

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 736 213

21 N° d'enregistrement national : 96 07863

51 Int Cl⁶ : H 01 Q 21/00, 19/10, B 64 G 1/58

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 25.06.96.

30 Priorité : 30.06.95 US 502740.

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 03.01.97 Bulletin 97/01.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : MARTIN MARIETTA CORPORATION — US.

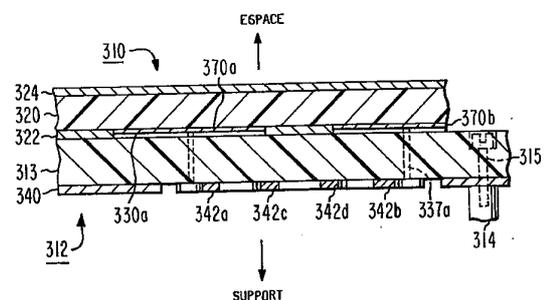
72 Inventeur(s) : AMORE LEO JOSEPH.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : CASALONGA ET JOSSE.

54 ANTENNE RESEAU POUR VAISSEAU SPATIAL.

57 Cette antenne comprend un réflecteur optique solaire (310), une feuille de matériau diélectrique transparent (320) et un miroir métallique (322) sur cette feuille. Pour permettre aux éléments d'antenne individuelle de rayonner l'énergie électromagnétique, le miroir métallique comporte des ouvertures (330). Aux endroits où se trouvent le miroir, le rayonnement solaire est réfléchi et la chaleur provenant de l'insolation est minimale. Aux endroits des ouvertures ménagées dans le miroir, le rayonnement solaire traverse le réflecteur optique solaire, ce qui peut avoir tendance à augmenter la température de la structure. Les ouvertures sont recouvertes d'une mince couche de semi-conducteur qui n'affecte pas la circulation de l'énergie électromagnétique. Le semi-conducteur réfléchit la lumière visible et émet également de l'énergie thermique ce qui permet un rayonnement de chaleur par les ouvertures afin de contribuer à régler les températures.



FR 2 736 213 - A1



" Antenne réseau pour vaisseau spatial "

10 La présente invention concerne les antennes pour vaisseaux ou engins spatiaux et elle a trait, plus particulièrement, à des antennes réseau de faible poids qui réfléchissent le rayonnement solaire et rayonnent la chaleur générée intérieurement.

15 La régulation thermique des vaisseaux spatiaux nécessite souvent d'utiliser des revêtements réflecteurs pour réduire le gain de chaleur provenant de l'exposition au rayonnement solaire. Toutefois, de tels revêtements ont tendance à nuire au fonctionnement des antennes. Le brevet U.S. 4 479 131

20 décrit un écran de protection thermique transparent au rayonnement radiofréquence (RF) et associé à une feuille de polyimide comportant une couche extérieure de germanium et une couche intérieure consistant en une configuration en forme de grille réalisée par aluminage. Le germanium est

25 transparent aux rayons infrarouges et réfléchit la lumière visible. Le brevet U.S. 5 215 824 décrit un recouvrement multicouche de régulation thermique, transparent au rayonnement radiofréquence (RF) et destiné à un vaisseau spatial, recouvrement dans lequel la couche réfléchissante

30 principale est une couche de peinture blanche qui est protégée par une couche extérieure transparente contre les dégradations entraînées par les particules chargées. Le brevet U.S. 5 283 592 décrit une membrane monocouche de protection contre le soleil qui est transparente au

35 rayonnement radiofréquence (RF) et dans laquelle une

peinture blanche constitue l'élément réfléchissant. Tous ces brevets décrivent des membranes ou des recouvrements qui sont appliqués sur une antenne simple ou sur son réflecteur. Toutefois, un réseau d'antenne comprend une pluralité
5 d'éléments d'antenne. On recherche un agencement perfectionné de régulation thermique pour une utilisation avec des réseaux d'antenne de faible poids.

Une antenne réseau qui peut trouver une utilisation sur un vaisseau spatial comprend une pluralité d'éléments
10 d'antenne dont chacun effectue un transfert d'énergie électromagnétique avec l'espace. Aux fins de la présente invention, une antenne transfère l'énergie quand elle reçoit de l'espace une énergie électromagnétique et couple cette énergie à une ligne de transmission (ou conducteur) ou quand
15 elle rayonne dans l'espace l'énergie qu'elle reçoit d'une source à son point d'alimentation. On empêche le réseau d'antenne d'absorber le rayonnement solaire à l'aide d'un substrat diélectrique comportant un côté orienté vers l'espace et un second côté. Le substrat est transparent à la
20 fois à la lumière visible et à l'énergie thermique et comporte un miroir métallique sur le second côté pour réfléchir le rayonnement solaire. Pour permettre au rayonnement électromagnétique de traverser le miroir métallique, ce miroir comporte des ouvertures ou fentes
25 associées aux éléments d'antenne et à travers lesquelles l'énergie électromagnétique qui est transférée peut circuler jusqu'à et depuis les éléments d'antenne et, de là, vers une source ou une charge, selon ce qui convient. Les ouvertures du miroir ont tendance à laisser passer le rayonnement
30 solaire, ce qui a tendance à chauffer le réseau d'antenne et ses structures de support. Les structures de support peuvent supporter d'autres équipements consommant de l'énergie électrique, comme par exemple des modules émetteurs/récepteurs associés à l'antenne réseau. Selon l'invention,
35 une couche de matériau semi-conducteur est appliquée sur le

matériau diélectrique, au moins aux endroits des ouvertures ménagées dans le miroir. La couche semi-conductrice est transparente à l'énergie thermique de sorte qu'un rayonnement d'énergie infrarouge ou de lumière peut avoir lieu à travers cette couche en permettant à la chaleur d'être rayonnée à travers les ouvertures, et la couche semi-conductrice a tendance aussi à réfléchir la lumière visible, ce qui tend à réduire la quantité de chaleur absorbée par suite de l'insolation. Le matériau semi-conducteur peut être du germanium ou du silicium. Le substrat transparent peut être du quartz ou du verre.

D'une façon générale l'antenne réseau selon la présente invention comportant une pluralité d'éléments d'antenne pour convertir en signaux des champs électromagnétiques, comprend:

un substrat diélectrique, sensiblement plan, qui est transparent à la lumière visible et à la lumière infrarouge, ledit substrat définissant une première surface ainsi qu'une seconde surface parallèle à ladite première surface;

une couche conductrice de l'électricité formant un miroir réfléchissant la lumière et se trouvant sur ladite seconde surface dudit substrat diélectrique, ladite couche formant miroir définissant une combinaison d'une pluralité d'ouvertures découvrant ledit substrat, ces ouvertures définissant lesdites antennes élémentaires, et au travers desquelles la composante électrique desdits champs électromagnétiques peut s'étendre dans le plan dudit miroir;

une surface de support couplée mécaniquement à ladite seconde surface dudit substrat diélectrique pour supporter ledit substrat diélectrique et ledit miroir;

grâce à quoi le rayonnement solaire tombant sur ladite antenne réseau et traversant ledit substrat diélectrique a tendance à être réfléchi par ladite couche formant miroir dans les régions qui se trouvent autour desdites ouvertures mais le rayonnement solaire tombant sur ledit substrat

diélectrique auxdites ouvertures a tendance à traverser ces ouvertures et peut être absorbé par ladite structure de support, en tendant, de façon indésirable, à augmenter la température de ladite structure de support et dudit
5 substrat; et

une mince couche de matériau semi-conducteur recouvrant ladite seconde surface dudit substrat dans la région desdites ouvertures, ladite couche de matériau semi-conducteur ayant tendance à réfléchir les composantes de lumière
10 visible dudit rayonnement solaire et à rayonner l'énergie infrarouge provenant du chauffage de ladite structure de support.

