



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.11.2000 Bulletin 2000/46

(51) Int Cl.7: **H01Q 15/00**

(21) Numéro de dépôt: **00401264.7**

(22) Date de dépôt: **09.05.2000**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF
75008 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Normand, Frank, THOMSON-CSF
94117 Arcueil Cedex (FR)**
• **Meyer, Christophe, THOMSON-CSF
94117 Arcueil Cedex (FR)**

(30) Priorité: **11.05.1999 FR 9906001**

(54) **Structure inductive grillagée**

(57) L'invention concerne le domaine des structures inductives grillagées, notamment pour fenêtre optique.

C'est une structure inductive grillagée comportant des mailles (m_i, m_j) élémentaires dont les côtés (c_1, c_2) sont en fil électriquement conducteur, le taux de recouvrement moyen des mailles élémentaires étant d'une part suffisamment élevé pour que la structure écrante substantiellement dans un domaine spectral hyperfréquence donné et d'autre part suffisamment faible pour

que la structure soit substantiellement transparente dans un domaine spectral optique donné, caractérisé en ce que les côtés des mailles (m_i, m_j) sont orientés de manière suffisamment irrégulière pour répartir spatialement de manière plus uniforme que dans le cas d'une grille unique périodique, l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique.

La structure inductive grillagée peut être utilisée pour des fenêtres optiques à hautes performances hyperfréquence et optique.

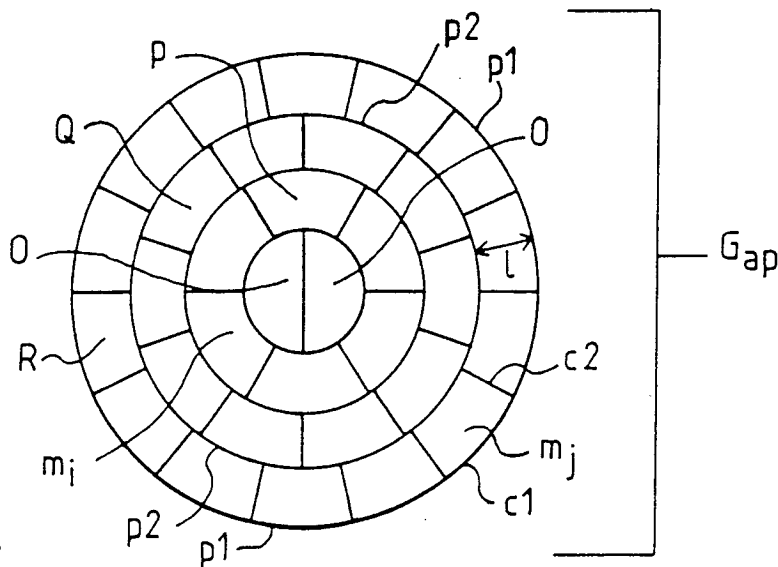


FIG. 4

Description

[0001] L'invention concerne le domaine des structures inductives grillagées. Les structures inductives grillagées peuvent être utilisées comme court-circuit hyperfréquence pour la protection d'équipements optiques ou optroniques contre l'agression électromagnétique de manière à ce que l'équipement se comporte approximativement comme une cage de Faraday. L'agression électromagnétique peut être du type radio, radar, arme hyperfréquence, champ fort, impulsion électromagnétique, foudre... Les équipements optroniques peuvent englober tous types de matériels présentant une ouverture optique fermée par un hublot garantissant la fermeture mécanique du matériel. Le hublot doit alors également réaliser dans une certaine mesure la fermeture électrique du matériel en présentant une faible impédance sur un domaine spectral hyperfréquence donné.

[0002] Le hublot doit alors présenter les propriétés suivantes, d'une part la propriété d'écrantage hyperfréquence consistant à écranter substantiellement dans un domaine spectral hyperfréquence donné, par exemple de 2 à 18 GHz, et d'autre part la propriété de transmission optique consistant à être substantiellement transparent dans un domaine spectral optique donné, par exemple allant de l'ultraviolet à l'infrarouge, et de présenter une bonne fonction de transfert de modulation dans le domaine spectral optique.

[0003] Un problème à résoudre par les hublots est celui d'un bon compromis entre les propriétés hyperfréquence et les propriétés optiques, c'est-à-dire entre l'écrantage hyperfréquence et la transmission optique qui sera appelé dans la suite le « compromis hyperfréquence/optique ». En effet, ces propriétés sont difficilement conciliables et souvent, un bon écrantage hyperfréquence ne peut être obtenu qu'au détriment de la transmission optique, que ce soit au niveau de la transparence optique c'est-à-dire de la quantité d'énergie transmise ou bien au niveau de la fonction de transfert de modulation c'est-à-dire de la qualité de l'énergie transmise, et vice-versa. En fonction du type d'application envisagé, différentes solutions sont possibles.

[0004] Selon un premier art antérieur, il est prévu un hublot comportant une couche épaisse de semi-conducteur. Un dopage sélectif en forme de grille de la couche de semi-conducteur permet d'obtenir la propriété d'écrantage. En raison de la faible conductivité électrique des semiconducteurs, un bon écrantage hyperfréquence ne peut être réalisé qu'avec une couche de semi-conducteur d'épaisseur importante, ce qui a pour effet de dégrader la transparence optique et donc la transmission optique. Dans le cas de contraintes sévères, le compromis hyperfréquence/optique réalisé sera insuffisant. Par ailleurs, il est difficile de trouver un matériau semi-conducteur présentant une bonne transparence optique dans le domaine spectral optique du visible.

[0005] Selon un deuxième art antérieur, il est prévu un hublot comportant une couche mince de matériau à forte conductivité électrique. Pour présenter un bon écrantage hyperfréquence, le matériau de la couche mince doit présenter une conductivité électrique forte et par conséquent un coefficient d'extinction élevé même aux longueurs d'onde optiques, dégradant ainsi la transparence optique et donc la transmission optique. Dans le cas de contraintes sévères, le compromis hyperfréquence/optique réalisé sera insuffisant.

[0006] Selon un troisième art antérieur, il est prévu une structure inductive grillagée bipériodique du type grille à motifs carrés par exemple. Le caractère carré assure la symétrie de la polarité ainsi qu'une relative simplicité de la grille. Le matériau de la grille est électriquement conducteur, c'est par exemple un métal ou un semi-conducteur. Soit a la période ou le pas du réseau et $2d$ la largeur de fil de la grille. Le rapport $2d/a$ influence de manière importante l'écrantage hyperfréquence. Un rapport $2d/a$ élevé se traduit par un bon écrantage hyperfréquence et vice-versa. Or un rapport $2d/a$ élevé implique un taux de recouvrement, c'est-à-dire un rapport entre surface conductrice et surface totale pour la grille, qui est élevé également. Ce taux de recouvrement important est source de phénomène de diffraction qui dégrade la qualité de la transmission optique en détériorant la fonction de transfert de modulation. Dans le cas de contraintes sévères, le compromis hyperfréquence/optique réalisé sera insuffisant. Il reste possible à rapport $2d/a$ constant, de diminuer le pas a de la grille et par conséquent la largeur $2d$ de fil de la grille. Les longueurs d'onde dans le domaine spectral hyperfréquence étant supérieures aux longueurs d'onde dans le domaine spectral optique, la diminution du pas a à rapport $2d/a$ constant affecte plus les longueurs d'onde hyperfréquence que les longueurs d'onde optiques. Tandis que la fréquence de coupure dans le domaine spectral hyperfréquence augmente et que l'écrantage hyperfréquence s'améliore, le phénomène de diffraction est peu modifié et la transmission optique se dégrade donc peu. Néanmoins, dans le cas de contraintes sévères, le compromis hyperfréquence/optique réalisé sera tout de même insuffisant.

