

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
11 novembre 2004 (11.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/097986 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

H01Q 17/00

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : **MAGLIONE, Mario** [FR/FR]; 1, rue du Hameau de Bel Air, F-33850 Leognan (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2004/001007

(22) Date de dépôt international : 26 avril 2004 (26.04.2004)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

03/05163

28 avril 2003 (28.04.2003) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75016 Paris (FR).

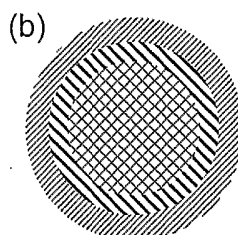
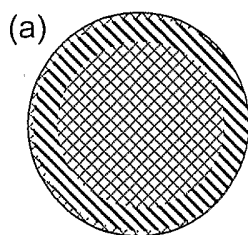
(74) Mandataires : **MARTIN, Jean-Jacques** etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: COMPOUND COMPRISING A MATERIAL WITH A SPATIAL CHARGE FOR SELECTIVE ABSORPTION OF AN ELECTROMAGNETIC FIELD

(54) Titre : COMPOSANT COMPRENANT UN MATERIAU A CHARGE D'ESPACE DESTINE A L'ABSORPTION SELECTIVE D'UN CHAMP ELECTROMAGNETIQUE



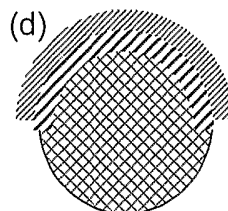
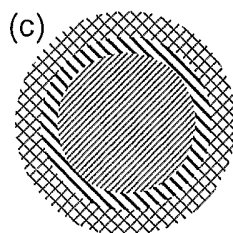
10



20



30



(57) Abstract: The invention relates to a compound for the selective absorption of an electromagnetic field having a given frequency, characterized in that it comprises a spatially charged dielectric material (10) having a dielectric susceptibility ϵ whereby the imaginary part ϵ'' thereof is greater by 100 than the spatial charge relaxation frequency and for which the spatial charge relaxation frequency is substantially equal to the frequency of the electromagnetic field.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/097986 A1



(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(57) **Abrége :** L'invention concerne un composant destiné à absorber de manière sélective un champ électromagnétique présentant une fréquence donnée, caractérisé en ce qu'il comprend un matériau diélectrique à charges d'espace (10) présentant une susceptibilité diélectrique ϵ dont la partie imaginaire ϵ'' est supérieure à 100 à la fréquence de relaxation des charges d'espace, et pour lequel la fréquence de relaxation des charges d'espace est sensiblement égale à la fréquence du champ électromagnétique.

COMPOSANT COMPRENANT UN MATERIAU A CHARGE D'ESPACE
DESTINE A L'ABSORPTION SELECTIVE D'UN CHAMP
ELECTROMAGNETIQUE

5 L'invention concerne le domaine des matériaux utilisés comme absorbants de champ électromagnétique.

 On connaît des procédés de contrôle de l'absorption d'un champ électrique par un matériau qui mettent à profit les propriétés dipolaires des molécules constitutives du matériau.

10 Sous l'effet d'un champ électrique, les molécules constitutives du matériau tendent à s'orienter dans la direction du champ. Ces molécules sont alors soumises à deux forces : la force créée par le champ électrique et une force résultant de toutes les interactions avec les molécules voisines.

 Si le champ appliqué est un champ alternatif, les molécules entrent
15 en rotation.

 Lorsque la fréquence du champ électrique est basse, la rotation des molécules est synchronisée sur les oscillations du champ.

 Lorsque la fréquence du champ électrique est élevée, l'inertie des molécules et les forces de liaisons deviennent prépondérantes et les
20 molécules ne suivent plus les oscillations du champ électrique.

 Entre ces deux gammes de fréquences, il existe une gamme de fréquences intermédiaire, dite « plage de relaxation », dans laquelle il y a un déphasage entre le champ et le mouvement des molécules. Dans cette plage de fréquences, le matériau absorbe l'énergie du champ électrique en
25 produisant de la chaleur.

 Ce phénomène est utilisé notamment dans les dispositifs de chauffage par absorption diélectrique, dans lesquels un matériau est soumis à un champ électrique de fréquence sensiblement égale à la fréquence de relaxation du matériau.

30 Un inconvénient de ces dispositifs est que la fréquence du champ est fixée par la nature des molécules ou dipôles présents dans le matériau utilisé comme absorbant.

Un autre inconvénient de ces dispositifs est que l'absorption générée est limitée par la capacité d'absorption diélectrique maximale des matériaux standard. La valeur de cette absorption dépend de la densité de dipôles dans le matériau ainsi que du moment dipolaire portée par chaque
5 dipôle. Elle est donc limitée principalement par la taille des dipôles ainsi que par la charge maximale qu'il est possible de stocker sur chacun d'eux.

Un but de l'invention est de fournir un composant absorbant plus performant que les matériaux de l'art antérieur.

A cet effet, l'invention propose un composant destiné à absorber de
10 manière sélective un champ électromagnétique présentant une fréquence donnée, caractérisé en ce qu'il comprend un matériau diélectrique à charges d'espace pour lequel la fréquence de relaxation des charges d'espace est sensiblement égale à la fréquence du champ électromagnétique.

15 Par l'expression « matériau à charge d'espace », on entend un matériau qui présente une charge électrique importante due à la présence de particules libres chargées (ions ou électrons) dans sa structure.

C'est le cas notamment de matériaux composites dans lesquels des charges d'espace sont localisées aux interfaces entre les différents
20 constituants du matériau.