Cette antenne réseau présente aussi les caractéristiques suivantes prises isolément ou en combinaison:

15 - ledit matériau du substrat est du quartz;
- ledit matériau semi-conducteur est du germanium;
- ledit matériau semi-conducteur est du silicium;
- un moyen d'alimentation est en outre couplé à ladite couche formant miroir au voisinage d'au moins certaines
20 desdites ouvertures pour transférer les signaux entre chacune desdites antennes élémentaires et une source et/ou une charge;

- ledit moyen d'alimentation est associé à au moins une desdites ouvertures et comprend:

25 une cavité conductrice de l'électricité s'étendant dans un sens opposé auxdites première et seconde surfaces dudit substrat diélectrique; et

un moyen de couplage de cavité couplé à ladite cavité et à ladite source et/ou à ladite charge;

30 un corps de vaisseau spatial est couplé mécaniquement audit substrat, grâce à quoi ledit substrat et ledit corps sont maintenus dans une relation physique particulière;

un moyen excité électriquement et couplé à ladite antenne réseau est prévu pour amplifier des signaux correspondant
35 auxdits champs électromagnétiques et pour convertir au moins

une certaine partie de la puissance électrique en chaleur;
et

un moyen de génération d'énergie électrique supporté par ledit corps de vaisseau spatial est prévu pour générer de
5 l'énergie électrique et pour coupler ladite énergie électrique audit moyen de consommation d'énergie de puissance, grâce à quoi ledit moyen de consommation d'énergie électrique amplifie lesdits signaux et chauffe ladite structure de support.

10 Dans une variante, une antenne réseau selon l'invention comprend:

un panneau de circuits imprimés, sensiblement plat, définissant une pluralité d'antennes élémentaires;

une pluralité de moyens d'alimentation couplés audit
15 panneau de circuits imprimés pour transférer des signaux auxdites antennes élémentaires;

un moyen de support pour supporter au moins ledit panneau de circuits imprimés;

un moyen optique réflecteur de rayons solaires situé
20 mécaniquement au voisinage d'un premier côté dudit panneau de circuits imprimés, ledit moyen optique réflecteur de rayons solaires comprenant une feuille sensiblement plane d'un matériau diélectrique qui est transparent à la lumière visible et au rayonnement électromagnétique de
25 radiofréquence, ledit moyen optique réflecteur de rayons solaires comprenant aussi une couche formant miroir métallique sur un côté de ladite feuille de matériau diélectrique pour réfléchir la lumière visible, l'énergie thermique et le rayonnement électromagnétique de radio-
30 fréquence, ledit miroir métallique définissant des ouvertures coïncidant avec lesdites antennes élémentaires de manière à permettre ainsi au rayonnement électromagnétique généré par lesdits éléments d'antenne de traverser ladite ouverture et ladite feuille de matériau diélectrique et de
35 s'éloigner de ladite antenne réseau, grâce à quoi lesdites

ouvertures ménagées dans ledit miroir métallique permettent au rayonnement solaire de chauffer lesdits moyens de support; et

une couche de matériau semi-conducteur recouvrant ladite
5 feuille de matériau diélectrique auxdites ouvertures ménagées dans ledit miroir métallique, de manière à tendre ainsi à réfléchir le rayonnement solaire à l'endroit desdites ouvertures pour réduire le chauffage par insolation et à permettre à l'énergie thermique provenant dudit panneau
10 de circuits imprimés et de ladite structure de support de traverser lesdites ouvertures afin d'intensifier le refroidissement par rayonnement.

L'antenne selon cette variante présente les caractéristiques supplémentaires ci-après, prises isolément ou en
15 combinaison:

- ladite feuille de matériau diélectrique est une feuille de quartz;
- ledit matériau semi-conducteur est du germanium et du silicium;
- 20 - ladite structure de support est couplée mécaniquement à un corps de vaisseau spatial et ledit miroir métallique dudit moyen optique de réflexion des rayons solaires se trouve sur un côté de ladite feuille de matériau diélectrique qui se trouve à l'opposé d'un second côté de
25 ladite feuille de matériau diélectrique qui est orienté vers l'espace.

On va maintenant décrire la présente invention en se référant aux dessins annexés sur lesquels:

la figure 1 est une vue en perspective ou isométrique
30 simplifiée d'un vaisseau spatial décrivant des orbites autour d'un corps céleste;

la figure 2 est un schéma synoptique simplifié d'une antenne réseau qui peut être utilisée conjointement avec le vaisseau spatial de la figure 1;

35 la figure 3a est une vue éclatée simplifiée d'une portion

d'une antenne réseau à fentes selon la présente invention et la figure 3b est une vue en coupe de cette portion faite à travers des antennes élémentaires;

la figure 4a est une vue en plan d'une ouverture
5 rectangulaire de l'agencement de la figure 3a et la figure 4b est une vue en plan d'une autre forme d'ouverture que l'on peut utiliser;

la figure 5a est une vue en perspective ou isométrique éclatée simplifiée d'une autre antenne réseau selon
10 l'invention qui utilise des antennes à plaquettes, la figure 5b est une vue de l'agencement de la figure 5a à l'état assemblé, et la figure 5c est une vue en coupe éclatée d'une portion de l'agencement de la figure 5a; et

la figure 6a représente un agencement similaire à celui
15 de la portion illustrée sur la figure 3a, agencement dans lequel des antennes à plaquettes sont formées dans la structure analogue à un réflecteur optique solaire, et la figure 6b est une vue en coupe de cette structure, montrant une couche d'un matériau semi-conducteur dans les
20 intervalles présents dans la structure analogue à un réflecteur optique solaire.

La figure 1 est une vue en perspective ou isométrique simplifiée d'un vaisseau spatial 10 décrivant des orbites autour d'un corps céleste 12. Le vaisseau spatial 10
25 comprend un corps 14 qui supporte des premier et second panneaux solaires 16a et 16b au moyen d'éléments de support 18a et 18b, respectivement. Les panneaux solaires génèrent de l'énergie électrique destinée à faire fonctionner l'équipement électrique du vaisseau spatial. Le vaisseau
30 spatial 10 de la figure 1 supporte aussi une antenne réseau plane 20 au moyen d'un élément de support 21. L'antenne réseau 20 transmet des signaux vers un endroit (non représenté) associé au corps céleste 12, et reçoit des signaux de cet endroit, à des fins de communication ou de
35 détection.

La figure 2 est un schéma synoptique simplifié d'un réseau d'antenne 220 qui peut être utilisé conjointement avec l'antenne réseau 20 de la figure 1. Sur la figure 2, des antennes élémentaires 210a, 210b, 210c, 210d, 210e, ...
5 sont représentées comme étant disposées dans un plan 212. Les éléments d'antenne sont désignés, de façon globale, comme étant les éléments d'antenne 210. Chaque élément d'antenne 210 est associé à un module ou bloc émetteur/récepteur (TR ou T/R) 214. Plus spécifiquement,
10 l'élément d'antenne 210a est associé à un module TR 214a; l'élément d'antenne 210b est associé à un module TR 214b; l'élément d'antenne 210c est associé à un module TR 214c; l'élément d'antenne 210d est associé à un module TR 214d; et l'élément d'antenne 210e est associé à un module TR 214e.
15 Les modules TR, comme il est bien connu dans la technique, assurent au moins une commande de phase du signal de fréquence radio (RF) appliqué (dans un contexte d'émission) à l'élément d'antenne associé ou reçu (dans un contexte de réception) de cet élément, de telle manière que le diagramme
20 de rayonnement net de l'antenne réseau possède les propriétés directionnelles voulues. Les modules TR peuvent aussi amplifier le signal reçu à l'aide d'un amplificateur à faible bruit et amplifier les signaux à émettre à l'aide d'un amplificateur de puissance, et remplissent d'autres
25 fonctions connues.

Les modules TR de l'agencement de la figure 2 couplent les éléments d'antenne à un dispositif de formation de faisceaux référencé 230 dans son ensemble. Comme représenté sur la figure 2, les modules TR 214a et 214b sont couplés à
30 un diviseur de puissance ou à un combineur de puissance 216a du dispositif 230 de formation de faisceaux, ce diviseur ou combineur divisant les signaux (mode émission) ou additionnant les signaux (mode réception). De façon similaire, les modules TR 214c et 214d sont couplés à un
35 diviseur de puissance ou à un combineur de puissance 216b

qui divise ou additionne les signaux. Le module TR 214e et un autre module TR non représenté sont reliés à un diviseur/combinateur 216c. Les diviseurs/combinateurs de puissance 216a et 216b sont couplés à un
5 diviseur/combinateur de puissance 218a d'un autre niveau de hiérarchie, et le diviseur/combinateur de puissance 216c est couplé, de façon similaire, à d'autres diviseurs/combinateurs d'autres niveaux de hiérarchie (non représentés). Les diviseurs/combinateurs de puissance de
10 chaque niveau de hiérarchie sont couplés à des niveaux supérieurs jusqu'à ce qu'un seul diviseur/combinateur de puissance, désigné par la référence 220 sur la figure 2, fournisse un seul point d'entrée/sortie 222 par lequel le signal RF peut accéder au réseau d'antenne. De tels
15 dispositifs de formation de faisceaux du type arborescent sont bien connus dans la technique pour alimenter les éléments d'une antenne réseau. D'autres types de dispositifs de formation de faisceaux peuvent être utilisés, si on le désire.

