

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 108 443**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **20 02630**

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 L 23/58** (2019.12), H 01 L 23/52

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ SUBSTRAT RF AVEC JONCTIONS AYANT UN AGENCEMENT AMELIORE.

②② Date de dépôt : 18.03.20.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 24.09.21 Bulletin 21/38.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.12.23 Bulletin 23/52.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement public — FR.*

⑦② Inventeur(s) : COLINGE Jean-Pierre.

⑦③ Titulaire(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement public.*

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.

FR 3 108 443 - B1



Description

Titre de l'invention : SUBSTRAT RF AVEC JONCTIONS AYANT UN AGENCEMENT AMELIORE

- [0001] **DOMAINE TECHNIQUE ET ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**
- [0002] La présente demande concerne le domaine des substrats semi-conducteurs et en particulier ceux destinés à des applications radiofréquences (RF).
- [0003] Un substrat de type semi-conducteur sur isolant est communément formé d'une couche de support recouverte par, et en contact avec, une couche isolante, elle-même recouverte par, et en contact avec, une couche superficielle semi-conductrice généralement destinée à servir de couche active, c'est-à-dire dans laquelle au moins une partie de composants électroniques tels que des transistors est destinée à être formée.
- [0004] Pour des applications radiofréquences des adaptations d'un tel substrat peuvent s'avérer nécessaires. Des champs parasites sont en effet susceptibles de venir perturber le fonctionnement du substrat, en particulier lorsque des fréquences élevées par exemple supérieures à 5 GHz, sont utilisées.
- [0005] Une amélioration connue de ces substrats consiste à former sous et contre la couche isolante communément appelée « BOX » une couche dite « trap rich », c'est-à-dire formée d'un matériau semi-conducteur riche en défauts cristallins et qui permet de piéger des charges.
- [0006] Avec une telle couche, on limite la conduction parasite à proximité de la couche isolante, et on améliore de cette manière les performances des circuits radiofréquences en termes d'isolation radiofréquences, de diminution des pertes d'insertion et d'intégrité du signal.
- [0007] Une autre manière de limiter la circulation des courants parasites et en particulier des courants de Foucault (en anglais « eddy currents ») sous la couche isolante et à proximité de l'interface entre cette couche isolante et la couche de support semi-conductrice est proposée dans le document "Low-Loss Si-Substrates Enhanced Using Buried PN Junctions for RF Applications" de Rack et al., IEEE Electron Device Letters, vol. 40, n°5, p. 690, 2019.
- [0008] Dans ce document, une alternance de bandes dopées 2 de type N et de bandes dopées 4 de type P est réalisée dans la couche de support 6 d'un substrat de type semi-conducteur sur isolant.
- [0009] Un tel type d'agencement, illustré sur la [Fig.1], permet de former des jonctions 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 prévues pour stopper des courants de Foucault se dirigeant perpendiculairement à une direction principale d'allongement des bandes parallèles 2, 4 dopées N et P.

- [0010] Dans l'exemple illustré, le circuit conducteur susceptible d'être à l'origine de courants de Foucault est sous forme d'une simple ligne métallique 8 parallèle aux bandes dopées N et P.
- [0011] Mais un tel agencement des jonctions n'est pas adapté à un cas où le circuit RF prend une forme plus complexe. En effet, dans l'exemple illustré, les jonctions 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 ne permettraient pas de bloquer des courants de Foucault dans une direction parallèle à celle d'allongement principal des lignes. Il est alors nécessaire de placer la ligne métallique 8 selon une unique disposition sur le support 6, c'est-à-dire perpendiculairement aux bandes dopées 2 et 4.
- [0012] Il se pose le problème de réaliser une nouvelle structure qui soit améliorée vis-à-vis d'inconvénient(s) mentionné(s) ci-dessus.

Exposé de l'invention

- [0013] Selon un mode de réalisation, la présente invention prévoit un substrat de type semi-conducteur sur isolant doté d'une couche superficielle semi-conductrice disposée sur une couche isolante, la couche isolante étant agencée sur une couche de support à base de matériau semi-conducteur, ladite couche de support étant dotée d'une structure de blocage de courant formée d'une pluralité de jonctions pour bloquer la circulation de courants parasites dans un plan parallèle à un plan principal de la couche de support, ladite structure comportant, dans un secteur dopé selon un dopage d'un premier type, en particulier P ou N, une pluralité de régions dopées distinctes ayant un dopage d'un deuxième type, en particulier N ou P, opposé audit premier type, lesdites régions dopées étant entourées entièrement d'une zone dudit secteur dopé et de dopage du premier type, lesdites régions formant un motif donné comportant au moins une première branche et au moins une deuxième branche réalisant un angle non-nul avec ladite première branche, le motif donné et la répartition desdites régions dopées dans ledit secteur dopé étant prévus de sorte que :
- dans une première direction parallèle au premier axe et traversant ladite structure, ladite structure comporte une ou plusieurs première(s) jonction(s), dans une deuxième direction orthogonale à la première direction et traversant ladite structure, ladite structure comporte une ou plusieurs deuxième(s) jonctions, dans au moins une troisième direction réalisant un angle non-nul avec ladite première direction et deuxième direction et traversant ladite structure, ladite structure comporte une ou plusieurs troisième(s) jonctions.
- [0014] Une telle structure permet de stopper les courants parasites dans plusieurs directions tout en étant adaptée à différentes formes de composants RF ou de circuits RF ou d'éléments conducteurs acheminant un signal RF.
- [0015] Elle peut être avantageusement réalisée sans devoir nécessairement prévoir d'aligner

précisément lesdits motifs respectifs desdites régions par rapport à la ou les pistes conductrices formant un composant RF ou un circuit RF susceptible d'être à l'origine de courants parasites.

- [0016] Avantageusement, la structure comporte dans la première direction et/ou dans la deuxième direction, et/ou dans la troisième direction :
 une succession de régions dopées formant ledit même motif donné identique en termes de forme et/ou de dimensions.
- [0017] Typiquement, les régions dopées distinctes peuvent être réparties de manière périodique dans ladite structure sur une ou plusieurs première(s) rangée(s) parallèlement à un premier axe, le premier axe étant parallèle au plan principal du substrat.
- [0018] Avantageusement, les régions dopées distinctes sont réparties de manière périodique dans ladite structure sur une ou plusieurs autres rangées agencées parallèlement à un deuxième axe, le deuxième axe étant parallèle au plan principal du substrat, le deuxième axe réalisant un angle non-nul avec ledit premier axe.
- [0019] De préférence, les régions dopées distinctes sont réparties de manière périodique dans ladite structure sur une ou plusieurs rangées parallèlement à un premier axe.
- [0020] On peut avoir en particulier un agencement matriciel des dites régions dopées, ledit motif donné étant dans ce cas répété selon un agencement matriciel.
- [0021] De préférence, le motif donné et la répartition des régions dopées sont prévus de sorte que, quel que soit l'axe donné parallèle à la première direction ou à la deuxième direction ou à la troisième direction et passant entre deux dites régions dopées, cet axe donné traverse une succession de jonctions. On limite ainsi de manière optimale les possibilités de création de chemins conducteurs de courants parasites.
- [0022] Avantageusement, le motif donné a une dimension maximale prévue inférieure et typiquement au moins deux fois inférieure, de préférence au moins dix fois inférieure, à une dimension prédéterminée égale à une longueur maximale de propagation de courant de Foucault dans ledit matériau semi-conducteur de la couche de support à une fréquence de fonctionnement d'un circuit RF qui est apte à être disposé en regard de la structure de blocage.
- [0023] Selon une possibilité de mise en œuvre, la ou les premières rangées sont formées d'une succession de régions dopées comportant alternativement ledit motif donné suivant une première orientation et ledit motif donné suivant une deuxième orientation distincte de la première orientation.
- [0024] La structure de blocage peut avantageusement comprendre plusieurs autres rangées parallèles au deuxième axe, au moins une rangée donnée parmi lesdites autres rangées étant formée d'une répétition dudit motif donné suivant la première orientation et au moins une rangée voisine de la rangée donnée étant formée d'une répétition dudit motif donné suivant ladite deuxième orientation.

