

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **90400140.1**

51 Int. Cl.⁵: **H01Q 13/18, H01Q 21/06,**
H01Q 1/40

22 Date de dépôt: **18.01.90**

30 Priorité: **19.01.89 FR 8900627**

43 Date de publication de la demande:
25.07.90 Bulletin 90/30

84 Etats contractants désignés:
BE CH DE ES GB IT LI SE

71 Demandeur: **SOCIETE EUROPEENNE DE**
PROPULSION
24 rue Salomon de Rothschild
F-92150 Suresnes(FR)

72 Inventeur: **Astier, Jean-Pierre**
22, avenue Léon Blum
F-33600 Pessac(FR)
Inventeur: **Bertone, Christian**
Lot 29 - Parc de Dehes
F-33480 Castelnau de Médoc(FR)
Inventeur: **Dujardin, Alain**
4, rue d'Aunis
F-33160 St Médard en Jalles(FR)

74 Mandataire: **Joly, Jean-Jacques et al**
CABINET BEAU DE LOMENIE 55, rue
d'Amsterdam
F-75008 Paris(FR)

54 **Antenne hyperfréquence pouvant fonctionner à température élevée, notamment pour avion spatial.**

57 L'antenne comporte au moins un guide d'ondes (20) qui s'ouvre à l'extérieur à travers une ouverture (12) d'un panneau (10) du revêtement et qui comprend une partie tubulaire (22) formée d'une seule pièce avec le panneau, en saillie par rapport à celui-ci du côté intérieur et se raccordant au reste du panneau autour de l'ouverture, le panneau avec le guide d'ondes intégré étant en un matériau composite réfractaire thermostructural, tel que carbone-carbone ou carbone-céramique, capable d'assurer la propagation des ondes hyperfréquences et constituant un élément d'une structure pouvant être portée à température élevée. Le guide d'ondes (20) est rempli d'un matériau diélectrique réfractaire (26) tel qu'un matériau composite de type alumine-alumine.

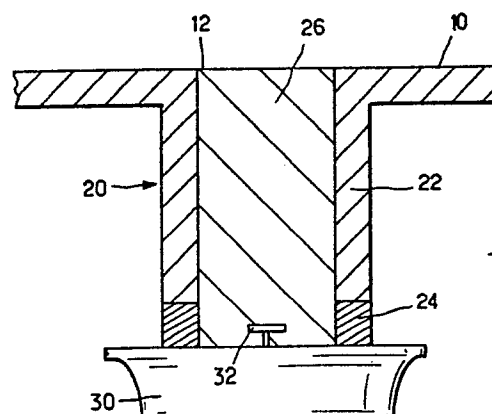


FIG. 2

EP 0 379 434 A1

Antenne hyperfréquence pouvant fonctionner à température élevée, notamment pour avion spatial.

La présente invention concerne une antenne hyperfréquence pouvant fonctionner à température élevée.

Un domaine particulier d'application de l'invention est celui des antennes destinées à équiper des appareils, engins ou véhicules, notamment des avions spatiaux, dans des parties subissant un échauffement important en cours d'utilisation.

Dans le cas d'un avion spatial, des antennes sont disposées dans des zones exposées à des échauffements dus au frottement sur les couches de l'atmosphère, en particulier autour du nez de l'appareil. Dans ces zones, les structures extérieures sont formées par exemple par des panneaux juxtaposés en matériau réfractaire, et il est connu de protéger les antennes contre l'échauffement en les masquant derrière une protection thermique. Le matériau de protection thermique doit alors présenter une faible permittivité et des pertes par atténuation très basses et conserver ces propriétés diélectriques jusqu'à de très hautes températures. Différents matériaux ont été proposés à cet effet, par exemple dans les documents FR 2 483 689, FR 2 553 403 et US 4 358 772.

L'invention a pour but de fournir une antenne hyperfréquence capable de fonctionner à très haute température sans qu'il soit nécessaire de la masquer totalement par une protection thermique.