L'amplitude de la charge d'espace dépend principalement de la densité de porteurs libres, de leur mobilité et de la valeur de la constante diélectrique du matériau.

Tout matériau présente une charge d'espace, même minime. Dans
25 le cadre de l'invention, on considère que les matériaux à charge d'espace sont des matériaux présentant une susceptibilité diélectrique ϵ dont la partie imaginaire ϵ'' est supérieure à 100 à la fréquence de relaxation des charges d'espace.

Ces matériaux à charge d'espace possèdent des propriétés
30 d'absorption très supérieures aux matériaux standard pourvus qu'ils soient sollicités à des fréquences correspondant à la fréquence de relaxation des charges d'espace.

En particulier, l'absorption du champ électromagnétique à une fréquence de relaxation de charge d'espace est bien supérieure à l'absorption obtenue aux fréquences de relaxation « standard » résultant de la réorientation des molécules.

5 Les matériaux à charge d'espace permettent avantageusement des adaptations à toutes les fréquences d'absorption souhaitées. En effet, la fréquence de relaxation des charges d'espaces dans un matériau est déterminées par plusieurs paramètres parmi lesquels : la structure du matériau (répartition des interfaces), la nature du matériau (constituants
10 utilisés), la température du matériau, ou encore le champ électrique supplémentaire auquel le matériau est soumis. La modification de ces paramètres permet de faire varier à l'infini les fréquences d'absorption que l'on souhaite obtenir.

Un exemple de matériau pouvant être utilisé dans le cadre de la
15 présente invention est le Titanate de Baryum dopé au Lanthane $\text{BaTiO}_3\text{:La}$.

Un autre exemple de matériau est le Titanate de Baryum dopé au Niobium $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$. De préférence, le matériau utilisé est du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$ dans lequel les ions Nb^{5+} sont substitués aux ions Ti^{4+} dans une gamme de 0,1 à 0,3% atomique.

20 Un autre exemple de matériau à charge d'espace est le $\text{Li}_{0.05}\text{Ti}_{0.02}\text{Ni}_{0.93}\text{O}$, dont les propriétés diélectriques sont décrites dans l'article « Giant dielectric Permittivity Observed in Li and Ti Doped NiO », Junbo Wu et al., Physical Review Letters, vol. 89, n°21, 18 Novembre 2002.

Un autre exemple de matériau à charge d'espace est le composé
25 organique connu sous l'appellation $(\text{TMTTF})_2\text{PF}_6$ (tétra-méthyl-tétra-thiafulvalène), dont les propriétés diélectriques sont décrites dans l'article « Dielectric response of the charge-induced correlated state in the quasi-one-dimensional conductor $(\text{TMTTF})_2\text{PF}_6$ », F. Nad et al., Physical Review B, vol. 62, n°3, 15 Juillet 2000.

30 L'invention concerne également un procédé d'absorption sélective d'un champ électromagnétique présentant une fréquence donnée, caractérisé en ce qu'il comprend une étape consistant à disposer dans le champ électromagnétique un matériau à charges d'espace pour lequel la

fréquence de relaxation des charges d'espace est sensiblement égale à la fréquence du champ électromagnétique.

D'autres caractéristiques et avantages ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit

5 être lue en regard des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente schématiquement un exemple de dispositif permettant la mise en œuvre de l'invention sur un composant formé de $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$,

- les figures 2A et 2B représentent respectivement la partie réelle ϵ' et la partie imaginaire ϵ'' de la susceptibilité diélectrique ϵ du composant en céramique de $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$ lorsqu'il n'est soumis à aucun champ électromagnétique de couplage,

- les figures 3A, 3B et 3C montrent les résultats des mesures de spectre de susceptibilité diélectrique, ces mesures étant réalisées dans le cadre du dispositif de la figure 1 avec un composant en cristal de $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$,

- les figures 4 et 5 représentent plus en détail les fluctuations temporelles de la partie imaginaire ϵ'' de la susceptibilité enregistrées à des fréquences données avec le composant en cristal de $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$,

- la figure 6 représente schématiquement des exemples de composants pouvant être introduits dans le milieu cellulaire en vue d'applications à l'imagerie ou à la thérapie par hyperthermie,

- la figure 7 représente schématiquement une structure de composant intégré multicouche destiné à des applications d'électronique ou de télécommunications.

Sur la figure 1, le dispositif représenté comprend une antenne sous la forme d'une bobine métallique 1 (solénoïde) connectée à un générateur de tension 2. Un composant formé d'un matériau massif à charge d'espace 3 est disposé au centre de la bobine 1. Ce composant 3 comprend deux électrodes fixées sur la surface du matériau à charge d'espace et connectées à un analyseur d'impédance 4 par quatre câble coaxiaux 5.

L'analyseur d'impédance 4 permet de mesurer la susceptibilité diélectrique du composant 3.

La bobine métallique 1 est apte à générer un champ électromagnétique de couplage avec le composant 3.

5 L'analyseur d'impédance 4 permet de mesurer le spectre de la susceptibilité électrique ϵ du composant 3.

La bobine 1 comprend par exemple 20 spires formées par un fil métallique et présente une résistance électrique total d'environ 20 Ohm. Le générateur de tension 2 permet de fournir une tension alternative dont la
10 fréquence f peut-être réglée dans une plage de 100 Hertz à 10 Mégahertz et présente une amplitude crête à crête comprise entre 0.01 Volt et 10 Volt. Le matériau massif formant le composant 3 est constitué de Titanate de Baryum dopé au Niobium $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$ dans lequel les ions Nb^{5+} sont substitués à 0,2% de Ti^{4+} . Les électrodes sont formées de deux couches
15 d'or disposées de part et d'autres du composant. L'ensemble du dispositif est placé dans une enceinte thermique permettant de réguler la température des éléments qui le constituent dans une gamme de -190 degrés Celsius à +100 degrés Celsius.