- [0025] Avantageusement, le motif donné peut comporter une première branche et une deuxième branche réalisant un angle non-nul avec la première branche, en particulier orthogonale à la première branche.
- [0026] Selon une deuxième possibilité d'agencement dans lequel lesdites régions dopées distinctes sont réparties de manière périodique dans ladite structure sur une ou plusieurs autres rangées parallèlement à un deuxième axe, le premier axe et ledit deuxième axe étant des axes parallèles audit plan principal, ledit deuxième axe réalisant un angle inférieur à 90° avec ledit premier axe, parmi lesdites premières rangées au moins une rangée donnée étant formée d'une première succession de régions dopées reproduisant ledit motif donné, au moins une rangée voisine de ladite rangée donnée étant formée d'une deuxième succession de régions dopées reproduisant ledit motif donné, ladite rangée voisine étant décalée de ladite rangée donnée par rapport à un plan orthogonal au premier axe et audit plan principal.
- [0027] Selon une autre possibilité de mise en œuvre du motif donné, celui-ci peut comporter une première branche, une deuxième branche à une première extrémité de la première branche et réalisant un angle non-nul avec la première branche, et une troisième branche à une deuxième extrémité de la première branche et réalisant un angle non-nul avec la première branche, la deuxième branche et la troisième branche ayant des orientations respectives différentes dans un plan parallèle à un plan principal de la couche de support.
- [0028] Selon une autre possibilité de mise en œuvre du motif donné, celui-ci comporte une première branche principale, une deuxième branche principale, une troisième branche principale, une quatrième branche principale, lesdites branches principales se rejoignant en une région d'intersection, le motif comportant en outre des branches secondaires chacune reliée à une branche principale, les branches secondaires suivant des orientations respectives différentes dans un plan parallèle à un plan principal de la couche de support.
- [0029] Selon un autre aspect, la présente invention concerne un dispositif microélectronique comprenant :
- un substrat tel que défini plus haut,
 - un ou plusieurs composants électroniques, en particulier un ou plusieurs transistors au moins partiellement formés dans ladite couche superficielle dudit substrat,
 - au moins un circuit conducteur RF ou un composant RF, ledit circuit ou ledit composant RF étant agencé en regard dudit secteur dopé.
- [0030] Typiquement, le composant RF est une antenne et/ou une inductance.
- [0031] Avantageusement, le motif donné a une dimension maximale mesurée parallèlement au plan principale du substrat, prévue inférieure et typiquement au moins deux fois inférieure, avantageusement au moins dix fois inférieure à une dimension prédéterminée

égale à la longueur de propagation de courant de Foucault dans ledit matériau semi-conducteur de la couche de support à ladite fréquence de fonctionnement.

[0032] Selon un autre aspect, la présente invention concerne un procédé de fabrication d'un substrat, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- réaliser un dopage d'un premier type d'au moins un secteur d'un support semi-conducteur,
- disposer un masque en regard dudit secteur dopé, le masque comprenant des ouvertures ayant une forme reproduisant ledit motif donné,
- implanter des régions dudit secteur dopé à l'aide d'une espèce dopante de sorte à réaliser un dopage d'un deuxième type opposé au premier type.

[0033] Le procédé peut également comprendre après ladite implantation des régions, des étapes de :

- formation d'une couche isolante sur le support semi-conducteur, puis,
- collage sur le support d'un support muni d'une couche semi-conductrice,
- retrait d'une portion sacrificielle du substrat, tandis que la couche semi-conductrice est conservée et forme ladite couche semi-conductrice superficielle.

[0034] Selon un autre aspect, la présente invention concerne un procédé de réalisation d'un dispositif RF tel que défini plus haut et comprenant les étapes consistant à :

- prévoir un substrat semi-conducteur sur isolant tel que défini plus haut puis,
- former ledit circuit conducteur RF ou ledit composant RF en regard dudit secteur dopé.

Brève description des dessins

[0035] La présente invention sera mieux comprise sur la base de la description qui va suivre et des dessins en annexe sur lesquels :

[0036] [Fig.1] sert à illustrer un substrat SOI avec une structure de blocage de courant de Foucault sous forme d'une alternance de bandes dopées N et P parallèles ;

[0037] [Fig.2A]

[0038] [Fig.2B] servent à illustrer un substrat semi-conducteur avec une structure de blocage de courant de Foucault mise en œuvre suivant un premier exemple de réalisation de la présente invention ;

[0039] [Fig.3] sert à illustrer un deuxième exemple de réalisation de la présente invention ;

[0040] [Fig.4] sert à illustrer sert à illustrer un troisième exemple de réalisation de la présente invention ;

[0041] [Fig.5] sert à illustrer une variante de structure de blocage de courant de Foucault sous forme d'un agencement en damier de zones dopées N et P ;

[0042] [Fig.6] sert à illustrer une autre variante de structure de blocage de courant de Foucault sous forme d'un agencement matriciel de zones dopées N ayant un motif rec-

tangulaire et réalisées à l'intérieur d'un secteur globalement dopé P ;

- [0043] [Fig.7] sert à illustrer une autre variante d'agencement matriciel de régions dopées N dans un secteur globalement dopé P ;
- [0044] [Fig.8] sert à illustrer un agencement de régions dopées ayant un motif formé de plusieurs branches et réalisées à l'intérieur d'un secteur globalement dopé ayant un type de conductivité opposé à celui desdites régions ;
- [0045] [Fig.9] sert à illustrer un agencement de régions dopées ayant un motif formé de plusieurs branches et réalisées à l'intérieur d'un secteur globalement dopé ayant un type de conductivité opposé à celui desdites régions ;
- [0046] [Fig.10] sert à illustrer un exemple de réalisation de structure de blocage de courants de Foucault suivant la présente invention, avec une portion d'antenne ou d'inductance en regard de cette structure ;
- [0047] [Fig.11A]
- [0048] [Fig.11B] servent à illustrer des exemples de composants RF destinés à être placés en regard d'une structure de blocage de courant de Foucault telle que mise en œuvre suivant l'invention;
- [0049] [Fig.12A]
- [0050] [Fig.12B]
- [0051] [Fig.12C] servent à illustrer un procédé de fabrication d'un substrat de type semi-conducteur sur isolant muni d'une structure de blocage de courants de Foucault telle que mise en œuvre suivant un mode de réalisation de la présente invention ;
- [0052] [Fig.13] sert à illustrer un dispositif microélectronique doté d'un substrat de type semi-conducteur sur isolant muni d'une structure de blocage de courants de Foucault dans la couche de support et en regard de laquelle un composant ou circuit RF est formé ;
- [0053] [Fig.14] sert à illustrer un dispositif microélectronique doté d'un substrat avec une structure de blocage de courants de Foucault localisée dans une région, tandis qu'une autre région dépourvue de BOX est dédiée à un circuit doté de composants logiques ;
- [0054] Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.
- [0055] Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.
- [0056] **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**
- [0057] Un exemple de réalisation d'une structure de blocage de courant parasites, en particulier de courants de Foucault, dans un substrat tel que mis en œuvre suivant un mode de réalisation de la présente invention, va à présent être donné en liaison avec les figures 2A-2B (donnant respectivement une vue en coupe transversale du substrat avec la structure de blocage et une vue de dessus de cette structure).

- [0058] La structure est réalisée dans une partie supérieure d'une couche de support 10 semi-conductrice d'un substrat, par exemple de type semi-conducteur sur isolant. Cette structure se présente sous forme d'un volume 20 dopé, de la couche 10 de support et est disposée contre, et de préférence en contact avec la couche isolante 11 du substrat. La couche isolante 11 est agencée sur la couche de support 10 et sépare cette couche de support 10 d'une couche semi-conductrice superficielle 12 dans laquelle des canaux de transistors peuvent être prévus.
- [0059] Le substrat peut être en particulier de type SOI (« Silicon On Insulator », i.e. « silicium sur isolant ») c'est-à-dire avec une couche semi-conductrice 12 superficielle en silicium.
- [0060] Par exemple, la couche superficielle semi-conductrice 12 peut être prévue avec une épaisseur comprise entre 4 nm et 50 nm. La couche isolante 11 est quant à elle typiquement à base d'oxyde de silicium et peut avoir une épaisseur comprise par exemple entre 15 nm et 250 nm.
- [0061] La couche de support 10 semi-conductrice peut être également en silicium et comporter sous le volume 20 dopé une couche de matériau semi-conducteur de résistance élevée, par exemple supérieure à 1000 Ω cm, et avantageusement supérieure à 5000 Ω cm.
- [0062] Le volume 20 dopé peut quant à lui avoir une épaisseur e_1 (dimension mesurée parallèlement à l'axe z d'un repère orthogonal [0 ; x ; y ; z] indiqué sur les figures) comprise par exemple entre 50 nm et 1 μ m, avantageusement entre 100 nm et 500 nm.
- [0063] Le volume 20 dopé est ici formé d'un secteur dopé 22 selon un dopage d'un premier type, conférant un premier type de conductivité par exemple de type P, et d'une pluralité de régions 23 dopées. On prévoit dans la structure de blocage une répétition de régions dopées 23 distinctes entre elles réalisant un même motif M_1 , M'_1 identique en termes de taille et de forme.
- [0064] Par « distinctes » on entend ici des régions non contiguës entre elles ou qui ne se touchent pas, et qui sont entourées par ledit secteur 22. Les régions dopées 23 ont un dopage d'un deuxième type, conférant un deuxième type de conductivité opposé audit premier type de conductivité, par exemple de type N. Par dopage de type N, on entend un dopage qui consiste à installer un excès d'électrons, tandis que par dopage de type P, on entend un dopage qui consiste à installer un excès de trous. On a donc, dans cet exemple, un secteur 22 dopé P et des régions 23 dopées N qui sont entourées par ce secteur 22.
- [0065] Les régions 23 dopées sont ainsi entourées, de préférence entièrement entourées, de portions dudit secteur dopé 22 ayant un dopage de type opposé. Le volume 20 comporte ainsi des jonctions 25a, 25b PN ou NP formées chacune, entre d'une part une zone du secteur 22 dopé selon ledit dopage du premier type et d'autre part une desdites

régions dopées 23 selon le dopage du deuxième type ou inversement.