Ce but est atteint du fait que, conformément à l'invention, l'antenne comporte au moins un guide d'ondes qui s'ouvre à l'extérieur à travers une ouverture d'un panneau et qui comprend une partie tubulaire formée d'une seule pièce avec le panneau, en saillie par rapport à celui-ci du côté intérieur et se raccordant au reste du panneau autour de l'ouverture, le panneau avec le guide d'ondes intégré étant en un matériau composite réfractaire capable d'assurer la propagation des ondes hyperfréquences et constituant un élément d'une structure pouvant être portée à température élevée.

La réalisation en une seule pièce d'un guide d'ondes avec un panneau permet une véritable intégration de l'antenne dans un ensemble structural ayant en outre une fonction de protection thermique avec continuité radioélectrique entre le guide d'ondes et la structure. Les problèmes de liaison qui pouvaient se poser, notamment en raison de dilatation différentielle, en cas de réalisation séparée des éléments de l'antenne et de structure de la protection thermique sont ainsi évités.

L'antenne peut comporter un réseau de plusieurs guides d'ondes formés dans un même panneau ou dans des panneaux voisins.

Le matériau constitutif de l'ensemble panneau-

guide d'ondes assure à la fois une fonction de protection thermique et une fonction mécanique. Il est nécessaire en outre que ce matériau conserve sa capacité de propagation des ondes hyperfréquences à des températures très élevées, au moins égales à 1 000 °C et, de préférence, au moins égales à 1 500 °C.

Ce matériau est choisi parmi les matériaux composites à renfort en fibres réfractaires (fibres en carbone ou en céramique) et à matrice réfractaire (matrice carbone, matrice céramique ou matrice mixte carbone/céramique). Un matériau composite de type C/C-SiC (renfort en fibres de carbone et matrice mixte carbone-carbure de silicium) s'est avéré répondre aux conditions exigées. Le matériau composite pourra être muni, de façon connue en soi, d'une protection anti-oxydation.

Le guide d'ondes débouchant à l'extérieur, il est avantageusement rempli par un matériau réfractaire assurant une continuité de surface du panneau. Le matériau de remplissage doit présenter une bonne tenue aux chocs thermiques et une bonne résistance à l'érosion. Il doit être en outre insensible à l'humidité et présenter un coefficient de dilatation sensiblement égal à celui du matériau composite constitutif de l'ensemble panneau-guide d'ondes. Bien entendu, le matériau de garnissage doit présenter des propriétés diélectriques : faible permittivité et faibles pertes, et conserver ces propriétés aux températures élevées. Le matériau de garnissage est avantageusement un matériau composite réfractaire de type céramique-céramique ou oxyde-oxyde, par exemple un composite alumine-alumide.

A son extrémité opposée à celle raccordée au reste du panneau, le guide d'ondes peut être prolongé par une bague en un matériau réfractaire formant barrière thermique, par exemple une bague en pyrographite, reliée au corps d'antenne.

D'autres particularités de l'antenne conforme à l'invention ressortiront à la lecture de la description faite ci-après, à titre indicatif, mais non limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'une partie d'une structure externe de protection thermique formée de panneaux juxtaposés et dans lequel est intégrée une antenne, et

- la figure 2 est une vue en coupe d'un panneau du revêtement de la figure 1 montrant, à échelle agrandie, un guide d'ondes constitutif de l'antenne.

La figure 1 illustre schématiquement une partie d'une structure formée par la juxtaposition de panneaux ou tuiles en matériau réfractaire et destinée, par exemple, à un engin hypersonique ou un

véhicule spatial. Les panneaux 10 ont une fonction structurale, en tant que constituant de la cellule de l'engin ou de l'avion spatial, et une fonction de protection thermique de celui-ci contre l'échauffement du au frottement sur les couches gazeuses de l'atmosphère terrestre.