Selon un premier mode de mise en œuvre, l'enceinte est à
20 température ambiante (20 degrés Celsius) de manière à ce que la fréquence de relaxation des charges d'espace du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$ se situe aux environs de 100 Kilohertz.

Les figures 2A et 2B représentent respectivement les spectres de la partie réelle ϵ' et la partie imaginaire ϵ'' du composant 3 mesurés par
25 l'analyseur d'impédance 4, en l'absence de tout couplage électromagnétique (c'est à dire que la bobine 1 n'est pas alimentée par le générateur de tension 2).

Comme on peut le constater sur la figure 2A, la relaxation de la charge d'espace dans le composant aux environs de 100 Kilohertz donne
30 lieu à une forte diminution de la partie réelle ϵ' de la susceptibilité diélectrique de celui-ci. Cette diminution de la partie réelle ϵ' de la

susceptibilité diélectrique coïncide avec un pic pour la partie imaginaire ε'' de la susceptibilité diélectrique comme on peut le voir sur la figure 2B.

La relaxation des charges d'espaces dans un matériau à charge d'espace peut être décrite par le modèle de Debye suivant l'équation classique

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon'(\omega) - j\varepsilon''(\omega)$$

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_{\infty} + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{\infty}}{1 + j\omega\tau} \quad [1]$$

où ε_{∞} est l'extrapolation vers les hautes fréquences de la partie réelle ε' de la susceptibilité diélectrique et ε_s est l'extrapolation à fréquence nulle, τ est le temps de relaxation et ω est la pulsation du champ électrique appliqué.

Les pertes diélectriques dans le matériau sont définies par un facteur de pertes diélectriques $\tan(\delta)$:

$$\tan(\delta) = \frac{\varepsilon''(\omega)}{\varepsilon'(\omega)} \quad [2]$$

Ce facteur de pertes diélectriques $\tan(\delta)$ quantifie la faculté d'absorption électromagnétique du matériau à charge d'espace à la pulsation ω .

La puissance absorbée P vaut :

$$P = E^2 \cdot \omega \cdot (\varepsilon''(\omega))^2 \quad [3]$$

où E est l'amplitude électrique du champ électromagnétique.

Tout matériau dont la susceptibilité diélectrique suit l'équation de Debye [1] présente un maximum de ce facteur de pertes diélectriques pour la fréquence f de relaxation des charges d'espace (cette fréquence vaut

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau} \text{ dans l'équation 1}).$$

Pour les matériaux usuels, la susceptibilité diélectrique à fréquence nulle ε_s est inférieur à 10000, et ε'' n'est jamais supérieur à 100 à toutes les fréquences.

Dans le cas des matériaux à charge d'espace, ces paramètres sont beaucoup plus élevés comme le montrent les figures 2A et 2B. On observe les propriétés suivantes :

- Aux basses fréquences, la partie réelle ϵ' de la susceptibilité est gigantesque. La susceptibilité diélectrique à fréquence nulle ϵ_s vaut 1,5 millions. Cette valeur décroît fortement à la fréquence de relaxation de 100 Kilohertz.

- 5 - En même temps que la décroissance de la partie réelle ϵ' , on observe un maximum de la partie imaginaire ϵ'' de la susceptibilité pour la même fréquence jusqu'à $\epsilon''=4.10^5$ au maximum. Ce maximum correspond à un facteur de pertes diélectriques $\tan(\delta)$ supérieur à 250%.

Il en ressort que les propriétés diélectriques constatées sont bien
10 liées à un effet interfacial de charge d'espace et non pas à des dipôles électriques standard.

La conséquence de ces valeurs extrêmes de ϵ'' est visible sur les figures 3A à 3C lorsque la bobine 1 est alimentée de manière à produire une onde électromagnétique.

- 15 Selon un deuxième mode de mise en œuvre, la température de l'enceinte est fixée à -85 degrés Celsius. La fréquence de relaxation du composant 3 constitué d'un cristal de $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$ est établie à environ 700 kilohertz.

La figure 3A représente les spectres de la partie réelle ϵ' et le
20 facteur de pertes diélectriques $\tan(\delta)$ d'un composant 3 lorsque la bobine 1 émet un champ électromagnétique dont la fréquence est sensiblement égale à 100 kilohertz.

La figure 3B représente les variations de la partie réelle ϵ' et la
25 partie imaginaire ϵ'' de la susceptibilité diélectrique du composant 3 lorsque la bobine 1 émet un champ électromagnétique dont la fréquence est sensiblement égale à 2 mégahertz.

La figure 3C représente les variations de la partie réelle ϵ' et la
partie imaginaire ϵ'' de la susceptibilité diélectrique du composant 3 lorsque
la bobine 1 émet un champ électromagnétique dont la fréquence est
30 sensiblement égale à 600 kilohertz.

On observe sur les enregistrements des perturbations de la partie imaginaire ϵ'' de la susceptibilité diélectrique. Ces fluctuations résultent du couplage du composant 3 avec le champ électrique généré par la bobine 1.

Les pics représentés sur ces figures traduisent l'existence de pertes diélectriques dans le composant 3.

Les figures 4 et 5 représentent plus en détail les fluctuations temporelles du facteur de pertes diélectriques $\tan(\delta)$ enregistrées aux fréquences 666 kilohertz et 300 kilohertz.

