



(11) **EP 1 972 882 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
24.10.2018 Bulletin 2018/43

(51) Int Cl.:
H01Q 15/14 ^(2006.01) **H01Q 1/28** ^(2006.01)
F42B 10/46 ^(2006.01) **F41H 5/26** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08102854.0**

(22) Date de dépôt: **21.03.2008**

(54) **Fenêtre électromagnétique.**

Elektromagnetisches Fenster

Electromagnetic window.

(84) Etats contractants désignés:
DE ES GB IT SE

(30) Priorité: **21.03.2007 FR 0702058**

(43) Date de publication de la demande:
24.09.2008 Bulletin 2008/39

(73) Titulaire: **DASSAULT AVIATION**
F-75008 Paris (FR)

(72) Inventeur: **LEFLOUR, Gérard**
75016, PARIS (FR)

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
WO-A-94/00892 DE-A1- 3 920 110
FR-A- 2 711 846 US-B1- 6 300 894

EP 1 972 882 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative à une fenêtre électromagnétique à transparence électromagnétique variable et commandée et, plus particulièrement, à une telle fenêtre commutable entre des premier et deuxième états dits passant et bloqué respectivement.

[0002] Une telle fenêtre peut servir, par exemple, à protéger temporairement un appareil sensible à un champ électromagnétique externe perturbateur. Dans le domaine militaire, le blocage de la fenêtre permet d'effacer la signature radar d'une antenne, par exemple, placée en arrière de la fenêtre.

[0003] On connaît de telles fenêtres comprenant des parois en matériau métallique, ces parois étant mobiles entre une position d'obturation dans laquelle elles arrêtent le rayonnement électromagnétique et une position d'ouverture dans laquelle elles laissent passer ce rayonnement. Ces fenêtres présentent plusieurs inconvénients. En premier lieu, le passage d'une position à l'autre faisant appel à des moyens mécaniques de déplacement des parois métalliques, il en résulte un temps de commutation relativement long entre les deux états de la fenêtre. En outre le contact électrique entre les différentes parois métalliques de la fenêtre peut s'avérer défectueux et générateur de fuites du champ électromagnétique à travers la fenêtre.

[0004] On connaît du document WO 94/00892 A un dispositif du type guide de fréquence, qui comporte au moins une surface de sélection de fréquence et qui est utilisable comme antenne ou radome dans les systèmes de communications. La surface de sélection de fréquence peut comporter une première et une seconde rangée d'éléments électriquement conducteurs sur un substrat diélectrique ou bien d'éléments diélectriques sur un substrat électriquement conducteur. En faisant bouger la première rangée d'élément par rapport à la seconde rangée d'éléments, on arrive à ajuster la réponse en fréquence.

[0005] On connaît du document FR 2 711 846 un dispositif d'occultation pour antenne de radar. Le dispositif présente plusieurs éléments creux en forme de cônes montés concentriques, qui peuvent être mus les uns par rapport aux autres au moyen de vérins de réglage. Les cavités entre les cônes concentriques communiquent chacune avec un réservoir de fluide diélectrique. Le réglage de la position de cônes est réalisé par des moyens mécaniques. Suivant la position et l'épaisseur de chacun des cônes, le dispositif filtre certaines fréquences. Un tel dispositif est spécifiquement adapté pour être réalisé dans la carcasse extérieure d'un engin volant et est onéreux à réaliser.

[0006] D'autres types d'écrans à transparence électromagnétique contrôlée ont été conçus, notamment dans le domaine des antennes radar. Ces écrans font usage de réseaux d'interrupteurs électroniques tels que des transistors ou des diodes PIN, par exemple. On pourra à cet égard consulter le brevet EP 595 726 ou l'article

intitulé "The phase-switched screen" auteurs B. Chambers et A. Tennant, publié dans la revue IEEE Antennas and Propagation Magazine, volume 46, n° 6 de Décembre 2004. D'autres écrans font usage de composants micro-électromécaniques (ou MEMS). De tels écrans sont, de par leur structure complexe, parfois fragiles et de réalisation coûteuse. En outre leur bande passante est souvent limitée.

[0007] On a encore proposé, dans une application aux antennes radar dans la bande X, l'utilisation d'un plasma pour réfléchir des micro-ondes (voir la thèse de doctorat intitulée "Etude expérimentale et modélisation d'un réflecteur à plasma dans l'hélium pour des application radar" auteur : Lise Caillault, soutenue à Versailles le 25 janvier 2002, n° rapport ONERA : TH 2002-002). Là encore il s'agit d'un dispositif coûteux et de bande passante limitée (8-12 GHz).

[0008] La présente invention a précisément pour but de fournir une fenêtre électromagnétique commutable entre des états passant et bloqué qui ne présente pas ces inconvénients. Plus précisément, l'invention a pour but de fournir une telle fenêtre qui soit de réalisation peu coûteuse et présentant une très large bande passante, allant par exemple de 0 à 40 GHz.

[0009] On atteint ce but de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, avec une fenêtre du type décrit en préambule de la présente description, remarquable en ce qu'elle comprend au moins des premier et deuxième supports en matériau diélectrique, des premier et deuxième réseaux de motifs conducteurs de l'électricité portés par lesdits premier et deuxième supports respectivement, les motifs de chaque réseau étant isolés électriquement les uns des autres, et des moyens agissant sur lesdits supports pour les disposer sélectivement dans l'une ou l'autre de première et deuxième positions relatives, correspondant auxdits états passant et bloqué respectivement, positions dans lesquelles lesdits réseaux de motifs conducteurs sont électriquement découplés ou couplés respectivement, lesdits réseaux autorisant la circulation de courants électriques sur toute leur surface lorsqu'ils sont électriquement couplés dans leur deuxième position relative.