- [0066] Une telle disposition participe à limiter voire empêcher la propagation de courant de Foucault parasite du type de celui référencé C_1 sur la [Fig.5]. Dans un tel agencement en damier illustré sur cette [Fig.5], un courant parasite est en effet susceptible de traverser des régions dopées contiguës selon une diagonale, par rapport aux rangées longitudinales et transversales du damier.
- [0067] Dans l'exemple de réalisation particulier des figures 2A-2B, la succession de motifs dopés est telle que les régions dopées 23 sont réparties de manière périodique dans la structure sur au moins une rangée 31, 32, 33. Ces régions 23 peuvent être, elles-mêmes disposées sur plusieurs rangées agencées parallèlement à un premier axe Δ_1 , cet axe Δ_1 étant parallèle à un plan principal du substrat. Par « plan principal » du substrat, on entend ici un plan passant par le substrat et qui est parallèle au plan $[O ; x ; y]$ donné sur les figures.
- [0068] Un agencement matriciel de régions dopées 23 réparties en lignes et en colonnes peut être en particulier prévu. Ainsi, dans l'exemple de réalisation particulier illustré, les régions dopées 23 sont également réparties en rangées 31 parallèlement à un deuxième axe Δ_2 , ce deuxième axe étant dans cet exemple parallèle au plan principal du substrat et orthogonal au premier axe Δ_1 .
- [0069] L'agencement périodique des régions 23 est tel que dans une première direction parallèle au premier axe Δ_1 , ladite structure comporte une ou plusieurs jonctions 25a, 25b, permettant de bloquer des courants parasites dans cette première direction, tandis que dans une deuxième direction orthogonale à la première direction et parallèle au deuxième axe Δ_2 , ladite structure comporte une ou plusieurs jonctions 25a, 25b permettant de bloquer des courants parasites dans cette deuxième direction, et que dans au moins une troisième direction parallèle à un troisième axe Δ_3 et réalisant un angle non-nul, par exemple de 45° , avec lesdites première et deuxième directions et traversant ladite structure, ladite structure comporte une ou plusieurs jonctions 25a, 25b permettant de bloquer des courants parasites dans cette troisième direction.
- [0070] Dans la mesure où la longueur de propagation l_p des courants de Foucault dépend de la fréquence de fonctionnement du circuit RF, on adapte l'étendue (autrement dit l'empreinte ou la surface occupée) de la structure de blocage ou du volume dopée mesuré(e) dans un plan parallèle au plan principal du substrat, en fonction de celle du composant RF par exemple de type antenne ou inductance et de cette fréquence de fonctionnement. L'étendue de la structure de blocage est ainsi de préférence supérieure à celle de l'antenne et par exemple, pour une antenne de 30Ghz, un dépassement $L_D \geq l_p$ d'au moins 1 mm, représentant la longueur maximale de propagation des courants de Foucault, est prévu.
- [0071] On prévoit également de préférence l'agencement des régions dopées 23 et leur taille

de sorte qu'en regard de l'antenne, un segment de longueur égal à ladite longueur de propagation l_p est entrecoupé par au moins une jonction PN et au moins une jonction NP.

- [0072] Pour cela, on peut prévoir par exemple la longueur maximale des régions dopées 23, autrement dit la dimension maximale D_M des motifs M_1, M'_1 mesurée parallèlement au plan $[0 ; x ; y]$ du repère orthogonal $[0 ; x ; y ; z]$ en fonction de la dimension l_p et de préférence de sorte que $2 * D_M \leq l_p$. Typiquement, la dimension maximale D_M est bien inférieure, c'est-à-dire au moins 10 fois inférieure aux dimensions de l'antenne et à la longueur l_p de propagation.
- [0073] Ainsi, un dispositif muni d'une telle structure de blocage présente un grand nombre de jonctions permettant de bloquer des courants parasites dans au moins 3 directions différentes (par exemple 45° de différence).
- [0074] Les régions dopées 23 de type N suivent de préférence un même motif M_1, M'_1 . Dans l'exemple illustré, ce motif M_1, M'_1 est formé d'au moins une première branche b_1 et d'au moins une deuxième branche b_2 reliée à la première branche b_1 et réalisant un angle non-nul avec la première branche b_1 . On se distingue ainsi de motifs de forme rectangulaire ou carré tels que par exemple ceux montrés sur les figures 6, 7 et qui, dans un agencement matriciel en damier favoriseraient la formation de chemins de courants parasites C'_1, C'_2 . Avec une telle forme de motifs, on limite la possibilité de création de chemins de courants parasites.
- [0075] La première branche b_1 et/ou la deuxième branche b_2 du motif M_1, M'_1 peut être prévue avec une dimension critique d_c (dimension mesurée parallèlement au plan $[0 ; x ; y]$ correspondant à la plus petite dimension d'un motif hormis son épaisseur) comprise par exemple entre 500 nm et 10 μm , avantageusement entre 1 μm et 5 μm .
- [0076] Par exemple, on peut prévoir une dimension maximale D_M comprise entre 5 μm et 100 μm , avantageusement entre 25 μm et 50 μm , tandis qu'un espace minimal d_{\min} compris entre 500 nm et 10 μm , avantageusement entre 1 μm et 5 μm peut être prévu pour des pistes de largeur comprise entre 500 nm et 10 μm .
- [0077] La répétition et la répartition en rangées des régions dopées 23 selon un motif ou selon une même séquence de motifs déterminé(e), permet de prévoir un composant RF ou circuit conducteur RF ou un élément conducteur en regard du volume 20 dopé sans nécessairement devoir réaliser un alignement précis de ce composant ou de ce circuit ou de cet élément conducteur par rapport aux jonctions et en particulier aux frontières des régions 23 dopées. La structure de blocage peut être ainsi avantageusement conçue sans nécessairement connaître au préalable le dessin exact du circuit RF ou composant RF amené à être réalisé en regard du volume dopé 20. Les dimensions des pistes formant le circuit ou composant RF ainsi que l'encombrement global de ce composant ou de circuit peuvent alors suffire.

- [0078] Dans l'exemple de réalisation particulier illustré sur la [Fig.2B], le motif M_1 , M'_1 reproduit dans un agencement matriciel est un motif en forme de 'T', avec une alternance de rangées 32 dans lesquels le motif M_1 présente une première orientation par rapport à l'axe Δ_1 et de rangées 33 dans lesquels le motif M'_1 suit une deuxième orientation, les motifs M_1 , M'_1 d'une rangée 32 étant dans cet exemple d'agencement particulier disposés tête-bêche, c'est-à-dire selon une rotation de 180° , par rapport à ceux M'_1 de la rangée 33 voisine.
- [0079] Toutefois, d'autres agencements et formes de motifs peuvent être prévus. La [Fig.2B] permet d'illustrer un mode avantageux notamment par rapport à ceux illustrés sur les figures 8 et 9, où d'autres types de motifs en forme de 'L' et en forme de croix simple, ou de '+', ou de motif constitué de quatre branches sont utilisés.
- [0080] Dans l'exemple de réalisation illustré sur la [Fig.2B], l'agencement des motifs M_1 , M'_1 et leur forme sont déterminés de sorte que quel que soit l'axe donné parallèle au premier axe Δ_1 , ou au deuxième axe Δ_2 ou au troisième axe Δ_3 traversant la structure et passant par une zone du secteur 22 entre deux régions dopées 23 voisines, cet axe donné rencontre une alternance de zones dopées de type N et de zone dopée de type P, avec au moins une jonction PN et au moins une jonction NP. Des chemins conducteurs parasites tels que ceux C_3 , C_4 représentés de manière schématique sur les figures 8 et 9 sont ainsi évités.
- [0081] Un deuxième exemple de la structure de blocage est donné sur la [Fig.3]. Il diffère de l'exemple précédemment décrit, notamment de par la forme des régions dopées 23, ainsi que de par leur répartition dans le secteur dopé 22.
- [0082] Les régions dopées 23 ont ici un motif M_2 identique répété, avantageusement de manière périodique, et de préférence selon un agencement matriciel dans lequel la répétition de motifs est réalisée sur plusieurs axes Δ_1 , Δ'_2 .
- [0083] Le motif M_2 comporte, dans cet exemple particulier, une première branche b_{11} , une deuxième branche b_{12} située à une première extrémité de la première branche b_{11} et une troisième branche b_{13} située à une deuxième extrémité de la première branche b_{11} . Les branches b_{12} et b_{13} réalisent un angle non-nul, par exemple de 90° avec la première branche b_{11} . Selon l'exemple illustré, la deuxième branche b_{12} et la troisième b_{13} présentent des directions d'allongement parallèles et selon des sens respectifs opposés. Autrement dit, le motif M_2 n'est, ici, pas en forme de U. Un tel motif M_2 à plusieurs branches s'étendant dans des directions différentes (par rapport à b_{11}) participe à la mise en œuvre d'un blocage de courant dans plusieurs directions.
- [0084] Comme dans l'exemple précédent, un agencement régulier des régions 23 en lignes parallèles à un premier axe Δ_1 est prévu. Toutefois, dans cet exemple de réalisation particulier, un décalage de positionnement des motifs est mis en œuvre entre des rangées voisines 31a, 31b successives parallèles au premier axe Δ_1 . Le décalage entre rangées

voisines est ici un décalage pris par rapport à un plan P orthogonal au plan principal du substrat et orthogonal au premier axe Δ_1 .