L'amplitude et la fréquence de la relaxation dépendent de plusieurs paramètres et notamment dans le cas du dispositif de la figure 1, du type d'électrodes, de la microstructure du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$ (céramique ou monocristal) et de la température dans l'enceinte.

D'autres paramètres peuvent être modifiés pour obtenir des fréquences de relaxation différentes, notamment :

- de la structure du matériau à charge d'espace,
- de la nature du matériau à charge d'espace,
- de la température de ce matériau,
- d'un champ électrique supplémentaire appliqué en sus du champ électromagnétique d'excitation du composant.

APPLICATIONS

Biologie et médecine

Des composants comprenant un matériau à charge d'espace présentant des dimensions inférieures à 100 nanomètres peuvent être utilisés en vue de leur pénétration dans le milieu cellulaire. Ces composants, soumis à un rayonnement électromagnétique produit par une antenne émettrice, induisent un couplage important et sélectif. L'injection ciblée de ces composants dans le corps humain permettrait de les utiliser simultanément à des fins d'imagerie ou de thérapie par hyperthermie le même appareillage.

La figure 6 représente schématiquement des exemples (a), (b), (c), (d) de composants pouvant être introduits dans le milieu cellulaire. Ces composants sont des grains de dimensions inférieure à 100 nanomètres et présentant une forme générale sphérique. Ils comprennent plusieurs couches formées d'un matériau à charge d'espace 10 (par exemple du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$), d'un diélectrique standard 20 et d'un métal 30. Dans ces composants, la charge d'espace est localisée aux interfaces entre les différentes couches et à l'interface entre le grain et le milieu extérieur.

Ces composants peuvent présenter des structures variées en fonction de la fréquence d'absorption diélectrique souhaitée. Ils sont construits de manière à présenter une absorption diélectrique à une fréquence donnée.

Lorsqu'ils sont introduits dans le milieu cellulaire, cette propriété d'absorption peut être transmise sélectivement à des cellules vivantes ciblées. Sous l'effet de cette même fréquence émise par une antenne, l'absorption diélectrique induit une variation détectable du flux électromagnétique réfléchi. La détection de ce flux permet de réaliser des images de la structure interne du corps humain.

En outre, si on augmente la puissance électromagnétique émise, l'absorption diélectrique importante des composants entraîne un réchauffement irréversible des cellules hôtes pouvant aller jusqu'à leur destruction.

On notera que cette technique nécessite l'utilisation d'antennes émettant une puissance électromagnétique de quelques centaines de Watts, qui sont couramment utilisées dans les services d'orthopédie dans les hôpitaux.

Electronique et télécommunications

Il est possible de réaliser des composants intégrés comprenant des multicouches dans lesquelles sont localisées des charges d'espace.

La figure 7 représente schématiquement un exemple d'une tel composant intégré. Le composant comprend un substrat 40 sur lequel sont disposées un ensemble de couches formées alternativement d'un matériau

à charge d'espace 10 (par exemple du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$) et d'un matériau diélectrique standard 20. Dans une telle structure, la charge d'espace est localisée à l'interface entre les différentes couches.

Une telle structure permet d'étendre la gamme des constantes diélectriques disponibles avec en outre une importante flexibilité en fréquence de couplage et une sensibilité à un champ électrique statique.

De tels composants peuvent être intégrés à titre de condensateurs ou d'éléments passifs accordables dans des filtres ou des lignes de propagation hautes fréquences pour obtenir des systèmes agiles.

10

Micro-ondes et radars

L'absorption diélectrique sélective des composants à charge d'espace peut être mise à profit dans le domaine des hautes fréquences (fréquences supérieures à 1 Gigahertz).

La variation simultanée de la partie réelle ϵ' de la susceptibilité diélectrique et de l'absorption $\tan(\delta)$ du composant conduit à l'annulation de la réflexion d'une onde électromagnétique incidente sur ce composant.

Cette suppression de la réflectivité peut être mise à profit pour réaliser un écrantage micro-onde ou pour des applications à la furtivité.

Pour cette dernière utilisation, des composants à charge d'espace peuvent être dispersés dans un liant tel qu'une matrice polymère rigide où dans une suspension (peinture, laque). Le liant ou la suspension contenant les composants peut être appliqué sur une surface à protéger, cette surface pouvant présenter des formes variées.

25

REVENDICATIONS

1. Composant (3) destiné à absorber de manière sélective un champ électromagnétique présentant une fréquence donnée, caractérisé en
5 ce qu'il comprend un matériau diélectrique à charges d'espace (10) présentant une susceptibilité diélectrique ϵ dont la partie imaginaire ϵ'' est supérieure à 100 à la fréquence de relaxation des charges d'espace, et pour lequel la fréquence de relaxation des charges d'espace est sensiblement égale à la fréquence du champ électromagnétique.
- 10 2. Composant selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend du $\text{BaTiO}_3\text{:La}$.
3. Composant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$.
4. Composant selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il
15 comprend du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$ dans lequel les ions Nb^{5+} sont substitués aux ions Ti^{4+} dans une gamme de 0,1 à 0,3% atomique.
5. Ensemble d'absorption, caractérisé en ce qu'il comprend une antenne génératrice d'un champ électromagnétique (1) et un composant (3) selon l'une des revendications 1 à 4 pour lequel la fréquence de relaxation
20 des charges d'espace est sensiblement égale à la fréquence du champ électromagnétique.
6. Procédé d'absorption sélective d'un champ électromagnétique présentant une fréquence donnée, caractérisé en ce qu'il comprend une étape consistant à disposer dans le champ électromagnétique un
25 composant (3) comprenant un matériau à charges d'espace (10) pour lequel la fréquence de relaxation des charges d'espace est sensiblement égale à la fréquence du champ électromagnétique.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le composant comprend du $\text{BaTiO}_3\text{:Nb}$.
- 30 8. Utilisation d'un composant (3) comprenant un matériau diélectrique à charges d'espace présentant une susceptibilité diélectrique dont la partie imaginaire est supérieure à 100 à la fréquence de relaxation des charges d'espace, pour l'absorption d'un champ électromagnétique

dont la fréquence est sensiblement égale à la fréquence de relaxation des charges d'espace du matériau (10).