[0010] C'est ainsi que la fenêtre est opaque ou transparente aux rayonnements électromagnétiques selon que ces réseaux sont couplés ou découplés.

[0011] Grâce à sa structure simple, cette fenêtre est de réalisation peu coûteuse.

[0012] Par ailleurs, les supports réalisés en matériau diélectrique, sur lesquels agissent les moyens permettant de les disposer dans une position ou une autre, permettent de s'affranchir des problèmes de fuites électromagnétiques des dispositifs connus évoqués précédemment. De plus, suivant les moyens choisis pour disposer les supports dans une position ou une autre, on peut atteindre des temps de commutation entre les deux états de fenêtre très courts.

[0013] En outre, comme on le verra plus loin, sa bande

passante est très large.

[0014] Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- dans la deuxième position relative, les réseaux sont couplés par contact électrique,
- en variante, dans la deuxième position relative, les réseaux sont couplés par effet capacitif,
- dans la première position relative, les réseaux sont séparés par une distance suffisante pour empêcher tout couplage capacitif sensible,
- les dimensions des motifs conducteurs sont inférieures à la moitié de la longueur d'onde de la fréquence maximum de fonctionnement assignée à la fenêtre,
- dans leur deuxième position relative, les motifs conducteurs des réseaux délimitent ensemble des motifs intercalaires où ils ne sont pas superposés, que le périmètre de ces motifs intercalaires étant inférieur à la plus petite longueur d'onde de fonctionnement assignée à la fenêtre,
- les supports de motifs conducteurs sont plans et disposés parallèlement l'un à l'autre,
- en variante, les supports de motifs conducteurs sont coniques et disposés coaxialement l'un à l'autre,
- les moyens agissant sur la position relative des supports de motifs conducteurs sont des moyens mécaniques,
- en variante ces moyens sont des moyens pneumatiques,
- les supports sont rigides,
- en variante, ces supports sont souples.

[0015] L'invention est aussi relative à l'utilisation d'une telle fenêtre pour la suppression temporaire de la signature radar d'un appareil placé en arrière de cette fenêtre.

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 illustre schématiquement les fonctions de la fenêtre électromagnétique suivant l'invention,
- les figures 2A et 2B d'une part, 2C et 2D d'autre part, représentent schématiquement les premier et deuxième réseaux de motifs conducteurs et les premier et deuxième supports qui les portent respectivement, en plan et en coupe respectivement,
- la figure 3A illustre le dimensionnement des motifs conducteurs,
- la figure 3B est une vue schématique, en plan, des deux réseaux superposés, faisant apparaître la géométrie des motifs intercalaires dans lesquels les deux réseaux ne se superposent pas alors qu'ils sont dans leur deuxième position relative,
- les figures 3C et 3D représentent schématiquement, en coupe, les deux réseaux dans leurs première et deuxième positions relatives respectivement,
- la figure 4 représente schématiquement un mode de réalisation de la fenêtre suivant l'invention, dans le-

quel les moyens agissant sur les supports des réseaux pour les disposer sélectivement dans l'une ou l'autre de leur deux positions relatives sont des moyens mécaniques,

- 5 - la figure 5 représente un autre mode de réalisation de l'invention dans lequel les moyens d'actionnement sont des moyens pneumatiques,
- les figures 6 et 7 représentent schématiquement encore un autre mode de réalisation de la fenêtre suivant l'invention, à moyens d'actionnement pneumatiques et supports souples, dans leurs première et deuxième positions relatives respectivement,
- 10 - les figures 8 et 9 représentent schématiquement encore un autre mode de réalisation de l'invention, à supports coniques coaxiaux, dans leurs première et deuxième positions relatives respectivement, et
- 15 - les figures 10 et 11 sont des graphes illustrant les performances de la fenêtre suivant l'invention, dans ses états passant et bloqué respectivement.

[0017] Dans toutes ces figures, des références numériques identiques à des références utilisées dans les figures précédentes repèrent des éléments ou organes identiques ou analogues.

- 25 **[0018]** On se réfère à la figure 1 du dessin annexé qui illustre le fonctionnement de la fenêtre électromagnétique suivant la présente invention. Celle-ci est commutable entre deux états dits "passant" et "bloqué" respectivement, grâce à des moyens qui seront décrits plus loin. Dans l'état passant, l'onde E_t transmise par la fenêtre F est d'amplitude sensiblement égale à celle de l'onde incidente E_i . Dans l'état bloqué l'amplitude de E_t est quasi nulle alors que l'amplitude de l'onde réfléchie E_r est sensiblement égale à celle de E_i .

- 35 **[0019]** Les figures 2A à 2D représentent schématiquement la structure des éléments essentiels de la fenêtre suivant l'invention. Celle-ci comprend ainsi des premier et deuxième supports plans 1 et 3 respectivement, en matériau diélectrique, portant des réseaux de motifs tels que 2 et 4 respectivement, en matériau conducteurs de l'électricité. Dans le mode de réalisation représenté, ces motifs 2 et 4 sont en forme de rectangles allongés conformes, agencés en lignes parallèles et équidistantes, chaque motif étant physiquement séparé, et donc électriquement isolé, des motifs adjacents de manière à constituer un îlot de conduction électrique distinct.