- [0085] Ainsi, une rangée donnée 31a formée d'une succession de motifs M_2 , est, par rapport à un axe orthogonal au premier axe Δ_1 décalé par rapport à une rangée voisine de ladite rangée donnée formée d'une autre succession dudit même motif donné M_2 . Une répartition des motifs M_2 en rangées parallèles à un deuxième axe Δ'_2 non-orthogonal au premier axe est ici réalisée.
- [0086] De par la forme et l'agencement des régions 23, en particulier leur répartition et la répétition périodique, la structure de blocage de courants parasites peut, comme dans l'exemple de réalisation précédent, être réalisée sans connaissance précise de l'agencement des pistes du circuit RF ou du composant RF. Par ailleurs, là encore, on met en œuvre un blocage selon au moins 3 directions distinctes, en particulier à au moins 45° les unes par rapport aux autres.
- [0087] Un troisième exemple de réalisation d'une structure de blocage est donné sur la [Fig.4]. Il diffère de l'exemple précédent notamment de par la forme des régions dopées 23.
- [0088] Les régions dopées 23 ont ici un motif M_3 formé de quatre branches b_{21} , b_{22} , b_{23} , b_{24} principales se rejoignant en une région d'intersection et de quatre branches b_{25} , b_{26} , b_{27} , b_{28} secondaires chacune située à une extrémité respective d'une branche principale b_{21} , b_{22} , b_{23} , b_{24} , les branches secondaires b_{25} , b_{26} , b_{27} , b_{28} suivant des orientations respectives différentes.
- [0089] Un tel motif M_3 permet de faciliter un agencement dans lequel des branches de motifs voisins s'interpénètrent pour créer des zones du secteur dopé 22 selon le dopage du premier type et réalisant un parcours sinueux. Cela contribue à limiter voire empêcher la circulation de courants de Foucault.
- [0090] Dans l'exemple de réalisation illustré sur la [Fig.4], le motif a été représenté sans angle mais l'Homme du Métier saura adapter ce motif avec un angle, en particulier droit, entre une branche principale et sa branche secondaire afin de réaliser ce motif avec les techniques de lithographie dont on dispose actuellement.
- [0091] Par exemple, le motif M_3 est semblable à celui d'un svastika mais d'autres motifs à branches principales et secondaires peuvent être utilisés. Par exemple, on peut voir un motif dans lequel les branches principales réalisent entre elles un angle différent de 90° et/ou dans lequel les branches secondaires b_{25} , b_{26} , b_{27} , b_{28} réalisent un angle différent de 90° avec les branches principales et/ou dans lequel d'autres branches dites « tertiaires » issues des branches secondaires réalisent un angle non-nul avec ses dernières.
- [0092] Comme dans l'exemple décrit précédemment, la répartition régulière selon un pas prédéterminé des motifs M_3 , permet de réaliser une structure de blocage permettant

d'empêcher la circulation de courant de Foucault sans devoir connaître nécessairement à l'avance la disposition des pistes conductrices d'un circuit RF ou d'un composant RF (tel qu'une antenne) destiné à être positionné en regard du volume dopé 20.

- [0093] Dans l'un ou l'autre des modes de réalisation précédemment décrits, il est possible de réaliser un secteur 22 dopé N tandis que les régions 23 situées à l'intérieur de ce secteur 22 sont dopées P. Inversement, on peut réaliser un secteur 22 dopé P tandis que les régions 23 intégrées dans ce secteur 22 sont dopées N.
- [0094] Dans l'exemple d'agencement illustré sur la [Fig.10] (donnant une vue de dessus), une piste conductrice 51 par exemple d'une antenne ou d'une inductance, par laquelle un signal RF est destiné à transiter est positionnée au-dessus et en regard du volume dopé 20 dans lequel la succession répétée de jonctions PN et/ou NP est réalisée. Cette piste conductrice 51 peut être positionnée sans être nécessairement alignée avec et/ou sans tenir compte de l'orientation de l'une ou l'autre des branches b_{21} , b_{22} , b_{23} , b_{24} , b_{25} , b_{26} , b_{27} , b_{28} du ou des motifs M_3 de la structure de blocage.
- [0095] Par exemple, la piste conductrice 51 peut être une portion d'inductance 160 réalisant une boucle de la forme d'un polygone tel qu'illustrée sur la [Fig.11A] ou celle globalement rectangulaire sur la [Fig.11B]. Dans ce cas, la connaissance de la surface occupée par l'inductance 160 et de la largeur de piste 60 permet de réaliser la structure 20 de blocage sans connaître nécessairement l'orientation des pistes conductrices par rapport aux motifs dopés.
- [0096] Un exemple de procédé de réalisation d'une structure de blocage de courants parasites pour substrat semi-conducteur sur isolant et qui peut être du type d'un des modes de réalisations précédemment décrits, va à présent être donné en liaison avec les figures 12A-12C.
- [0097] Un matériau de départ possible pour ce procédé est ici un substrat massif, autrement dit de type communément appelé « bulk » formé d'une tranche de matériau semi-conducteur. Le substrat massif est ici destiné à former la couche de support dans laquelle la structure de blocage est réalisée.
- [0098] Une couche superficielle de cette couche de support 10 peut être tout d'abord dopée, par exemple par implantation, pour réaliser le secteur dopé 22 ([Fig.12A]). Pour cela, un dopage d'un premier type est effectué de sorte à former un secteur dopé 22. Par exemple, si l'on effectue un dopage à l'aide d'une espèce accepteuse, on réalise un secteur 22 ayant un dopage de type P.
- [0099] Pour former un secteur 22 dopé P dans la couche de support 10, on peut par exemple effectuer une implantation de Bore selon une énergie comprise par exemple entre 10 keV et 150 keV, et une dose comprise par exemple entre 10^{14} cm⁻² et 10^{15} cm⁻².
- [0100] Ensuite, on prévoit un masque 110 à implantation comportant des ouvertures 111 distinctes reproduisant chacune un motif donné, par exemple l'un des motifs M_1 , M_2 ,

M_3 décrits précédemment. Le masque 110 peut être par exemple à base de résine dans laquelle on pratique les ouvertures 111 par exemple au moyen d'un procédé de photolithographie.

- [0101] On forme ensuite les régions 23 dopées selon un dopage de type opposé. Par exemple, si l'on effectue une implantation à l'aide d'une espèce donneuse à travers les ouvertures 111 du masque 110, on peut réaliser des régions 23 ayant un dopage de type N ([Fig.12B]) dans les parties exposées par les ouvertures 111.
- [0102] Pour réaliser des régions 23 dopées N dans le secteur 22 dopé P, on peut par exemple effectuer une implantation de Phosphore selon une énergie comprise par exemple entre 20 keV et 200 keV, et une dose comprise par exemple entre 10^{14} cm⁻² et 10^{15} cm⁻².
- [0103] Selon un autre exemple de réalisation une implantation d'Arsenic selon une énergie comprise par exemple entre 40 keV et 200 keV, et une dose comprise par exemple entre 10^{14} cm⁻² et 10^{15} cm⁻² peut être effectuée pour former les régions 23.
- [0104] La dose utilisée pour former les régions dopées 23 est de préférence supérieure à celle du secteur dopé 22, afin de pouvoir inverser localement le type de conductivité dans les régions dopées 23 et pouvoir créer des régions dopées P dans un secteur globalement dopé N ou inversement des régions dopées N dans un secteur globalement dopé P.
- [0105] Le masque 110 peut être ensuite retiré. Par exemple, dans un cas où le masque 110 est à base de résine photosensible, on peut retirer ce masque 110 par gravure à l'aide d'un plasma d'oxygène et/ou d'un bain contenant un mélange d'acide sulfurique et d'eau oxygénée. Il peut avantageusement être utilisé un masque « dur », par exemple d'oxyde ou de nitrure de silicium, préalablement gravé par photolithographie et gravure, par exemple par plasma. Le masque dur peut ensuite être enlevé par voie chimique, en utilisant une solution de HF pour un masque en oxyde ou du H₃PO₄ pour un masque de nitrure.
- [0106] On peut ensuite former une couche isolante 11 sur la couche de support 10, par exemple par dépôt d'oxyde de silicium.
- [0107] Puis, on reporte une couche semi-conductrice 12 destinée à former la couche superficielle du substrat semi-conducteur sur isolant. Cette couche superficielle peut être réalisée par exemple par report d'un support semi-conducteur poignée, par exemple en silicium, que l'on colle sur la couche isolante 11 typiquement en effectuant un collage par adhérence moléculaire. Une couche d'oxyde peut être éventuellement prévue sur ce support poignée afin de réaliser un collage de type oxyde sur oxyde. Une zone de fragilisation est réalisée dans le support poignée par exemple en effectuant une implantation du support poignée. Ensuite, on peut effectuer une séparation d'une épaisseur du support poignée au niveau de la zone de fragilisation, de manière à conserver une autre épaisseur de ce support qui forme alors la couche semi-conductrice superficielle 12 (