1/6

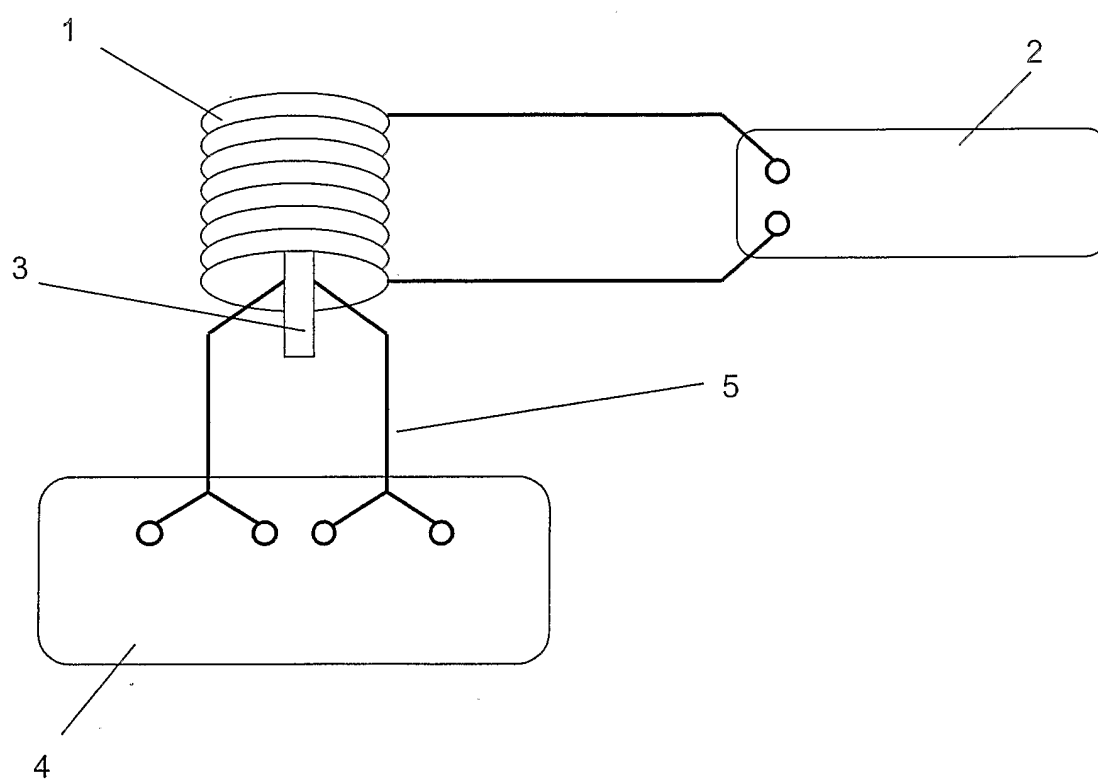


FIGURE 1

2/6

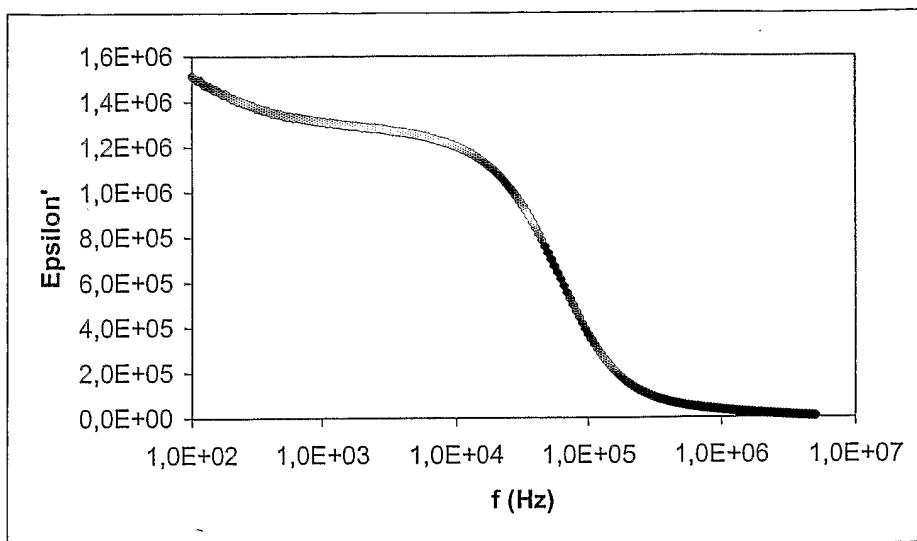


FIGURE 2A

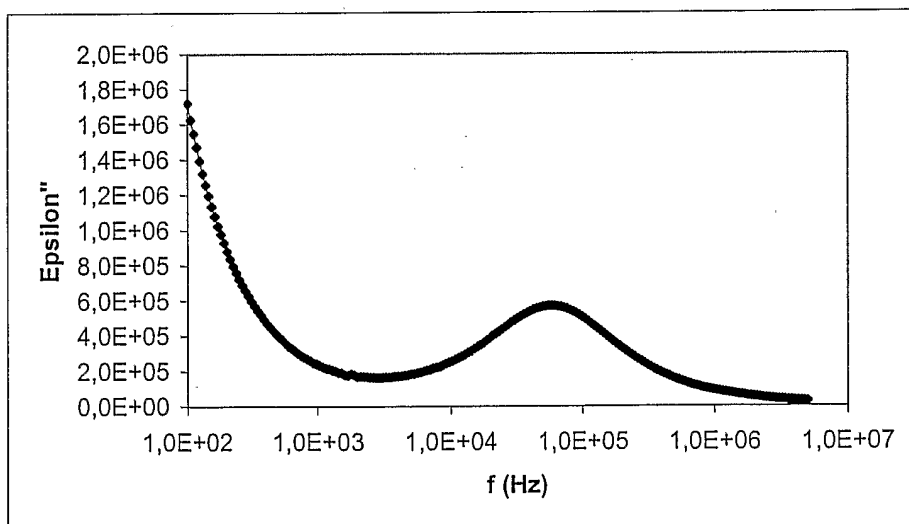


FIGURE 2B

