



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 014 490 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.06.2000 Bulletin 2000/26

(51) Int Cl.7: **H01Q 15/14**, H01Q 15/16,
H01Q 1/28

(21) Numéro de dépôt: **99403091.4**

(22) Date de dépôt: **09.12.1999**

(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

(72) Inventeur: **David, Jean-François**
31400 Toulouse (FR)

(74) Mandataire: **Lamoureux, Bernard et al**
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Dépt. Propriété industrielle
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(30) Priorité: **14.12.1998 FR 9815744**

(71) Demandeur: **ALCATEL**
75008 Paris (FR)

(54) **Réflecteur d'ondes électromagnétiques pour antenne de télécommunication**

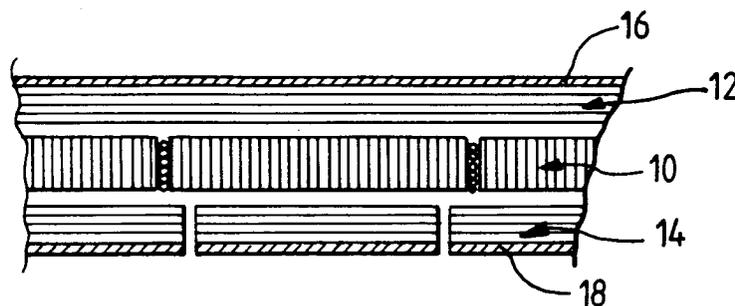
(57) L'invention est relative à un réflecteur d'ondes électromagnétiques pour antenne de télécommunication, notamment pour une antenne embarquée à bord d'un satellite comprenant un substrat recouvert d'une couche métallique (16) réfléchissante sur sa face avant, cette couche réfléchissante présentant un coefficient de dilatation thermique différent du coefficient de dilatation ther-

mique du substrat.

Le réflecteur comporte, dans sa zone arrière, une autre couche (18) présentant un coefficient de dilatation thermique différent de celui du substrat (10, 12, 14).

Cette couche (18) de la zone arrière compense les variations, en fonction de la température, de la forme du réflecteur qui résultent des valeurs différentes des coefficients de dilatation du substrat et de la couche avant.

FIG.1



EP 1 014 490 A1

Description

[0001] L'invention est relative à un réflecteur d'ondes électromagnétiques et à son procédé de fabrication.

[0002] Elle concerne plus particulièrement un réflecteur utilisable dans des conditions variables de température, notamment dans un environnement spatial.

[0003] Un réflecteur d'ondes électromagnétiques assure une fonction analogue à celle d'un miroir optique, c'est-à-dire que les ondes reçues selon une certaine direction doivent être réfléchies selon une autre direction bien déterminée. Ces réflecteurs exigent que la direction réfléchie soit définie avec précision, ce qui implique, lors de la fabrication, de faibles tolérances sur la forme du réflecteur et, lors de l'utilisation, une grande stabilité de forme, notamment quand la température varie.

[0004] Un réflecteur d'ondes électromagnétiques pour applications spatiales comporte, le plus souvent, une âme ou espaceur comprenant une structure de type nid d'abeille et, de chaque côté de cette âme, des peaux mécaniquement porteuses constituées par des fibres de carbone imprégnées de résine époxyde ou de résine cyanate ester.

[0005] Ces laminés composites à base de fibres de carbone et de résine ont une très grande stabilité en température et peuvent être utilisés directement comme surfaces réfléchissantes. Mais aux fréquences élevées, en général supérieures à 30 GHz, ils engendrent des pertes importantes, supérieures à 0,2 dB. C'est pourquoi, à ces fréquences élevées la surface réfléchissante est habituellement recouverte par un dépôt métallique permettant d'abaisser les pertes.

[0006] L'invention résulte de la constatation que ce dépôt métallique altère la forme du réflecteur, notamment sa courbure, et, qu'en particulier, il induit une variation de forme provoquée par un effet de bilame, tant lors de la fabrication qu'en cours d'utilisation, notamment dans l'espace où les variations de température sont importantes.

[0007] En effet, on sait qu'un matériau formé par la superposition de deux couches en matières différentes ayant des coefficients de dilatation thermique différents présente une courbure qui varie quand la température varie.