[Fig.12C]). Ainsi, la couche superficielle 12 peut être réalisée à l'aide d'un procédé de type communément appelé Smart cut™. Le substrat semi-conducteur sur isolant est alors prêt à accueillir un ou plusieurs composants électroniques ainsi qu'au moins un composant RF ou circuit RF.

- [0108] En variante de l'exemple de procédé qui vient d'être décrit, on peut former les jonctions directement dans la couche de support d'un substrat de type semi-conducteur sur isolant, par exemple à l'aide d'une première implantation pour réaliser le secteur dopé 22 puis une autre implantation à travers les ouvertures d'un masque pour réaliser les régions dopées 23.
- [0109] Une étape ultérieure de formation de pistes conductrices 60 de ce composant RF ou circuit RF par réalisation d'un premier niveau métallique est illustrée sur la [Fig.13]. Le circuit RF est typiquement réalisé sur au moins deux niveaux de métallisation, avec une ou plusieurs pistes conductrices d'un premier niveau reliées à une ou plusieurs pistes conductrices d'un deuxième niveau. La structure de blocage formée de jonctions PN ou NP et telle que mise en œuvre suivant l'invention peut alors permettre d'empêcher la circulation de courants parasites susceptibles d'être générés par une circulation de courant sur chacun des niveaux de métallisation du circuit RF.
- [0110] Comme cela a été décrit précédemment, une structure de blocage de courant de Foucault telle que mise en œuvre suivant l'invention peut être agencée sur un substrat de type semi-conducteur sur isolant, ou bien sur un substrat massif sur lequel une couche isolante est typiquement rajoutée.
- [0111] Dans un autre exemple de réalisation illustré sur la [Fig.14], le volume dopé 20 dans lequel la structure de blocage est réalisée, est formé dans la couche de support 100 semi-conductrice d'un substrat et en regard d'une région R_2 sur laquelle s'étend une couche isolante 131 par exemple d'oxyde de silicium et d'épaisseur qui peut être comprise par exemple entre 50 nm et 1 μ m. Le composant RF 160, par exemple sous forme d'antenne, est agencé sur cette couche isolante 131, tandis qu'une autre région R_1 de la couche de support 100 n'est, quant à elle, pas recouverte par la couche isolante 111. Cette autre région R_2 peut être dédiée à d'autres types de composants et/ou circuits. Par exemple, on peut prévoir des composants logiques sur cette autre région R

Revendications

[Revendication 1]

Substrat pour dispositif RF, le substrat étant doté d'une couche superficielle semi-conductrice (12) disposée sur une couche isolante (11), la couche isolante étant agencée sur une couche de support (10) à base de matériau semi-conducteur, ladite couche de support étant dotée d'une structure (20) de blocage de courants de Foucault susceptibles d'être générés par un circuit RF destiné à être disposé sur le substrat, ladite structure de blocage étant formée d'une pluralité de jonctions (25a, 25b) pour bloquer une circulation de courants de Foucault, ladite structure (20) de blocage comprenant, dans un secteur dopé (22) selon un dopage d'un premier type, en particulier P ou N : une pluralité de régions (23) dopées distinctes ayant un dopage d'un deuxième type opposé au premier type, en particulier N ou P, lesdites régions dopées (23) ayant un dopage du deuxième type étant chacune entourées entièrement d'une zone dudit secteur dopé (22) et de dopage du premier type, et lesdites régions (23) ayant un dopage du deuxième type et réalisant chacune un motif donné (M_1, M'_1, M_2, M_3) formé d'au moins une première branche (b_1, b_{11}, b_{21}) et d'au moins une deuxième branche (b_2, b_{12}, b_{22}) réalisant un angle non-nul avec ladite première branche, ledit motif donné étant entouré entièrement de ladite zone dudit secteur dopé (22) et de dopage du premier type, le motif donné (M_1, M'_1, M_2, M_3) et la répartition desdites régions (23) dopées dans ledit secteur dopé étant prévus de sorte que :

dans une première direction parallèle au premier axe (Δ_1) et traversant ladite structure, ladite structure comporte une ou plusieurs première(s) jonction(s) (25a, 25b), dans une deuxième direction orthogonale à la première direction et traversant ladite structure ladite structure comporte une ou plusieurs deuxième(s) jonctions, dans au moins une troisième direction réalisant un angle non-nul avec ladite première et deuxième directions et traversant ladite structure, ladite structure comporte une ou plusieurs troisième(s) jonctions, ladite structure (20) comportant dans ladite première direction et dans ladite deuxième direction et dans ladite troisième direction : une succession de régions dopées (23) ayant un dopage du deuxième type et réalisant ledit même motif donné identique.

[Revendication 2]

Substrat selon la revendication 1, lesdites régions dopées (23) distinctes étant réparties de manière périodique dans ladite structure sur une ou plusieurs première(s) rangée(s) (31, 31a, 31b) parallèlement à un

- premier axe (Δ_1).
- [Revendication 3] Substrat selon la revendication 2, dans lequel lesdites régions dopées distinctes (23) sont réparties de manière périodique dans ladite structure sur une ou plusieurs autres rangées agencées parallèlement à un deuxième axe (Δ_2), ledit premier axe (Δ_1) et ledit deuxième axe (Δ_2) étant parallèles audit plan principal, ledit deuxième axe (Δ_2) réalisant un angle non-nul avec ledit premier axe.
- [Revendication 4] Substrat selon l'une des revendication 1 à 3, dans lequel ledit motif donné a une dimension maximale prévue inférieure et typiquement au moins deux fois inférieure, avantageusement au moins dix fois inférieure, à une dimension prédéterminée égale à une longueur maximale de propagation de courant de Foucault dans ledit matériau semi-conducteur de la couche de support à une fréquence de fonctionnement d'un circuit RF apte à être disposé en regard de l'antenne.
- [Revendication 5] Substrat selon l'une des revendications 1 à 4, la ou les premières rangées (31) étant formées d'une succession de régions dopées (23) comportant alternativement ledit motif donné (M_1) suivant une première orientation et ledit motif donné (M'_1) et suivant une deuxième orientation distincte de la première orientation.
- [Revendication 6] Substrat selon la revendication 5, comportant plusieurs autres rangées (32, 33) parallèlement au deuxième axe (Δ_2), au moins une rangée (32) donnée étant formée d'une répétition dudit motif donné (M_1) suivant la première orientation et au moins une rangée voisine de la rangée donnée étant formée d'une répétition dudit motif donné (M'_1) suivant la deuxième orientation.
- [Revendication 7] Substrat selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel lesdites régions dopées distinctes (23) sont réparties de manière périodique dans ladite structure sur une ou plusieurs autres rangées parallèlement à un deuxième axe (Δ'_2), le premier axe (Δ_1) et ledit deuxième axe (Δ'_2) étant des axes parallèles audit plan principal, ledit deuxième axe réalisant un angle inférieur à 90° avec ledit premier axe, parmi lesdites premières rangées au moins une rangée donnée étant formée d'une première succession de régions dopées reproduisant ledit motif donné, au moins une rangée voisine de ladite rangée donnée étant formée d'une deuxième succession de régions dopées reproduisant ledit motif donné, ladite rangée voisine étant décalée de ladite rangée donnée par rapport à un plan orthogonal au premier axe et audit plan principal.
- [Revendication 8] Substrat selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel ledit motif

donné (M_2) comporte une première branche (b_{11}), une deuxième branche (b_{12}) à une première extrémité de la première branche et réalisant un angle non-nul avec la première branche, et une troisième branche (b_{13}) à une deuxième extrémité de la première branche et réalisant un angle non-nul avec la première branche (b_{11}), la deuxième branche (b_{12}) et la troisième branche (b_{13}) ayant des orientations respectives différentes dans un plan parallèle à un plan principal de la couche de support (10).