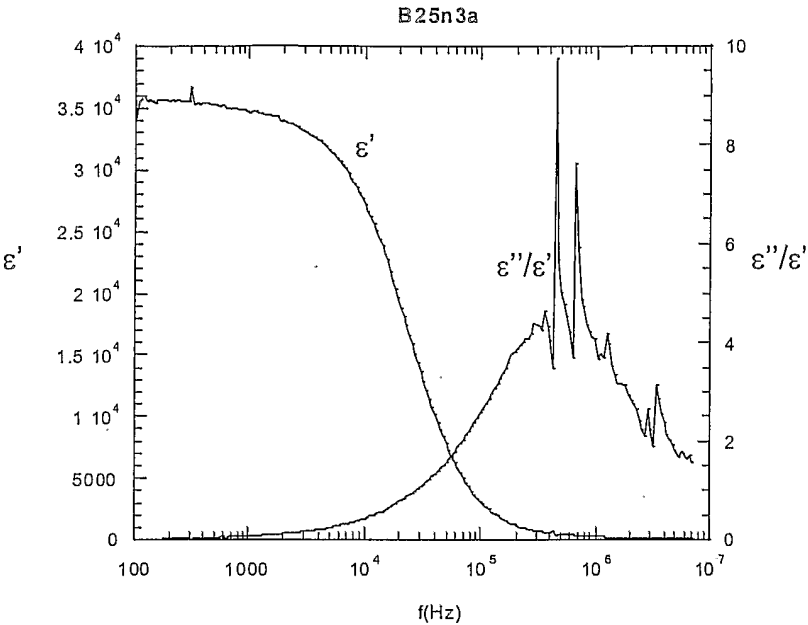


FIGURE 3A

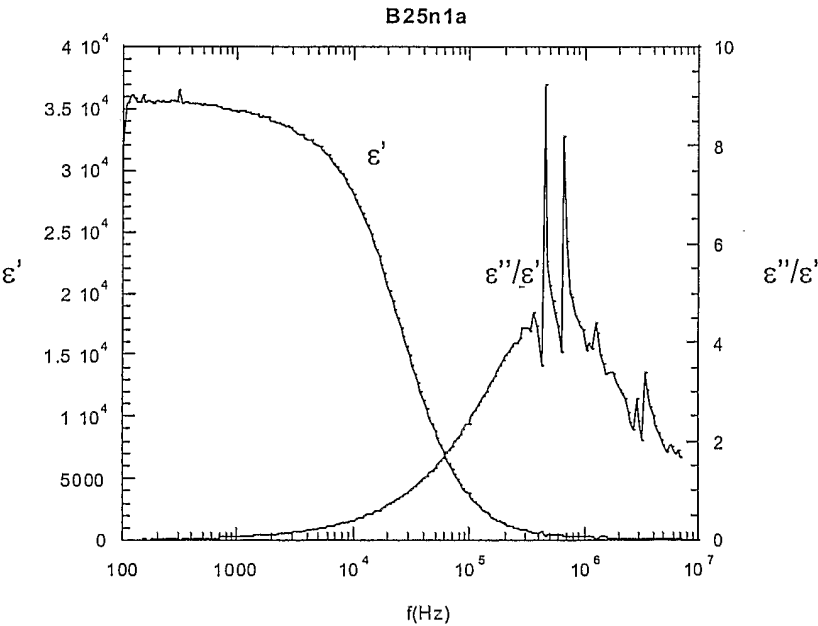
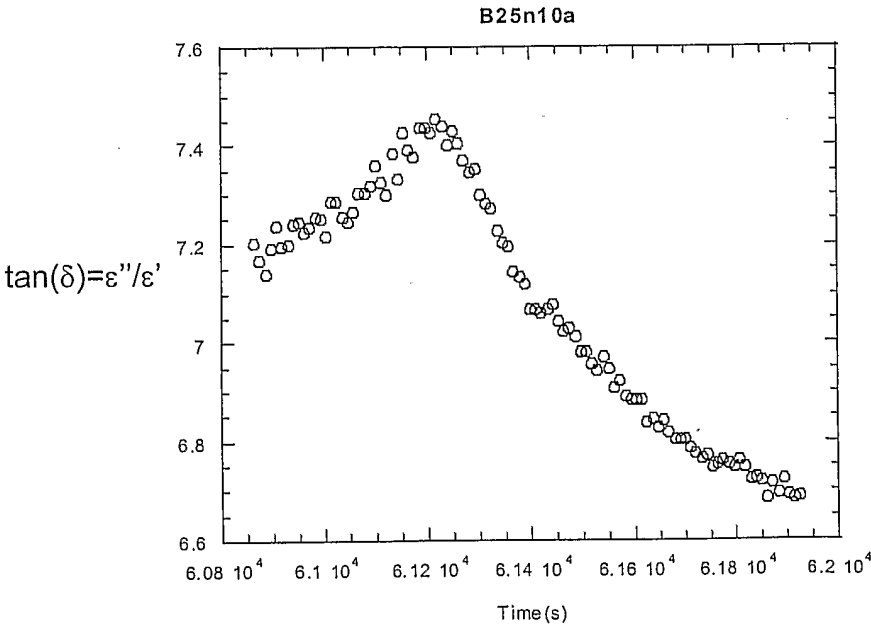
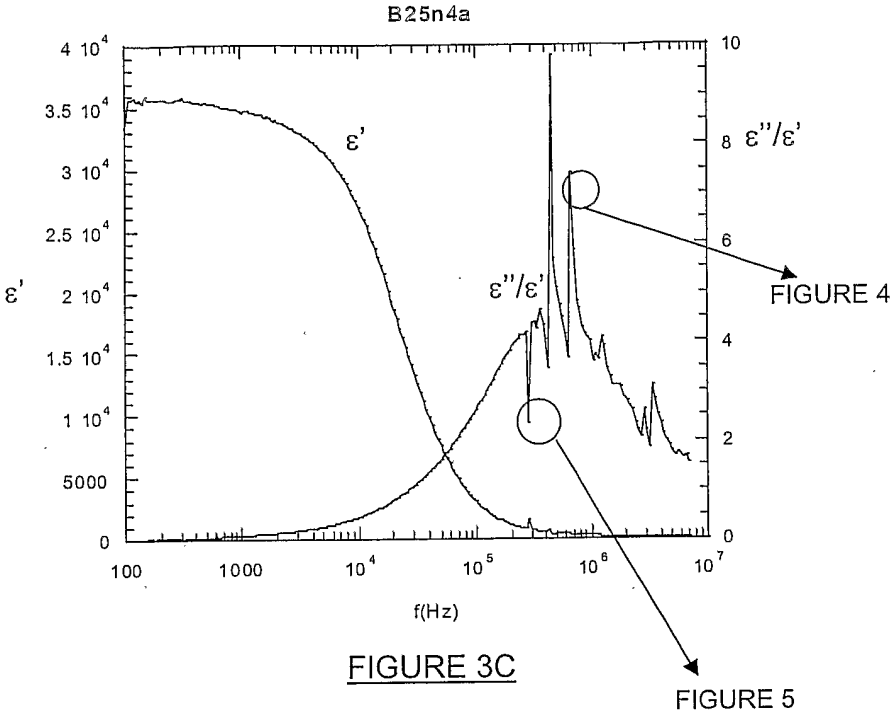