Les communications avec l'engin ou véhicule spatial sont assurées au moyen d'antennes comportant chacune un guide d'ondes 20 ou un réseau de guides d'ondes 20 qui sont, conformément à l'invention, intégrés à la structure formant protection thermique. A cet effet, chaque guide d'ondes est formé en une seule pièce avec un panneau de revêtement 10. Un même panneau peut comprendre un ou plusieurs guides d'ondes associés à une même antenne, éventuellement en combinaison avec un ou plusieurs guides d'ondes intégrés dans un panneau voisin. La figure 1 montre des panneaux 10 de forme sensiblement carrée comprenant chacun trois guides d'ondes 20 alignés suivant une diagonale du panneau. Les panneaux munis de guides d'ondes et ceux non munis de guides d'ondes ont les mêmes dimensions extérieures, de sorte que l'intégration d'une ou plusieurs antennes dans la structure ne soulève aucune difficulté particulière pour l'assemblage des panneaux.

Comme le montre la figure 2, chaque guide d'ondes 20 comprend une partie tubulaire 22 formée d'une seule pièce avec le panneau 10 auquel le guide d'ondes est intégré. Dans l'exemple illustré, la partie tubulaire 22 est à section circulaire. Toute autre forme pourrait être donnée à cette section, par exemple carrée, rectangulaire ou ellipsoïdale.

La partie tubulaire 22 fait saillie du côté intérieur du panneau 10 et se raccorde au reste de celui-ci autour d'une ouverture 12 du panneau 10 à travers laquelle le guide d'ondes s'ouvre à l'extérieur. A son extrémité, le guide d'ondes 20 est prolongé par une bague 24 en matériau isolant formant barrière thermique qui relie le guide d'ondes au corps d'antenne 30 d'où fait saillie une sonde 32 d'excitation du champ électromagnétique au fond du guide d'ondes. Du fait qu'il s'ouvre à l'extérieur, le guide d'ondes 20 est, pour des raisons aérodynamiques, rempli par un matériau diélectrique réfractaire 26 qui assure la continuité de surface du panneau.

Le matériau constitutif du panneau 10 et de la partie 22 du guide d'ondes est un matériau composite réfractaire thermostructural obtenu en réalisant un renfort fibreux, constituant une préforme de la pièce à réaliser, puis en densifiant la préforme par infiltration ou imprégnation par le matériau de la matrice au sein de la porosité du renfort. Le renfort fibreux est en fibres réfractaires, par exemple en fibres de carbone ou en fibres de céramique, telles

que des fibres en carbure de silicium. Les fibres sont par exemple sous forme de couches de tissu empilées liées les unes aux autres par aiguilletage. La réalisation de renforts fibreux plans ou cylindriques par empilement de couches bidimensionnelles et aiguilletage est décrite dans les demandes de brevets français n° 2 584 106, 2 584 107 et 88 13 132. La densification est réalisée par exemple par infiltration en phase vapeur. Les techniques d'infiltration en phase vapeur du carbone ou de céramique, telle que le carbure de silicium, sont bien connues. On pourra se référer aux demandes de brevets français n° 2 189 807 et 2 401 888. Dans le cas d'un matériau à matrice céramique, la liaison fibres-matrice est améliorée en formant sur les fibres une couche intermédiaire, ou interphase, en une matière à structure lamellaire, telle qu'un carbone pyrolytique, comme décrit dans la demande de brevet français n° 2 567 874.

Pour former en une seule pièce un panneau 10 avec plusieurs parties tubulaires 22 en matériau composite de type C/C-SiC, il est, par exemple, procédé de la façon suivante.

Une préforme fibreuse du panneau en forme de plaque et des préformes fibreuses cylindriques des parties tubulaires 22 sont réalisées séparément par empilement et aiguilletage de couches de tissu en fibres de carbone, comme décrit plus haut. Des ouvertures 12 sont découpées ensuite dans la préforme du panneau aux emplacements voulus pour les guides d'ondes, puis les préformes du panneau et des parties tubulaires sont assemblées et maintenues, par exemple par un outillage. Le matériau constitutif de la matrice est ensuite infiltré simultanément au sein des préformes assemblées. Cette co-densification assure la solidarisation des parties tubulaires avec le reste du panneau en raison de la continuité du matériau de la matrice aux interfaces entre les préformes assemblées. La matrice est obtenue par infiltration en phase vapeur de carbone suivie d'une phase de densification finale par infiltration en phase vapeur de carbure de silicium.