- [0020]** De tels réseaux de motifs conducteurs peuvent être réalisés à bon compte par des techniques de photogravure classiques, bien connues dans la fabrication de circuits imprimés.

- 50 **[0021]** Sur les figures 2A et 2C, les supports 1 et 3 sont disposés de manière que les réseaux de motifs conducteurs qu'ils portent soient orientés orthogonalement l'un à l'autre. On conçoit qu'en superposant l'une contre l'autre les faces de ces supports qui portent des réseaux ainsi orientés (voir figs. 3B et 3D), on établit un couplage électrique entre les motifs des deux réseaux. Si les motifs des deux réseaux sont au contact physique les uns des

autres, ce couplage établit une conduction électrique entre ces motifs. Si les motifs des deux réseaux restent en regard, à faible distance dans un milieu diélectrique 5, il s'établit un effet capacitif par influence électrostatique entre les deux réseaux. Dans les deux cas des courants peuvent circuler dans toutes les directions et sur toute la surface des ces réseaux, grâce à l'imbrication étroite et continue des motifs qui les constituent, comme cela apparaît clairement sur les figures 3B et 3D. C'est cette conduction qui interdit la transmission d'ondes électromagnétiques à travers la fenêtre suivant l'invention.

[0022] Pour rétablir cette transmission, il suffit d'écartier les deux supports d'une distance faible, comme représenté à la figure 3C, de manière à supprimer tout couplage électrique, par conduction ou effet capacitif, entre les deux réseaux. Les courants électriques portés par chaque réseau deviennent ainsi quasi indifférents à la présence de l'autre réseau. Le milieu diélectrique qui les sépare alors peut être le milieu ambiant ou un gaz spécifique. Dans ce cas l'atténuation en transmission dans la traversée de la fenêtre n'est que le produit des atténuations dues aux deux supports et aux réseaux qu'ils portent. Elle peut être faible.

[0023] Il est clair que le blocage de la transmission des ondes électromagnétiques est d'autant plus complet que les deux réseaux assurent, en combinaison, la couverture la plus complète de la surface des supports en regard. Sur la figure 3B on a fait apparaître la forme d'un motif intercalaire 6 qui se répète sur toute cette surface et qui correspond à un défaut de couverture de cette surface par les réseaux superposés. Il convient évidemment que ce défaut soit de surface aussi petite que possible et compatible avec les performances attendue de la fenêtre en matière de bande passante. On choisira avantageusement à cet effet une géométrie des réseaux donnant au périmètre du motif intercalaire 6 une valeur inférieure à la plus petite longueur d'onde comprise dans cette bande passante.

[0024] Cette bande passante détermine également le dimensionnement des motifs conducteurs. C'est ainsi que les dimensions de ceux-ci devront être inférieures à la moitié de la longueur d'onde correspondant à la fréquence maximale limitant cette bande passante.

[0025] A titre d'exemple, pour réaliser une fenêtre à transparence contrôlée vis-à-vis d'ondes électromagnétiques de fréquence inférieure à 20 GHz, on pourra retenir le dimensionnement suivant des motifs (voir figure 3A):

- longueur L1 des motifs conducteurs : 1,75 mm,
- largeur L2 de ces motifs : 0,25 mm,
- distance L3 entre motifs : 0,25 mm.

[0026] Les supports 1 et 3 peuvent être constitués, par exemple, en un matériau polyimide de 50 μm d'épaisseur. La distance ou écartement 8 entre les supports varie du contact pour l'état bloqué à une distance supérieure à 1 mm pour l'état passant.

[0027] On a représenté à la figure 4 un premier mode

de réalisation de la fenêtre suivant l'invention, faisant apparaître les moyens qui agissent sur la fenêtre pour la faire passer de son état passant à son état bloqué ou inversement. Les supports 1 et 3 et les réseaux de motifs 2 et 4 sont conformés comme décrit précédemment et sont fixés sur des mâchoires 9 et 9' respectivement, en matériau diélectrique, disposées parallèlement l'une à l'autre. Des vérins 10, 10' permettent de faire passer leur écartement 8, dans le milieu 5, d'une valeur sensiblement nulle correspondant à l'état bloqué à une valeur prédéterminée, avantageusement supérieure à 1 mm, qui supprime tout couplage entre ces réseaux pour établir l'état passant.

[0028] On a représenté à la figure 5 un autre mode de réalisation de l'invention dans lequel les supports de réseaux 1 et 3 définissent, avec une membrane souple 11 périphérique, une enceinte isolée du milieu environnant. Des moyens pneumatiques tels qu'une pompe 12 sont connectés à cette enceinte pour faire varier sélectivement la pression P_i qui y règne par rapport à la pression externe P_e . En établissant dans l'enceinte une pression P_i très inférieure à P_e , l'enceinte se contracte et les deux réseaux de motifs conducteurs viennent se plaquer l'un contre l'autre. La fenêtre est alors dans son état bloqué. En faisant remonter la pression P_i au-dessus de P_e , on provoque le gonflement de l'enceinte et la séparation des deux réseaux, ce qui rétablit l'état passant de la fenêtre.

