxième face du substrat opposée de la première face (non représenté sur la figure).

[0041] Aux fréquences d'utilisation différentes de la fréquence de résonance des nanostructures, les bandes b1 sont électriquement isolées des pavés p1 et, en conséquence, seuls les pavés p1 contribuent à la conduction dans le plan de masse d'antenne. Par contre, à la fréquence de résonance des nanotubes, la bande b1 et le pavé p1 de chaque motif élémentaire sont électriquement reliés entre eux. Ce sont alors les pavés p1, les nanostructures NT et les bandes b1 qui contribuent au plan de masse d'antenne. On peut ainsi réaliser un plan de masse qui présente une haute impédance à deux fréquences de porteuses différentes, une des deux fréquences de porteuse étant la fréquence de résonance des nanostructures. Le plan de masse haute impédance est alors avantageusement un plan de masse bi-bande sans commutation de bande.

[0042] Les principaux avantages d'un plan de masse d'antenne à nanostructures unidimensionnelles peuvent s'énumérer comme suit:

- le plan de masse haute impédance peut-être multi-bandes sans commutation physique,
- aucune électrode de commande n'est nécessaire pour la commutation,
- les fréquences de résonance sont définies par la géométrie des motifs et/ou une polarisation continue,
- pas de report de MEMS (MEMS pour "Micro ElectroMechanical System").

[0043] Les figures 6a et 6b représentent un deuxième exemple de plan de masse d'antenne bi-bande selon l'invention. Ce deuxième exemple correspond, dans le cadre de l'invention, au plan de masse bi-bande représenté en figure 2, dans le cadre de l'art antérieur. Les pavés conducteurs sont alors situés dans deux plans parallèles P1 et P2 séparés par une distance D. La différence entre le plan de masse bi-bande de l'invention et le plan de masse bi-bande de l'art antérieur consiste en ce que la surface conductrice des pavés m2 situés dans le plan P2 varie en fonction de la fréquence. Un pavé m2 est en effet constitué d'un élément plan électriquement conducteur m2a entouré par une bande plane électriquement conductrice m2b, l'espace qui sépare la bande m2b de l'élément plan m2a étant rempli de nanostructures unidimensionnelles verticales NT. A la fréquence de résonance des nanostructures NT, la surface d'un pavé m2 est ainsi la somme de la surface de l'élément m2a, de la bande m2b et de l'espace rempli de nanotubes NT qui sépare l'élément m2a de la bande m2b. Par contre, aux fréquences autres que la fréquence de résonance des nanostructures, la surface d'un pavé m2 est la surface du seul élément m2a, la bande m2b étant électriquement isolée du reste du circuit.

[0044] Les figures 7 - 16 illustrent un exemple de procédé de fabrication de nanotubes.

[0045] La figure 7 illustre la formation d'une couche de métal ou de conducteur électrique 2 sur un substrat diélectrique 1. Le substrat diélectrique 1 est choisi en fonction des performances électriques souhaitées. Ainsi, le substrat 1 est-il, préférentiellement, de l'alumine (SiO_2) pour des fréquences d'utilisation de l'ordre de quelques Gigahertz. D'autres matériaux peuvent cependant être utilisés tels que, par exemple, le saphir, le quartz, l'oxyde de béryllium, le dioxyde de titane, le verre. Le matériau qui constitue la couche de conducteur électrique 2 est, par exemple, l'argent, le cuivre, l'or, l'aluminium, le niobium, le molybdène, le chrome, le titane, le tantale.

[0046] La formation de la couche conductrice 2 est suivie du dépôt d'une couche de résine 3 sur la couche conductrice 2, puis, d'une gravure de la couche de résine 3 (figure 8) suivie d'une gravure de la couche conductrice 2 (figure 9). Les gravures de la couche de résine 3 et de la couche conductrice 2 conduisent à dégager une surface E du substrat diélectrique 1 sur laquelle les nanostructures unidimensionnelles vont être formées (cf. figure 9).

[0047] A la gravure de la couche conductrice 2 succède le dépôt d'une couche de résine 4 (cf. figure 10). Le dépôt de la couche de résine 4 est suivi par une étape de définition d'une zone Z dans laquelle les nanostructures unidimensionnelles vont croître (cf. figures 11 et 12). La définition de la zone Z peut se faire, par exemple, de deux manières différentes :

- par autoalignement en illuminant à l'aide d'un rayonnement ultraviolet R le substrat par sa face arrière (cf. figure 11, le substrat doit alors être transparent aux fréquences de ultraviolet), ou
- à l'aide d'un masque (non représenté sur les figures).