20 La figure 3a est une vue éclatée simplifiée d'une portion d'une antenne réseau selon la présente invention et la figure 3b est une vue en coupe de cette portion, faite à travers des antennes élémentaires. Sur la figure 3a, une structure 310 analogue à un réflecteur optique solaire (OSR)
25 est représentée comme étant détachée d'un panneau d'alimentation 312 à circuits imprimés, panneau qui, à son tour, est supporté par une pluralité de vis et de colonnettes de support filetées, dont un ensemble est représenté sous les références 314 et 315. La structure 310
30 analogue à un récepteur optique solaire comprend une feuille diélectrique 320 qui est transparente au rayonnement ou signaux électromagnétiques RF et à la lumière visible. La feuille diélectrique 320 possède un pouvoir émissif élevé vis-à-vis de l'énergie thermique infrarouge (IR) rayonnée.
35 La feuille diélectrique 320 peut être, par exemple, une

feuille de quartz. La feuille diélectrique 320 comporte une première surface large orientée vers l'espace ainsi qu'une seconde surface large orientée vers le panneau d'alimentation 312. Le côté de la feuille diélectrique 320 orienté vers le panneau d'alimentation 312 est revêtu par un miroir métallique 322 qui peut être, par exemple, de l'or, de l'argent ou de l'aluminium et qui, conjointement avec la feuille diélectrique 320, forme un rétroréfecteur qui renvoie vers l'espace tout rayonnement solaire de lumière visible ou d'infrarouges. Comme il est bien connu dans la technique, il peut être souhaitable qu'une surface supplémentaire conductrice de l'électricité et de forte résistivité, comme par exemple la surface 324, orientée vers l'espace, égalise la répartition des charges électriques sur les surfaces qui peuvent être exposées à un flux de particules chargées. Une telle surface conductrice de l'électricité et de forte résistivité peut être réalisée à l'aide d'une mince couche transparente d'oxyde d'indium-étain, qui est connectée, de façon voulue, à un endroit (non représenté) du corps du vaisseau spatial.

Selon une caractéristique de la présente invention, les antennes élémentaires du réseau d'antenne se présentent sous la forme d'ouvertures ou fentes définies dans la couche formant miroir métallique 322, ou comprennent ces ouvertures ou fentes. La séparation entre les antennes élémentaires du réseau est déterminée par les caractéristiques désirées du réseau et est sélectionnée d'une manière bien connue. Ainsi, l'espacement entre les ouvertures de l'agencement des figures 3a et 3b est établi en fonction du réseau d'antenne. Comme représenté sur les figures 3a et 3b, la couche formant miroir 322 définit une pluralité d'ouvertures rectangulaires 330a, 330b, 330c et 330d. Chaque ouverture 330a, 330b, 330c et 330d est dimensionnée de manière que sa circonférence ou son périmètre soit approximativement égal à une longueur d'onde complète λ à la fréquence désirée du rayonnement RF.

Chaque ouverture 330a, 330b, 330c et 330d d'antenne élémentaire comporte une paire de points d'alimentation 332a, 332b qui sont diamétralement opposés l'un à l'autre et sont centrés sur le côté le plus long des ouvertures 5 rectangulaires. Une telle disposition place les points d'alimentation électriquement à 180° l'un de l'autre et procure un réglage d'impédance. Quand un signal RF est appliqué entre les points d'alimentation 332a et 332b d'une ouverture quelconque 330 d'antenne élémentaire, cette 10 ouverture d'antenne élémentaire produit un rayonnement. Comme décrit ci-après, la présence du plan de masse associé au panneau d'alimentation à circuits imprimés a pour résultat de diriger le rayonnement vers l'espace. Les antennes élémentaires définies par les ouvertures 330a, 15 330b, 330c et 330d sur la figure 3a correspondent donc aux antennes élémentaires 210a, 210b, 210c et 210d du schéma synoptique de la figure 2.

Le panneau ou carte 312 de circuits imprimés procure les connexions entre les ouvertures 330a, 330b, 330c et 330d 20 d'antenne élémentaire et leurs modules TR respectifs et peut aussi relier mutuellement les diviseurs/coupleurs du dispositif 230 de formation de faisceaux de la figure 2. Le panneau ou carte 312 de circuits imprimés des figures 3a et 3b comprend un plan de masse 340 sur son côté orienté en 25 sens opposé de la structure 310 analogue à un réflecteur optique solaire. Le plan de masse 340 est découpé dans une région située autour d'une pluralité de bandes conductrices 342a, 342b, 342c et 342d qui s'étendent sur la surface inférieure du panneau ou carte 312 de circuits imprimés. Ces 30 bandes conductrices coopèrent avec le miroir métallique 322 pour former une ligne de transmission du type bien connu de "microbande" à l'aide duquel les signaux RF peuvent être transmis avec une faible perte. Plus particulièrement, la bande conductrice 342a s'étend sous le panneau 312 de 35 circuits imprimés jusqu'à un endroit 336a où une connexion

traversante ou intermédiaire conductrice 337a établit un contact avec le point d'alimentation 332a de l'ouverture 330a d'antenne élémentaire quand la structure 310 analogue à un réflecteur optique solaire est assemblée avec le panneau 5 312 de circuits imprimés. De façon similaire, la bande conductrice 342b s'étend sous le panneau 312 de circuits imprimés jusqu'à un endroit 336a où une connexion intermédiaire ou traversante conductrice (non représentée) établit un contact avec le point d'alimentation 332a de 10 l'ouverture 330b d'antenne élémentaire quand la structure 310 analogue à un réflecteur optique solaire est assemblée avec le panneau 312 de circuits imprimés. Les bandes conductrices 342c et 342d s'étendent sous le panneau 312 de circuits imprimés jusqu'à d'autres endroits 336a où d'autres 15 connexions conductrices (non représentées) établissent un contact avec les points d'alimentation 332c et 332d, respectivement, des ouvertures 330c et 330d d'antenne élémentaire quand la structure 310 analogue à un réflecteur optique solaire est assemblée avec le panneau 312 de 20 circuits imprimés. Les autres points d'alimentation des ouvertures d'antenne sont connectés par des connexions intermédiaires ou traversantes au plan de masse 340 du panneau 312 de circuits imprimés. Plus particulièrement, quand la structure 310 analogue à un réflecteur optique 25 solaire est assemblée avec le panneau 312 de circuits imprimés, les points d'alimentation 332b de chacune des ouvertures 330a, 330b, 330c et 330d d'antennes élémentaires sont reliés par des connexions intermédiaires ou traversantes (non représentées) au plan de masse 340 à des 30 endroits 336b du panneau 312 de circuits imprimés.

L'agencement des figures 3a et 3b décrit jusqu'ici alimente donc les ouvertures d'antenne élémentaire avec un ensemble de signaux qui ont été déphasés de façon appropriée pour amener le réseau, dans son ensemble, à rayonner un ou 35 plusieurs faisceaux dans des directions particulières. La

présence du plan de masse 340 et des autres conducteurs sur le côté inférieur du panneau 312 de circuits imprimés empêche un rayonnement dans des directions autres que vers l'espace.

5 Le panneau ou carte 312 de circuits imprimés des figures 3a et 3b est supporté par une pluralité de colonnettes ou piliers similaires à la colonnette 314, sur d'autres structures de support du vaisseau spatial. Chaque colonnette 314 reçoit une vis dont une est référencée 315 et dont la
10 tête est encastrée dans le panneau 312 de manière à ne pas gêner la structure 310 analogue à un réflecteur optique solaire.