[0029] Dans le mode de réalisation de la figure 5, les supports de réseaux sont rigides. On a représenté aux figures 6 et 7 un autre mode réalisation de l'invention dans lequel ces supports doivent, au contraire, être souples. A titre d'exemple non limitatif, on peut alors utiliser pour former ces supports 1 et 3 un film de polyimide de quelques dizaines de microns d'épaisseur. Ici encore on forme une enceinte en entourant les supports 1 et 3 d'une bride 13 coopérant avec une cale 14 ouverte en 14a en appui sur des métallisations périphériques 15, 15' des faces en regard des supports sur lesquelles sont formés les réseaux de motif conducteurs. Une pompe 12 permet d'agir sur la pression du milieu diélectrique 5 contenu dans l'enceinte par rapport à la pression régnant à l'extérieur de cette enceinte. C'est ainsi que les supports peuvent passer de la position schématisée à la figure 6 où ils sont séparés (état passant) à la position de la figure 7 où, grâce à leur souplesse, ils sont accolés par une aspiration convenable développée par la pompe 12 (état bloqué).

[0030] Le mode de réalisation de l'invention dont la structure et le fonctionnement sont illustrés par les figures 8 et 9 est adapté à la protection d'un capteur électromagnétique 16 protégé par un radome 17 de forme conique. C'est typiquement le cas d'une installation de radar en pointe d'aéronef ou de missile guidé. Lorsqu'une telle installation est inactive, il est souvent souhaitable d'en supprimer la signature radar. C'est précisément le rôle du mode de réalisation de la fenêtre suivant l'invention représenté par les figures 8 et 9.

[0031] Les supports 1 et 3, tous deux de forme conique,

sont ainsi fixés sur la face interne du radome 17 et sur la face externe d'une pièce conique rigide centrale 18 respectivement. La pièce conique 18 est mobile coaxialement au radome 17, par coulissement sur un axe 19. Ici encore une enceinte étanche est définie par le radome

17, la pièce 18 et une membrane souple périphérique 11. **[0032]** Une pompe 12 connectée à cette enceinte par un conduit 20 en matériau diélectrique commande la pression dans l'enceinte. On notera que cette pompe 12 est placée en arrière du capteur 16 pour ne pas perturber la propagation des ondes électromagnétiques dans la cavité située en avant de ce capteur.

[0033] Comme décrit précédemment en liaison avec les figures 5 à 7, en réglant convenablement la pression dans l'enceinte par rapport à la pression externe, on passe sélectivement de la position représentée à la figure 8, dans laquelle les réseaux de motifs conducteurs portés par les supports 1 et 3 sont distants l'un de l'autre (état passant) à la position de la figure 9, dans laquelle ces réseaux sont au contact l'un de l'autre (état bloqué) ou inversement. On comprend qu'un passage de la pression dans l'enceinte en dessous de la pression externe provoque un glissement vers la droite (du point de vue de la figure 9) de la pièce conique 18 et du réseau qu'elle porte, qui vient alors s'accoler au réseau en regard porté par la surface interne du radome 17. Une remontée de la pression dans l'enceinte au-dessus de la pression externe rappelle la pièce conique dans la position représentée à la figure 8.

[0034] Les performances de la fenêtre électromagnétique suivant l'invention, dans ses états passant et bloqué, sont illustrées par les graphes des figures 10 et 11 respectivement.

[0035] A la figure 10 on a représenté les variations, en fonction de la fréquence de l'onde incidente, des coefficients de réflexion R et de transmission T de cette onde sur une fenêtre à l'état passant telle que celle représentée aux figures 3A à 3D.

[0036] Les graphes donnent le rapport entre l'intensité des champs réfléchis ou transmis et le champ incident, en dB :

$$R(\text{dB}) = 20 \log (|E_{\text{r}}| / |E_{\text{i}}|)$$

$$T(\text{dB}) = 20 \log (|E_{\text{t}}| / |E_{\text{i}}|)$$

E_{r} , E_{t} et E_{i} étant définis comme décrit ci-dessus en liaison avec la figure 1.

[0037] Sur le graphe de la figure 10, il apparaît que l'atténuation en transmission est de l'ordre de -0,5 dB à 10 GHz et de l'ordre de -2,5 dB à 30 GHz. La structure de fenêtre suivant l'invention minimise donc très efficacement le défaut de transparence à l'état passant.

[0038] A la figure 11, on a représenté l'évolution des mêmes coefficients pour la fenêtre à l'état bloqué. Il ap-

paraît que la fenêtre suivant l'invention reste sensiblement opaque jusqu'à 40 GHz, avec une transmission inférieure à -14 dB jusqu'à cette fréquence. C'est là un résultat bien meilleur que ceux que l'on peut attendre des écrans électromagnétiques de la technique antérieure, évoqués en préambule de la présente description.

[0039] Il apparaît maintenant que la présente invention permet bien d'atteindre les buts annoncés, à savoir fournir une fenêtre électromagnétique pouvant être réalisée à coût contenu, tout en présentant des performances élevées, notamment en matière de bande passante.

[0040] Bien entendu l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. C'est ainsi que des réseaux de motifs de forme différente de celle (rectangulaire) représentée à la figure 3A pourraient être substitués à ceux décrits, pour autant que soient respectées les contraintes posées, notamment celles concernant la nécessaire continuité électrique à établir pour bloquer la fenêtre et les dimensionnements permettant d'obtenir la bande passante recherchée.