FIGURE 3B



5/6

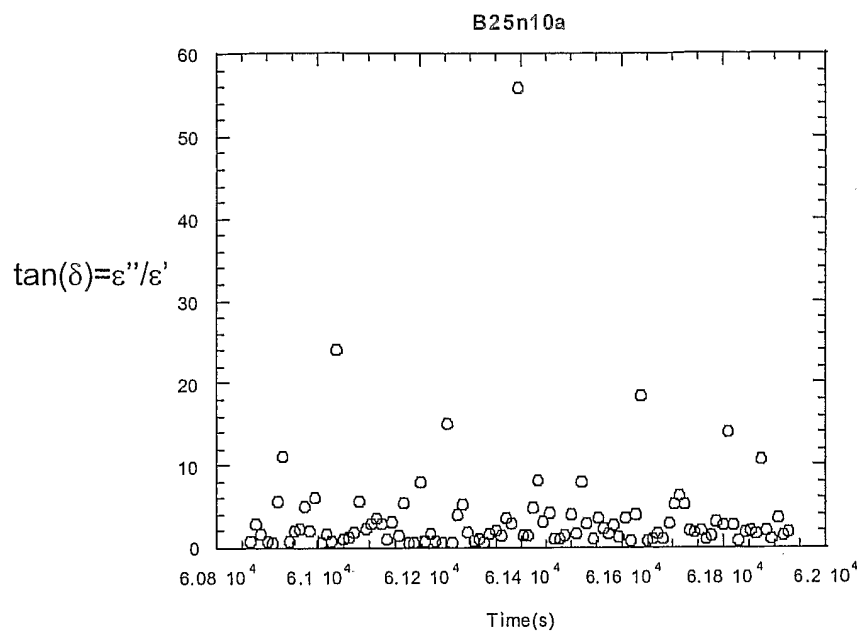


FIGURE 5

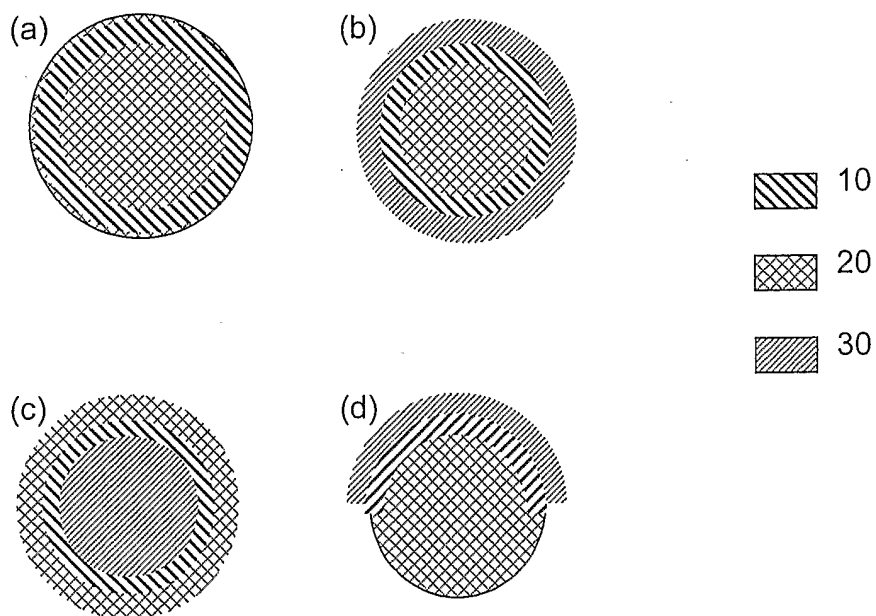


FIGURE 6

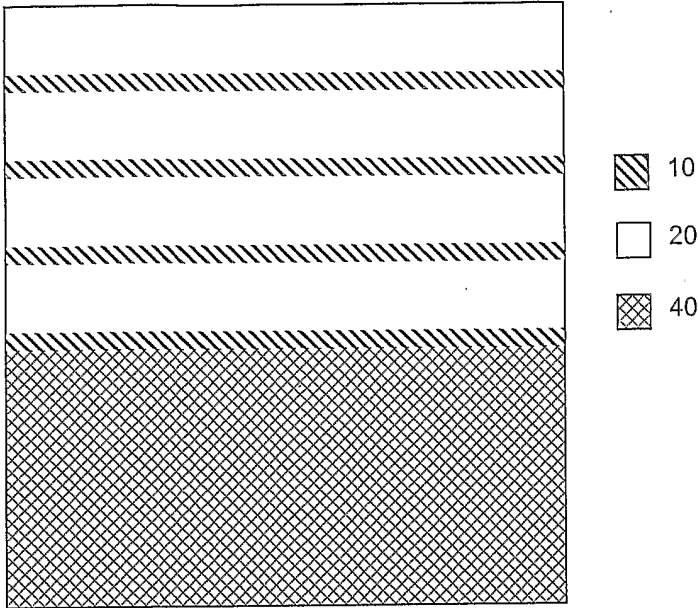


FIGURE 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

ational Application No

PCT/FR2004/001007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01Q17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01Q H05K A61B C04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 331 578 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 6 September 1989 (1989-09-06) column 2, line 15 - column 4, line 51; figure -----	1,6,8
A	US 6 337 125 B1 (ALAM SHAHRIAR ET AL) 8 January 2002 (2002-01-08) column 1, line 30 - line 45 column 12, line 56 - column 14, line 63; figure 7 -----	1,6,8
A	M.KCHIKECH AND M.MAGLIONE: "Electric and lattice excitations in BaTiO ₃ :La" JOURNAL OF PHYSICS: CONDENSED MATTER, vol. 6, no. 46, 14 November 1994 (1994-11-14), pages 10159-10170, XP002266410 the whole document ----- -/--	2-4,7



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 October 2004

Date of mailing of the international search report

20/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angrabeit, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

/FR2004/001007

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FORD K L ET AL: "Smart microwave absorber" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 36, no. 1, 6 January 2000 (2000-01-06), pages 50-52, XP006014677 ISSN: 0013-5194 the whole document	5
A	US 5 411 730 A (BUNN JR PAUL A ET AL) 2 May 1995 (1995-05-02) abstract	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

/FR2004/001007

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0331578	A	06-09-1989	FR	2628096 A1	08-09-1989
			EP	0331578 A1	06-09-1989
US 6337125	B1	08-01-2002	US	6146691 A	14-11-2000
			US	6117517 A	12-09-2000