Des essais de caractérisation électromagnétique du matériau composite ainsi obtenu ont montré que le coefficient de réflexion de ce matériau reste supérieur à 0,99 en module et égal à $180 \pm 1^\circ$ en phase jusqu'à une température de $1\ 800^\circ\text{C}$. L'atténuation due au guide d'ondes est inférieure à 0,5 dB par longueur d'onde à température ambiante. La conductivité électrique croît avec la température, en passant d'environ $5.10^3\ \Omega^{-1}/\text{cm}$ à la température ambiante à environ $5.10^4\ \Omega^{-1}/\text{cm}$ à $1\ 800^\circ\text{C}$, minimisant ainsi les pertes ohmiques en condition de fonctionnement.

La bague 24 faisant fonction de barrière thermique au fond du guide d'ondes est réalisée, par exemple, en pyrographite qui a des propriétés de conductivité thermique dans l'un de ses plans et

d'isolation thermique en direction perpendiculaire. La bague 24 est réalisée de manière à obtenir l'isolation thermique en direction axiale et la conductivité thermique en direction radiale.

Le matériau de remplissage 26 est en un composite céramique-céramique tel qu'un composite de type alumine-alumine formé par une texture fibreuse (un mat) en fibres silico-alumineuses densifiée par de l'alumine par un procédé d'imprégnation liquide ou d'infiltration en phase vapeur, comme décrit par exemple dans le brevet européen n° 0 085 601. Un tel matériau résiste aux chocs thermiques et à l'érosion, n'est pas sensible à l'humidité et a un coefficient de dilatation voisin de celui du matériau composite C/C-SiC utilisé pour l'ensemble panneau 10-partie tubulaire 22 du guide d'ondes. D'un point de vue hyperfréquence, la permittivité ϵ' de ce matériau de remplissage est de 3,2 et les pertes s'expriment par $\text{tg}\delta = 2,4 \cdot 10^{-3}$. Il est à noter que le garnissage 26 ne contribue pas à la tenue mécanique du panneau. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un matériau ayant des propriétés mécaniques particulières. Des charges céramiques, par exemple sous forme de poudre de nitrure de bore, peuvent être incorporées au matériau de remplissage 26, notamment par dispersion au sein d'une matrice formée par imprégnation liquide, ce qui réduit la permittivité et les pertes diélectriques dans le matériau. La permittivité et les pertes diélectriques peuvent en outre être ajustées en agissant sur la densité du matériau de remplissage, laquelle densité est réglée par les conditions de densification du matériau par la matrice.

Afin de réaliser l'assemblage du matériau de remplissage 26 et du guide d'ondes 20, il peut être procédé de la façon suivante. La texture fibreuse en mat d'alumine formant la préforme du matériau de remplissage est préimprégnée d'oxychlorure d'aluminium.

La préforme ainsi obtenue est usinée aux dimensions du guide d'ondes et introduite dans celui-ci. La liaison entre les pièces est obtenue ensuite par traitement thermique en atmosphère neutre à une température d'environ 900 °C.

Un traitement de finition comprenant notamment un dépôt d'une couche de protection, par exemple en un silicate alcalin comme décrit dans la demande de brevet FR 88 16 862, peut être appliqué à l'ensemble panneau-guide d'ondes-matériau de remplissage pour apporter une protection contre l'oxydation et l'humidité.

Revendications

1. Antenne hyperfréquence pouvant fonctionner à température élevée, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un guide d'ondes (20) qui

s'ouvre à l'extérieur à travers une ouverture (12) d'un panneau (10) et qui comprend une partie tubulaire (22) formée d'une seule pièce avec le panneau, en saillie par rapport à celui-ci du côté intérieur et se raccordant au reste du panneau autour de l'ouverture, le panneau avec le guide d'ondes intégré étant en un matériau composite réfractaire capable d'assurer la propagation des ondes hyperfréquences et constituant un élément d'une structure pouvant être portée à température élevée.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que le guide d'ondes (20) est rempli d'un matériau diélectrique réfractaire (26).