Revendications

1. Fenêtre électromagnétique (F) commutable entre des premier et deuxième états dits passant et bloqué respectivement, vis-à-vis de la transmission d'ondes électromagnétiques à travers ladite fenêtre, comprenant au moins des premier (1) et deuxième (3) supports en matériau diélectrique, des premier et deuxième réseaux de motifs conducteurs (2,4) de l'électricité portés par lesdits premier (1) et deuxième (3) supports respectivement, les motifs (2,4) de chaque réseau étant isolés électriquement les uns des autres, **caractérisée en ce qu'elle** comporte des moyens agissant sur lesdits supports (1,3) pour les disposer sélectivement dans l'une ou l'autre de première et deuxième positions relatives, correspondant auxdits états passant et bloqué respectivement, positions dans lesquelles lesdits réseaux de motifs conducteurs (2,4) sont électriquement découplés et couplés respectivement, lesdits réseaux autorisant la circulation de courants électriques sur toute leur surface lorsqu'ils sont électriquement couplés dans leur deuxième position relative.
2. Fenêtre électromagnétique conforme à la revendication 1, **caractérisée en ce que**, dans ladite deuxième position relative, lesdits réseaux sont couplés par contact électrique.
3. Fenêtre électromagnétique conforme à la revendication 1, **caractérisée en ce que**, dans ladite deuxième position relative, lesdits réseaux sont couplés par effet capacitif.
4. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quel-

conque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que**, dans ladite première position relative, lesdits réseaux sont séparés par une distance suffisante pour empêcher tout couplage capacitif sensible.

5. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les dimensions desdits motifs conducteurs (2,4) sont inférieures à la moitié de la longueur d'onde de la fréquence maximum de fonctionnement assignée à ladite fenêtre.
6. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, dans leur deuxième position relative, lesdits motifs conducteurs (2,4) desdits réseaux délimitent ensemble des motifs intercalaires (6) où ils ne sont pas superposés, et **en ce que** le périmètre desdits motifs intercalaires est inférieur à la plus petite longueur d'onde de fonctionnement assignée à ladite fenêtre.
7. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** lesdits supports (1,3) de motifs conducteurs sont plans et disposés parallèlement l'un à l'autre.
8. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** lesdits supports (1,3) de motifs conducteurs sont coniques et disposés coaxialement l'un à l'autre.
9. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** lesdits moyens agissant sur la position relative desdits supports de motifs conducteurs sont des moyens mécaniques (10).
10. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** lesdits moyens agissant sur la position relative desdits supports de motifs conducteurs sont des moyens pneumatiques (12).
11. Fenêtre électromagnétique conforme à la revendication 10, **caractérisée en ce que** lesdits supports (1,3) sont rigides.
12. Fenêtre électromagnétique conforme à la revendication 10, **caractérisée en ce que** lesdits supports (1,3) sont souples.
13. Fenêtre électromagnétique conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, conçue pour fonctionner dans la bande de fréquences de 0 à 20 GHz, **caractérisée en ce que** lesdits motifs

conducteurs sont de forme rectangulaire, de longueur (L1) et de largeur (L2) égales à 1, 75 mm et 0,25 mm respectivement, la distance (L3) entre motifs conducteurs contigus étant de 0,25 mm.

14. Utilisation de la fenêtre conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, à la suppression temporaire de la signature radar d'un appareil placé en arrière de ladite fenêtre.

Patentansprüche

1. Elektromagnetisches Fenster (F), welches zwischen einem ersten und einem zweiten Zustand, die Durchlass- bzw. Sperr- genannt werden, umschaltbar ist gegenüber der Übertragung von elektromagnetischen Wellen durch das besagte Fenster, welches aufweist mindestens ein erstes (1) und ein zweites (3) Halteelement aus dielektrischem Material, ein erstes und ein zweites Netz an Leitermustern (2, 4) für Strom, die von dem besagten ersten (1) bzw. zweiten (2) Halteelement getragen werden, wobei die Muster (2, 4) von jedem Netz gegeneinander elektrisch isoliert sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Mittel aufweist, die auf die besagten Halteelemente (1, 3) wirken, um sie selektiv in der einen oder der anderen von einer ersten und einer zweiten Relativ-Position anzuordnen, die zu dem besagten Durchlass- bzw. Sperr-Zustand korrespondieren, in welchen Positionen die besagten Netze an Leitermustern (2, 4) elektrisch entkoppelt bzw. gekoppelt sind, wobei die besagten Netze das Fließen von elektrischen Strömen an ihrer gesamten Oberfläche erlauben, wenn sie in ihrer zweiten Relativ-Position elektrisch gekoppelt sind.
2. Elektromagnetisches Fenster gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der besagten zweiten Relativ-Position die besagten Netze mittels elektrischen Kontakts gekoppelt sind.
3. Elektromagnetisches Fenster gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der besagten zweiten Relativ-Position die besagten Netze mittels eines kapazitiven Effekts gekoppelt sind.
4. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der besagten ersten Relativ-Position die besagten Netze um eine Entfernung voneinander getrennt sind, die ausreichend ist, um jede merkliche kapazitive Kopplung zu vermeiden.
5. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abmessungen der besagten Leitermuster (2, 4) geringer sind als die Hälfte der Wellen-

länge der maximalen Betriebs-Frequenz, die dem besagten Fenster zugeordnet ist.

6. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Leitmuster (2, 4) der besagten Netze in ihrer zweiten Relativ-Position zusammen Trennungsmuster (6) abgrenzen, wo sie nicht überlagert sind, und dadurch, dass der Umfang der besagten Trennungsmuster geringer ist als die kleinste Betriebs-Wellenlänge, die dem besagten Fenster zugeordnet ist. 5
7. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Halteelemente (1, 3) der Leitmuster eben und parallel zueinander angeordnet sind. 10
8. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Halteelemente (1, 3) der Leitmuster konisch und koaxial zueinander angeordnet sind. 15
9. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Mittel, die auf die Relativ-Position der besagten Halteelemente der Leitmuster wirken, mechanische Mittel (10) sind. 20
10. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Mittel, die auf die Relativ-Position der besagten Halteelemente der Leitmuster wirken, pneumatische Mittel (12) sind. 25
11. Elektromagnetisches Fenster gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Halteelemente (1, 3) starr sind. 30
12. Elektromagnetisches Fenster gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Halteelemente (1, 3) flexibel sind. 35
13. Elektromagnetisches Fenster gemäß irgendeinem der vorherigen Ansprüche, welches geeignet ist, um in dem Frequenzband von 0 bis 20 GHz zu funktionieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagten Leitmuster eine rechteckige Form haben mit der Länge (L1) und der Breite (L2), die gleich sind zu 1,75 mm bzw. 0,25 mm, wobei der Abstand (L3) zwischen aneinandergrenzenden Leitmustern 0,25 mm ist. 40
14. Verwendung des Fensters gemäß irgendeinem der vorherigen Ansprüche zur temporären Unterdrückung der Radarsignatur einer Vorrichtung, die hin-

ter dem besagten Fenster angeordnet ist.

Claims

1. Electromagnetic window (F) switchable between first and second states called passing and blocked, respectively, with respect to the transmission of electromagnetic waves through said window, comprising at least first (1) and second (3) supports made of dielectric material, first and second networks of conductive patterns (2, 4) for conducting the electricity carried by said first (1) and second (3) supports, respectively, the patterns (2, 4) of each network being electrically insulated from one another, **characterised in that** it comprises means which act on said supports (1, 3) in order to dispose them in either one or the other of first and second relative positions corresponding to said passing and blocked states, respectively, in which positions said networks of conductive patterns (2, 4) are electrically decoupled and coupled, respectively, said networks allowing electric currents to flow through their entire surface when they are electrically coupled in their second relative position. 45
2. Electromagnetic window according to claim 1, **characterised in that**, in said second relative position, said networks are coupled by electrical contact. 50
3. Electromagnetic window according to claim 1, **characterised in that**, in said second relative position, said networks are coupled by a capacitive effect. 55
4. Electromagnetic window according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that**, in said first relative position, said networks are separated by a distance that is sufficient to prevent any appreciable capacitive coupling. 60
5. Electromagnetic window according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the dimensions of said conductive patterns (2, 4) are less than half the wavelength of the maximum operating frequency assigned to said window. 65
6. Electromagnetic window according to any one of the preceding claims, **characterised in that**, in their second relative position, said conductive patterns (2, 4) of said networks together delimit interconnected patterns (6) in which they are not superposed, and **in that** the perimeter of said interconnected patterns is less than the smallest operating wavelength assigned to said window. 70
7. Electromagnetic window according to any one of the preceding claims, **characterised in that** said supports (1, 3) of conductive patterns are planar and

disposed parallel to one another.

8. Electromagnetic window according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** said supports (1, 3) of conductive patterns are conical and disposed coaxially with one another. 5
9. Electromagnetic window according to any one of the preceding claims, **characterised in that** said means acting on the relative position of said supports of conductive patterns are mechanical means (10). 10
10. Electromagnetic window according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** said means acting on the relative position of said supports of conductive patterns are pneumatic means (12). 15
11. Electromagnetic window according to claim 10, **characterised in that** said supports (1, 3) are rigid. 20
12. Electromagnetic window according to claim 10, **characterised in that** said supports (1, 3) are flexible. 25
13. Electromagnetic window according to any one of the preceding claims, designed to operate in the frequency range from 0 to 20 GHz, **characterised in that** said conductive patterns are of rectangular shape, of length (L1) and width (L2) equal to 1.75 mm and 0.25 mm, respectively, the distance (L3) between contiguous conductive patterns being 0.25 mm. 30
14. Use of the window according to any one of the preceding claims, for temporarily suppressing the radar signature of a device positioned behind said window. 35