			US	6440244 B1	27-08-2002
US 5411730	A	02-05-1995	NONE		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

nde Internationale No

/FR2004/001007

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01Q17/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01Q H05K A61B C04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 331 578 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 6 septembre 1989 (1989-09-06) colonne 2, ligne 15 - colonne 4, ligne 51; figure -----	1,6,8
A	US 6 337 125 B1 (ALAM SHAHRIAR ET AL) 8 janvier 2002 (2002-01-08) colonne 1, ligne 30 - ligne 45 colonne 12, ligne 56 - colonne 14, ligne 63; figure 7 -----	1,6,8
A	M.KCHIKECH AND M.MAGLIONE: "Electric and lattice excitations in BaTiO3:La" JOURNAL OF PHYSICS: CONDENSED MATTER, vol. 6, no. 46, 14 novembre 1994 (1994-11-14), pages 10159-10170, XP002266410 le document en entier ----- -/--	2-4,7

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 octobre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/10/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Angrabeit, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Inde Internationale No
FR/FR2004/001007

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FORD K L ET AL: "Smart microwave absorber" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 36, no. 1, 6 janvier 2000 (2000-01-06), pages 50-52, XP006014677 ISSN: 0013-5194 le document en entier -----	5
A	US 5 411 730 A (BUNN JR PAUL A ET AL) 2 mai 1995 (1995-05-02) abrégé -----	8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
/FR2004/001007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0331578	A	06-09-1989	FR 2628096 A1	08-09-1989
			EP 0331578 A1	06-09-1989
US 6337125	B1	08-01-2002	US 6146691 A	14-11-2000
			US 6117517 A	12-09-2000
			US 6440244 B1	27-08-2002
US 5411730	A	02-05-1995	AUCUN	