La présence des ouvertures 330 dans la couche 322 formant miroir réflecteur a pour effet de permettre à certains des
15 rayons ou radiations solaires qui tombent sur l'antenne réseau de traverser cette couche pour être absorbés par les structures intérieures. Dans l'agencement représenté sur les figures 3a et 3b, le rayonnement solaire qui arrive de l'espace et traverse les ouvertures 330 est absorbé par le
20 panneau d'alimentation 312 à circuits imprimés. Ce rayonnement solaire est indésirable car il élève la température du panneau de circuits imprimés. Le panneau de circuits imprimés peut uniquement perdre de la chaleur en direction du haut en conduisant la chaleur jusqu'à la
25 structure 310 analogue à un réflecteur optique solaire et en permettant à l'augmentation de température de la structure 310 de se traduire en rayonnement infrarouge par le substrat 320 en quartz. Une certaine partie de la chaleur peut être
30 extraite dans la direction opposée, c'est-à-dire vers le bas, mais la structure, dans cette direction, peut être complexe en raison de la nécessité de supporter les modules TR ainsi que d'autres équipements électriques, et de répartir les câbles de commande et d'acheminement de signaux. Le problème que pose l'extraction de la chaleur
35 depuis l'intérieur du réseau d'antenne se trouve amplifié

lorsque les modules TR et autres équipements génèrent de grandes quantités de chaleur, ce qui peut être le cas quand chaque module TR comprend un amplificateur de puissance RF.

Selon une caractéristique de l'invention, les ouvertures
5 330a, 330b, ... qui sont ménagées dans le miroir métallique
322 des figures 3a et 3b et qui définissent les antennes
élémentaires, sont recouvertes par une couche d'un matériau
semi-conducteur, tel que le silicium ou le germanium. Le
matériau semi-conducteur est un matériau intrinsèque (non
10 dopé) ou seulement légèrement dopé, de sorte qu'il présente
une résistivité élevée et n'a que peu ou pas d'effet sur le
rayonnement RF. Le matériau semi-conducteur tend à réfléchir
le rayonnement solaire mais possède un fort pouvoir émissif
vis-à-vis de l'énergie thermique, ce qui fait qu'il tend à
15 réfléchir la charge de chaleur due à la lumière visible et
permet le rayonnement de l'énergie thermique dû à la
température des structures internes de l'antenne réseau,
cette température, dans l'exemple représenté, étant la
température du panneau d'alimentation 312 à circuits
20 imprimés. La couche de matériau semi-conducteur associée à
l'ouverture 330a est référencée 370a sur la figure 3b tandis
que la couche de matériau semi-conducteur associée à
l'ouverture 330b est référencée 370b. Toutes les ouvertures
sont ainsi recouvertes. L'épaisseur de la couche de
25 germanium dans un mode de réalisation préféré de l'invention
est de 100 à 2000 angström (Å).

La figure 4a est une vue en plan d'une ouverture 330a des
figures 3a et 3b, cette vue montrant les points
d'alimentation 332a et 332b. La direction du champ
30 électrique instantané par suite de la conversion du signal
arrivant de l'espace est représentée par des flèches 410 en
traits interrompus. La figure 4b est une vue en plan d'une
autre ouverture 430 qui pourrait être utilisée et qui
comporte des parties d'extrémité circulaires agrandies de
35 manière à prendre une forme en "os de chien". On connaît un

grand nombre de ces formes et leur périmètre peut s'écarter d'une longueur d'onde (λ).

La figure 5a est une vue en perspective ou isométrique éclatée simplifiée d'une autre antenne réseau selon l'invention, la figure 5b étant une vue à l'état assemblé de l'agencement de la figure 5a et la figure 5c étant une vue en coupe éclatée d'une portion de l'agencement de la figure 5a. L'agencement des figures 5a, 5b et 5c comprend des antennes à "plaquettes" au lieu d'antennes à fentes. Sur la figure 5a, une structure analogue à un réflecteur optique solaire référencée 510 dans son ensemble comprend une feuille diélectrique 520 et un miroir métallique 522 sur son côté de dessous. Le côté, orienté vers l'espace, de la structure analogue à un réflecteur optique solaire peut, facultativement, être recouvert d'un film légèrement conducteur, comme par exemple une couche 524 d'oxyde d'indium-étain. Une autre carte ou panneau de circuits imprimés, référencé 512 dans son ensemble, comporte une feuille ou corps diélectrique supérieur 513, une feuille ou corps diélectrique inférieur 586, et un plan de masse électriquement conducteur 540 interposé entre les feuilles 513 et 586. Quatre plaquettes 580a, 580b, 580c et 580d, conductrices de l'électricité, sont supportées par la surface supérieure du corps diélectrique 513. Chacune des plaquettes constitue une antenne élémentaire du réseau d'antenne. Les plaquettes 580 conductrices de l'électricité sont formées par un métal déposé, réflecteur de la lumière. De façon idéale, les plaquettes 580 réfléchissent la lumière comme le miroir 520 analogue à un réflecteur optique solaire. Les antennes à plaquettes sont bien connues dans la technique et diffèrent des antennes à ouvertures ou à fentes principalement par le fait qu'elles ne nécessitent qu'un seul point d'alimentation, les champs électriques associés aux champs rayonnés étant générés entre la plaquette et un plan de masse voisin. Dans l'agencement de la figure 5a, le

plan de masse est une feuille conductrice 540 prise en sandwich entre les feuilles diélectriques 513 et 586. Les points d'alimentation pour les plaquettes 580a, 580b, 580c et 580d sont des points 582a, 582b, 582c et 582d respectivement. La capacité de chaque plaquette 580 par rapport à la masse 586 forme le trajet par lequel le courant d'antenne RF circule pour provoquer le rayonnement RF désiré.

Des points d'alimentation 582a, 582b, 582c et 582d des plaquettes 580a, 580b, 580c et 580d sont reliés, respectivement, par des connexions ou fils conducteurs, dont l'un est référencé 590a sur la figure 5c, jusqu'aux plots formant bornes, dont l'un est référencé 592a sur les figures 5a et 5c, des lignes de transmission 542a, 542b, 542c et 542d, respectivement. A ce sujet, l'agencement des figures 5a, 5b et 5c est similaire à celui des figures 3a et 3b.

Pendant le fonctionnement du réseau d'antenne à plaquettes des figures 5a, 5b et 5c, le signal RF à transmettre est généré de façon appropriée et est déphasé si nécessaire puis appliqué, par l'intermédiaire des lignes de transmission 542a, 542b, 542c et 542d, à des points d'alimentation 582a, 582b, 582c et 582d des plaquettes 580a, 580b, 580c et 580d, respectivement. En réponse à la circulation du courant RF, les plaquettes 580a, 580b, 580c et 580d rayonnent des signaux électromagnétiques à travers les ouvertures 530a, 530b, 530c et 530d, respectivement. La présence de la couche 522 qui forme un miroir conducteur de l'électricité et que comporte la structure 510 affecte l'impédance de la plaquette et également influence la capacité de la plaquette à rayonner. D'une façon générale, plus les ouvertures 530a, 530b, 530c et 530d sont grandes, mieux la plaquette associée fonctionnera comme radiateur de signal électromagnétique. A mesure que l'ouverture devient plus petite, la résistance au rayonnement que présente la plaquette associée diminue, ce qui réduit le rendement de

l'antenne ou tout au moins la largeur de bande instantanée. De ce fait, du point de vue d'une plaquette 580 d'antenne à plaquettes, l'ouverture associée 530 devrait être aussi grande que possible. Toutefois, la nécessité de réduire
5 l'insolation commande que la surface orientée vers l'espace soit le plus possible recouverte par la couche-miroir 522 ou par la couche réflectrice formant plaquette 580. On résout ce dilemme en recouvrant l'intervalle entre l'antenne à plaquettes et le miroir avec un matériau semi-conducteur,
10 tel que du germanium ou du silicium, mais qui pourrait être de l'arséniure de gallium ou tout autre semi-conducteur. Le semi-conducteur est de préférence du type intrinsèque ou seulement légèrement dopé afin de conserver sa résistivité élevée de manière à ne pas affecter notablement le
15 rayonnement électromagnétique qui traverse l'intervalle entre les parties de miroir conductrices de l'électricité (entre la couche-miroir 522 et les couches-plaquettes réflectrices 580a, 580b, etc.).