[Revendication 9]

Substrat selon la revendication 8, dans lequel ledit motif donné (M_3) comporte une première branche (b_{21}) principale, une deuxième branche (b_{22}) principale, une troisième branche (b_{23}) principale, une quatrième branche (b_{24}) principale, se rejoignant en un point d'intersection, et des branches secondaires (b_{25} , b_{26} , b_{27} , b_{28}) chacune située à une extrémité respective d'une branche principale, les branches secondaires (b_{25} , b_{26} , b_{27} , b_{28}) suivant des orientations respectives différentes dans un plan parallèle à un plan principal de la couche de support (10).

[Revendication 10]

Dispositif microélectronique comprenant :

- un substrat selon l'une des revendications 1 à 9,
- un ou plusieurs composants électroniques, en particulier un ou plusieurs transistors au moins partiellement formés dans la couche superficielle dudit substrat,
- au moins un circuit RF doté d'au moins un composant RF tel qu'une antenne ou une inductance ou un composant RF, ledit composant RF étant agencé en regard dudit secteur dopé (22).

[Revendication 11]

Dispositif microélectronique selon la revendication 10, dans lequel ledit circuit RF, a une fréquence de fonctionnement donnée, ledit motif donné ayant une dimension maximale prévue inférieure et typiquement au moins deux fois inférieure, avantageusement au moins dix fois inférieure, à une dimension prédéterminée égale à la longueur de propagation de courant de Foucault dans ledit matériau semi-conducteur de la couche de support à ladite fréquence de fonctionnement.

[Revendication 12]

Procédé de fabrication d'un substrat selon l'une des revendications 1 à 11, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- réaliser un dopage d'un premier type d'au moins un secteur (22) d'un support semi-conducteur,
- disposer un masque (110) en regard dudit secteur (22) dopé, le masque (110) comprenant des ouvertures (111) ayant une forme reproduisant ledit motif donné,
- implanter des régions (23) dudit secteur (22) dopé à l'aide d'une

espèce dopante de sorte à réaliser un dopage d'un deuxième type opposé au premier type.

[Revendication 13] Procédé selon la revendication 12, comprenant après ladite implantation des régions (23), des étapes de :

- formation d'une couche isolante (11) sur le support semi-conducteur, puis,
- collage sur le support d'un support muni d'une couche semi-conductrice,
- retrait d'une portion sacrificielle du substrat, tandis que la couche semi-conductrice est conservée et forme ladite couche semi-conductrice superficielle (12).

[Revendication 14] Procédé de réalisation d'un dispositif RF selon la revendication 10 comprenant les étapes suivantes :

- prévoir un substrat semi-conducteur sur isolant selon l'une des revendications 1 à 9 puis,
- former ledit circuit conducteur RF ou ledit composant RF en regard dudit secteur (22) dopé.

[Fig. 1]

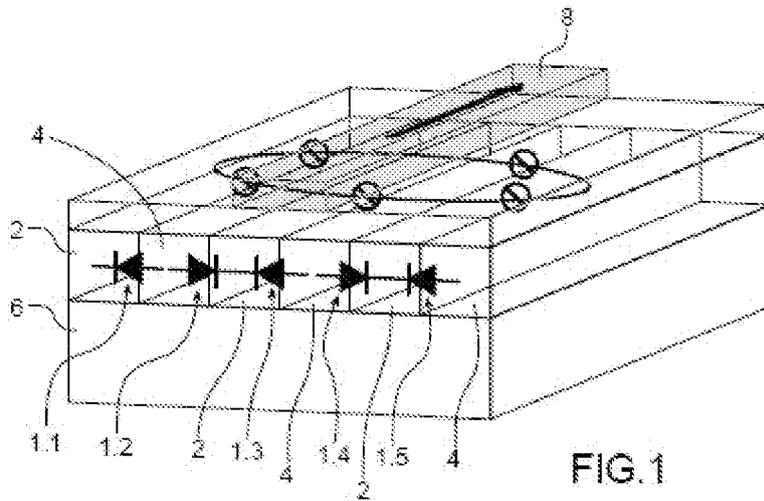


FIG. 1

[Fig. 2A]

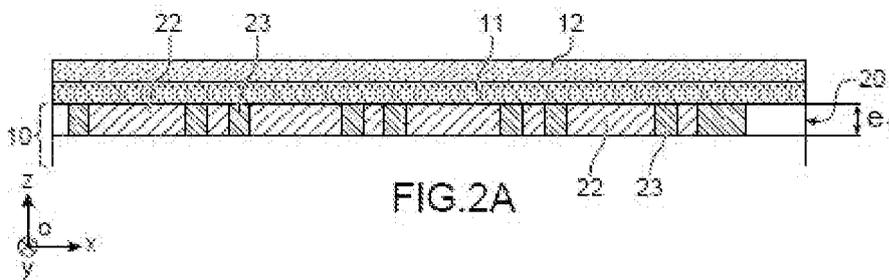


FIG. 2A

[Fig. 2B]

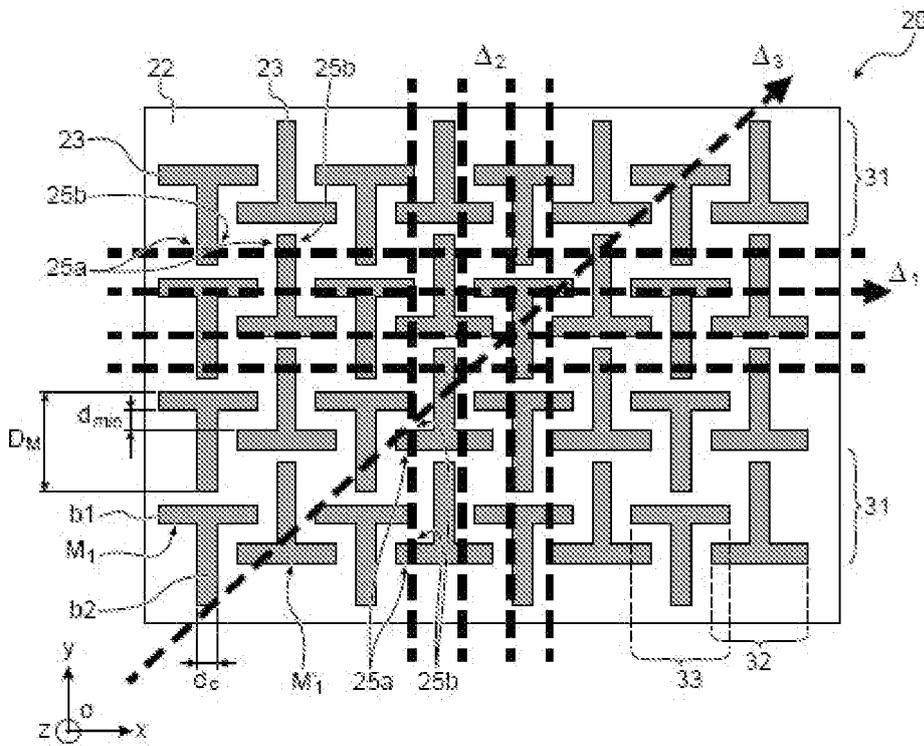
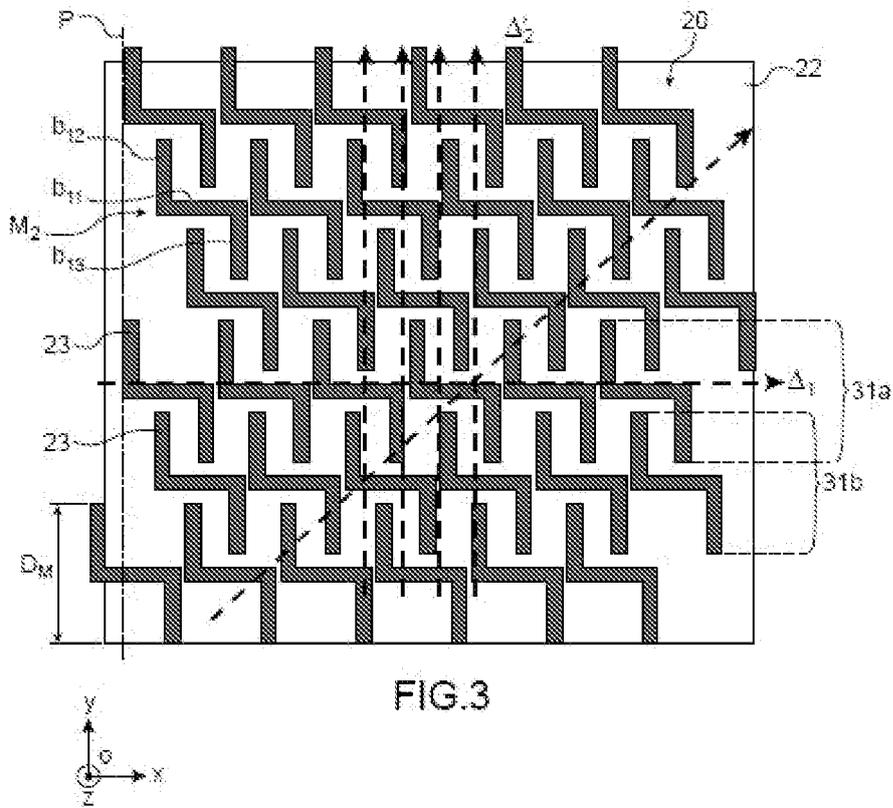
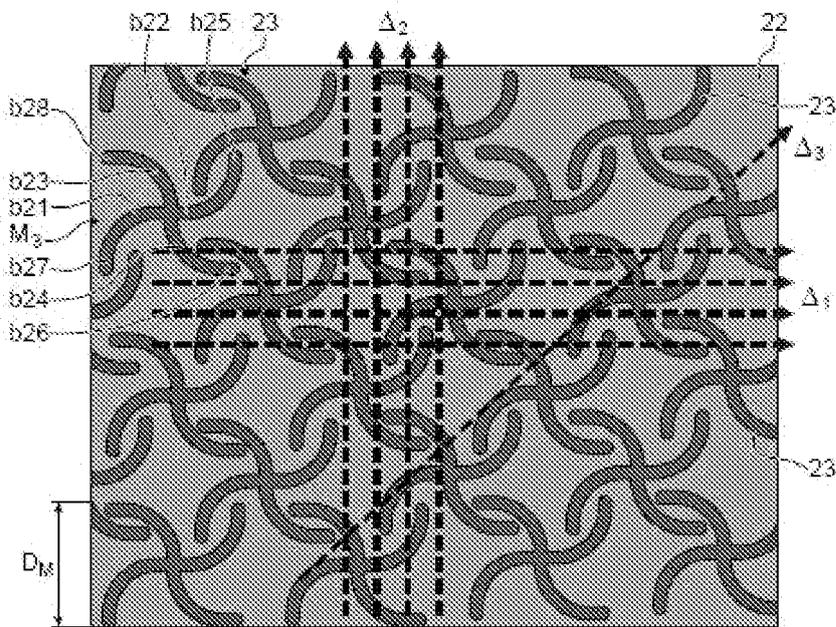