[0008] Cet effet bilame peut être particulièrement gênant pour des applications spatiales dans lesquelles, comme indiqué ci-dessus, les températures varient de façon importante. Par exemple, pour des satellites mobiles en orbite basse (ou moyenne), la température peut varier entre -60°C et +60°C environ. Pour un satellite géostationnaire la température peut varier entre -180°C (en cas d'éclipse de soleil) et +150°C.

[0009] En outre, la fabrication du réflecteur s'effectue à une température qui dépend de la cinétique de polymérisation de la résine. Cette température est par exemple voisine de 175°C. Ainsi, même en l'absence de variation de température lors de l'utilisation, il est difficile d'obtenir la courbure désirée en raison de l'effet de

bilame résultant de la différence entre les températures de fabrication et d'utilisation.

[0010] L'invention vise à supprimer, ou au moins à réduire de manière importante, les variations de courbure du réflecteur en cas d'utilisation de ce dernier à des températures variables, et/ou de modifier la courbure d'un réflecteur.

[0011] A cet effet, la présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'un réflecteur d'ondes électromagnétiques pour antenne de télécommunication, notamment pour une antenne embarquée à bord d'un satellite, comprenant un substrat recouvert d'une couche métallique réfléchissante sur une face avant du dit réflecteur, cette couche réfléchissante présentant un coefficient de dilatation thermique différent du coefficient de dilatation thermique du substrat, procédé dans lequel on dépose sur une zone arrière du substrat, une autre couche présentant un coefficient de dilatation thermique différent de celui du substrat, cette étape de dépôt prenant en compte au moins l'un des paramètres parmi lesquels la température de dépôt, la nature du matériau de la couche et son épaisseur, pour compenser les variations, en fonction de la température, de la forme du réflecteur.

[0012] On a constaté qu'avec cette disposition on pouvait améliorer de façon significative la qualité de la forme du réflecteur sans augmentation du coût.

[0013] Selon un mode de réalisation, la couche de la zone arrière est déposée sur la face arrière du substrat.

[0014] Selon un mode de réalisation, la couche de la zone arrière est métallique.

[0015] Selon un mode de réalisation, la couche de la zone arrière est en un métal de même nature que celui constituant la couche réfléchissante de la face avant.

[0016] L'invention a également pour objet, un réflecteur d'ondes électromagnétiques pour antenne de télécommunication obtenu par ce procédé.

[0017] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

la figure 1 est une vue en coupe partielle d'un réflecteur conforme à l'invention,

la figure 2 est un schéma servant à expliquer comment est définie la qualité de forme d'une surface, et les figures 3 et 4 sont des diagrammes montrant certains effets et certaines propriétés du réflecteur conforme à l'invention.

[0018] Le réflecteur représenté sur la figure 1 est destiné à être intégré dans une antenne de télécommunication embarquée à bord d'un satellite afin de réfléchir des ondes en bande Ka de 20 GHz à 44 GHz, voire à des fréquences supérieures, jusqu'à 80 GHz ou plus.

[0019] Ce réflecteur comporte, de façon classique, une âme 10 en forme de nid d'abeille aluminium ou aramide, rigidifiée sur chacun de ses côtés par des laminés

en fibres de carbone imprégnées de résine époxyde. Dans cet exemple, on prévoit, de chaque côté de l'âme 10, un empilage 12, 14 de quatre couches élémentaires carbone/époxyde, chaque couche élémentaire étant unidirectionnelle. Dans chacun des laminés d'un même empilement, les fibres de carbone ont des directions différentes. Par exemple, les fibres du pli le plus extérieur ont une première orientation, dite de référence à 0°, le pli immédiatement inférieur présente des fibres orientées à -45° par rapport à la direction des fibres du premier pli, le troisième pli présente des fibres orientées à +45° par rapport aux fibres du premier pli et les fibres du quatrième pli, les plus proches de l'âme 10, sont orientées à 90° par rapport aux fibres du premier pli. Le laminé arrière 14 du sandwich présente des couches élémentaires ou plis dont les fibres ont les mêmes orientations relatives, le pli le plus extérieur ayant des fibres orientées parallèlement à celles du pli le plus extérieur du laminé avant 12.

[0020] Sur la surface extérieure du laminé avant 12, est déposée une couche d'aluminium 16, cette couche d'aluminium étant par exemple déposée en phase vapeur. Elle permet de réfléchir les ondes électromagnétiques avec un minimum de pertes radioélectriques.

[0021] Selon l'invention, sur la face arrière du réflecteur on dépose une autre couche 18, par exemple métallique, et, par exemple dans le même matériau, c'est-à-dire l'aluminium, que la couche 16 de la face active.

[0022] Cette couche 18 a pour effet de compenser l'effet de bilame résultant des différences de coefficients de dilatation entre, d'une part, la couche métallique 16 et, d'autre part, l'ensemble, ou sandwich, formé de l'âme 10 et des laminés 12 et 14 dont le coefficient de dilatation thermique est très faible. L'effet de bilame se traduit par le fait que, lorsque la température du réflecteur varie, sa courbure se modifie, ce qui altère la précision de forme. Autrement dit, la couche 18 forme avec le sandwich 10, 12, 14 un autre bilame contrecarrant les effets du premier bilame.

[0023] Ainsi, si, à une température déterminée, la courbure du réflecteur dépourvu de la couche 18 ne correspond pas exactement à la courbure souhaitée, le procédé de dépôt de la couche 18, selon l'invention, permet de modifier cette courbure à cette température déterminée. Cette modification de courbure dépend de la température à laquelle le dépôt de la couche métallique est effectué et de l'épaisseur de ce dépôt.

[0024] On a constaté qu'avec le réflecteur selon l'invention, si son diamètre est de l'ordre du mètre, on peut obtenir une erreur de RMS (pour Root Mean Square en terminologie anglo-saxonne, c'est à dire racine carrée de la moyenne des carrés en français) sur une forme de l'ordre de 15 µm en fabrication et de l'ordre de 30 µm lors de l'utilisation à bord d'un satellite. Ces erreurs de RMS sont environ trois fois inférieures à celles obtenues quand la couche 18 n'est pas présente. On rappelle ici que le facteur RMS est défini de la façon suivante : on part d'une surface parfaite souhaitée 20 (figure 2) et on

détermine, en n points de la surface réelle 22, les écarts dz_1, dz_2, \dots, dz_n entre la surface réelle 22 et la surface souhaitée 20. L'erreur de RMS a alors pour valeur :

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dz_i^2}{n}}$$

[0025] Dans le cas d'un réflecteur d'un mètre de diamètre, on prévoit en général 500 points environ répartis de façon régulière.

[0026] L'effet de compensation de la courbure s'obtient en déposant la couche 18, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, à une température déterminée, par exemple de l'ordre de 50°C. A cette température, la contrainte qui s'exerce est nulle ; par contre à une température différente, par exemple à la température ambiante de 20°C, il s'exercera une contrainte qui pourra compenser un défaut de courbure présent avant que ne soit déposée cette couche 18.

[0027] L'épaisseur et, éventuellement, la nature du revêtement 18 peuvent être déterminées à l'aide de calculs classiques de résistance des matériaux. On tient, en effet, compte du fait qu'on annule le couplage membrane/flexion de l'assemblage constitué par les diverses couches du réflecteur.

[0028] La nature et l'épaisseur de la couche 18 peuvent également être déterminées de façon empirique.

[0029] Pour obtenir l'effet voulu, c'est-à-dire une minimisation de la déformation de la surface active du réflecteur lors de variations de température, on peut choisir les paramètres suivants : l'épaisseur des dépôts avant et arrière, la nature des dépôts avant et arrière et les températures auxquelles sont déposées les couches avant 16 et arrière 18.

[0030] La figure 3 est un diagramme comparatif montrant des défauts de RMS obtenus pour plusieurs types de matériaux et, dans chaque cas, avec et sans la couche arrière 18. Dans cet exemple, on utilise un réflecteur de diamètre 600 mm avec des peaux en pré imprégné de type M55J/914 (M55J est une référence caractérisant la nature des fibres et 914 est une référence caractérisant la résine époxyde utilisée), et une âme en nid d'abeille aluminium d'épaisseur 15 mm.

[0031] On a porté en abscisses, l'épaisseur e en micromètres, du dépôt métallique sur la face avant et, le cas échéant, sur la face arrière et, en ordonnées, l'erreur de RMS, également en micromètres. La droite 30 correspond à la courbe de variation en fonction de l'épaisseur de l'erreur de RMS pour un dépôt d'aluminium seulement sur la face avant tandis que la droite 32 correspond à un dépôt d'aluminium sur les faces avant et arrière du réflecteur.

[0032] La figure 4 est un diagramme correspondant à un réflecteur de diamètre 600 mm avec des peaux M55J et une âme d'épaisseur 15 mm en nid d'abeille aluminium. Dans ce cas, le dépôt métallique en face avant

présente une épaisseur de 4 μm d'aluminium. Sur la face arrière de ce réflecteur, on a prévu des dépôts métalliques d'épaisseurs diverses et on a analysé l'erreur de RMS résultante. Sur ce diagramme, on a porté en abscisses, l'épaisseur e du dépôt métallique en face arrière et, en ordonnées, l'erreur de RMS, toutes les deux étant exprimées en micromètres.

[0033] Sur la figure 4, la courbe 34 montre que l'erreur de RMS est minimale quand l'épaisseur de la couche arrière est de l'ordre de 9 μm , alors que l'épaisseur du dépôt en face avant est de 4 μm . Autrement dit, l'optimum n'est pas forcément obtenu avec des épaisseurs de dépôts 16 et 18 qui sont égales.

[0034] Il n'est pas indispensable que le revêtement métallique 18, destiné à compenser l'effet de bilame résultant des différences de coefficient de dilatation entre la couche 16 et l'âme et les laminés, soit constitué par un dépôt extérieur. En variante (non montrée), ce revêtement 18 est disposé entre deux plis du laminé arrière 14.

tes.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un réflecteur d'ondes électromagnétiques pour antenne de télécommunication, notamment pour une antenne embarquée à bord d'un satellite, comprenant un substrat recouvert d'une couche métallique (16) réfléchissante sur une face avant du dit réflecteur, cette couche réfléchissante présentant un coefficient de dilatation thermique différent du coefficient de dilatation thermique du substrat, procédé dans lequel on dépose sur une zone arrière du substrat, une autre couche (18) présentant un coefficient de dilatation thermique différent de celui du substrat (10, 12, 14), cette étape de dépôt prenant en compte au moins l'un des paramètres parmi lesquels la température de dépôt, la nature du matériau de la couche (18) et son épaisseur, pour compenser les variations, en fonction de la température, de la forme du réflecteur.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la couche de la zone arrière est déposée sur toute la face arrière du substrat.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche de la zone arrière est métallique.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel la couche de la zone arrière est en métal, de même nature que celui constituant la couche réfléchissante de la face avant.
5. Réflecteur d'ondes électromagnétiques pour antenne de télécommunication obtenu par le procédé selon l'une quelconque des revendications précéden-

FIG.1

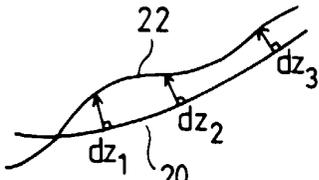
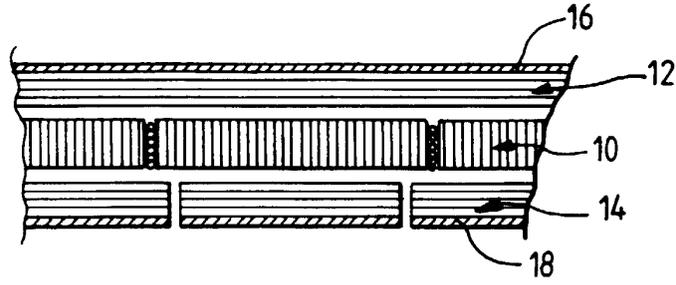


FIG.2

FIG.3

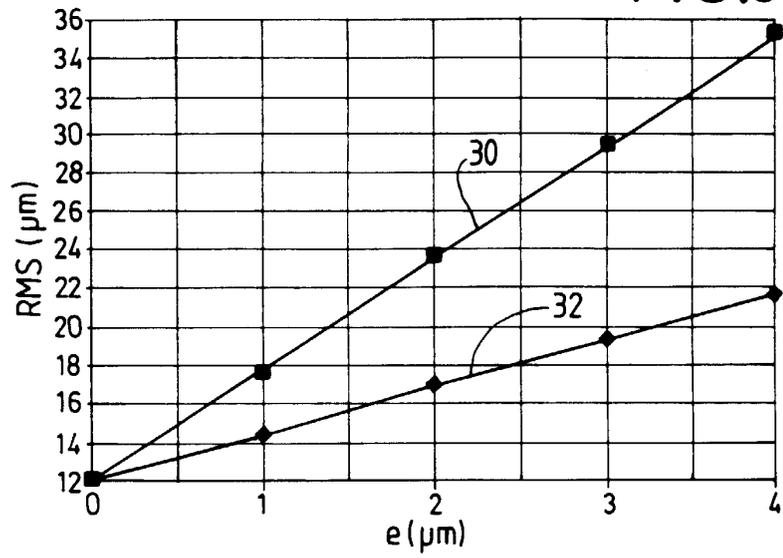
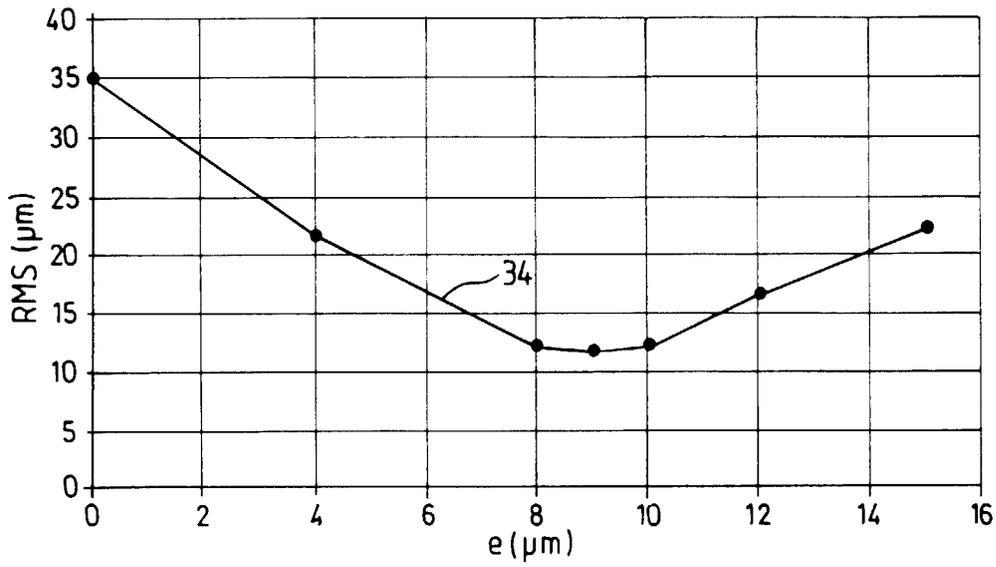


FIG.4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 3091

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)
X	EP 0 298 060 A (SYD SPARBANKEN) 4 janvier 1989 (1989-01-04) * le document en entier * ---	1-5	H01Q15/14 H01Q15/16 H01Q1/28
A	US 3 587 098 A (GOSNELL CHARLES N) 22 juin 1971 (1971-06-22) * colonne 1, ligne 5 - ligne 15 * * colonne 1, ligne 63 - colonne 2, ligne 7; figure 1 * ---	1-5	
A	WO 92 11666 A (KILDAL PER SIMON) 9 juillet 1992 (1992-07-09) * revendications 1-5 * ---	1-5	
A	EP 0 186 517 A (BRIDGESTONE CORP) 2 juillet 1986 (1986-07-02) * page 3, ligne 13 - page 4, ligne 25 * ---	1-5	
A	EP 0 825 677 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 25 février 1998 (1998-02-25) * colonne 3, ligne 10 - ligne 51 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 mars 2000	Examineur Wattiaux, V
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 82 (P04C02)

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

EP 99 40 3091

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.

10-03-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0298060 A	04-01-1989	SE 455745 B	01-08-1988
		AT 87771 T	15-04-1993
		AU 600147 B	02-08-1990
		AU 1849588 A	05-01-1989
		DE 3879779 A	06-05-1993
		DE 3879779 T	11-11-1993
		DK 341088 A	31-12-1988
		FI 882768 A	31-12-1988
		JP 1080103 A	27-03-1989
		NO 882878 A	02-01-1989
		PT 87877 A,B	01-07-1988
		US 5055854 A	08-10-1991
		ZA 8804089 A	22-02-1989
-----	-----	-----	-----
US 3587098 A	22-06-1971	AUCUN	
-----	-----	-----	-----
WO 9211666 A	09-07-1992	SE 467280 B	22-06-1992
-----	-----	-----	-----
EP 0186517 A	02-07-1986	JP 61152104 A	10-07-1986
		DE 3585601 A	16-04-1992
-----	-----	-----	-----
EP 0825677 A	25-02-1998	US 5885906 A	23-03-1999
		CA 2210229 A	19-02-1998
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0460

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