[0007] L'invention repose sur une amélioration très nette du compromis hyperfréquence/optique. Pour cela l'invention utilise une structure inductive grillagée présentant notamment un bon écrantage hyperfréquence ainsi qu'une répartition spatiale plus uniforme de l'énergie de diffraction optique, c'est-à-dire de l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique. La qualité de la transmission optique de la structure inductive grillagée et de l'ensemble de la fenêtre optique dans laquelle la grille peut être incluse, en est alors nettement améliorée, puisque une répartition spatiale plus uniforme de l'énergie de diffraction optique améliore la fonction de transfert de modulation. L'invention a également l'avantage de proposer une solution large bande pour le domaine spectral optique, car le caractère grillagé de la structure inductive permet à la transmission optique dans le domaine spectral optique d'être peu dépendante de la longueur d'onde op-

tique.

[0008] Selon l'invention, il est prévu une structure inductive grillagée comportant des mailles élémentaires dont les côtés sont en fil électriquement conducteur, le taux de recouvrement moyen des mailles élémentaires étant d'une part suffisamment élevé pour que la structure écrante substantiellement dans un domaine spectral hyperfréquence donné et d'autre part suffisamment faible pour que la structure soit substantiellement transparente dans un domaine spectral optique donné, caractérisé en ce que les côtés des mailles sont orientés de manière suffisamment irrégulière pour répartir spatialement de manière plus uniforme que dans le cas d'une grille unique périodique, l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique.

[0009] L'invention sera mieux comprise et d'autres particularités et avantages apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins joints, donnés à titre d'exemples, où :

- la figure 1 représente schématiquement une maille élémentaire d'une grille à motifs carrés selon le troisième art antérieur ;
- la figure 2 représente schématiquement un premier mode particulier de réalisation d'une structure inductive grillagée selon l'invention ;
- la figure 3 représente schématiquement un deuxième mode particulier de réalisation d'une structure inductive grillagée selon l'invention ;
- la figure 4 représente schématiquement un troisième mode particulier de réalisation d'une structure inductive grillagée selon l'invention.

[0010] La figure 1 permet de préciser quelques définitions générales concernant les mailles élémentaires d'une grille quelconque. L'exemple représenté concerne une grille à motifs carrés composée de plusieurs mailles élémentaires m comme les grilles selon le troisième art antérieur. Les mailles élémentaires m sont représentées en traits pointillés. Chaque maille élémentaire m a une surface sv de vide ou de matériau électriquement non conducteur entourée de côtés c en fil électriquement conducteur constituant la surface sf de fil. $2d$ représente la largeur de fil et a le pas de la maille. Le taux de vide ou de matériau électriquement non conducteur vaut sv/a^2 et le taux de recouvrement vaut $(a^2 - sv)/a^2$, sv valant ici $(a - 2d)^2$. La surface de maille élémentaire vaut a^2 .

[0011] Afin de répartir spatialement l'énergie de diffraction, les côtés des mailles élémentaires de la structure inductive grillagée sont orientés de manière plus irrégulière que ne le sont les côtés des mailles élémentaires d'une grille unique périodique comme par exemple une grille à motifs carrés ou circulaires. En ce qui concerne le domaine spectral hyperfréquence, il s'agit pour la structure inductive grillagée de conserver le plus possible le caractère périodique d'une grille unique périodique. En ce qui concerne le domaine spectral optique, il s'agit pour la structure inductive grillagée, tout en conservant la bonne transparence optique d'une grille unique périodique à faible taux de recouvrement, de diminuer le plus possible le caractère périodique d'une grille unique périodique. La structure inductive grillagée selon l'invention tire parti du fait que les longueurs d'onde du domaine spectral optique sont inférieures et souvent nettement inférieures aux longueurs d'onde du domaine spectral hyperfréquence. Ainsi une modification dans la régularité de l'orientation des côtés des mailles élémentaires d'une structure inductive grillagée, qui conserve dans une certaine mesure une forme et une surface de maille élémentaire grossièrement semblable à celle d'une grille unique périodique comme par exemple la grille à motifs carrés, peut avoir un effet négligeable sur les « grandes » longueurs d'onde du domaine spectral hyperfréquence et dégrader faiblement l'écrantage hyperfréquence, tandis qu'elle aura un effet important sur les « petites » longueurs d'onde du domaine spectral optique en ayant pour effet une répartition de l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique, qui spatialement soit nettement plus uniforme que dans le cas d'une grille unique périodique. Cette répartition spatiale plus uniforme de l'énergie de diffraction optique permet, pour une énergie globalement diffractée équivalente, en délocalisant cette énergie par répartition spatiale, diminuant ainsi l'intensité des pics de diffraction de la figure de diffraction de la structure inductive grillagée, d'améliorer considérablement la fonction de transfert de modulation et par conséquent la qualité de la transmission optique.

[0012] Pour cela, deux types de dispositif sont proposés. Le premier type utilise plusieurs structures inductives grillagées, par exemple des grilles, chacune pouvant avoir un caractère périodique important, mais dont l'agencement et la disposition diminuent le caractère périodique de l'ensemble constitué par les différentes structures. Cette solution est relativement simple à réaliser mais son efficacité n'est pas totalement optimisée. Le premier type correspond aux deux premiers modes de réalisation. Le deuxième type utilise une seule structure grillagée dont le caractère apériodique est important. Cette solution est plus complexe à réaliser mais est susceptible de donner des résultats encore meilleurs. Le deuxième type correspond au troisième mode de réalisation. Les solutions des deux types de dispositifs peuvent bien sûr être combinées pour une efficacité encore accrue au prix toutefois d'une complexité de réalisation qui augmente.

[0013] Le premier type de dispositif utilise une structure inductive grillagée comportant plusieurs grilles élémentaires diffractant chacune selon une figure de pics de diffraction, les figures de pics de diffraction étant substantiellement décalées spatialement entre elles. L'optimum est atteint lorsque les pics de diffraction d'une figure à l'autre sont spa-

tialement distincts, c'est-à-dire ne se recouvrent pas du tout ; cependant, un léger recouvrement peut aboutir à une solution tout de même satisfaisante, en fonction du type et de la sévérité des contraintes imposées par l'application envisagée. Plus les figures de diffraction sont spatialement décalées, plus l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique est spatialement répartie de manière uniforme, et meilleure est la qualité de la transmission optique.

5 **[0014]** L'intensité des pics de diffraction correspondants reste de préférence sensiblement constante d'une figure à l'autre. Ainsi, l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique est répartie de manière sensiblement identique entre les différentes figures de diffraction correspondant aux différentes grilles élémentaires. Plus l'intensité des pics de diffraction d'une figure à l'autre est constante, plus l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique est uniformément spatialement répartie.

10 **[0015]** La structure comporte fonctionnellement plusieurs grilles élémentaires ayant virtuellement chacune une figure de diffraction, mais ces grilles élémentaires occupent préférentiellement toutes la même surface et forment de préférence structurellement une grille unique. Dans le cas de grilles élémentaires planes, toutes les grilles élémentaires seront alors dans le même plan et assemblées les unes aux autres de manière à ne plus former structurellement qu'une seule grille résultante. Si les différentes grilles élémentaires ont chacune un caractère périodique très marqué, par exemple présentent des motifs carrés régulièrement espacés, la disposition de ces grilles élémentaires sera telle que le caractère périodique de la grille résultante sera beaucoup moins marqué, ses motifs étant alors par exemple des polygones plus ou moins réguliers. L'avantage d'une telle structure grillagée est d'avoir une transmission optique comparable à celle de l'une des grilles élémentaires tout en présentant un écrantage hyperfréquence nettement amélioré.