40

45

50

55

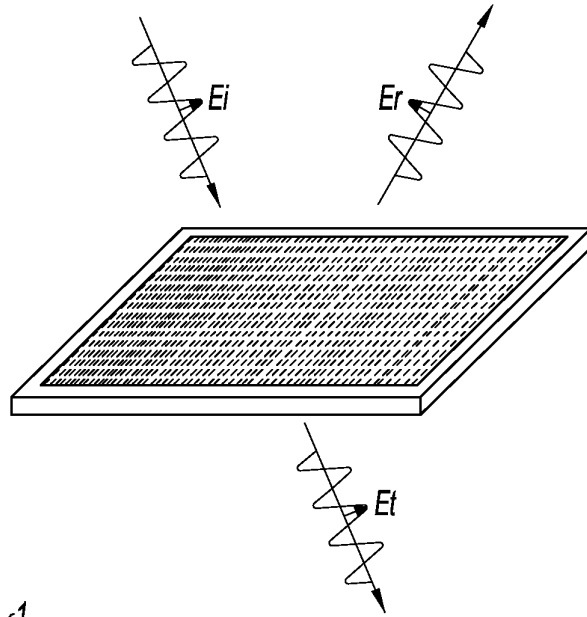


Fig. 1

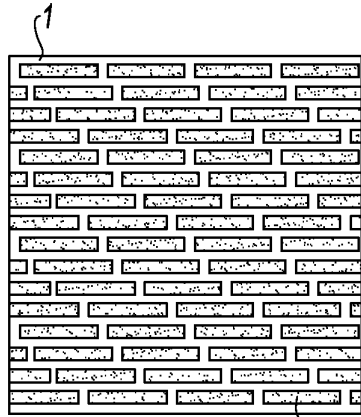


Fig. 2A

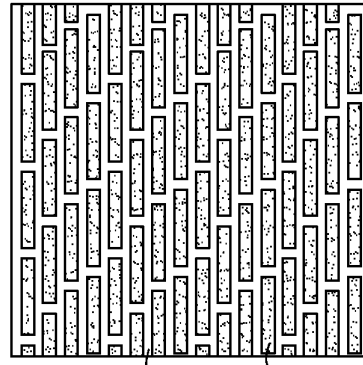


Fig. 2C



Fig. 2B



Fig. 2D

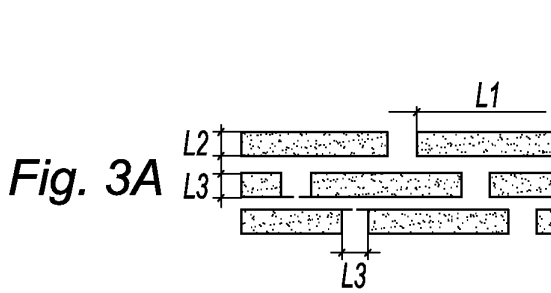


Fig. 3A

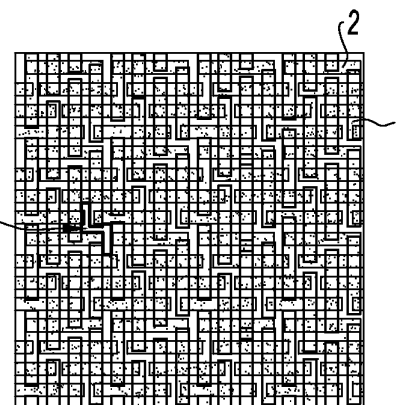


Fig. 3B

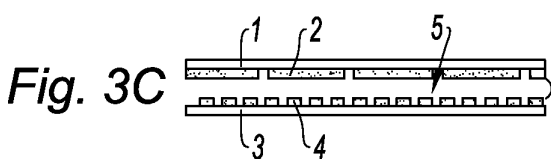


Fig. 3C

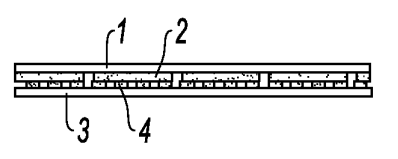


Fig. 3D

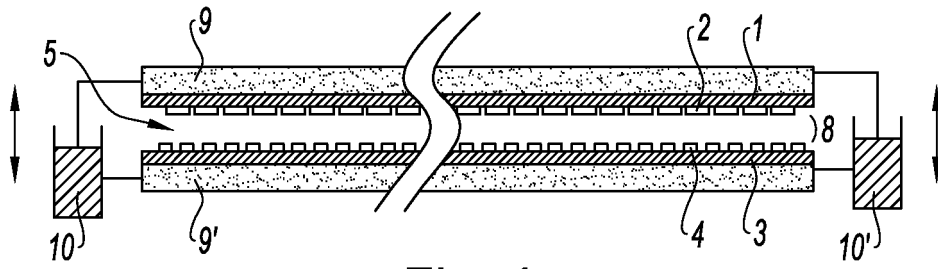


Fig. 4

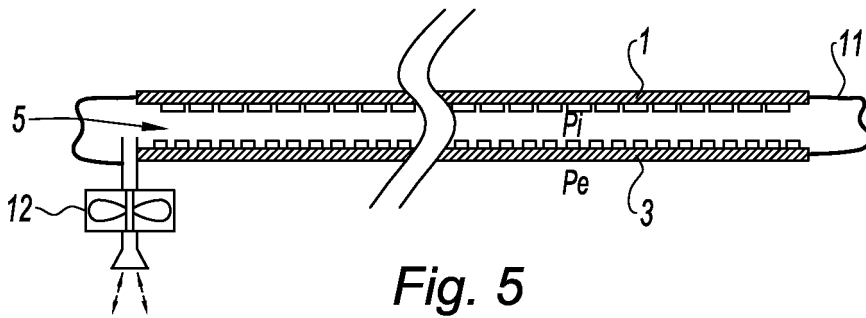


Fig. 5

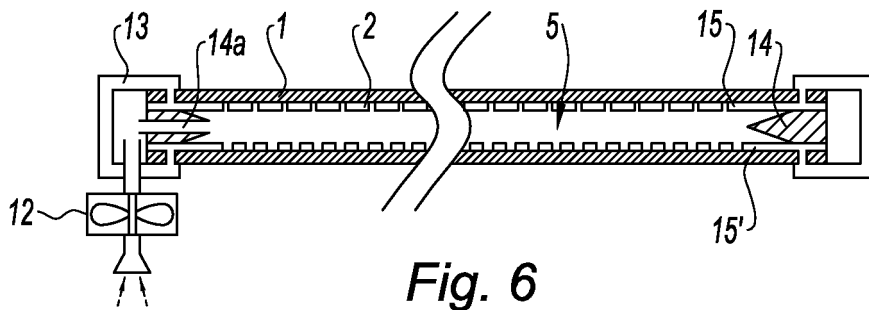


Fig. 6

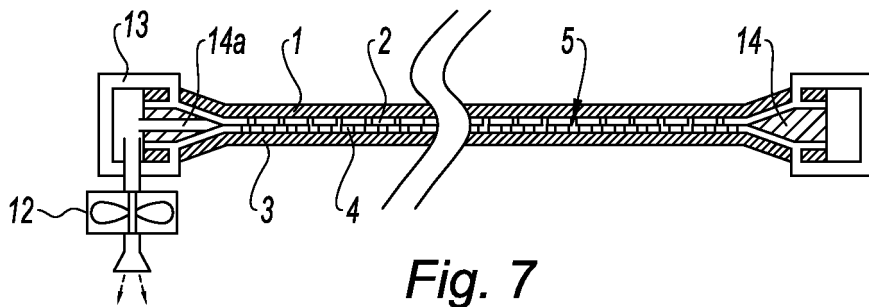


Fig. 7

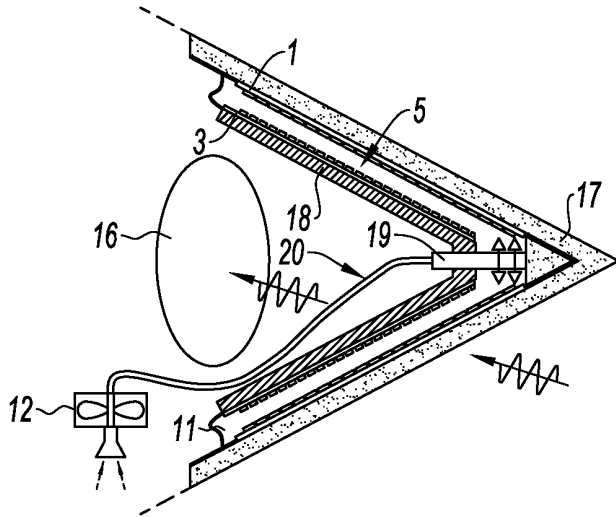


Fig. 8

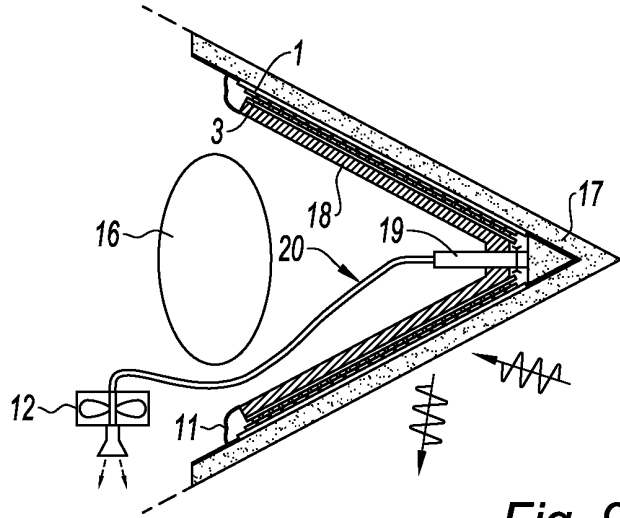