[0048] La zone Z une fois définie est gravée (cf. figure 12) et un catalyseur 6 est déposé sur la couche de résine 4 et sur la surface E (cf. figure 13). Le catalyseur 6 peut être, par exemple, du Fe/Co, du Nickel, ou du Fe/Si, déposé par évaporation ou par pulvérisation sur une épaisseur pouvant varier, par exemple, de 1nm à 100nm.

[0049] Un retrait de la résine 4 est alors effectué de sorte que le catalyseur 6 ne soit plus présent que sur la surface E (cf. figure 14).

[0050] Le catalyseur 6 est ensuite configuré en une multiplicité de plots plt. Les plots plt sont obtenus, par exemple, à l'aide de techniques de lithographie fine qui permettent l'obtention d'un réseau régulier de plots ou à l'aide de techniques de coalescence thermique qui permettent l'obtention de plots dont la taille est répartie selon une distribution moyenne autour d'une valeur ciblée (cf. figure 15). Les plots plt sont, par exemple, des éléments cylindriques de quelques nanomètres de diamètre.

[0051] Les nanostructures unidimensionnelles NT sont ensuite réalisées in situ, par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma, plus communément appelé dépôt PECVD (PECVD pour "Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition"). Le dépôt PECVD est, par exemple, un dépôt de carbone en phase vapeur. Les nanostructures NT croissent alors naturellement, de façon unidimensionnelle, à partir des plots plt (cf. figure 16). Le diamètre des plots détermine celui des nanostructures (ils sont sensiblement égaux). Au plus le dépôt PECVD dure, au plus les nanostructures sont longues. De façon préférentielle, l'extrémité haute des nanostructures est positionnée sensiblement au niveau de la surface de la couche conductrice 2. En effet, la vibration des nanostructures est provoquée par le champ électromagnétique lié au déplacement des électrons dans le plan conducteur 2. La vibration est maximale quand le champ est maximal, c'est-à-dire lorsque le centre d'oscillation des nanostructures est positionné, en hauteur, sensiblement au milieu de l'épaisseur de la couche conductrice 2.

[0052] Dans le procédé décrit ci-dessus, le substrat 1 présente une surface à un seul niveau sur lequel sont placés la couche conductrice 2 et les nanostructures NT (cf. figure 16). Selon d'autres modes de réalisation, la zone du substrat 1 sur laquelle sont placées les nanostructures n'est pas au même niveau que celle où est placée la couche conductrice 2. Le substrat 1 est alors soit rehaussé (cf. figure 17) soit abaissé (cf. figure 18) sous les nanostructures. Dans le cas d'un substrat rehaussé, le substrat 1 est sélectivement gravé là où la couche conductrice 2 est destinée à être déposée. Dans le cas d'un substrat abaissé, c'est la zone où les nanotubes sont placés qui est préalablement gravée sélectivement.

Revendications

1. Structure conductrice comprenant au moins une première couche conductrice plane déposée sur une première face d'un substrat diélectrique, la première couche conductrice plane étant munie d'au moins un bord, **caractérisée en ce qu'elle comprend :**

- au moins une deuxième couche conductrice plane déposée sur la première face du substrat diélectrique, la deuxième couche conductrice plane étant munie d'au moins un bord en regard du bord de la première couche conductrice plane, et
- un ensemble de nanostructures unidimensionnelles (NT) ayant une fréquence de résonance (F_R), les nanostructures unidimensionnelles ayant un axe sensiblement perpendiculaire au plan des première et deuxième couches conductrices et étant réparties, sur le substrat diélectrique, entre le bord de la première couche conductrice plane et le bord de la deuxième couche conductrice plane.

2. Structure conductrice selon la revendication 1, dans laquelle la deuxième couche conductrice plane entoure complètement la première couche conductrice plane.

3. Structure conductrice selon l'une des revendications 1 ou 2, dans laquelle une deuxième face du substrat diélectrique, opposée à la première face, est recouverte d'un plan conducteur.

4. Structure conductrice selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle les nanostructures unidimensionnelles sont des nanotubes de carbone.