Plus spécifiquement, en se référant à la figure 5b, on
20 voit que les régions hachurées référencées 594a, 594b, 594c et 594d sont les intervalles ou fentes compris entre les bords de la couche-miroir 522 aux ouvertures 530a, 530b, 530c et 530d et les couches réflectrices 580a, 580b, 580c et 580d d'antenne à plaquettes. Les régions hachurées 594a,
25 594b, 594c et 594d ne sont pas réflectrices et permettent au rayonnement solaire de passer depuis le côté de la structure qui est orienté vers l'espace jusqu'à la couche 512 où il peut être absorbé avec pour conséquence l'augmentation de température nuisible associée. Selon l'invention, au moins
30 une portion de chaque ouverture 530a, 530b, 530c et 530d associée à un intervalle 594a, 594b, 594c et 594d est recouverte de semi-conducteur. Comme représentée sur la figure 5c, l'ouverture complète 530a est recouverte par une couche semi-conductrice 570.

35 La figure 6a est une vue en perspective ou isométrique

simplifiée d'une portion d'une antenne réseau selon la présente invention. Sur la figure 6a, on voit qu'une structure 610 analogue à un réflecteur optique solaire comprend une feuille diélectrique 620 qui est transparente
5 au rayonnement RF et à la lumière visible, comme par exemple le quartz mentionné ci-dessus. Le côté de la feuille diélectrique 320 qui est orienté vers le support est revêtu avec un miroir métallique 622 formant un réflecteur de surface arrière. Une autre couche 624 d'oxyde d'indium-étain
10 revêt le côté de la feuille 620 qui est orienté vers l'espace. Les antennes élémentaires du réseau (une seule antenne élémentaire est représentée sur la figure 6a) sont des antennes-plaquettes que l'on forme dans la couche-miroir 622 par gravure après que le miroir 622 a été déposé ou
15 par un dépôt, à travers un masque, du matériau du miroir. L'intervalle ne formant pas miroir est représenté sous la forme d'un intervalle 30 ayant une forme rectangulaire qui définit une antenne-plaquette élémentaire 680. Les points d'alimentation de la plaquette 680 sont référencés 632a et
20 632b. La figure 6b est une coupe de l'agencement de la figure 6a telle que vue dans la direction des flèches 6b-6b. Sur la figure 6b, on voit que les intervalles 630 contiennent une couche de matériau semi-conducteur pour réfléchir la lumière visible tombant sur ces intervalles
25 tout en contribuant à réduire l'insolation.

Il est bien entendu que la description qui précède n'est donnée qu'à titre purement illustratif et non limitatif et que des variantes ou des modifications peuvent y être
30 l'on ait représenté une seule antenne réseau 20 sur la figure 1, un engin spatial peut comporter une pluralité d'antennes réseau. Bien que l'on ait représenté un seul réseau, lequel peut être utilisé à la fois pour l'émission et la réception, on pourrait utiliser des antennes
35 d'émission et de réception séparées et chacune pourrait

avoir recours à un dispositif de formation de faisceaux
séparé en éliminant ainsi la nécessité de modules T/R et en
permettant l'utilisation de modules d'émission ou de
réception séparés, comme il convient. Bien que les antennes-
5 plaquettes aient été représentées comme comportant un seul
point d'alimentation, l'alimentation des antennes-plaquettes
par une pluralité de bornes est bien connue.

REVENDICATIONS

5 1. Antenne- réseau comportant une pluralité d'éléments
d'antenne pour convertir en signaux des champs
électromagnétiques, ledit réseau étant caractérisé par le
fait qu'il comprend:

un substrat diélectrique (320) , sensiblement plan, qui
10 est transparent à la lumière visible et à la lumière
infrarouge, ledit substrat définissant une première surface
ainsi qu'une seconde surface parallèle à ladite première
surface;

une couche conductrice de l'électricité formant un miroir
15 (322) réfléchissant la lumière et se trouvant sur ladite
seconde surface dudit substrat diélectrique, ladite couche
formant miroir définissant une combinaison d'une pluralité
d'ouvertures (330 a-d) découvrant ledit substrat, ces
ouvertures définissant lesdites antennes élémentaires, et au
20 travers desquelles la composante électrique desdits champs
électromagnétiques peut s'étendre dans le plan dudit miroir;

une surface de support couplée mécaniquement à ladite
seconde surface dudit substrat diélectrique pour supporter
ledit substrat diélectrique et ledit miroir;

25 grâce à quoi le rayonnement solaire tombant sur ladite
antenne réseau et traversant ledit substrat diélectrique a
tendance à être réfléchi par ladite couche formant miroir
dans les régions qui se trouvent autour desdites ouvertures
mais le rayonnement solaire tombant sur ledit substrat
30 diélectrique auxdites ouvertures a tendance à traverser ces
ouvertures et peut être absorbé par ladite structure de
support, en tendant, de façon indésirable, à augmenter la
température de ladite structure de support et dudit
substrat; et

35 une mince couche de matériau semi-conducteur recouvrant

ladite seconde surface dudit substrat dans la région des-
dites ouvertures, ladite couche de matériau semi-conducteur
ayant tendance à réfléchir les composantes de lumière
visible dudit rayonnement solaire et à rayonner l'énergie
5 infrarouge provenant du chauffage de ladite structure de
support.

2. Antenne réseau selon la revendication 1, caractérisé par
le fait que ledit matériau du substrat est du quartz.

10

3. Antenne réseau selon la revendication 1, caractérisé par
le fait que ledit matériau semi-conducteur est du germanium.

4. Antenne réseau selon la revendication 1, caractérisé par
15 le fait que ledit matériau semi-conducteur est du silicium.

5. Antenne réseau selon la revendication 1, caractérisé par
le fait qu'il comprend, en outre, un moyen d'alimentation
couplé à ladite couche formant miroir au voisinage d'au
20 moins certaines desdites ouvertures pour transférer les
signaux entre chacune desdites antennes élémentaires et une
source et/ou une charge.

6. Antenne réseau selon la revendication 5, caractérisé par
25 le fait que ledit moyen d'alimentation est associé à au
moins une desdites ouvertures et comprend:

une cavité conductrice de l'électricité s'étendant dans
un sens opposé auxdites première et seconde surfaces dudit
substrat diélectrique; et

30 un moyen de couplage de cavité couplé à ladite cavité et
à ladite source et/ou à ladite charge.

7. Antenne réseau selon la revendication 1, caractérisé par
le fait qu'il comprend, en outre:

35 un corps de vaisseau spatial (10) couplé mécaniquement

audit substrat, grâce à quoi ledit substrat et ledit corps sont maintenus dans une relation physique particulière;

un moyen excité électriquement et couplé à ladite antenne réseau pour amplifier des signaux correspondant auxdits
5 champs électromagnétiques et pour convertir au moins une certaine partie de la puissance électrique en chaleur; et

un moyen de génération d'énergie électrique supporté par ledit corps de vaisseau spatial pour générer de l'énergie électrique et pour coupler ladite énergie électrique audit
10 moyen de consommation d'énergie de puissance, grâce à quoi ledit moyen de consommation d'énergie électrique amplifie lesdits signaux et chauffe ladite structure de support.