FIG. 2B

[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]

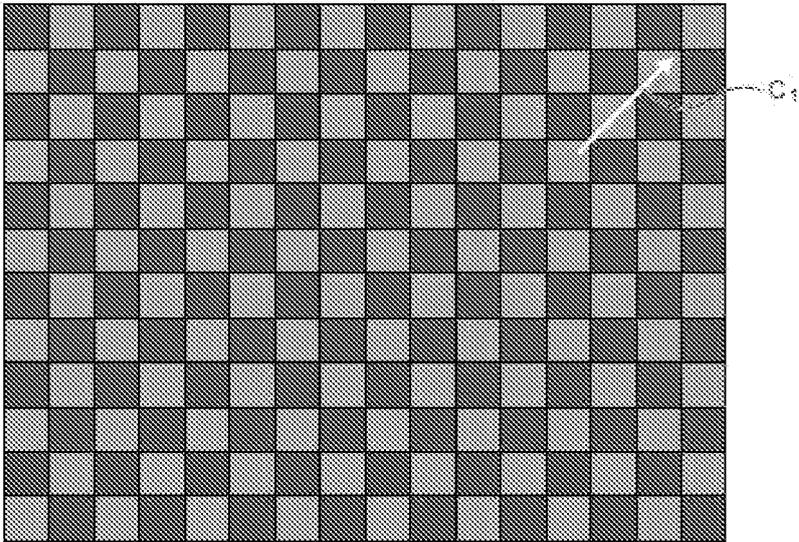


FIG.5

[Fig. 6]

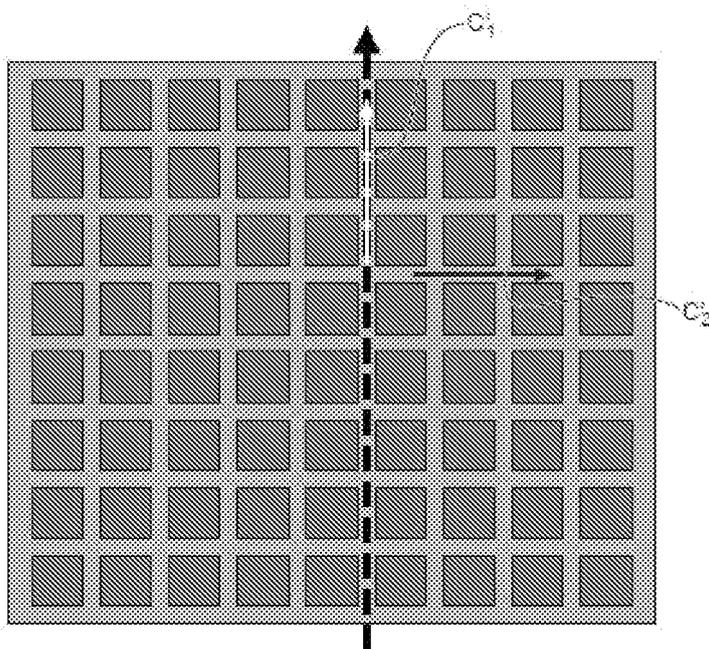


FIG.6

[Fig. 7]

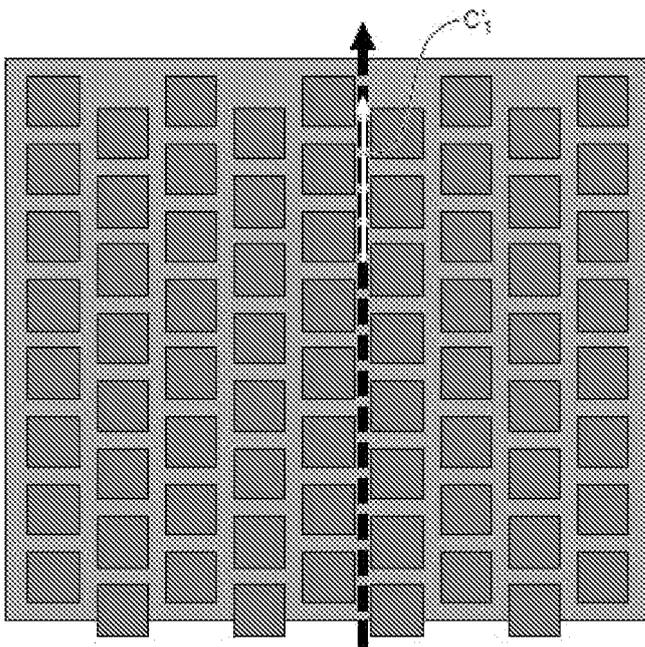


FIG. 7

[Fig. 8]

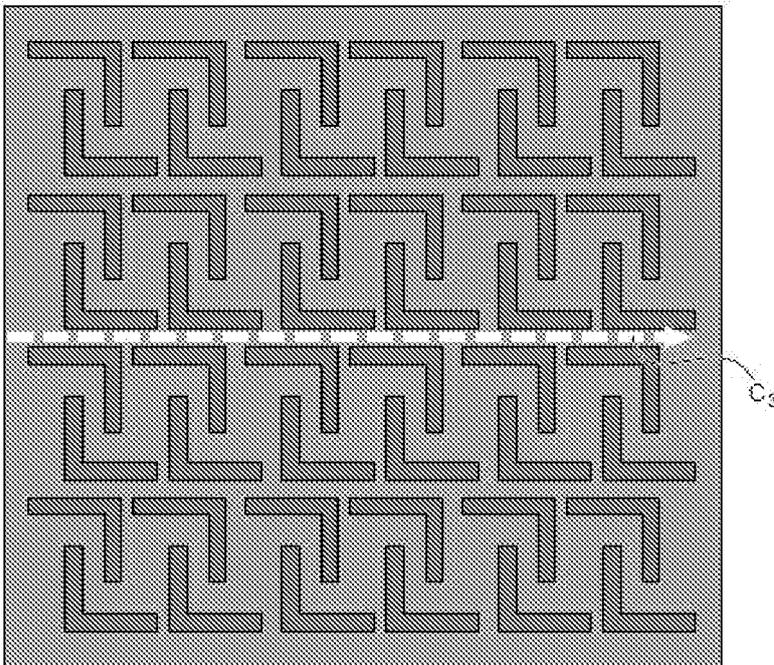


FIG. 8

[Fig. 9]