5. Plan de masse multi-bandes pour antenne comprenant un substrat diélectrique (S) recouvert, sur une première face, d'un ensemble de motifs conducteurs plans (p1, m2a) et, sur une deuxième face, opposée à la première face, d'un plan conducteur (P), les motifs conducteurs plans (p1, m2a) étant reliés au plan conducteur (P) par l'intermédiaire de trous métallisés (V) qui traversent le substrat diélectrique (S), **caractérisé en ce qu'un motif conducteur plan supplémentaire (b1, m2b) entoure complètement chaque motif conducteur plan (p1, m2a), le motif conducteur plan supplémentaire étant séparé, par un espace, du motif conducteur plan qu'il entoure, et en ce que** des nanostructures unidimensionnelles (NT) ayant une fréquence de résonance sont réparties, sur le substrat diélectrique, dans l'espace

EP 1 768 212 A1

qui sépare le motif conducteur plan (p1, m2a) du motif conducteur supplémentaire (b1, m2b), les nanostructures unidimensionnelles (NT) ayant un axe sensiblement perpendiculaire au plan des motifs conducteurs plans.

5 6. Plan de masse multi-bandes selon la revendication 5, dans lequel les nanostructures unidimensionnelles sont des nanotubes de carbone.

10 7. Plan de masse multi-bandes selon l'une des revendications 5 ou 6, **caractérisé en ce que** des pavés électriquement conducteurs (m1) sont présents, dans l'épaisseur du substrat diélectrique, dans un plan (P1) parallèle aux plans des première et deuxième faces du substrat diélectrique et situé entre lesdits plans des première et deuxième faces, au moins une fraction d'un motif conducteur plan supplémentaire (m2a) étant en regard d'au moins une fraction d'au moins un pavé électriquement conducteur (m1), un trou métallisé reliant chaque pavé électriquement conducteur (m1) au plan conducteur (P) situé sur la deuxième face du substrat diélectrique.

15

20

25

30

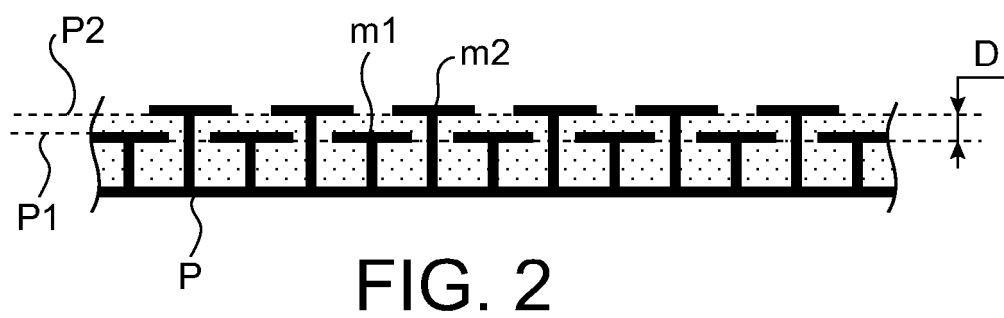
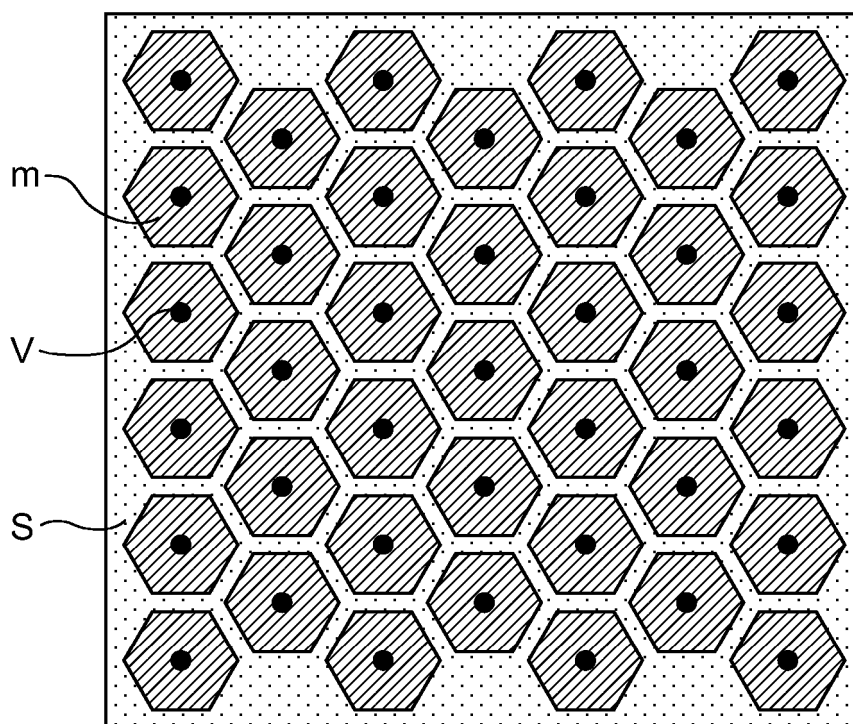
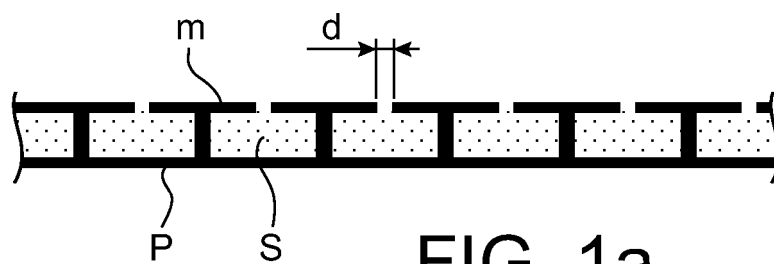
35