8. Antenne réseau caractérisée par le fait qu'elle comprend:
15 un panneau (512) de circuits imprimés, sensiblement plat, définissant une pluralité d'antennes élémentaires (580 a-d;

une pluralité de moyens d'alimentation couplés audit panneau de circuits imprimés pour transférer des signaux auxdites antennes élémentaires;

20 un moyen de support (314-315) pour supporter au moins ledit panneau de circuits imprimés;

un moyen optique (510) réflecteur de rayons solaires situé mécaniquement au voisinage d'un premier côté dudit panneau de circuits imprimés, ledit moyen optique réflecteur
25 de rayons solaires comprenant une feuille (520) sensiblement plane d'un matériau diélectrique qui est transparent à la lumière visible et au rayonnement électromagnétique de radiofréquence, ledit moyen optique réflecteur de rayons solaires comprenant aussi une couche formant miroir
30 métallique sur un côté de ladite feuille de matériau diélectrique pour réfléchir la lumière visible, l'énergie thermique et le rayonnement électromagnétique de radiofréquence, ledit miroir métallique définissant des ouvertures (530 a-d) coïncidant avec lesdites antennes
35 élémentaires de manière à permettre ainsi au rayonnement

électromagnétique généré par lesdits éléments d'antenne de traverser ladite ouverture et ladite feuille de matériau diélectrique et de s'éloigner de ladite antenne réseau, grâce à quoi lesdites ouvertures ménagées dans ledit miroir
5 métallique permettent au rayonnement solaire de chauffer lesdits moyens de support; et

une couche de matériau semi-conducteur recouvrant ladite feuille de matériau diélectrique auxdites ouvertures ménagées dans ledit miroir métallique, de manière à tendre
10 ainsi à réfléchir le rayonnement solaire à l'endroit desdites ouvertures pour réduire le chauffage par insolation et à permettre à l'énergie thermique provenant dudit panneau de circuits imprimés et de ladite structure de support de traverser lesdites ouvertures afin d'intensifier le
15 refroidissement par rayonnement.

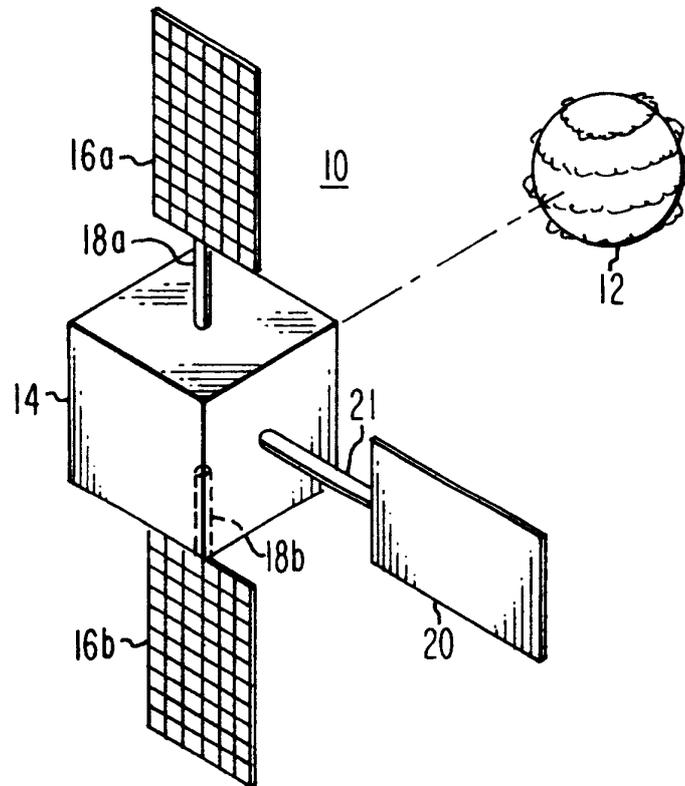
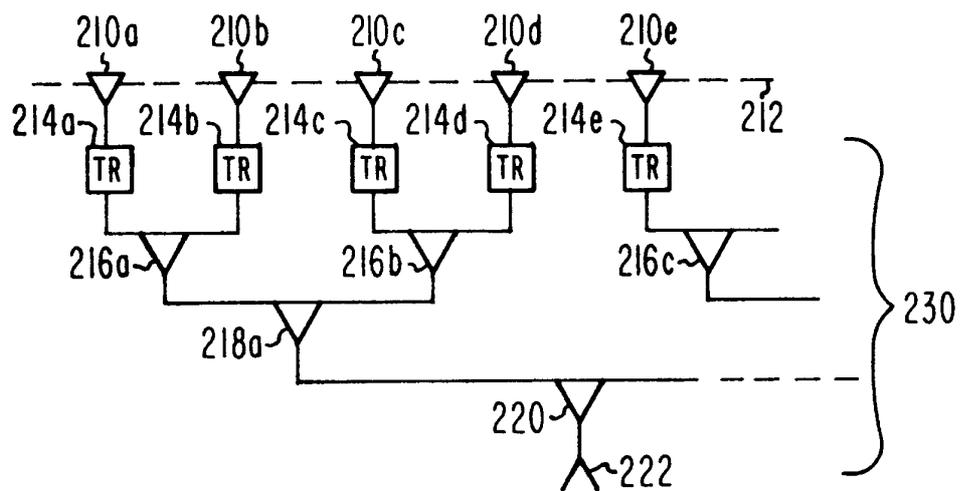
9. Antenne réseau selon la revendication 8, caractérisée par le fait que ladite feuille de matériau diélectrique est une feuille de quartz.

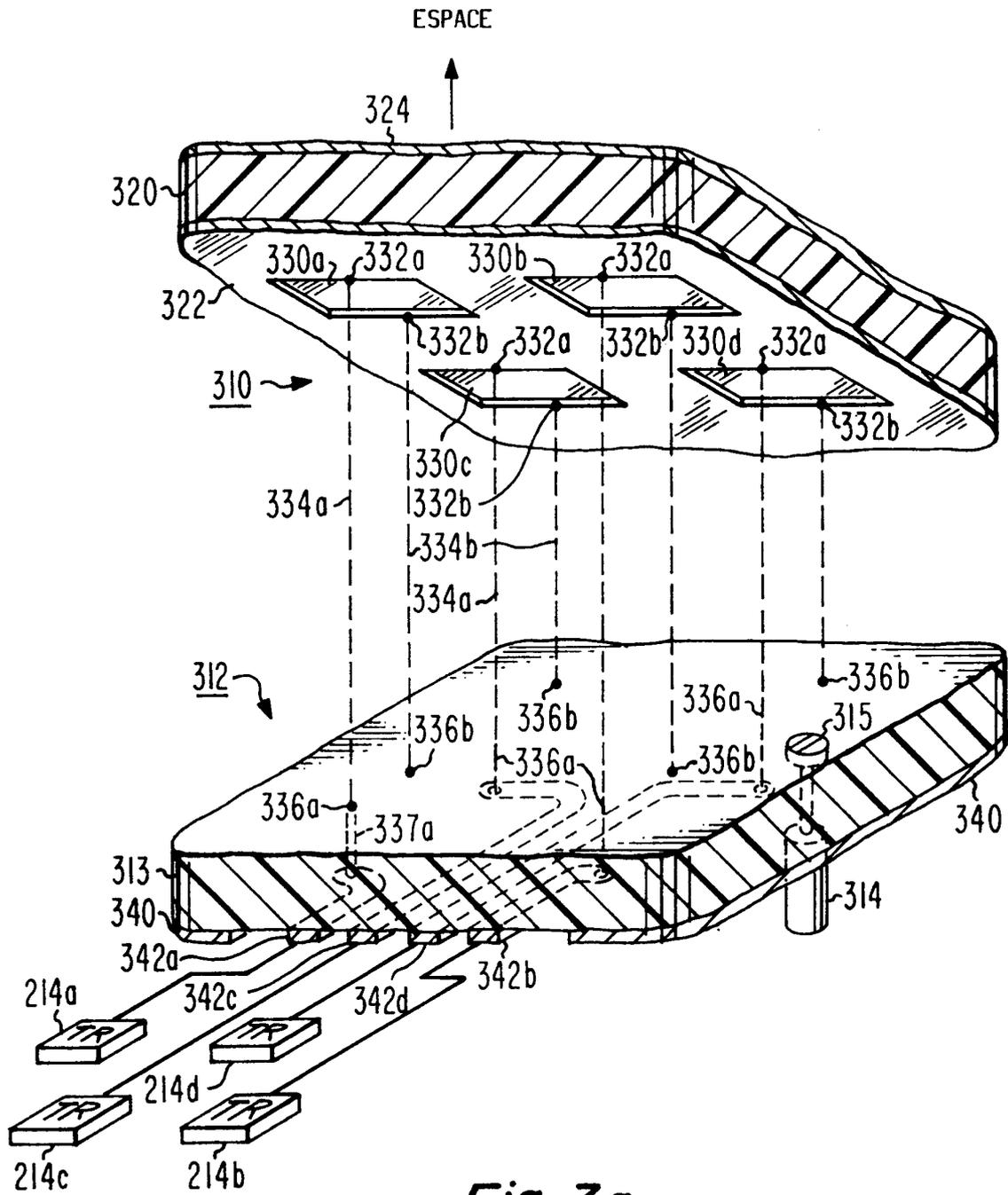
20

10. Antenne réseau selon la revendication 8, caractérisée par le fait que ledit matériau semi-conducteur est du germanium et du silicium.