20 **[0016]** Dans le cas préférentiel où les grilles élémentaires sont sensiblement parallèles entre elles mais où elles n'appartiennent pas à la même surface, les grilles élémentaires doivent être suffisamment proches les unes des autres, c'est-à-dire que la distance entre les grilles élémentaires doit rester suffisamment faible pour que le caractère irrégulier de l'orientation des côtés des mailles élémentaires se traduise par une répartition spatiale plus uniforme de l'énergie de diffraction optique. Par exemple, une structure constituée de deux grilles élémentaires d'orientation différente, à motifs carrés, et séparées par un espace suffisamment important par rapport aux longueurs d'onde optiques, diffractera principalement selon deux directions comme une grille unique périodique.

25 **[0017]** Au fur et à mesure que l'on rajoute des grilles élémentaires à la structure grillagée, la transmission optique reste comparable tandis que l'écrantage hyperfréquence s'améliore, mais le taux d'amélioration apporté par chaque nouvelle grille élémentaire décroît lorsque le nombre de grilles augmente. C'est pourquoi une structure inductive grillagée comportant deux grilles élémentaires seulement représente déjà un compromis avantageux.

30 **[0018]** Pour que le nombre de grilles élémentaires optimise l'amélioration de l'écrantage hyperfréquence de la structure grillagée à laquelle appartiennent les grilles élémentaires, il est préférable que les grilles élémentaires aient sensiblement le même taux de recouvrement. L'optimum étant atteint lorsque le taux de recouvrement est identique. Les grilles élémentaires ont avantageusement des mailles élémentaires de forme substantiellement carrée. Le caractère sensiblement carré des mailles élémentaires offre un bon compromis entre simplicité, écrantage hyperfréquence, transmission optique et symétrie de polarisation, même si l'intensité des pics de diffraction reste plus élevée qu'avec des grilles élémentaires dont les motifs ont une forme plus « irrégulière ».

35 **[0019]** La figure 2 représente schématiquement un premier mode particulier de réalisation d'une structure inductive grillagée selon l'invention. La structure comporte plusieurs grilles élémentaires, ici deux grilles élémentaires notées G1 et G2. La grille G2 est représentée en traits mixtes tandis que la grille G1 est représentée en traits pointillés. De préférence, les grilles élémentaires appartiennent à des surfaces sensiblement parallèles entre elles, avantageusement planes. De manière optimale, les grilles élémentaires sont dans le même plan et leurs côtés de maille élémentaire se croisent de façon à ne plus former qu'une structure grillagée unique. Chacune des grilles élémentaires a une surface de maille élémentaire sensiblement constante et les surfaces de maille élémentaire sont substantiellement différentes entre grilles élémentaires. Dans l'exemple représenté sur la figure 2, les deux grilles élémentaires G1 et G2 ont des mailles élémentaires de forme sensiblement carrée. La grille élémentaire G1 a un pas a_1 différent du pas a_2 de la grille élémentaire G2. Les grilles élémentaires ont avantageusement toutes la même orientation, c'est-à-dire que les côtés des mailles élémentaires de l'une des grilles sont respectivement parallèles aux côtés des mailles élémentaires des autres grilles élémentaires. Ce sera le cas pour tous les exemples numériques préférentiels relatifs au premier mode de réalisation. Ici les deux grilles élémentaires G1 et G2 ont des côtés de maille élémentaire qui sont respectivement parallèles aux deux axes X et Y perpendiculaires entre eux.

40 **[0020]** Soit un premier exemple numérique concernant deux grilles élémentaires G1 et G2 de pas différents a_1 et a_2 , du type de celles représentées sur la figure 2. Le pas a_1 vaut $10\mu\text{m}$ et le pas a_2 vaut $13\mu\text{m}$. Pour les deux grilles élémentaires, la largeur de fil $2d$ est choisie égale à $2\mu\text{m}$. Pour la première grille G1, le rapport entre largeur de fil et pas, à savoir $2d/a_1$ vaut 0,2. Pour la deuxième grille G2, le rapport entre largeur de fil et pas vaut 0,154. Affectons l'indice n aux ordres de diffraction correspondant à la première grille élémentaire G1. Pour une longueur d'onde optique λ appartenant à un domaine spectral optique donné, les différents pics de diffraction d'ordre n , sont angulairement situés, à partir du centre de la tache centrale de diffraction, à des angles valant $n\lambda/a_1$. De même, les ordres de diffraction

d'ordre m correspondant à la deuxième grille élémentaire G2, sont situés angulairement, à partir du centre de la tache centrale de diffraction, à des angles valant $m\lambda/a_2$. Si, comme c'est le cas, les pas a_1 et a_2 respectifs des grilles élémentaires G1 et G2 sont différents, les pics de diffraction, quoique situés selon les mêmes directions X et Y, sont cependant pour la plupart d'entre eux, distincts les uns des autres. Les énergies des pics de diffraction optique sont alors spatialement réparties de manière plus uniforme que dans le cas d'une grille unique périodique, puisque les pics de diffraction des différentes grilles élémentaires ne se recouvrent pas le plus souvent. Certains sont toutefois confondus. En effet, pour les couples d'entiers (n, m) pour lesquels $n/a_1 = m/a_2$, les pics de diffraction de la première grille G1 sont superposés avec des pics de diffraction de la deuxième grille G2. Le premier recouvrement de ce type se produit pour $n=3$ et $m=4$. Ce n'est qu'un recouvrement partiel puisque $n\lambda/a_1$ vaut $0,3\lambda$ et $m\lambda/a_2$ vaut $0,307\lambda$.

[0021] Pour cela, de préférence, ces recouvrements ne doivent se produire que pour des ordres élevés de diffraction de manière à ce que l'énergie résultante de la somme des deux pics de diffraction correspondants soit inférieure à l'énergie de diffraction optique des premiers pics de diffraction d'au moins l'une des grilles élémentaires. Les pas des différentes grilles élémentaires sont choisis de manière à ce que tout pic de diffraction résultant de la superposition totale ou partielle de plusieurs pics de diffraction provenant de grilles élémentaires différentes a une intensité qui est inférieure ou sensiblement égale au majorant de l'ensemble des intensités des pics de diffraction au premier ordre de toutes les grilles élémentaires. Donc les pics de diffraction résultant du couplage entre des ordres de diffraction de plusieurs grilles élémentaires, correspondent alors à des ordres de diffraction élevés et par conséquent peu énergétiques. Ainsi, ces pics de diffraction issus du couplage entre grilles élémentaires ne sont pas limitatifs, puisque inférieurs en intensité aux premiers pics de diffraction de l'une au moins des grilles élémentaires.

[0022] Les pas des différentes grilles élémentaires sont également préférentiellement choisis de manière à ce que tout pic de diffraction résultant de la superposition totale ou partielle de plusieurs pics de diffraction provenant de grilles élémentaires différentes et dont l'intensité est supérieure ou sensiblement égale au majorant de l'ensemble des intensités des pics de diffraction au premier ordre de toutes les grilles élémentaires, est situé hors du champ de la fenêtre optique dans laquelle la structure grillagée est intégrée. Les pics de diffraction résultant du couplage entre des ordres de diffraction de plusieurs grilles élémentaires, correspondant alors à des ordres de diffraction situés hors du champ de la fenêtre optronique, ne sont pas limitatifs, puisque exclus de l'image de la scène observée à travers la fenêtre optronique.