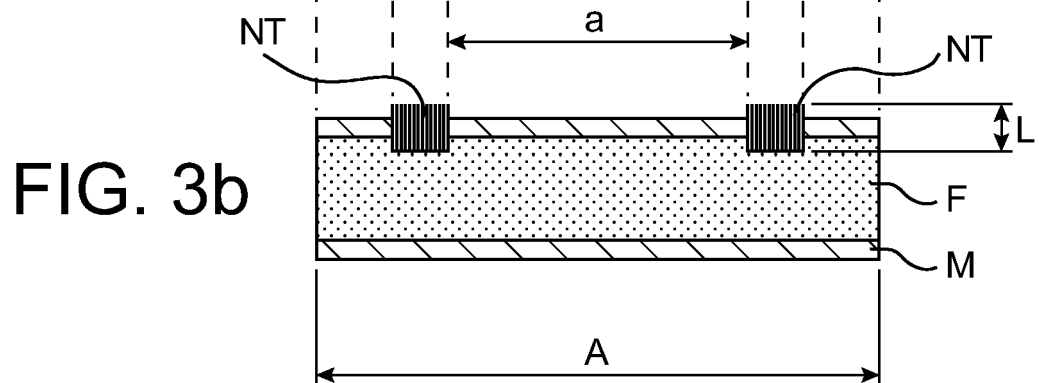
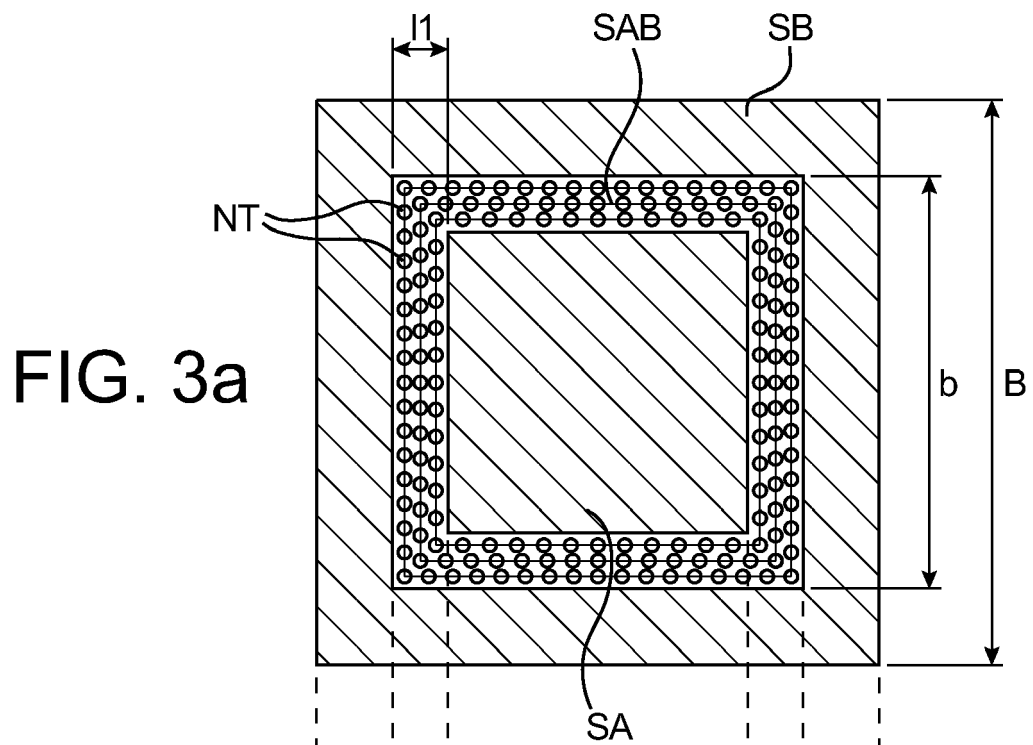
40