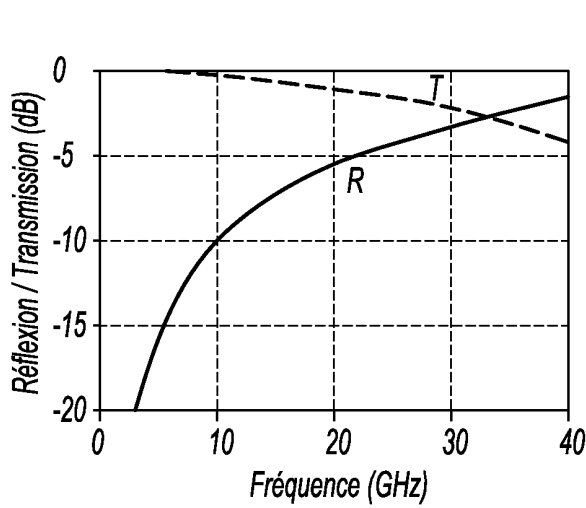
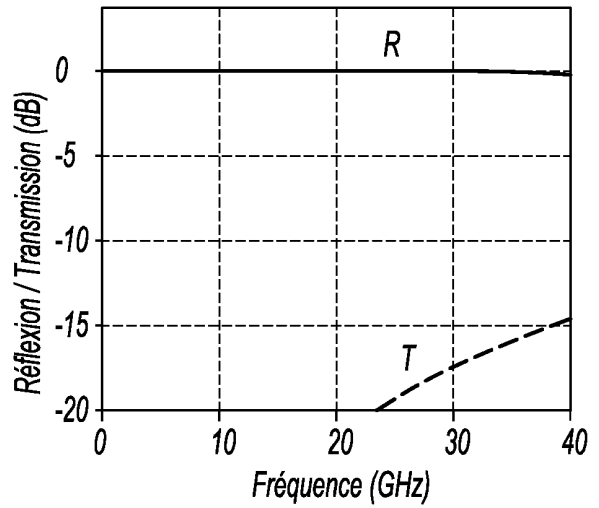


Fig. 9



Etat passant
 — Intensité réfléchie
 - - Intensité transmise

Fig. 10



Etat bloqué
 — Intensité réfléchie
 - - Intensité transmise

Fig. 11

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- WO 9400892 A [0004]
- FR 2711846 [0005]
- EP 595726 A [0006]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **B. CHAMBERS ; A. TENNANT.** The phase-switched screen. IEEE Antennas and Propagation Magazine, Décembre 2004, vol. 46 [0006]
- **LISE CAILLAULT.** Etude expérimentale et modélisation d'un réflecteur à plasma dans l'hélium pour des application radar. *thèse de doctorat*, 25 Janvier 2002 [0007]