[0023] Dans le tableau 1 décrit ci-dessous, sont présentés pour l'exemple 1, les énergies des différents pics de diffraction d'une part pour chacune des grilles élémentaires G1 et G2 et d'autre part pour la structure inductive grillagée SIG constituée par l'ensemble des deux grillées élémentaires G1 et G2. Pour chaque pic de diffraction, l'ordre de diffraction est indiqué avec entre parenthèses la grille ou structure correspondante : par exemple 2(G2) signifie « deuxième ordre de diffraction pour la grille élémentaire G2. Le taux de vide d'une grille étant le rapport entre la surface de vide et la surface totale, les grilles G1 et G2 ont respectivement un taux de vide de 64% et de 71%, tandis que la structure inductive grillagée, notée SIG, a un taux de vide de 47%. Les énergies sont notées en unités relatives arbitraires, avec la valeur 1 correspondant à l'énergie de la tache centrale de diffraction.

TABLEAU 1

Ordre de diffraction	G1	G2	SIG
0(G1) ; 0(G2) ; 0(SIG)	1	1	1
1(G2) ; 1(SIG)	≈0	0,029	0,03
1(G1) ; 2(SIG)	0,064	≈0	0,067
2(G2) ; 3(SIG)	≈0	0,025	0,024
2(G1) ; 4(SIG)	0,037	≈0	0,032
3(G2) ; 5(SIG)	≈0	0,024	0,02
3(G1) ; 4(G2) ; 6(SIG)	0,023	0,011	0,039

[0024] On constate que l'énergie de diffraction optique est spatialement répartie de manière plus uniforme que dans le cas d'une grille unique périodique. Le sixième ordre de diffraction pour la structure inductive grillagée SIG, correspond respectivement aux troisième et quatrième ordres de diffraction pour les première G1 et deuxième G2 grilles élémentaires. L'énergie de ce sixième ordre de diffraction pour la structure inductive grillagée SIG correspond approximativement à la somme des énergie des troisième et quatrième ordres de diffraction pour les première G1 et deuxième G2 grilles élémentaires respectivement. Mais cette somme restant inférieure à l'énergie du deuxième ordre de diffraction pour la structure inductive grillagée correspondant au premier ordre de diffraction de la première grille G1, le pic de diffraction du sixième ordre de diffraction pour la structure inductive grillagée n'est pas limitatif. Avec une structure

inductive grillagée conformément au premier mode de réalisation, un découplage total entre les ordres de diffraction des différentes grilles élémentaires composant la structure et excluant par conséquent tout recouvrement de pics de diffraction même partiel, reste difficile à réaliser.

[0025] Soit un deuxième exemple numérique permettant de constater que l'utilisation d'une structure inductive grillagée conformément au premier mode de réalisation permet, tout en ayant une qualité de transmission optique comparable à celle de la grille élémentaire optiquement la plus limitative, à la structure inductive grillagée de présenter un écrantage hyperfréquence nettement amélioré par rapport à l'écrantage hyperfréquence de la meilleure grille élémentaire dans le domaine spectral hyperfréquence. Une transmission optique de bonne qualité correspond à un rapport entre l'énergie du premier pic de diffraction et l'énergie de la tache centrale de diffraction qui est peu élevé sur le domaine spectral optique, ici le domaine optique allant par exemple de l'ultraviolet à l'infrarouge. Ce rapport sera noté $E_{1,0}/E_{0,0}$. Un bon écrantage hyperfréquence correspond à une atténuation sur une bande hyperfréquence donnée, ici la bande allant par exemple de 2 à 18 GHz. Cette atténuation est notée T2-18GHz. La grille élémentaire G1 a un pas a_1 valant $200\mu\text{m}$ une largeur de fil $2d$ valant $1\mu\text{m}$ et un rapport surface de fil sur surface totale valant 0,005. La grille élémentaire G2 a un pas a_2 valant $220\mu\text{m}$ une largeur de fil $2d$ valant $1\mu\text{m}$ et un rapport surface de fil sur surface totale valant 0,0045. Le rapport $E_{1,0}/E_{0,0}$ et l'atténuation T2-18GHz sont respectivement donnés en valeur relative et en décibel (dB), pour chacune des grilles élémentaires G1 et G2 ainsi que pour la structure inductive grillagée SIG constituée par ces deux grilles élémentaires.

TABLEAU 2

	G1	G2	SIG
$E_{1,0}/E_{0,0}$	$2,5 \times 10^{-5}$	$2,1 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$
T2-18GHz	-25,4	-24,5	-31,4

[0026] Le tableau 2 permet de constater que pour une qualité de transmission optique équivalente, correspondant à $E_{1,0}/E_{0,0} = 2,5 \times 10^{-5}$, l'écrantage hyperfréquence est plus efficace et vaut approximativement -31dB au lieu de -25dB. Le gain en écrantage hyperfréquence est de 6dB, ce qui est important. Le compromis ainsi réalisé entre l'écrantage hyperfréquence et la qualité de la transmission optique est ainsi nettement amélioré.

[0027] La position des grilles élémentaires l'une par rapport à l'autre dans un même plan n'a pas d'influence significative sur la qualité de la transmission optique. En effet, lorsque les deux grilles élémentaires G1 et G2 sont décalées l'une par rapport à l'autre, la variation du rapport entre l'énergie totale diffractée dans les ordres supérieurs et l'énergie de la tache centrale de diffraction est négligeable, de l'ordre d'une fraction de pour cent.

[0028] Soit un troisième exemple numérique concernant une structure inductive grillagée constituée de deux grilles élémentaires G1 et G2 de pas respectifs a_1 et a_2 , permettant de mettre en évidence l'amélioration réalisée au niveau du compromis entre l'écrantage hyperfréquence et la qualité de la transmission optique laquelle se traduit par le rapport maximal entre l'énergie d'un pic de diffraction d'ordre supérieur, en général le premier pic de diffraction, et l'énergie de la tache centrale de diffraction sur le domaine spectral optique, ici le domaine optique allant par exemple de l'ultraviolet à l'infrarouge. Ce rapport sera noté $E_{i,0}/E_{0,0}$: $E_{0,0}$ représentant l'énergie contenue dans la tache centrale de diffraction. $E_{optique}$ représente l'énergie optique globale transmise et représente la transparence optique. Les énergies sont notées en valeur relatives arbitraires, la valeur 1 de référence correspondant à l'énergie incidente. L'écrantage hyperfréquence correspond à une atténuation sur une bande hyperfréquence donnée, ici la bande allant par exemple de 2 à 18 GHz. Cette atténuation est notée T2-18GHz, elle est donné en dB. La grille élémentaire G1 a un pas a_1 valant 2mm une largeur de fil $2d$ valant $2\mu\text{m}$ et un rapport surface de fil sur surface totale valant 0,001. La grille élémentaire G2 a un pas a_2 valant 2,1mm une largeur de fil $2d$ valant $2\mu\text{m}$ et un rapport surface de fil sur surface totale valant 0,00095. Une grille supplémentaire, de pas valant 1mm et de rapport surface de fil sur surface totale valant 0,002, notée Geqhyp pour « grille équivalente à la structure inductive grillagée dans le domaine spectral hyperfréquence », est contenue dans le tableau pour montrer l'impossibilité avec une grille unique périodique de réaliser un compromis hyperfréquence/optique aussi bon qu'avec la grille inductive grillagée selon l'invention. Les résultats numériques correspondants sont rassemblés dans le troisième tableau.

TABLEAU 3

	G1	G2	SIG	Geqhyp
$E_{optique}$	0,998	0,998	0,996	0,996
$E_{0,0}$	0,996	0,996	0,992	0,992
$E_{i,0}/E_{0,0}$	10^{-6}	$9,1 \times 10^{-7}$	10^{-6}	4×10^{-6}

EP 1 052 724 A1

TABLEAU 3 (suite)

	G1	G2	SIG	Geqhyp
T2-18GHz	-8,2	-7,8	-13	-13

[0029] Le troisième tableau montre que pour une qualité de diffraction semblable à celle de chacune des grilles élémentaires G1 et G2, l'écrantage hyperfréquence est amélioré d'environ 5dB. Pour obtenir un écrantage hyperfréquence semblable à celui de la structure inductive grille SIG, la « grille équivalente » Geqhyp présente un rapport entre l'énergie maximale d'un pic de diffraction d'ordre supérieur et l'énergie de la tache centrale de diffraction sur le domaine spectral optique, qui est quatre fois plus élevé, ce qui représente une qualité de transmission optique beaucoup moins bonne.

[0030] Il est également possible d'utiliser plus de deux grilles élémentaires dans les conditions précédentes. L'ajout d'une grille élémentaire dans la structure inductive grillagée ne dégrade pas sensiblement la qualité de la transmission optique, tandis que l'écrantage hyperfréquence est amélioré. Un quatrième tableau regroupe ci-dessus les résultats numériques d'un quatrième exemple numérique. Les notations du troisième exemple numérique décrit ci-dessus sont conservées. Plusieurs grilles élémentaires G1, G2, G3, G4, G5, G6 sont considérées, elles ont pour pas respectifs a1 valant 2mm, a2 valant 2,1mm, a3 valant 2,2mm, a4 valant 2,3mm, a5 valant 2,4mm, a6 valant 2,5mm. Plusieurs structures inductives grillagées contenant de deux à six grilles élémentaires sont analysées. Les structures grillagées SIG(G1 à G2), SIG(G1 à G3), SIG(G1 à G4), SIG(G1 à G5), SIG(G1 à G6), sont respectivement constituées des grilles élémentaires G1 à G2, G1 à G3, G1 à G4, G1 à G5, G1 à G6. Par ailleurs le quatrième tableau contient deux grilles supplémentaires de pas respectifs valant 0,46mm et 2mm ainsi que de rapports surface de fil sur surface totale valant respectivement 0,0043 et 0,001, respectivement notées Geqhyp pour « grille équivalente à la structure inductive grillagée dans le domaine spectral hyperfréquence » et Geqopt pour « grille équivalente à la structure inductive grillagée dans le domaine spectral optique ».

TABLEAU 4

	Eoptique	E0,0	Ei,0/E0,0	T2-18GHz
SIG(G1 à G2)	0,996	0,992	10 ⁻⁶	-13
SIG(G1 à G3)	0,994	0,988	10 ⁻⁶	-15,4
SIG(G1 à G4)	0,992	0,985	10 ⁻⁶	-17,5
SIG(G1 à G5)	0,99	0,982	10 ⁻⁶	-19,1
SIG(G1 à G6)	0,988	0,979	10 ⁻⁶	-20,5
Geqhyp	0,991	0,983	1,9x10 ⁻⁵	-20,5
Geqopt	0,998	0,996	10 ⁻⁶	-8,2

[0031] Il ressort clairement de ce quatrième tableau plusieurs aspects. Tout d'abord, plus la structure inductive grillagée SIG comporte de grilles élémentaires, plus l'écrantage hyperfréquence s'améliore tandis que la qualité de la transmission optique reste semblable : elle est représentée par le rapport Ei,0/E0,0. De deux à six grilles élémentaires, l'écrantage hyperfréquence gagne 12 dB tandis que le rapport entre l'énergie maximale d'un pic de diffraction d'ordre supérieur et l'énergie de la tache centrale de diffraction sur le domaine spectral optique reste au niveau de 10⁻⁶.

[0032] D'autre part, plus le nombre de grilles élémentaires que comprend la structure inductive grillagée est important, plus le gain obtenu en écrantage hyperfréquence diminue. En effet, si en passant de deux à trois grilles élémentaires, le gain en écrantage hyperfréquence vaut approximativement 2,4 dB, le même gain en passant de cinq à six grilles n'est plus que 1,4dB.

[0033] Par ailleurs, en analysant plus particulièrement les trois dernières lignes du quatrième tableau, la structure inductive grillagée comprenant six grilles élémentaires réalise un très bon compromis hyperfréquence/optique. En effet, d'une part par rapport à la « grille équivalente en hyperfréquence » Geqhyp, le gain au niveau intensité maximale relative des pics de diffraction, représentée par le rapport Ei,0/E0,0 qui est un paramètre clé traduisant la qualité de la transmission optique, atteint un facteur 19. D'autre part, par rapport à la « grille équivalente en optique » Geqopt, le gain au niveau de l'écrantage hyperfréquence atteint 12dB ce qui correspond à un facteur 16.

[0034] Il convient toutefois de remarquer que si la qualité de la transmission optique reste semblable, puisque l'intensité maximale relative des pics de diffraction reste sensiblement constante, la transparence optique représentée par la valeur de la transmission optique globale E0,0 chute très légèrement, d'environ 1% entre la structure inductive grillagée comprenant six grilles élémentaires et la « grille équivalente optique » Geqopt. Par ailleurs, le nombre de

grilles n'est pas un paramètre de réalisation vraiment limitatif, puisque seule la largeur de fil est technologiquement limitative.

[0035] La figure 3 représente schématiquement un deuxième mode particulier de réalisation d'une structure inductive grillagée selon l'invention. La structure comporte plusieurs grilles élémentaires, ici deux grilles élémentaires notées G1 et G2. Les deux grilles élémentaires G1 et G2 sont représentées en traits pleins. De préférence, les grilles élémentaires appartiennent à des surfaces sensiblement parallèles entre elles, avantageusement planes. De manière optimale, les grilles élémentaires sont dans le même plan et leurs côtés de maille élémentaire se croisent de façon à ne plus former qu'une structure grillagée unique. Chacune des grilles élémentaires a une surface de maille élémentaire sensiblement constante et les surfaces de maille élémentaire sont substantiellement décalées angulairement entre elles. Sur la figure 3, les grilles élémentaires G1 et G2 sont décalées angulairement d'un angle α . Dans l'exemple représenté sur la figure 3, les deux grilles élémentaires G1 et G2 ont des mailles élémentaires de forme sensiblement carrée. Les grilles élémentaires G1 et G2 ont des pas respectifs a_1 et a_2 . Les grilles élémentaires ont avantageusement toutes le même pas, c'est-à-dire que les côtés des mailles élémentaires de l'une des grilles sont respectivement de longueur égale à celle des côtés des mailles élémentaires des autres grilles élémentaires. Ce sera le cas pour le cinquième exemple numérique préférentiel relatif au deuxième mode de réalisation. Ici la grille élémentaire G1 a des côtés de maille élémentaire qui sont respectivement parallèles aux deux axes x et y perpendiculaires entre eux, tandis que la grille élémentaire G2 a des côtés de maille élémentaire qui sont respectivement parallèles aux deux axes X et Y perpendiculaires entre eux. La structure inductive grillagée peut comporter plus de deux grilles élémentaires. La structure comportant N grilles élémentaires, les grilles élémentaires sont préférentiellement décalées entre elles d'un angle valant sensiblement $\pi/2N$, surtout lorsqu'il y a trois grilles élémentaires ou plus. Dans le cas de deux grilles élémentaires seulement, lorsque les grilles sont décalées de $\pi/4$ et il peut apparaître le même problème de recouvrement de pics de diffraction que dans le cas de la figure 2, mais sous une forme très atténuée car les recouvrements ne peuvent alors se produire qu'entre les pics secondaires d'une grille et les pics principaux de l'autre. Les pics principaux de diffraction correspondent à l'énergie diffractée dans les directions parallèles aux côtés de la grille, tandis que pics secondaires de diffraction correspondent à l'énergie diffractée dans les directions non parallèles aux côtés de la grille, cette énergie étant bien inférieure le plus souvent à celle des pics principaux de diffraction.

[0036] Chacune des grilles élémentaires diffracte, au moins principalement, selon des axes différents. La grille élémentaire G1 diffracte principalement suivant les directions x et y, tandis que la grille élémentaire G2 diffracte principalement suivant les directions X et Y. De cette manière, similairement au premier mode de réalisation, l'énergie de diffraction optique est spatialement répartie de manière plus uniforme que dans le cas d'une grille unique, et même plus uniformément que dans le cas de grilles élémentaires de même orientation comme dans le cas de la figure 2, puisque ici non seulement les figures de diffraction des grilles élémentaires respectives ne se recouvrent pas ou peu, mais les directions mêmes dans lesquelles elles s'étendent sont distinctes. L'énergie de diffraction optique est spatialement répartie dans de nombreuses directions et non plus seulement principalement selon deux directions privilégiées comme dans le cas de la figure 2.

[0037] Soit un cinquième exemple numérique préférentiel illustrant cet autre type de structure inductive grillagée. Deux grilles élémentaires G1 et G2 décalées de $\pi/4$ sont considérées. Chacune des grilles élémentaires G1 et G2 a un taux de vide de 0,63 : le taux de vide de la structure inductive grillagée SIG constituée par les deux grilles élémentaires G1 et G2 est donc de 0,4. Le cinquième tableau permet la comparaison des performances relatives. Les notations sont les mêmes que pour les exemples numériques relatifs au premier mode de réalisation.

TABLEAU 5

	G1	G2	SIG
E1,0/E0,0	$\approx 10^{-5}$	$\approx 10^{-5}$	$\approx 10^{-5}$
T2-18GHz	-16	-16	-22,1

[0038] Pour une qualité de transmission optique équivalente, l'écrantage hyperfréquence apparaît comme meilleur d'environ 6dB, ce qui représente une amélioration très nette du compromis hyperfréquence/optique. La superposition de deux grilles élémentaires présentant chacune un écrantage hyperfréquence de -16dB ne se traduit pas par un écrantage résultant de -32dB qui serait la somme des écrantages précédents, car la distance entre les grilles élémentaires est suffisamment faible (ici elle est même nulle puisque les grilles sont dans le même plan) pour que les deux grilles élémentaires interagissent sur les ondes qui les traversent.

[0039] La figure 4 représente schématiquement un troisième mode particulier de réalisation d'une structure inductive grillagée selon l'invention comportant au moins une grille comme celle représentée à la figure 4. La figure 4 représente une grille Gap dont le caractère aperiodique est important. Les mailles élémentaires ont sensiblement la même surface et la même forme. Pour le domaine spectral hyperfréquence considéré, la taille des mailles élémentaires est suffisam-

ment petite devant les longueurs d'onde hyperfréquence pour que les mailles élémentaires apparaissent toutes semblables lorsqu'elles sont « vues » par les longueurs d'onde hyperfréquence. Ainsi la grille Gap a des propriétés hyperfréquences comparables à celles d'une grille unique périodique comme par exemple une grille à motifs carrés, et elle peut de la même manière écranter substantiellement dans le domaine hyperfréquence. Par contre, une grille unique périodique présente généralement des pics de diffractions d'intensité relative élevée. Les côtés des mailles sont orientés de manière à ce que les zones de diffraction de la structure soient spatialement réparties de façon sensiblement homogène. Pour le domaine spectral optique considéré dont les longueurs d'onde sont généralement nettement plus faibles que les longueurs d'onde hyperfréquence, le caractère irrégulier de l'orientation des mailles élémentaires détruit, « à l'échelle des longueurs d'onde optiques », au moins dans une certaine mesure la périodicité de la grille G. Ainsi, au lieu d'être spatialement répartie suivant deux axes ou directions privilégiées comme dans le cas d'une grille à motifs carrés, l'énergie de diffraction optique est par exemple spatialement répartie selon plus de deux directions et/ou selon des formes non rectilignes et/ou selon des zones plus étendues que les pics de diffraction très localisés d'une grille unique périodique, aboutissant ainsi à une répartition spatiale sensiblement homogène.

[0040] De préférence, la grille G ne comporte pas d'angle aigu entre côtés adjacents de maille élémentaire, car les angles aigus entre mailles élémentaires sont à la source de phénomènes de diffraction locaux mais intenses. Tous les angles entre côtés adjacents de maille élémentaire sont avantageusement sensiblement égaux à $\pi/2$. Deux côtés adjacents de la maille élémentaire m_j sont par exemple c_1 et c_2 .

[0041] La forme préférentielle de la grille G représentée sur la figure 4 est une grille dont les mailles élémentaires sont des secteurs angulaires de couronnes concentriques. La grille G comporte une zone circulaire centrale O comportant une ou plusieurs mailles élémentaires, ici deux. Autour de cette zone circulaire centrale O se trouvent un ensemble de couronnes concentriques, ici trois. Les couronnes concentriques P, Q et R, qui sont ici les première, deuxième et troisième couronnes périphériques, comportent chacune plusieurs mailles élémentaires du type de la maille m_i ou de la maille m_j . Soit l la largeur de la couronne R par exemple, et p_1 et p_2 les périmètres respectivement extérieurs et intérieurs de la couronne R. Préférentiellement, les couronnes ont des largeurs sensiblement constantes et sensiblement égales entre elles. Des couronnes de largeur très différentes et/ou variables brisent mieux la périodicité de la grille G, mais il est alors plus difficile de conserver des surfaces et des formes sensiblement identiques pour toutes les mailles élémentaires. La zone circulaire centrale O peut être considérée comme la couronne centrale dans la formule ci-dessous. Lorsque la couronne centrale comportant K mailles élémentaires, la $M^{\text{ème}}$ couronne périphérique à partir de la couronne centrale comporte avantageusement $K(2M+1)$ mailles élémentaires. Ainsi, comme sur la figure 4, les mailles élémentaires ont toutes sensiblement la même surface et la même forme comme les mailles m_i et m_j . Par exemple si la couronne centrale comporte deux mailles élémentaires, la troisième couronne périphérique en comportera alors quatorze. La grille G présente de préférence grossièrement une symétrie axiale, comme par exemple sur la figure 4, pour des raisons de symétrie de polarisation.

[0042] Tout en conservant une forme et une surface de maille élémentaire sensiblement constante, la grille G peut présenter, à l'échelle des longueurs d'onde optiques, des côtés de maille élémentaire dont le caractère irrégulier de l'orientation est plus marqué que dans le cas de segments de droite joignant les périmètres intérieur et extérieur d'une même couronne. Les côtés des mailles élémentaires reliant les périmètres intérieur et extérieur d'une même couronne peuvent alors avantageusement être inclinés par rapport à la normale aux périmètres des couronnes. Ces côtés de mailles élémentaires peuvent aussi ne pas être rectilignes. Par exemple des arcs de cercle entre les périmètres des couronnes permettraient de mieux encore répartir spatialement l'énergie de diffraction optique dans l'espace.

[0043] Une autre solution pourrait utiliser au moins une grille constituée par un ensemble de formes elliptiques dont les grands axes ont tous des longueurs différentes et/ou des directions différentes. Ainsi, presque aucun des côtés des mailles élémentaires ne seraient parallèles entre eux et l'énergie de diffraction optique en serait spatialement répartie de manière d'autant plus uniforme.

Revendications

1. Structure inductive grillagée (SIG) comportant des mailles (m_i , m_j) élémentaires dont les côtés (c_1 , c_2) sont en fil électriquement conducteur, le taux de recouvrement moyen des mailles élémentaires étant d'une part suffisamment élevé pour que la structure écranter substantiellement dans un domaine spectral hyperfréquence donné et d'autre part suffisamment faible pour que la structure soit substantiellement transparente dans un domaine spectral optique donné, caractérisé en ce que les côtés des mailles (m_i , m_j) sont orientés de manière suffisamment irrégulière pour répartir spatialement de manière plus uniforme que dans le cas d'une grille unique périodique, l'énergie de diffraction dans le domaine spectral optique.
2. Structure selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure (SIG) comporte plusieurs grilles élémentaires (G_1 , G_2) diffractant chacune selon une figure de pics de diffraction et en ce que les figures de pics de diffraction

EP 1 052 724 A1

sont substantiellement décalées spatialement entre elles.

3. Structure selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'intensité des pics de diffraction correspondants reste sensiblement constante d'une figure à l'autre.
- 5 4. Structure selon l'une quelconque des revendications 2 à 3, caractérisé en ce que les grilles élémentaires (G1, G2) sont au nombre de deux.
- 10 5. Structure selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les grilles élémentaires (G1, G2) ont sensiblement le même taux de recouvrement et ont des mailles élémentaires de forme substantiellement carrée.
- 15 6. Structure selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que les grilles élémentaires (G1, G2) appartiennent à des surfaces sensiblement parallèles et sont substantiellement décalées angulairement entre elles.
- 20 7. Structure selon les revendications 5 et 6, caractérisé en ce que les grilles élémentaires (G1, G2) ont toutes le même pas (a_1 , a_2).
- 25 8. Structure selon l'une quelconque des revendications 6 à 7, caractérisé en ce que la structure (SIG) comportant N grilles élémentaires (G1, G2), les grilles élémentaires sont décalées entre elles d'un angle (α) valant sensiblement $\pi/2N$.
- 30 9. Structure selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que les grilles élémentaires (G1, G2) appartiennent à des surfaces sensiblement parallèles et ont chacune une surface de maille élémentaire sensiblement constante, et en ce que les surfaces de maille élémentaire sont substantiellement différentes entre grilles élémentaires (G1, G2).
- 35 10. Structure selon la revendication 9, caractérisé en ce que les grilles élémentaires (G1, G2) ont toutes la même orientation.
- 40 11. Structure selon les revendications 5 et 10, caractérisé en ce que les pas des différentes grilles élémentaires (G1, G2) sont choisis de manière à ce que tout pic de diffraction résultant de la superposition totale ou partielle de plusieurs pics de diffraction provenant de grilles élémentaires (G1, G2) différentes a une intensité qui est inférieure ou sensiblement égale au majorant de l'ensemble des intensités des pics de diffraction au premier ordre de toutes les grilles élémentaires (G1, G2).
- 45 12. Fenêtre optique comportant une structure selon les revendications 5 et 10 ou selon la revendication 11, caractérisé en ce que les pas (a_1 , a_2) des différentes grilles élémentaires (G1, G2) sont choisis de manière à ce que tout pic de diffraction résultant de la superposition totale ou partielle de plusieurs pics de diffraction provenant de grilles élémentaires (G1, G2) différentes et dont l'intensité est supérieure ou sensiblement égale au majorant de l'ensemble des intensités des pics de diffraction au premier ordre de toutes les grilles élémentaires (G1, G2), est situé hors du champ de la fenêtre optique.
- 50 13. Structure selon la revendication 1, caractérisé en ce que les mailles élémentaires (m_i , m_j) ont sensiblement la même surface et la même forme et en ce que les côtés des mailles sont orientés de manière à ce que les zones de diffraction de la structure soient spatialement réparties de façon sensiblement homogène.
- 55 14. Structure selon la revendication 13, caractérisé en ce que la structure (SIG) ne comporte pas d'angle aigu entre côtés adjacents (c_1 , c_2) de maille élémentaire (m_j).
15. Structure selon la revendication 14, caractérisé en ce que tous les angles entre côtés adjacents (c_1 , c_2) de maille élémentaire (m_j) sont sensiblement égaux à $\pi/2$.
16. Structure selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que la structure (SIG) comporte au moins une grille (Gap) dont les mailles élémentaires (m_i , m_j) sont des secteurs angulaires de couronnes concentriques (O, P, Q, R).

EP 1 052 724 A1

17. Structure selon la revendication 16, caractérisé en ce que les couronnes (O, P, Q, R) ont des largeurs (l) sensiblement constantes et sensiblement égales entre elles.
- 5 18. Structure selon la revendication 17, caractérisé en ce que la couronne centrale (O) comportant K mailles élémentaires, la M^{ième} couronne périphérique (P, Q, R) à partir de la couronne centrale (O) comporte K(2M+1) mailles élémentaires.
- 10 19. Structure selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisé en ce que les côtés (c2) des mailles élémentaires (mj) reliant les périmètres (p1, p2) d'une même couronne (R) sont inclinés par rapport à la normale aux périmètres (p1, p2) de la couronne (R).
- 15 20. Structure selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que les côtés (c2) des mailles élémentaires (mj) reliant les périmètres (p1, p2) d'une même couronne (R) ne sont pas rectilignes.
- 20 21. Structure selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que la structure (SIG) comporte au moins une grille constituée par un ensemble de formes elliptiques dont les grands axes ont tous des longueurs différentes et/ou des directions différentes.
- 25 22. Structure selon l'une quelconque des revendications 13 à 21, caractérisé en ce que la structure (SIG) présente une symétrie axiale dans le plan de la structure (SIG).
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

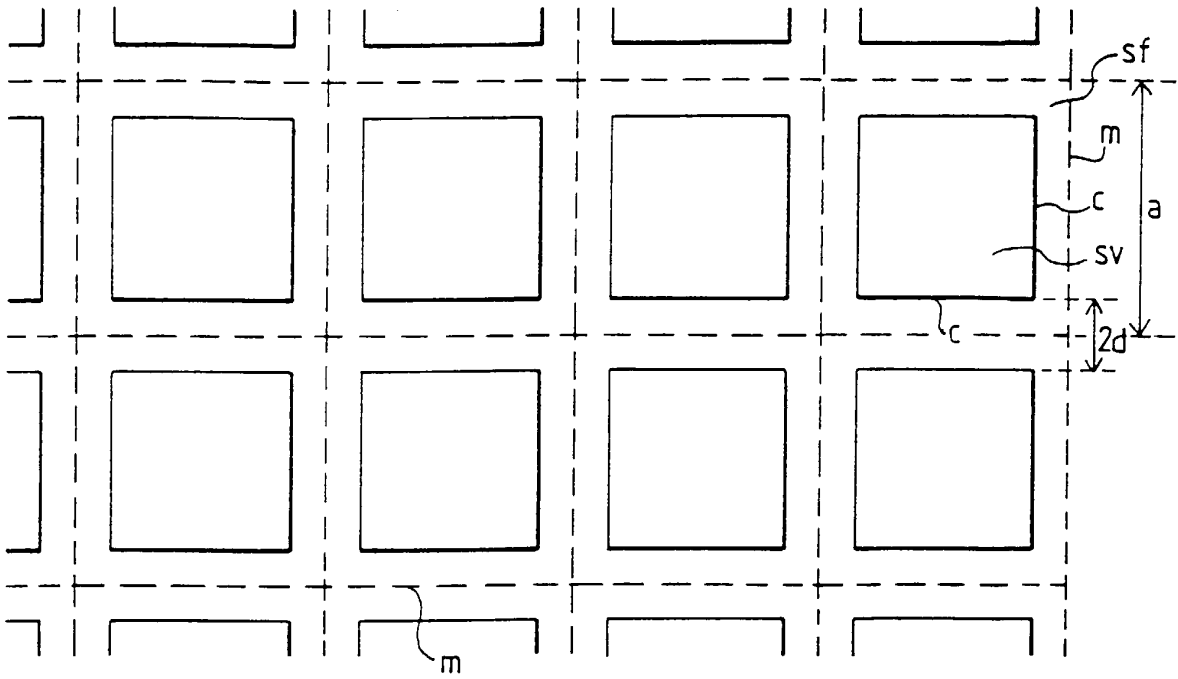


FIG. 1

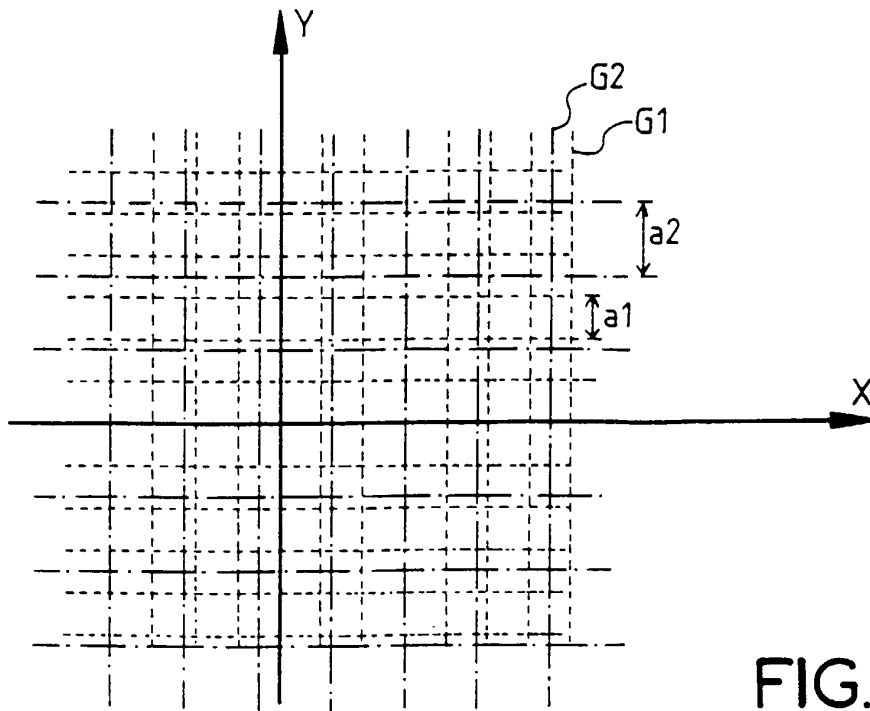


FIG. 2

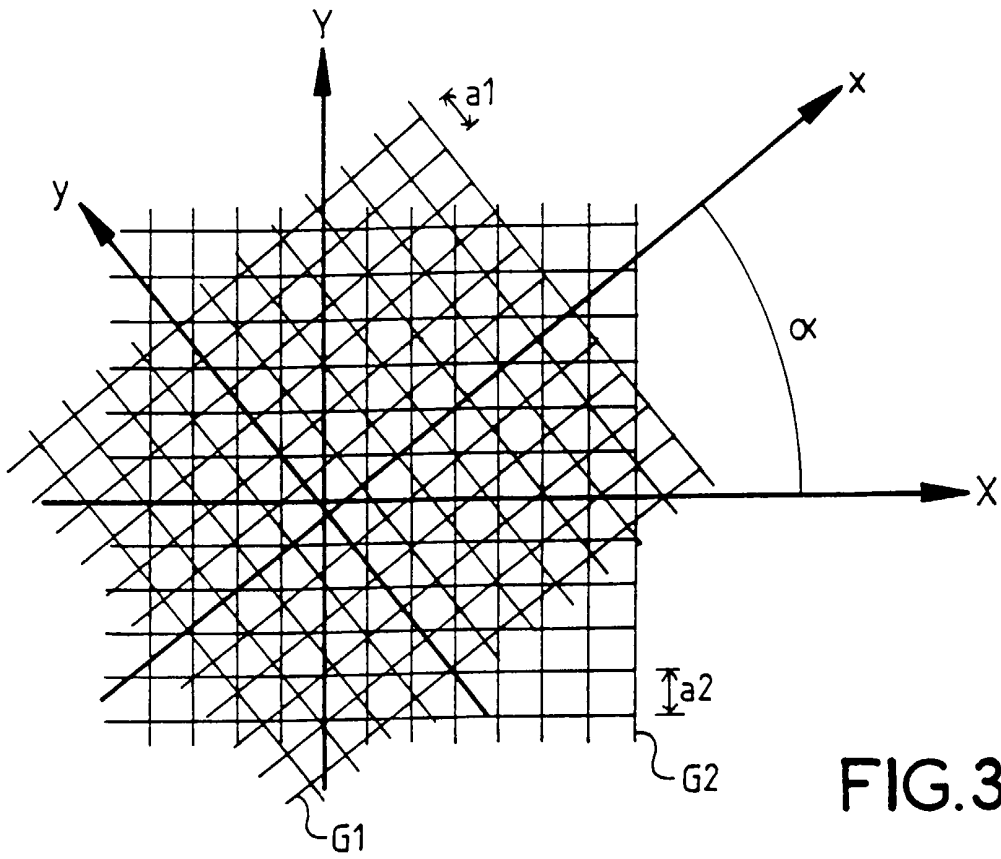


FIG. 3

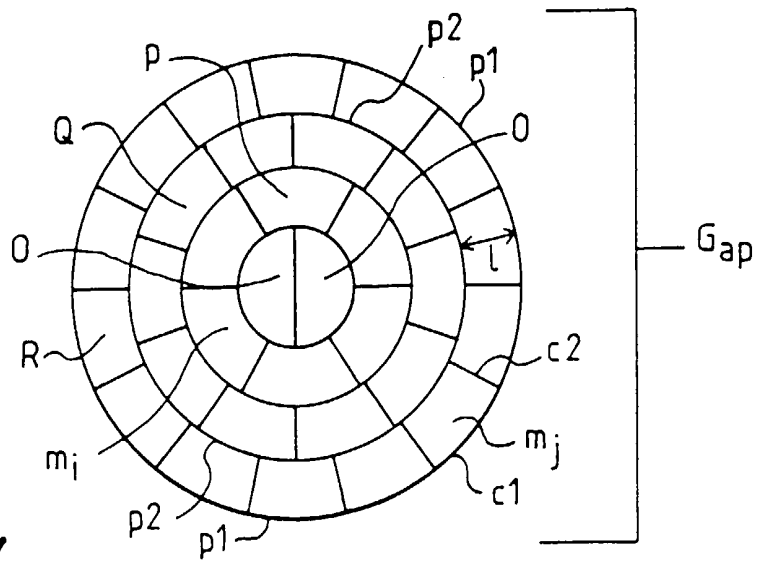


FIG. 4



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	FR 2 767 018 A (THOMSON CSF) 5 février 1999 (1999-02-05) * le document en entier * ---	1	H01Q15/00
A	US 5 793 505 A (SHURTZ II RICHARD R ET AL) 11 août 1998 (1998-08-11) * le document en entier * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 210 (P-1526), 23 avril 1993 (1993-04-23) & JP 04 349422 A (KURARAY CO LTD; OTHERS: 01), 3 décembre 1992 (1992-12-03) * abrégé * ---	1	
A	EP 0 468 623 A (BRITISH AEROSPACE) 29 janvier 1992 (1992-01-29) * le document en entier * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			H01Q H05K
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur	
LA HAYE	30 juin 2000	Toussaint, F	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03 92 (P04C02)

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

EP 00 40 1264

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

30-06-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2767018 A	05-02-1999	GB 2329527 A	24-03-1999
US 5793505 A	11-08-1998	AUCUN	
JP 04349422 A	03-12-1992	AUCUN	
EP 0468623 A	29-01-1992	GB 2246474 A	29-01-1992
		DE 69116759 D	14-03-1996
		DE 69116759 T	05-06-1996
		US 5287118 A	15-02-1994

EPO FORM P0460

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