3. Antenne selon la revendication 2, caractérisée en ce que le matériau de remplissage (26) est essentiellement un matériau composite de type alumine-alumine.

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le matériau constitutif du panneau est un matériau composite thermostuctural choisi parmi les matériaux composites carbone-carbone et les matériaux composites à matrice au moins en partie en céramique.

5. Antenne selon la revendication 4, caractérisée en ce que le matériau composite constitutif du panneau est un matériau composite à renfort en fibres de carbone et matrice mixte carbone-céramique.

6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le guide d'ondes (20) est prolongé, à son extrémité opposée à celle raccordée au reste du panneau, par une bague en matériau réfractaire (24) formant barrière thermique.

7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée en ce que la bague (24) est en pyrographite.

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs guides d'ondes (20) comprenant des parties tubulaires (22) formées d'une seule pièce avec un même panneau (10).

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs guides d'ondes (20) comprenant des parties tubulaires (22) formées d'une seule pièce avec des panneaux (10) respectifs voisins.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le panneau avec le guide d'ondes intégré constitue un élément d'une structure de cellule d'engin hypersonique ou d'avion spatial formant également protection thermique.

55

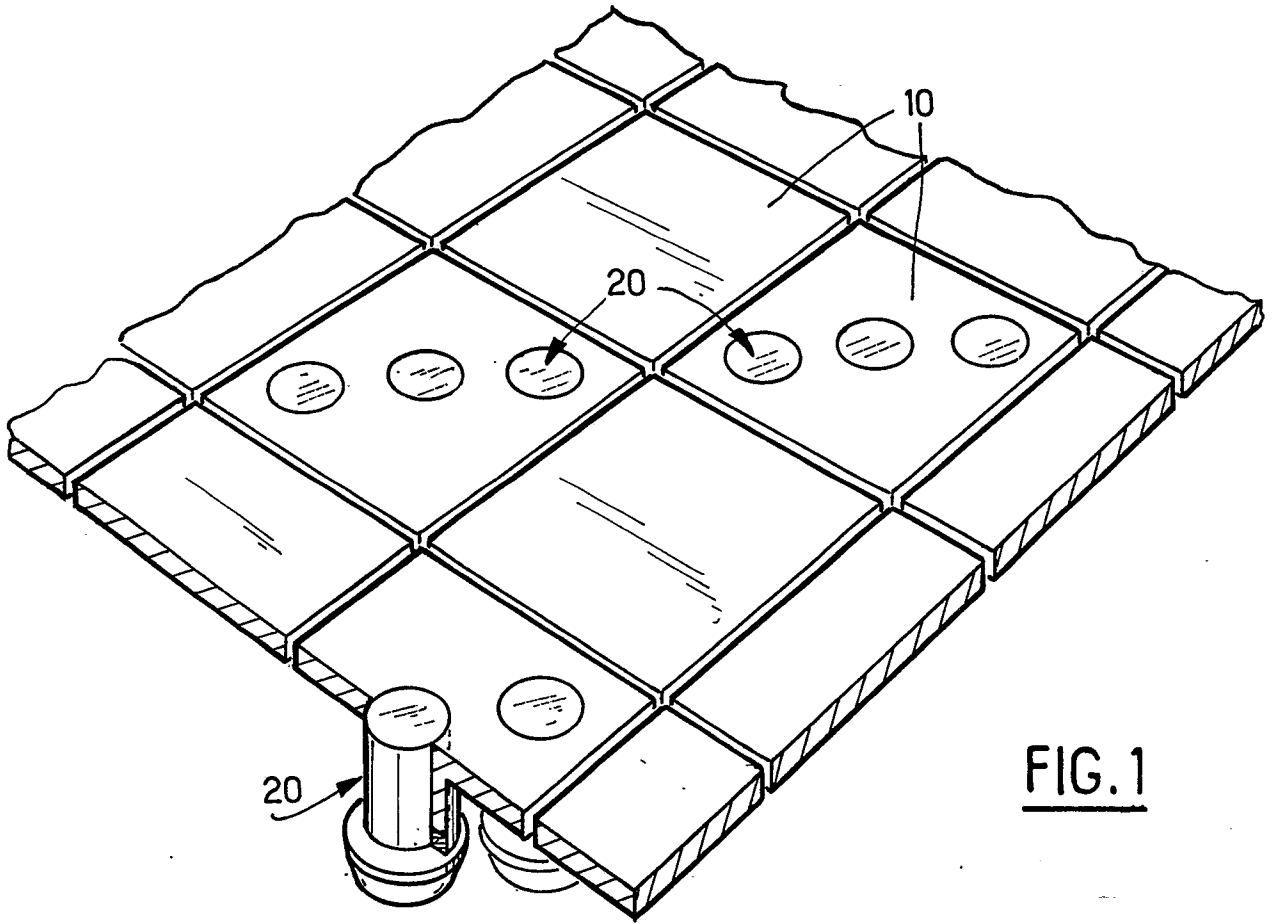


FIG. 1

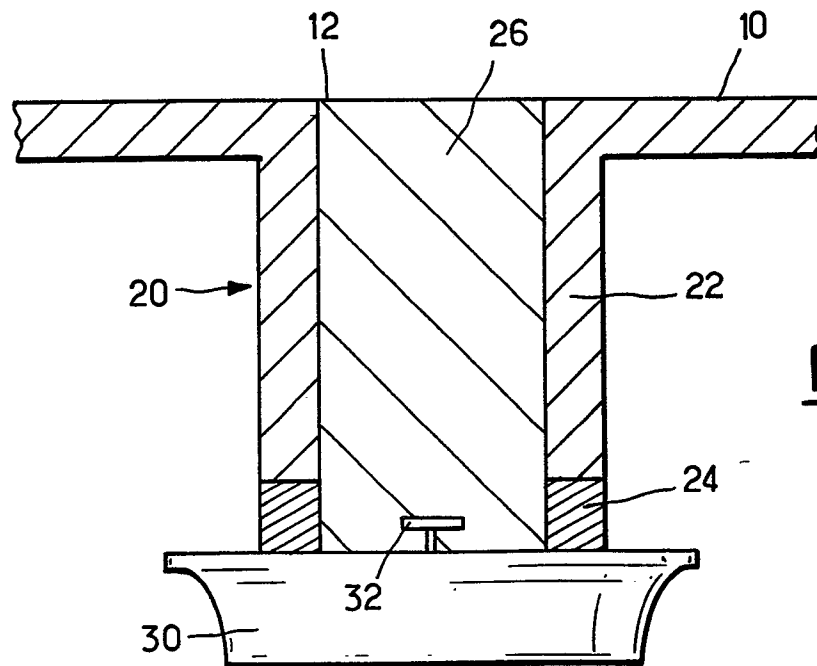


FIG. 2



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.5)
A	US-A-3 680 138 (WHEELER) * En entier * ---	1,8-10	H 01 Q 13/18 H 01 Q 21/06 H 01 Q 1/40
A	FR-A-2 134 138 (O.N.E.R.A.) * Page 1, ligne 34 - page 4, ligne 17; figures 1-4 * ---	1-3,10	
A	US-A-4 709 240 (BORDENAVE) * Colonne 4, ligne 65 - colonne 5, ligne 16; figures 1-3 * ---	1-5,10	
A	US-A-3 522 561 (LIU) * Revendications 1,4; figures 1,3 * ---	6,7	
A	FR-A-2 057 395 (THOMSON-CSF) * Revendication; figures 1,2 * -----	6,7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H 01 Q H 01 P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 24-04-1990	Examineur ANGRABEIT F.F.K.
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			