45

50

55





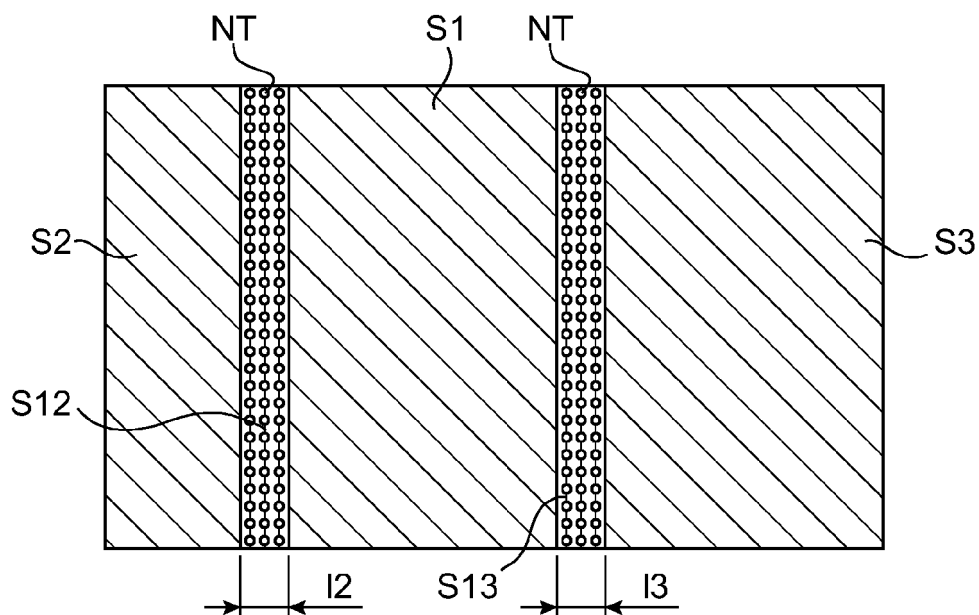


FIG. 4

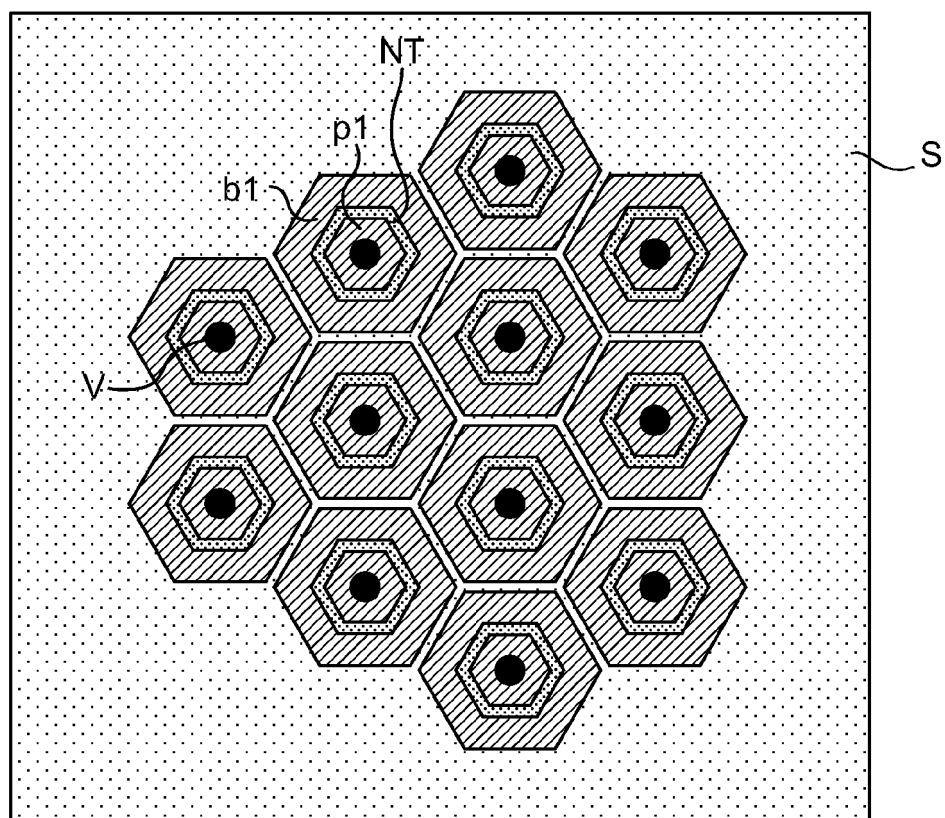


FIG. 5

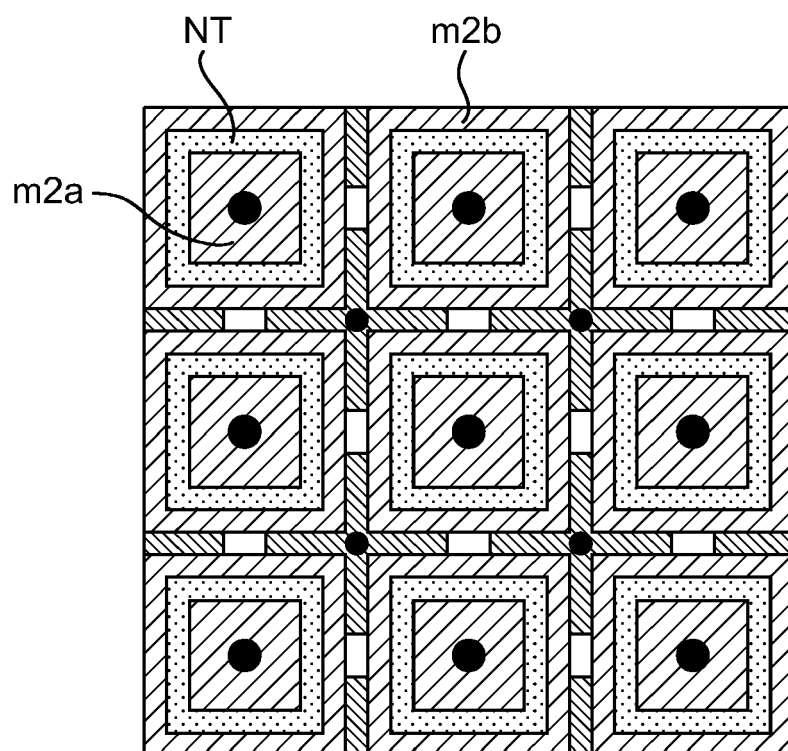


FIG. 6a

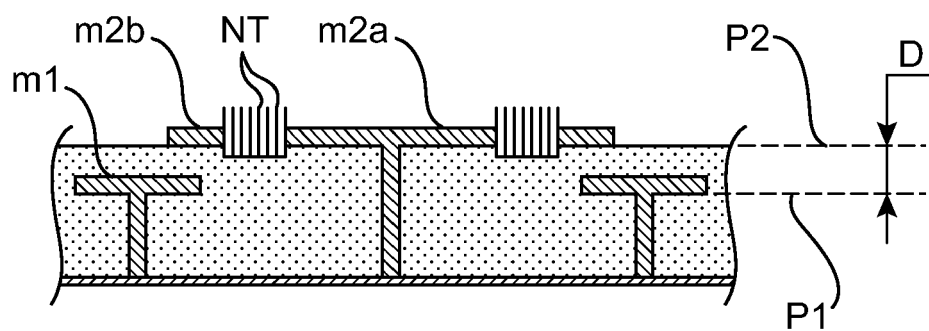


FIG. 6b

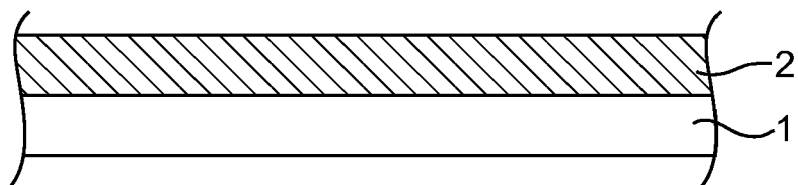


FIG. 7

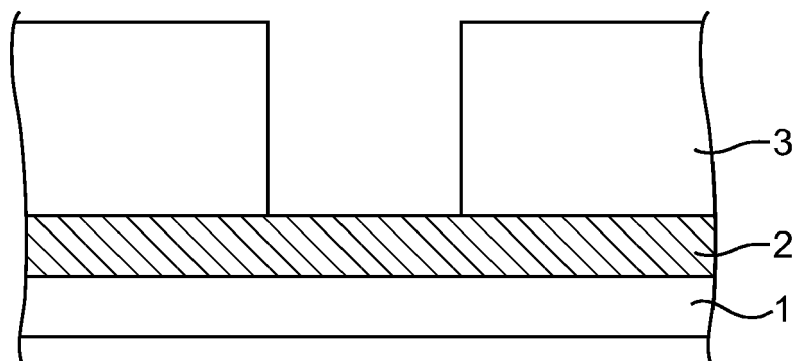


FIG. 8

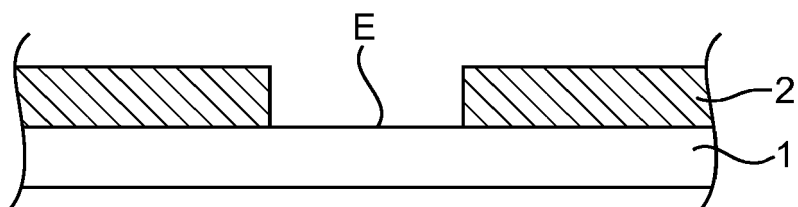


FIG. 9

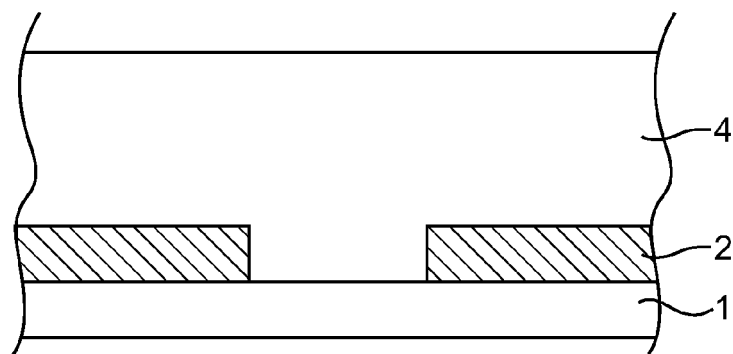


FIG. 10

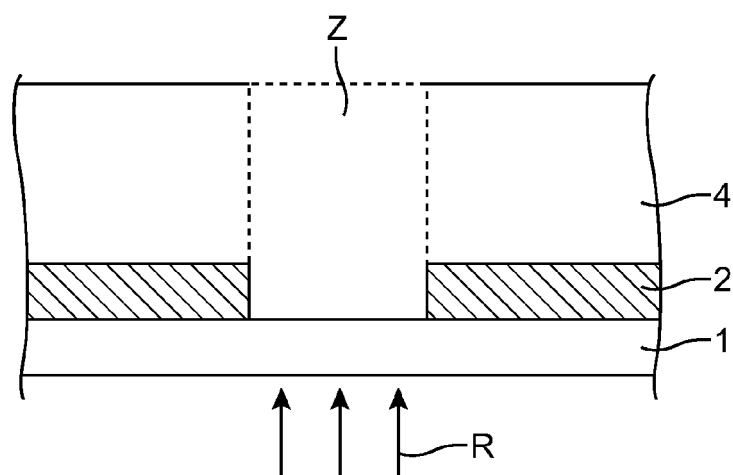


FIG. 11

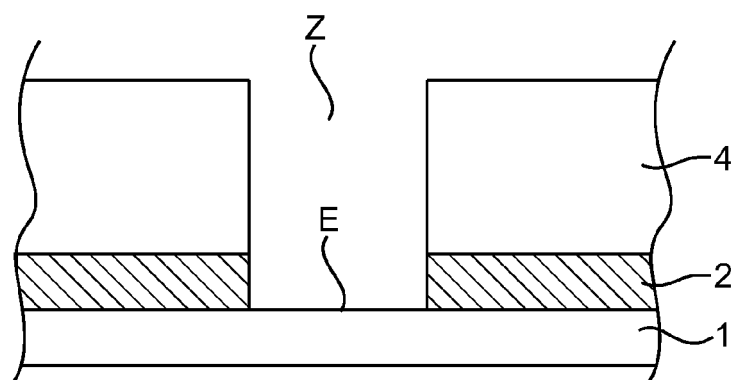