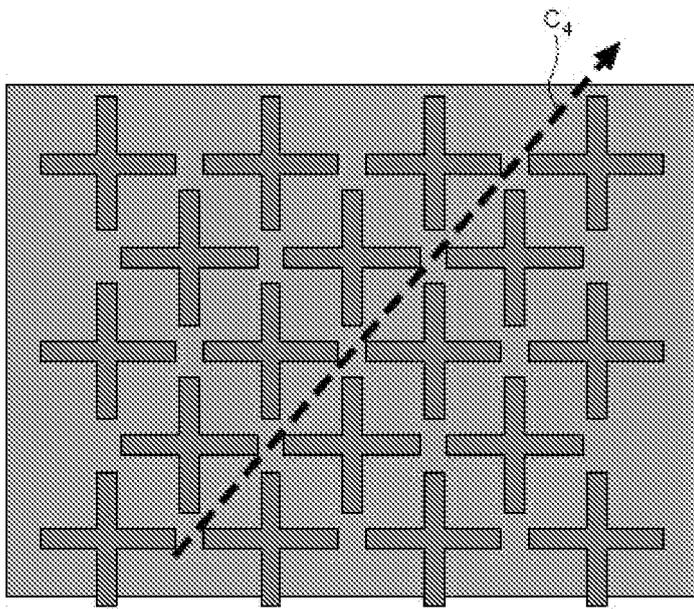


FIG.9

[Fig. 10]

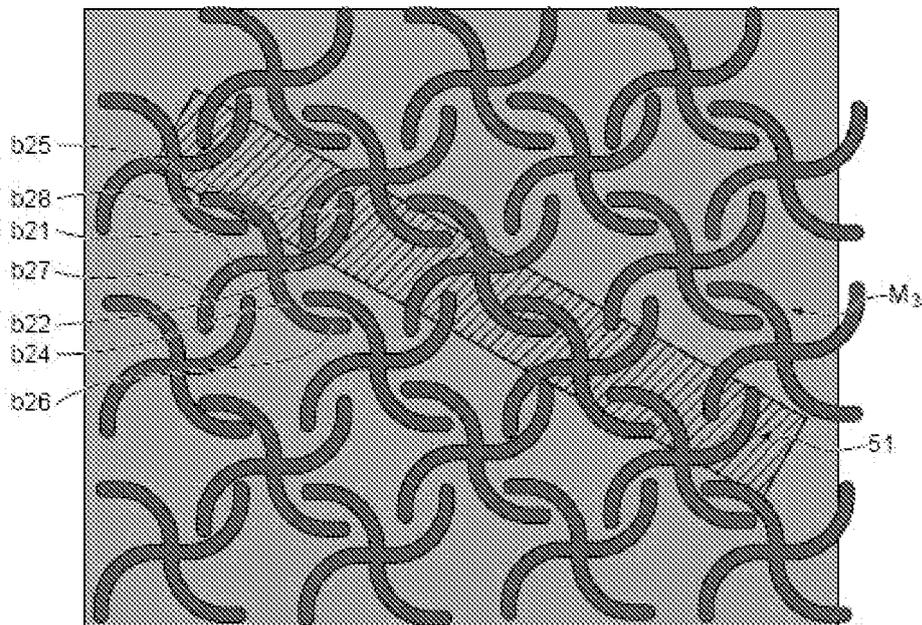


FIG.10

[Fig. 11A]

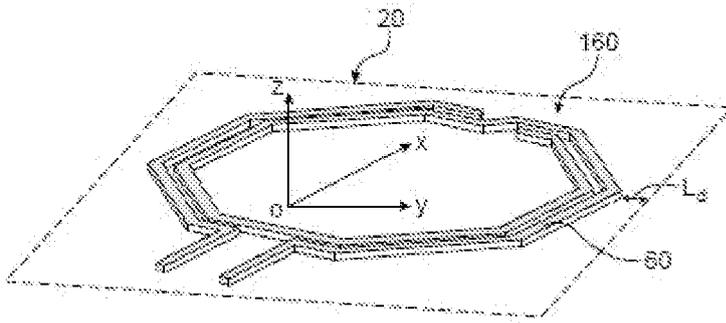


FIG. 11A

[Fig. 11B]

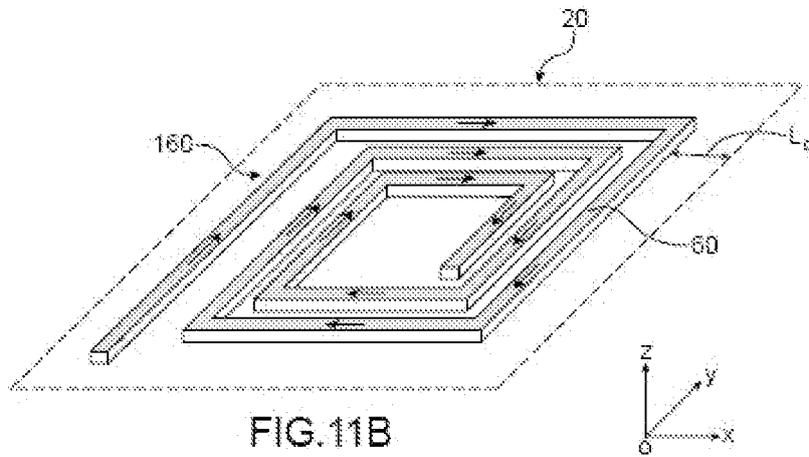


FIG. 11B

[Fig. 12A]

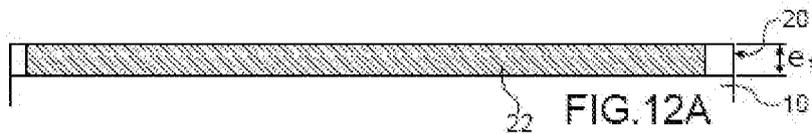


FIG. 12A

[Fig. 12B]

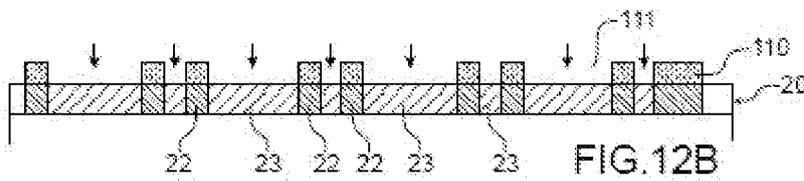


FIG. 12B

[Fig. 12C]

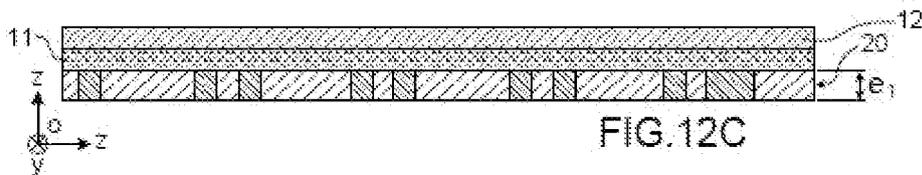


FIG. 12C

[Fig. 13]

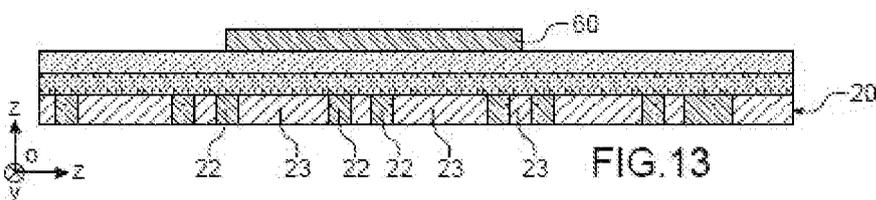
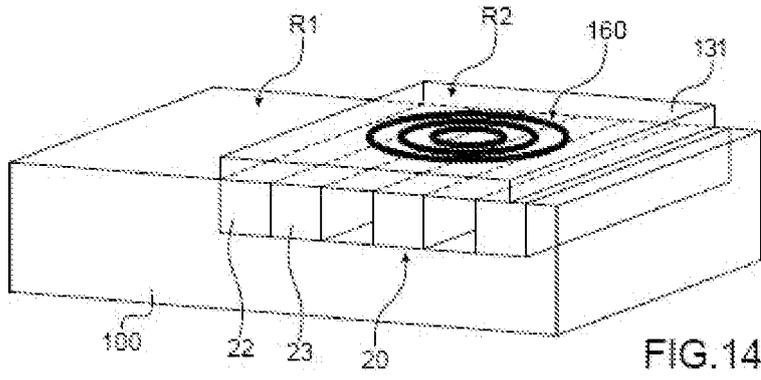


FIG. 13

[Fig. 14]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2008/020488 A1 (CLEVENGER LAWRENCE [US]
ET AL) 24 janvier 2008 (2008-01-24)

US 2004/094822 A1 (YU JAY [TW])
20 mai 2004 (2004-05-20)

US 2013/320490 A1 (DEMIRCAN ERTUGRUL [US]
ET AL) 5 décembre 2013 (2013-12-05)

US 2011/133308 A1 (CHAN KUEI-TI [TW] ET
AL) 9 juin 2011 (2011-06-09)

FR 2 808 122 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP
[JP]) 26 octobre 2001 (2001-10-26)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT