



(11) **EP 2 690 709 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.01.2014 Bulletin 2014/05

(51) Int Cl.:
H01Q 15/14 ^(2006.01) **H01Q 1/28** ^(2006.01)
H01Q 15/16 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13176732.9**

(22) Date de dépôt: **16.07.2013**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeurs:
• **Lebrun, Florent**
31410 Mauzac (FR)
• **Arnaud, Eric**
31490 Lequevin (FR)

(30) Priorité: **27.07.2012 FR 1202122**

(74) Mandataire: **Brunelli, Gérald**
Marks & Clerk France
Immeuble Visium
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(71) Demandeur: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(54) **Réflecteur d'antenne, de diamètre supérieur à 1m, pour application à hautes fréquences dans un environnement spatial**

(57) L'invention concerne un réflecteur (R) d'antenne compatible avec des applications à hautes fréquences, comprises entre 50 et 75 GHz et adapté pour une utilisation dans un environnement spatial géostationnaire. Le réflecteur (R) comprend une membrane (m) en forme de paraboloidale comprenant une face active permettant

de réfléchir un rayonnement électromagnétique et une face opposée (Fopp) à la face active. La face opposée (Fopp) du réflecteur (R) comprend des nervures (N) permettant de raidir le réflecteur (R), les nervures (N) étant disposées sur la face opposée (Fopp) en formant entre elles un quadrillage.

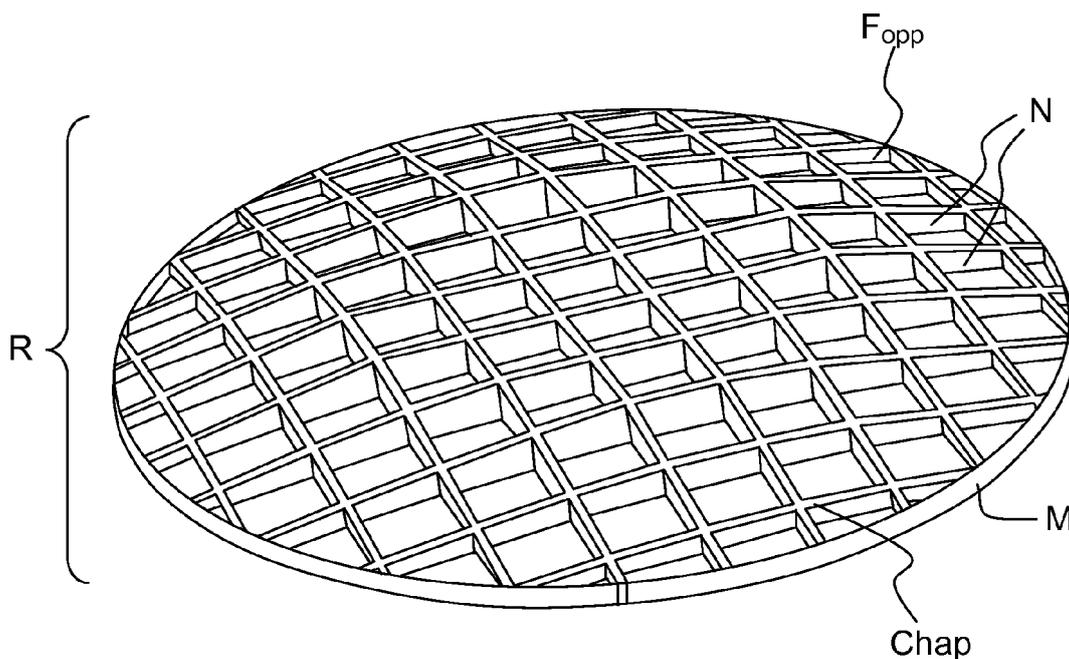


FIG.1c

EP 2 690 709 A1

Description

[0001] L'invention se situe dans le domaine des satellites géostationnaires de télécommunication comprenant différentes antennes passives équipés de réflecteurs de grandes tailles. L'invention est particulièrement destinée aux applications dans les très hautes bandes de fréquences telles que les bandes Ka et Q/V mais répond également aux besoins techniques moindres des bandes de fréquences inférieures telles que les bandes C et Ku.

[0002] La bande de fréquence désignée Ka correspond aux fréquences comprises entre 26,5 et 40 GHz soit une longueur d'onde comprise entre 11,3 et 7,5 mm. La bande de fréquence désignée Q/V correspond aux fréquences comprises entre 33 et 75 GHz soit une longueur d'onde comprise entre 9,1 et 3,3 mm.

[0003] Les bandes de fréquences C et Ku sont actuellement très utilisées par les opérateurs. La bande de fréquences Ka est en plein développement alors que les solutions en bandes Q/V sont encore tout juste émergentes. Sur la bande de fréquences Ka, on dispose de plus de fréquence qu'en bandes de fréquences Ku. Ainsi, la bande de fréquence Ka permet de multiplier la capacité offerte et donc de proposer des services à des prix inférieurs à ceux de la bande de fréquences Ku.

[0004] Par ailleurs, les faisceaux générés en bandes Ka sont beaucoup plus directifs que dans des bandes de fréquences inférieures, l'énergie étant concentrée et le spectre pouvant être réutilisé sur une zone séparée géographiquement de façon intensive.

[0005] L'invention concerne des produits de type « antenne passive embarquée » composé d'une source rayonnante sur un réflecteur de diamètre compris entre 1,8 et 2,5 m. L'utilisation de ce type d'antenne pour des applications en bande Ka et Q/V impose l'utilisation de réflecteurs :

- présentant un profil réfléchissant de très grande précision. Si on définit le défaut de fabrication en terme de RMS, ce type d'application en bande Q/V nécessite d'atteindre un RMS de l'ordre de 60 microns, la valeur RMS étant la valeur moyenne des écarts type entre le profil de la surface élaborée et le profil de la surface théorique souhaitée,
- affichant une grande stabilité du profil réfléchissant sur une large gamme de température comprise entre -200°C et +165°C. La déformation du profil du réflecteur sous chargement thermique est quantifiée en terme de RMS, la valeur RMS maximale acceptable étant de 60 microns.

[0006] L'utilisation de ce type de réflecteur en condition « embarquée » impose également :

- des contraintes en terme de masse, on définit une masse maximale d'environ 14 kg pour un réflecteur de 2 m de diamètre,

- d'afficher un premier mode de résonance suffisamment élevé pour se découpler des modes principaux du satellite. Le besoin spécifié est d'avoir un premier mode engageant plus de 10% de la masse du produit supérieur à 60 Hz,

- de mise en oeuvre facile, de manière à limiter les coûts de production.

[0007] Différentes technologies de réflecteurs existent sur le marché.

[0008] Une première technologie classique dite technologie « coque épaisse » est largement répandue. Cette technologie repose sur une structure dite « sandwich ». Un réflecteur élaboré selon cette technologie comprend deux membranes et une structure couvrant appelée « espaceur » situé entre les deux membranes. Les membranes comprennent du carbone et l'espaceur de type « nid d'abeilles » comprend de l'aluminium ou du CFRP, Carbone Fiber Reinforced Polymer, en langue anglaise. Le carbone est utilisé pour son faible coefficient de dilatation.

[0009] Ce concept ne permet pas d'atteindre l'objectif de stabilité du profil réfléchissant en température spécifié à 60 μ m, il n'est donc pas adapté pour une utilisation en bande Q/V.

[0010] Une deuxième technologie dite « Isogrid » est techniquement très performante.

[0011] Le réflecteur comprend une membrane sur laquelle est fixé un réseau de raidisseur permettant de rigidifier le réflecteur. Le réseau de raidisseur est une grille de renfort formant un motif triangulaire dit « Isogrid » disposée de manière adjacente à la première structure, le réseau de raidisseur étant fixé à la membrane par collage.

[0012] La température de transition vitreuse Tg de la colle utilisée pour assurer la jonction mécanique entre les raidisseurs et la membrane réfléchissante est par nature non compatible avec une utilisation à une température de +165°C. Cette température de transition vitreuse est effectivement dans le meilleur des cas voisine de +175°C et est donc trop proche de la limite haute du domaine de température utile recherché pour ce type d'application. Par ailleurs, la complexité d'assemblage de la grille de renfort rend cette technologie économiquement peu performante.

[0013] Le produit proposé par EADS-CASA est composé d'un assemblage d'éléments de faible épaisseur. La surface active du réflecteur comprend une structure « sandwich » au profil RF souhaité. Un réseau de raidissage composés de panneaux plans est associé à la surface active de la structure « sandwich » pour lui apporter de la raideur.

[0014] Ce produit atteint les objectifs fixés en terme de qualité de surface en revanche sa masse est relativement élevée. De plus, l'assemblage des différents panneaux nécessite un nombre important d'heures de main d'oeuvre ce qui rend ce produit peu compétitif d'un point

de vue économique.

[0015] EADS Astrium propose un réflecteur selon une technologie « Ultra Light Reflector » ou URL, ce type de réflecteur est particulièrement adapté pour des applications dans des fréquences allant de la bande C à la bande Ku. Ils sont aussi très performants en terme de masse. Ce produit comprend deux membranes de carbone ajourées ce qui rend le réflecteur de type URL insensible aux chargements vibro acoustiques. Toutefois, un réflecteur selon cette technologie est incompatible avec des applications en bande Ka ou Q/V.

[0016] EADS Astrium développe un deuxième produit, qui est une évolution du concept URL. Toutefois des mesures des déformations thermo-élastiques ont d'ores et déjà mis en évidence l'incompatibilité de ce type de réflecteur avec des applications en bande Q/V voire Ka. Par ailleurs, ce réflecteur n'est pas assez rigide, il présente une fréquence de résonance très inférieure au besoin de 60 Hz

[0017] Un but de l'invention est d'élaborer un réflecteur d'antenne de télécommunication alternatif aux technologies existantes, compatible avec des applications à hautes fréquences, adapté pour un environnement spatial et dont le processus d'élaboration nécessite peu de temps de main d'oeuvre par rapport aux solutions connues.

[0018] Selon un aspect de l'invention, il est proposé un réflecteur d'antenne compatible avec des applications à hautes fréquences, comprises entre 50 et 75 GHz adapté pour une utilisation dans un environnement spatial qui comprend une membrane en forme de paraboloïde comprenant une face active permettant de réfléchir un rayonnement électromagnétique et une face opposée à la face active. La face opposée comprend des nervures permettant de raidir le réflecteur, les nervures étant disposées sur la face opposée formant entre elles un quadrillage. La dimension de la nervure perpendiculaire au point d'accrochage de la nervure sur la membrane croît à mesure que la distance du bord du réflecteur augmente.

[0019] La disposition des nervures est sous forme de quadrillage dont le motif élémentaire est rectangle ou carré. Ce type de motif permet d'atteindre les objectifs de raideur spécifiés tout en offrant une grande facilité d'assemblage ce qui permet de réduire considérablement le temps de main d'oeuvre et ainsi d'optimiser la compétitivité économique du produit. Ce mode de réalisation permet de diminuer la masse du réflecteur.

[0020] Préférentiellement, la membrane comprend un unique matériau comprenant un composite de carbone.

[0021] Selon une autre variante de l'invention, les nervures sont surmontées de chapeaux permettant d'augmenter la rigidité du réflecteur, les chapeaux sont communément appelés platines anti-versement. Avantageusement, les chapeaux comprennent un unique matériau comprenant un composite de carbone. L'ajout des chapeaux permet d'éviter le versement latéral des nervures.

[0022] Préférentiellement, la membrane du réflecteur a un diamètre compris entre 1,8 et 2,5 m.

[0023] Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé de fabrication d'un réflecteur, tel que décrit précédemment, dans lequel les nervures sont rapportées. Eventuellement, les nervures sont rapportées par collage. Préférentiellement à l'aide d'une colle de type silicone.

[0024] Un procédé de fabrication comprend :

- une étape de fabrication d'un moule,
- une étape d'élaboration de la membrane sur le moule,
- une étape d'élaboration des nervures,
- une étape d'assemblage des nervures directement sur la face opposée de la membrane encore disposée sur le moule.

[0025] Avantageusement, les nervures sont assemblées par un système d'encoche ce qui permet d'avoir des nervures de raidissage continues d'un bord à l'autre du réflecteur.

[0026] Préférentiellement, le procédé comprend une étape d'élaboration et de fixation de chapeaux sur les nervures. Eventuellement la fixation des chapeaux peut être réalisée par collage, à l'aide d'une colle de type silicone.

[0027] Tous les éléments constitutifs du réflecteur, membrane, nervures et chapeaux, comprennent un unique matériau comprenant un composite de carbone ce qui assure une stabilité géométrique optimale sur la gamme de température définie précédemment.

[0028] L'invention sera mieux comprise à l'étude de quelques modes de réalisation décrits à titre d'exemples nullement limitatifs, et illustrés par des dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1a, 1b et 1c représentent un réflecteur, selon un aspect de l'invention, respectivement en vue de côté, en vue de dessus et en vue de dessous,
- la figure 2 représente un système d'encoche permettant l'assemblage des nervures selon un aspect de l'invention,
- La figure 3 représente des chapeaux permettant d'augmenter le raidissage du réflecteur, et
- les figures 4a, 4b et 4c représentent les principales étapes du procédé de fabrication du réflecteur, selon un aspect de l'invention.

[0029] La figure 1a illustre un réflecteur R d'antenne en vue de côté. Le réflecteur R d'antenne comprend une membrane M constitué d'un composite de carbone.

[0030] La membrane m comprend une face Fact active permettant de réfléchir un rayonnement électromagnétique et une face Fopp opposée, la face active Fact concave et la face Fopp opposée convexe. Alternativement, la membrane M peut comprendre une face Fopp oppo-

sée plane.

[0031] En l'espèce, la membrane M est en forme de coupole et comprend une face Fact active convexe, permettant de focaliser un rayonnement électromagnétique, et une face Fopp opposée concave.

[0032] La figure 1b illustre une vue de dessus du réflecteur R correspondant à la face active Fact du réflecteur R. On notera que les quadrillages représentés sur les figures 1a et 1b permettent uniquement une meilleure visualisation de la structure en forme de coupole de la membrane M.

[0033] La figure 1c représente une vue de dessous du réflecteur R correspondant à la face opposée Fopp du réflecteur R. En l'espèce, la face opposée Fopp du réflecteur R est de forme convexe.

[0034] Sur la face opposée Fopp du réflecteur sont disposées des nervures N formant un quadrillage entre elles, les nervures N permettant un raidissage de la membrane M.

[0035] Selon un mode de réalisation, une dimension de la nervure perpendiculaire au point d'accrochage de la nervure sur la membrane est constante. En d'autres termes, la hauteur H_N des nervures N est constante sur toute la surface de la membrane m. Ce mode de réalisation permet d'automatiser la fabrication des nervures N et ainsi de diminuer les coûts de fabrication du réflecteur R.

[0036] Alternativement, la hauteur H_N des nervures N augmente à mesure que la distance par rapport au bord augmente. En d'autres termes, les nervures N proches du bord du réflecteur ont une hauteur inférieure aux nervures N proches du milieu du réflecteur R, les raideurs des raidisseurs étant plus importantes au milieu du réflecteur R que sur les bords. Ce mode de réalisation permet de diminuer la masse du réflecteur R en diminuant la quantité de matière due aux nervures N.

[0037] Les nervures N sont disposées sur la face opposée Fopp de la membrane M, les nervures formant entre elles un quadrillage de motif carré ou rectangulaire. La figure 2 illustre un système d'encoches permettant de fixer les nervures N entre elles.

[0038] Selon un aspect de l'invention, les nervures N sont assemblées par un système d'encoches Enc. Les nervures N sont taillées ou fraisées pour une fixation entre elles à l'équerre formant ainsi un quadrillage.

[0039] L'emboîtement des nervures sous forme de quadrillage carré ou rectangle permet de faciliter le processus d'assemblage.

[0040] Les nervures peuvent être assemblées selon toutes autres techniques d'assemblage adaptées.

[0041] La figure 3 illustre la face Fopp opposée de la membrane M sur laquelle est disposée une nervure N, la nervure N étant surmontée d'un chapeau Chap ou encore appelé platine anti-versement.

[0042] Le chapeau Chap ou platine anti-versement est découpé dans une plaque comprenant un seul matériau comprenant un composite de carbone, il est fixé sur la membrane par collage, par un système de clip ou par

toutes autres méthodes permettant de le maintenir sur le dessus de la nervure N.

[0043] L'assemblage de la membrane M, de la nervure N et du chapeau Chap constitue un profil de type IPN ou en forme de I permettant de rigidifier davantage le réflecteur.

[0044] Les figures 4a, 4b et 4c représentent les différentes étapes du procédé de fabrication du réflecteur.

[0045] La figure 4a illustre un moule MI nécessaire à l'élaboration du réflecteur R. Le moule MI comprend un support Supp et une surface permettant de d'élaborer la membrane M du réflecteur R. Le moule MI comprend de l'invar (marque déposée) ou de CFRP ou Carbon Fiber Reinforced Polymer, en langue anglaise ayant un faible coefficient de dilatation thermo-élastique permettant ainsi de limiter le retrait lors du refroidissement. En l'espèce, la surface du moule MI est de forme concave. La figure 4b représente le moule MI sur lequel est disposée une membrane M. La membrane M comprend un monolithe de carbone, en l'espèce la membrane M est un CFRP monolithique.

[0046] Un procédé de fabrication de la membrane M consiste à déposer un matériau comprenant du carbone pré imprégné d'une résine de type époxyde. L'ensemble est polymérisé en autoclave. Alternativement, il est possible de déposer un matériau tissé ou non comprenant du carbone non imprégné et réaliser une imprégnation selon un procédé d'infusion puis une polymérisation en étuve.

[0047] En l'espèce, la membrane M ainsi formée sur le moule MI est de forme concave, la face exposée correspondant à la face Fopp opposée de la membrane M du réflecteur R.

[0048] Selon une variante de l'invention, les nervures sont rapportées sur la face Fopp opposée de la membrane M.

[0049] Dans le procédé de fabrication du réflecteur R, la membrane M n'est pas démoulée, les nervures sont rapportées sur la face opposée Fopp de la membrane encore disposée sur le moule. Les nervures N sont élaborées à partir de plaques de carbone monolithique. Les nervures N sont découpées dans les plaques suivant un procédé de découpe au jet d'eau ou par toutes autres techniques de découpe de ce type de matériaux. De plus les nervures N sont taillées de manière à permettre un assemblage par le système d'encoche présenté ci-dessus.

[0050] Selon une variante de l'invention, les nervures sont découpées en suivant le profil géométrique de la membrane M. Ceci permet notamment l'application de cette technologie de réflecteur à des antennes sur lesquelles les réflecteurs doivent avoir des profils réfléchissants complexes, composé d'une parabole associée à des variations ondulatoires spécifiques.

[0051] La figure 4c représente le moule MI sur lequel est disposée la membrane M sur laquelle des nervures N sont rapportées de manière à former un quadrillage. Les nervures N sont fixées à la membrane M par collage

par exemple.

[0052] Alternativement, le moule MI permettant l'élaboration de la membrane M du réflecteur R peut comprendre des nervures N sur la surface destinée à élaborer la membrane M. La membrane M formée sur un tel moule MI comprend des nervures N permettant le raidissage du réflecteur R.

[0053] Dans une autre étape d'élaboration, des chapeaux Chap ou platines anti-versement peuvent être fixés sur les nervures.

[0054] Un réflecteur R élaboré selon la technologie proposée permet d'atteindre les objectifs nécessaires pour des applications dans des bandes de fréquences pouvant aller jusqu'à la bande Q/V, de masse inférieure à 14 kg pour un diamètre de réflecteur de 2 m. Par ailleurs, l'assemblage des nervures N sous forme de quadrillage permet d'économiser un nombre important d'heures de main d'oeuvre rendant le produit proposé plus compétitif économiquement que les solutions existant actuellement.

Revendications

1. Réflecteur (R) d'antenne compatible avec des applications à hautes fréquences, comprises entre 50 et 75 GHz et adapté pour une utilisation dans un environnement spatial géostationnaire comprenant une membrane (M) en forme paraboloidale comprenant une face active (Fact) permettant de réfléchir un rayonnement électromagnétique et une face opposée (Fopp) à la face active (Fact) **caractérisé en ce que** la face opposée (Fopp) comprend des nervures (N) permettant de raidir le réflecteur (R), et **en ce que** les nervures (N) sont disposées sur la face opposée (Fopp) en formant entre elles un quadrillage, la dimension (h_N) de la nervure (N) perpendiculaire au point d'accrochage de la nervure (N) sur la membrane (M) étant croissante à mesure que la distance du bord du réflecteur (R) augmente. 25
2. Réflecteur (R) selon la revendication 1 dans lequel la membrane (M) comprend un unique matériau comprenant un composite de carbone. 30
3. Réflecteur (R) selon l'une des revendications précédentes dans lequel les nervures (N) sont surmontées de chapeaux (Chap) permettant d'augmenter la rigidité du réflecteur (R). 35
4. Réflecteur (R) selon la revendication 3 dans lequel un chapeau (Chap) comprend un composite de carbone. 40
5. Réflecteur selon l'une des revendications précédentes dans lequel la membrane (M) du réflecteur (R) a un diamètre compris entre 1,8 et 2,5 m. 45
6. Procédé de fabrication d'un réflecteur (R) selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** les nervures (N) sont rapportées. 50
7. Procédé selon la revendication 6 dans lequel les nervures (N) sont rapportées par collage. 55
8. Procédé selon la revendication 7 dans lequel la colle utilisée pour le collage est de type silicone. 60
9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8 **caractérisé en ce qu'il** comprend :
 - une étape de fabrication d'un moule (MI),
 - une étape d'élaboration de la membrane (M) sur le moule (MI),
 - une étape d'élaboration des nervures (N),
 - une étape d'assemblage des nervures (N) directement sur la face opposée (Fopp) de la membrane (M) encore disposée sur le moule. 65
10. Procédé selon la revendication 9 dans lequel les nervures sont assemblées par un système d'encoche (Enc). 70
11. Procédé selon la revendication 10 comprenant en outre une étape de fixation des chapeaux (Chap). 75

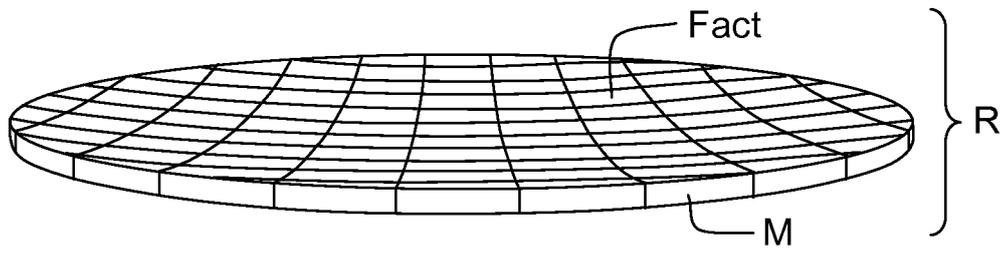


FIG.1a

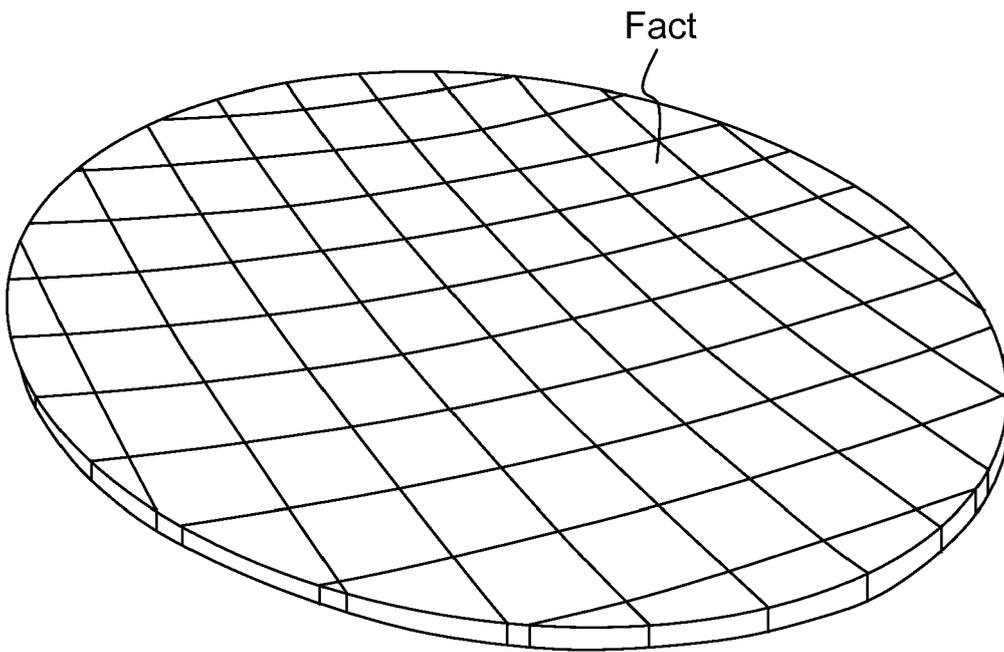


FIG.1b

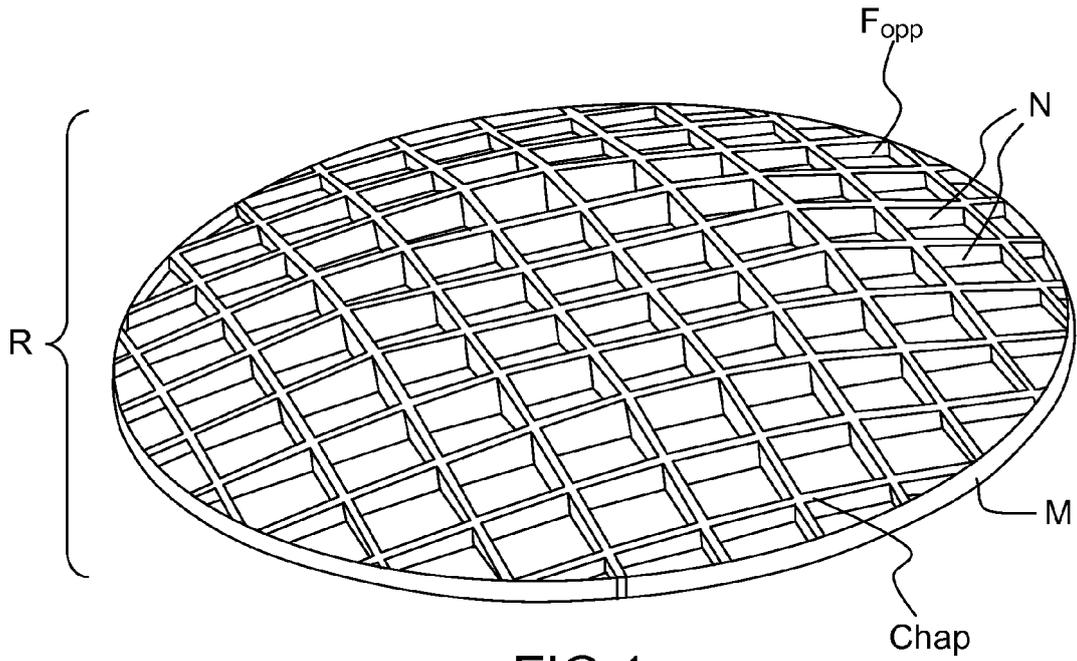


FIG.1c

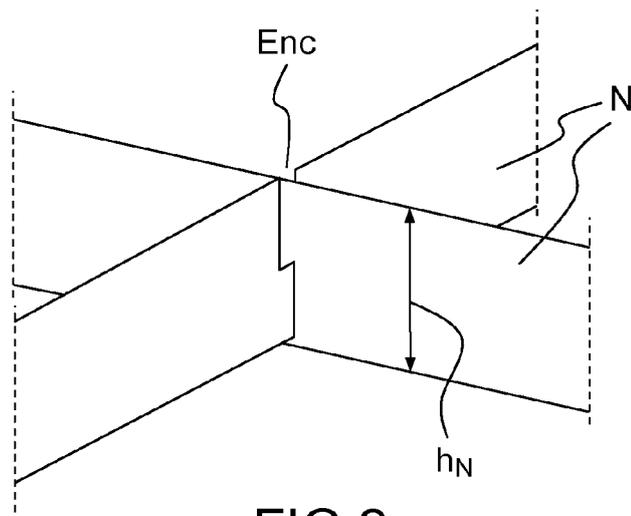


FIG.2

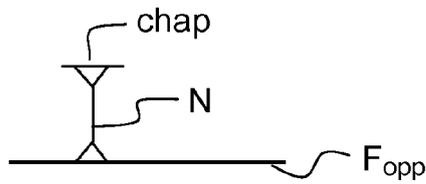


FIG.3

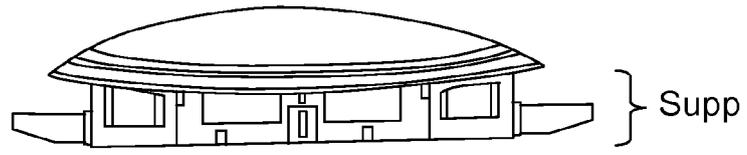


FIG. 4a

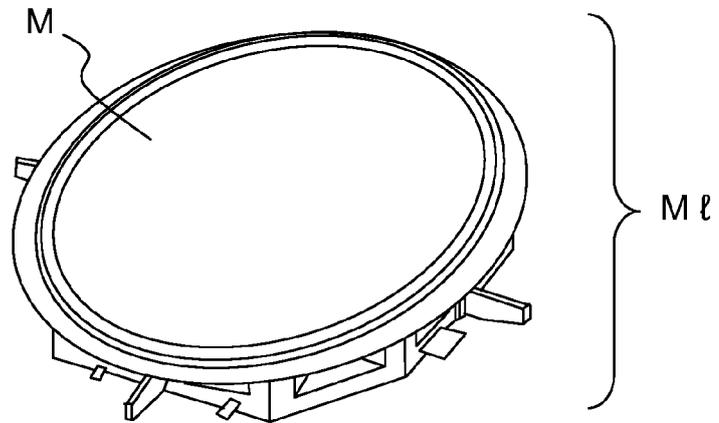


FIG. 4b

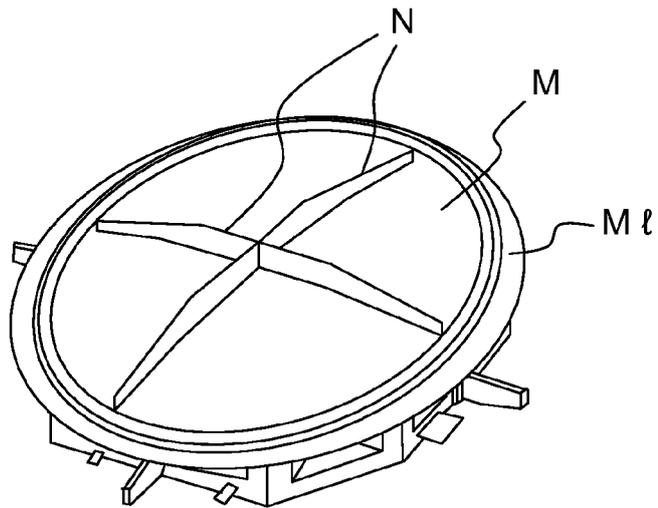


FIG. 4c



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 13 17 6732

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	FR 2 943 184 A1 (ANALYSE ET CONCEPTION DE STRUC [FR]) 17 septembre 2010 (2010-09-17) * le document en entier * -----	1-11	INV. H01Q15/14 H01Q1/28 H01Q15/16
Y	EP 1 835 565 A1 (SAAB AB [SE]) 19 septembre 2007 (2007-09-19) * le document en entier * -----	1-11	
Y	EP 0 948 085 A2 (TRW INC [US]) 6 octobre 1999 (1999-10-06) * le document en entier * -----	1-11	
A	US 2005/073467 A1 (KAWAHARA KENNETH W [US] ET AL) 7 avril 2005 (2005-04-07) * figures 1-3 * -----	1-11	
A	HERMAN HOLLAND: "Antennas are getting bigger and... Sandwich Construction Keeps Them In Shape", MISSILES AND ROCKETS,, vol. 3, no. 7, 1 juin 1958 (1958-06-01), page 89, XP001383428, * le document en entier * -----	3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 3 septembre 2013	Examineur Ribbe, Jonas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 13 17 6732

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.

03-09-2013

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2943184	A1	17-09-2010	AUCUN	

EP 1835565	A1	19-09-2007	EP 1835565 A1	19-09-2007
			US 2009219222 A1	03-09-2009
			WO 2007104674 A1	20-09-2007

EP 0948085	A2	06-10-1999	EP 0948085 A2	06-10-1999
			JP 3113242 B2	27-11-2000
			JP H11312921 A	09-11-1999
			US 6064352 A	16-05-2000

US 2005073467	A1	07-04-2005	AUCUN	

EPO FORM P0480

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