FIG. 12

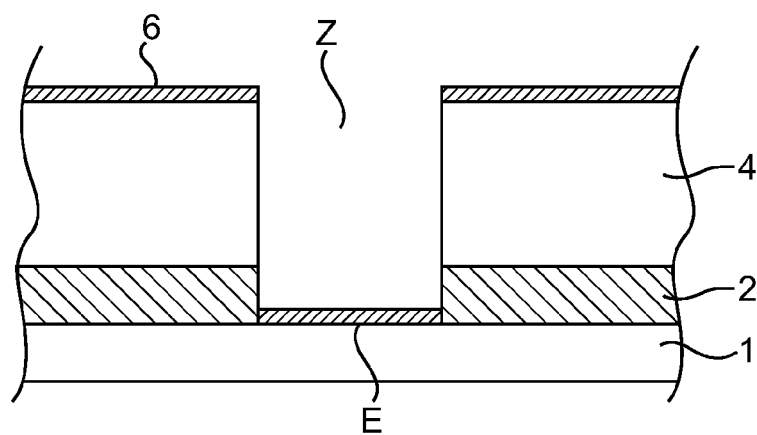


FIG. 13

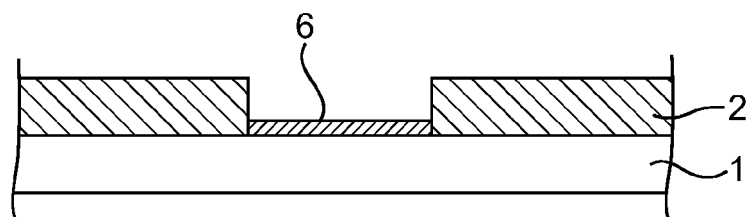


FIG. 14

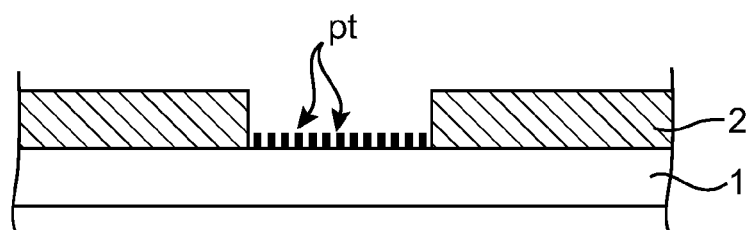


FIG. 15

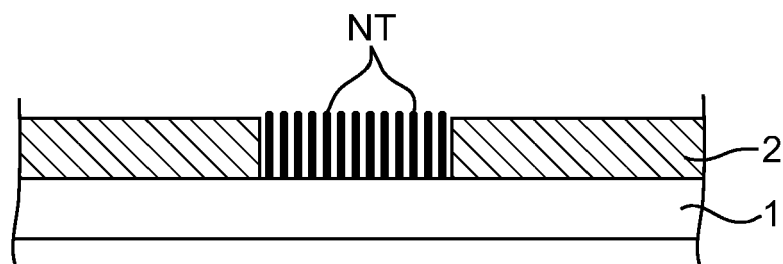


FIG. 16

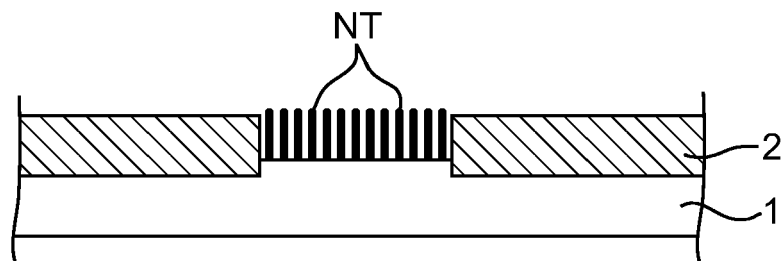


FIG. 17

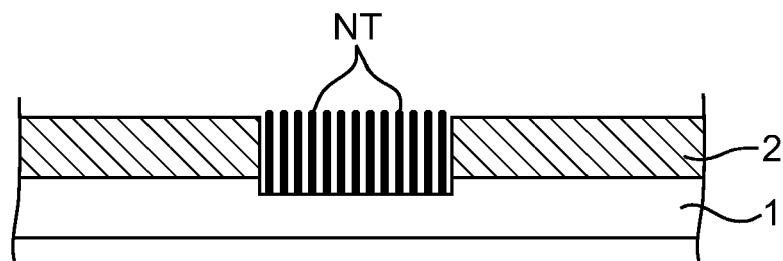


FIG. 18



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 06 12 1114

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
D,A	WO 02/080361 A (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 10 octobre 2002 (2002-10-10) * abrégé; figure 1 *	1	INV. H01Q9/40
A	-----	1,3,4	
A	-----	2,5-7	
A	US 2005/063658 A1 (CROWLEY ROBERT JOSEPH) 24 mars 2005 (2005-03-24) * le document en entier *	1-7	
A	-----		
A	US 2002/197752 A1 (CHOI WON-BONG) 26 décembre 2002 (2002-12-26) * le document en entier *	1-7	

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G01N G02B H03H H01L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 21 novembre 2006	Examineur Dessaux, Christophe
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

7

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

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

EP 06 12 1114

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

21-11-2006

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 02080361 A	10-10-2002	EP 1384322 A1	28-01-2004
US 2005063658 A1	24-03-2005	US 2005062668 A1	24-03-2005
US 2002197752 A1	26-12-2002	AUCUN	

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 02080361 A1 [0027]
- WO 02080361 A [0033]