25 11. Antenne réseau selon la revendication 8, caractérisée par le fait que ladite structure de support est couplée mécaniquement à un corps de vaisseau spatial et ledit miroir métallique dudit moyen optique de réflexion des rayons solaires se trouve sur un côté de ladite feuille de matériau
30 diélectrique qui se trouve à l'opposé d'un second côté de ladite feuille de matériau diélectrique qui est orienté vers l'espace.

-1/6

*Fig. 1**Fig. 2*



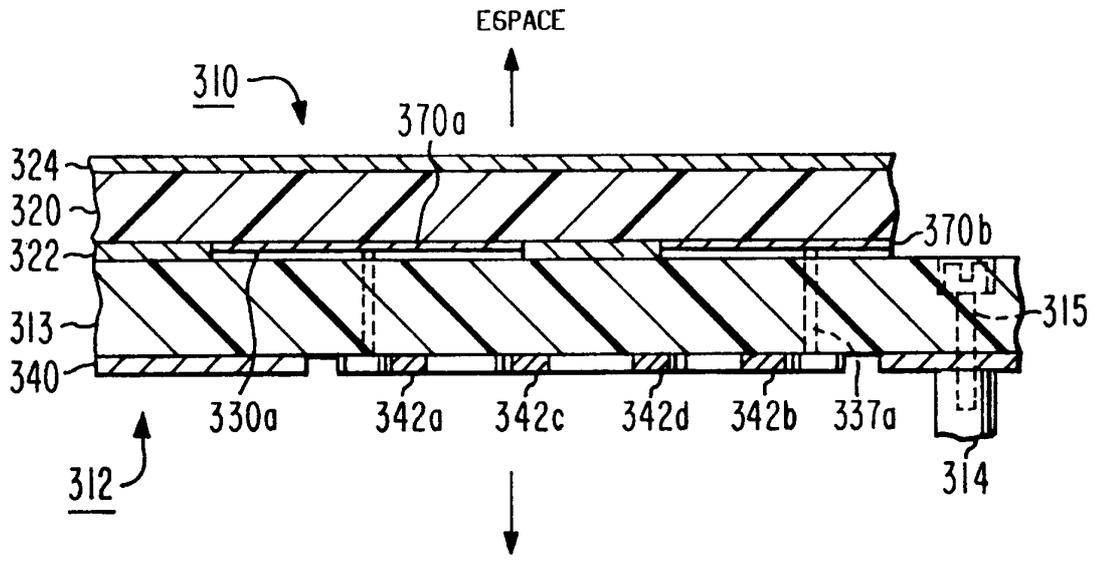


Fig. 3b

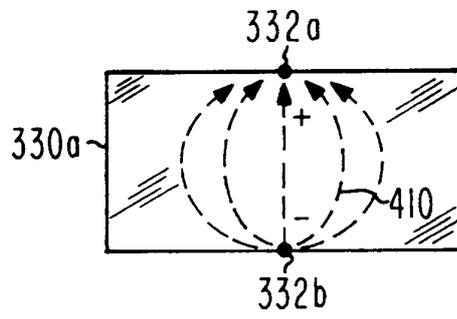


Fig. 4a

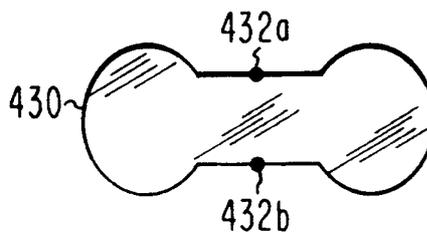
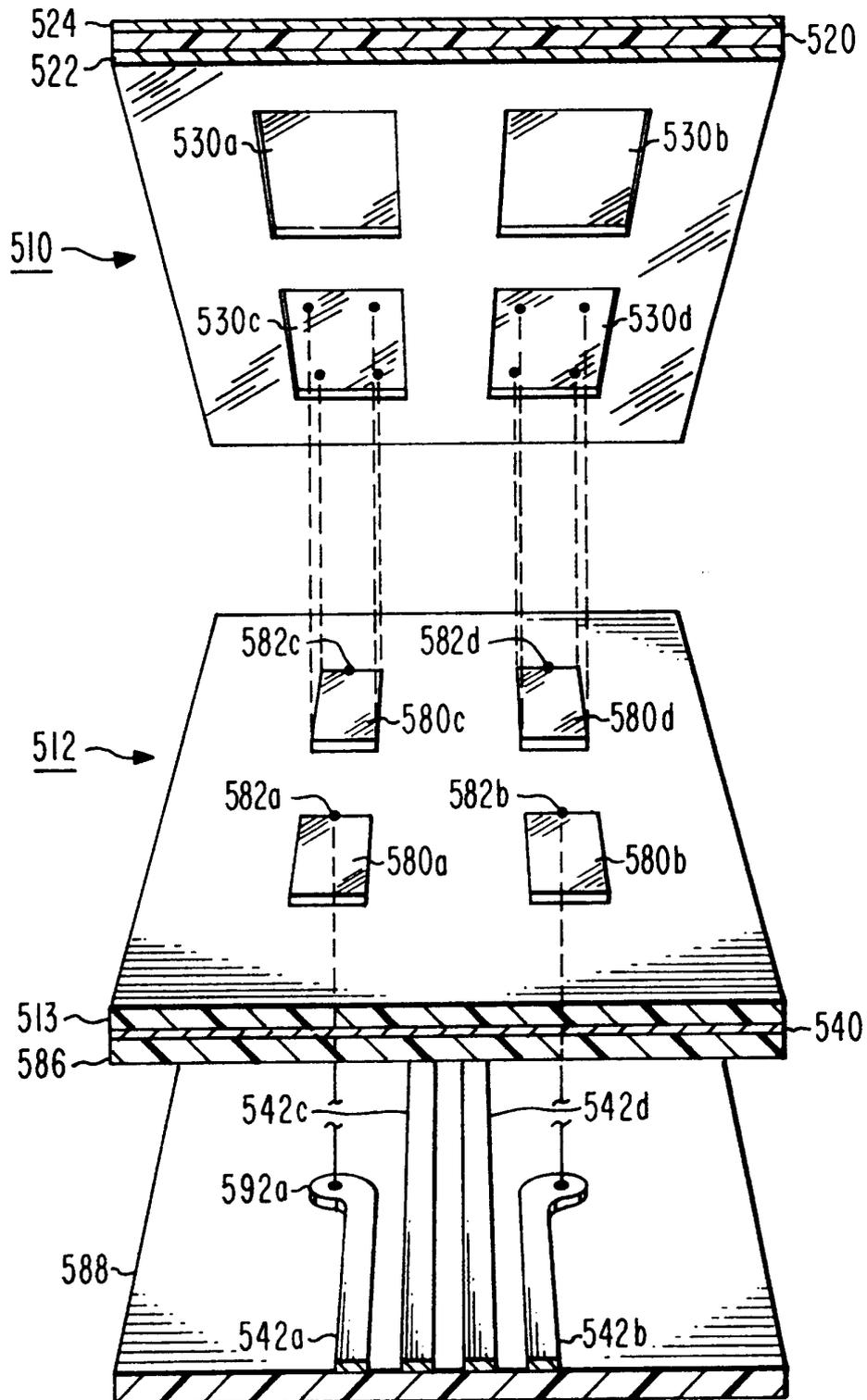


Fig. 4b

*Fig. 5a*

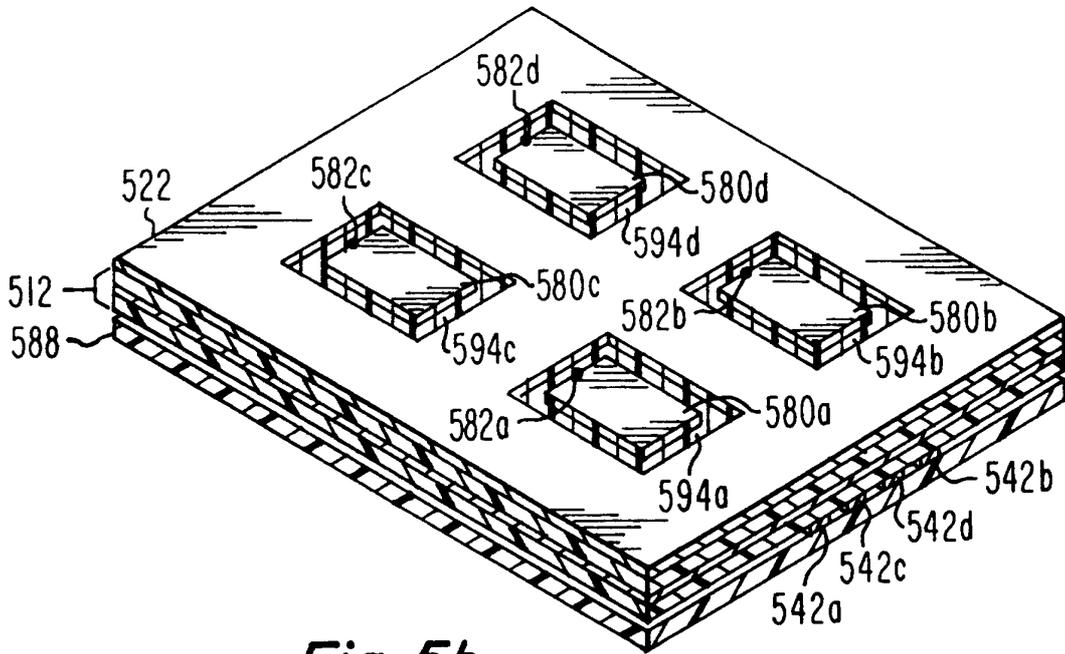


Fig. 5b

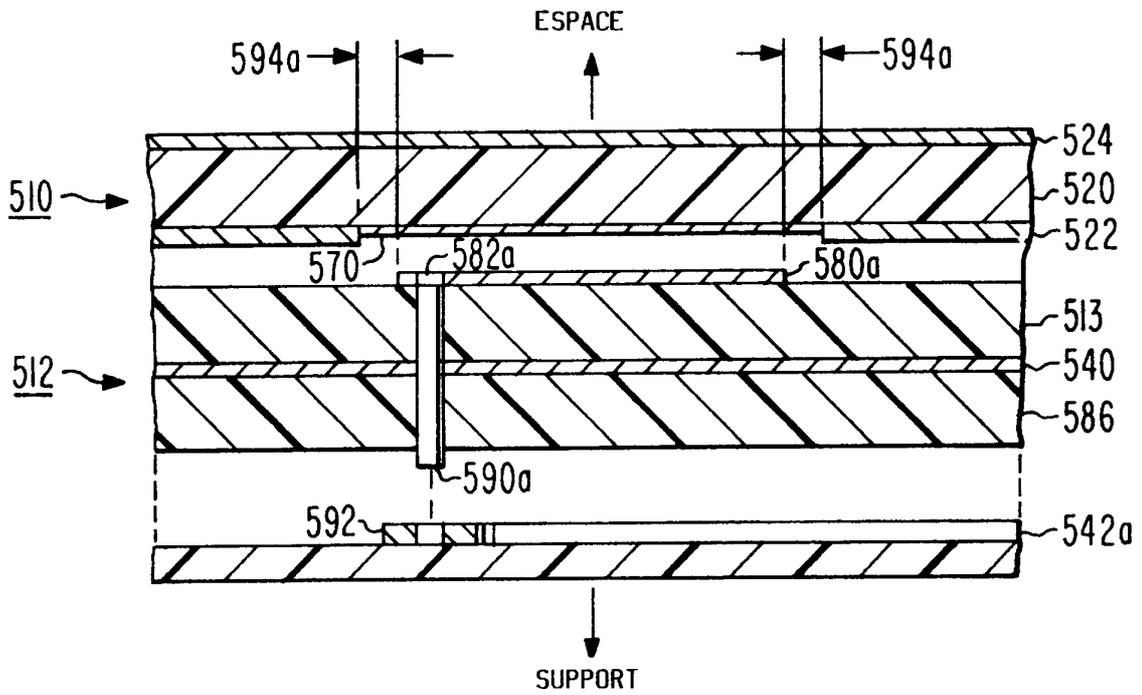
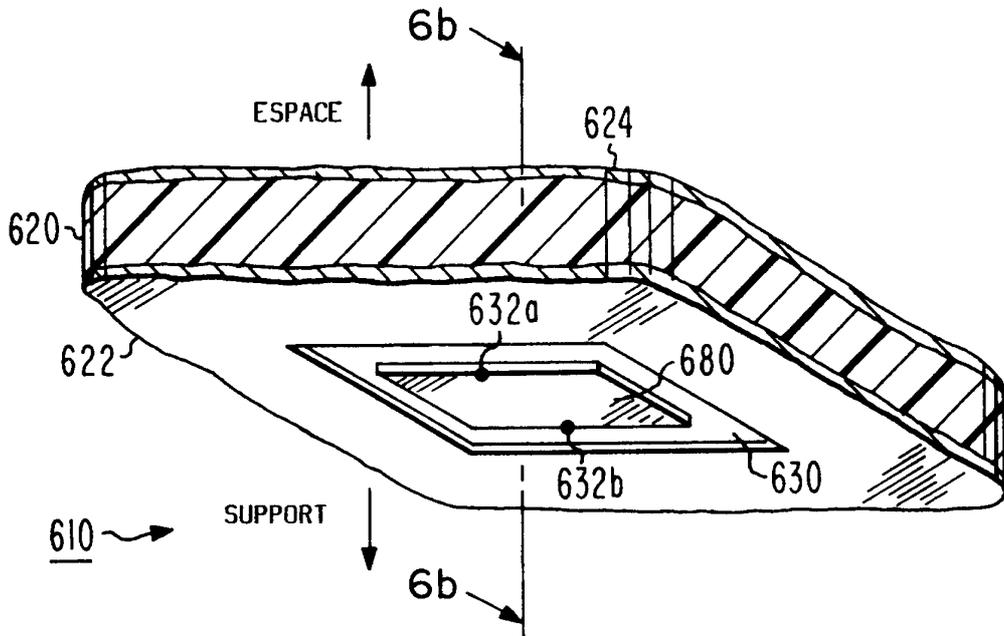
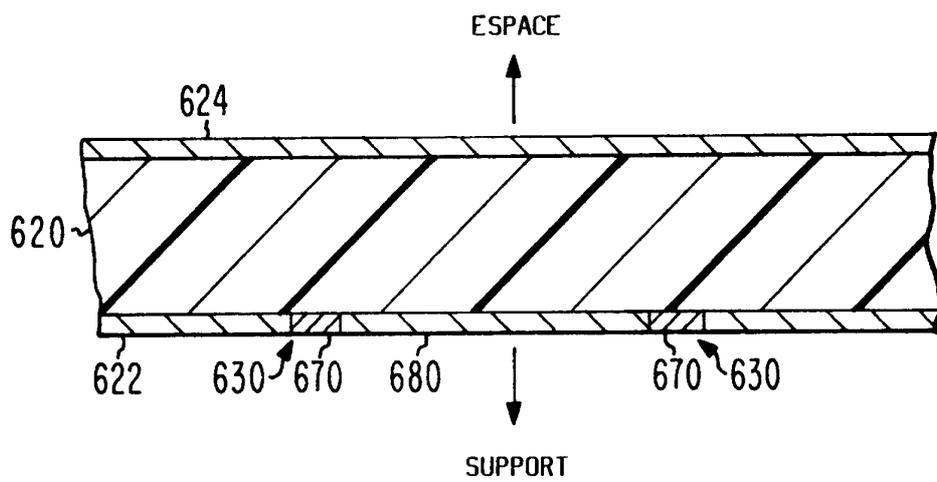


Fig. 5c

*Fig. 6a**Fig. 6b*