

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 210**

51 Int. Cl.:

**H01Q 15/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2011 E 11155056 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 2362489**

54 Título: **Membrana reflectante deformable para reflector reconfigurable , reflector de antena reconfigurable y antena que incluye tal membrana**

30 Prioridad:

**26.02.2010 FR 1000805**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**14.03.2013**

73 Titular/es:

**THALES (50.0%)  
45, rue de Villiers  
92200 Neuilly Sur Seine, FR y  
CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES  
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**SCHREIDER, LUDOVIC;  
DEPEYRE, SERGE;  
BELLOEIL, VICTORIEN;  
LEPELTIER, PHILIPPE y  
TAISANT, JEAN-PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 398 210 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Membrana reflectante deformable para reflector reconfigurable, reflector de antena reconfigurable y antena que incluye tal membrana

5 La presente invención se refiere a una membrana reflectante deformable para reflector reconfigurable, un reflector reconfigurable que incluye tal membrana y una antena que incluye tal reflector. Se aplica a cualquier reflector de antena del que se quiere modificar la forma del haz en servicio y más en particular, al ámbito de las aplicaciones espaciales tales como las telecomunicaciones por satélite.

10 Un procedimiento clásico para obtener un haz de contorno formado consiste en utilizar una fuente múltiple que ilumina, según una ley de iluminación adaptada, un sistema de reflector excéntrico sencillo o doble, incluso una fuente múltiple con radiación directa. Los elementos radiantes de la fuente están excitados por señales cuyas fases y amplitudes están optimizadas, mediante una red de formación de haces BFN (en inglés: Beam Forming Network) que incluye una pluralidad de guías de onda. Sin embargo, este tipo de antena, denominada antena de red, es muy complejo y presenta pérdidas de energía radioeléctrica y una masa importante penalizante para una implantación en un satélite. Para obtener un diagrama de radiación que tiene un contorno predefinido, es igualmente conocida la utilización de una fuente única asociada a un sistema de reflector(es) sencillo o doble de superficie formada, es decir  
15 que tiene una geometría específica que define en el suelo una zona que tiene un contorno no circular, por ejemplo un país o un grupo de países. Las variaciones de vía óptica entre la fuente y diferentes puntos del reflector permiten generar haces que tienen un diagrama de fase y de amplitud que corresponde a las características del diagrama de radiación deseada.

20 Debido a la prolongación de la duración de vida de los satélites, es necesario poder modificar en órbita, la forma de los haces y por lo tanto el contorno de la zona en el suelo, sin cambiar el reflector para compensar variaciones de posición orbital o responder a nuevos condicionamientos de servicio. Para reconfigurar en órbita una antena de red, es conocida la utilización de los BFN que aplican un control dinámico de las leyes de fase y/o de amplitud que permiten de este modo modificar la ley de iluminación en el caso de una fuente múltiple delante de un sistema de reflectores o directamente el diagrama radiado en el caso de una fuente múltiple con radiación directa. Para reconfigurar en órbita una antena de reflector, es conocida asimismo, en particular a partir de los documentos EP 2040330 y US 5440320, la utilización de uno o varios reflectores cuyas superficies reflectantes son deformables para poder modificar el diagrama de radiación.

30 Es conocida a partir del documento FR 2 678 111, la realización de una antena de reflector reconfigurable utilizando una superficie reflectante formada por un tejido de punto o un tejido de malla (en inglés: mesh). El inconveniente de estos tejidos de malla es la falta de rigidez, lo cual requiere asociar el tejido de malla a una estructura rígida portadora que puede, por ejemplo, estar constituida por una rejilla de hilos rígidos ortogonales, estando la rejilla fijada en su periferia. Sin embargo, para que el reflector de la antena no cree parásitos en la banda de recepción Rx, tales como en particular, productos de intermodulación de orden 3 que son los parásitos más críticos en banda Ku, es necesario que el tejido de malla esté muy tenso. Ahora bien, es muy difícil, incluso imposible dominar una tensión de tejido homogéneo cuando la superficie del reflector no es plana sino deformada para elaborar la cobertura deseada en el suelo.

35 Es también conocida la utilización de una superficie reflectante que incluye una membrana a la vez flexible como un tejido de punto y estable de manera dimensional utilizando fibras de carbono unidas por una silicona. Sin embargo, este tipo de membrana presenta una rigidez elevada, lo cual tiene como consecuencia una dificultad para realizar cualquier superficie deformada no desarrollable (se entiende por superficie desarrollable, una superficie que se puede crear a partir de una superficie plana, tal como un cilindro o un cono por ejemplo). Según el perfil de la superficie a realizar, la rigidez de la membrana puede, en particular provocar pliegues. Asimismo, esta membrana crea niveles importantes de productos de intermodulación de orden 3 no conformes a las exigencias usuales en banda Ku.  
40

Otro tipo de superficie reflectante conocido consiste en utilizar una rejilla de hilos rígidos ortogonales cuyos bordes están libres, estando la rejilla mantenida y sometida a solo una forma predeterminada por puntos de control. Se ha construido un modelo utilizando hilos constituidos de cuerdas de piano de un diámetro de 0,3 mm y una distancia entre cada cuerda de 10 mm para un diámetro de reflector de 30 cm. Nueve puntos de control han permitido deformar la superficie. Sin embargo, la reflectividad de radiofrecuencia de esta superficie reflectante es insuficiente en banda Ku y los contactos en cada hilo de la rejilla son fuentes potenciales de productos de intermodulación inaceptables.  
45

50 El objeto de la invención es solucionar los inconvenientes de las superficies reflectantes deformables conocidas y realizar una membrana reflectante deformable con reflectividad de radiofrecuencia elevada que presenta una zona elástica elevada que permite deformaciones importantes en direcciones múltiples en el plano y fuera del plano de la superficie de la membrana, que presenta una rigidez de flexión y un coeficiente de dilatación térmica bajo que permiten una estabilidad dimensional de la membrana en un intervalo de temperatura compatible de una aplicación espacial, y una buena homogeneidad eléctrica o contactos eléctrico aislados entre sí para no crear niveles importantes de productos de intermodulación.  
55

Para ello, la invención se refiere a una membrana reflectante deformable para reflector reconfigurable, caracterizada porque incluye en grosor, una superposición alterna de capas de elastómero conductor y de al menos dos capas de refuerzo discontinuas, estando cada capa de refuerzo recortada en parches elementales separados entre sí y repartidos de manera periódica en el plano de la membrana.

5 De manera ventajosa, los parches de refuerzo elementales están dispuestos al tresbolillo de una capa a otra.

De manera preferida, el número de capas de refuerzo es par.

En el caso en el que el número de capas de refuerzo es impar, el reparto de los partes de refuerzo en las diferentes capas de refuerzo presenta una simetría especular respecto del plano de la capa de refuerzo situada en el centro de la membrana.

10 De manera ventajosa, la capa de refuerzo está realizada en un material de bajo coeficiente de dilatación térmica tales como fibras de aleación de hierro y de níquel, por ejemplo de Invar, o de fibras de carbono. Los constituyentes de la capa de refuerzo pueden también ser fibras de acero inoxidable o de tungsteno o cualquier otro material con propiedades idénticas.

15 De manera ventajosa, el elastómero conductor es un elastómero cargado de partículas metálicas y tiene una conductividad eléctrica comprendida entre  $2 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{cm}$  y  $5 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{cm}$ .

De manera ventajosa, el elastómero conductor puede incluir el 30% de silicona y el 70% de partículas metálicas.

La invención se refiere asimismo a un reflector de antena reconfigurable y una antena que incluye tal membrana reflectante deformable.

20 Otras particularidades y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto claramente en el resto de la descripción ofrecida a título de ejemplo puramente ilustrativo y no limitativo, en referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan:

- la figura 1: un esquema encorte de un ejemplo de porción de membrana reflectante deformable, según la invención;
- 25 – las figuras 2a y 2b: dos esquemas, respectivamente en perspectiva y en corte transversal, de la disposición, al tresbolillo, de los parches de cuatro capas de refuerzo diferentes en el grosor de la membrana, según la invención;
- las figuras 3a y 3b: dos esquemas de reparto de los parches de refuerzo en el plano del refuerzo para dos capas de refuerzo diferentes, según la invención;
- 30 – la figura 4a: un primer ejemplo de antena Gregoriana de doble reflector con una membrana reflectante deformable montada en el reflector principal, según la invención;
- las figuras 4b y 4c: dos vistas de conjunto y de detalle de un segundo ejemplo de antena Gregoriana de doble reflector con una membrana reflectante deformable montada en el subreflector, según la invención.

35 La porción de membrana 5 representada en la figura 1 incluye en grosor según el eje Z, una superposición alterna de capas de elastómero conductor 10 y de capas de refuerzo 11, no siendo las capas homogéneas en el plano XY de la capa. Las capas de refuerzo 11 son discontinuas y están constituidas por parches elementales 13 separados entre sí y repartidos de manera periódica en el plano de la membrana. Los parches 13 pueden, por ejemplo, estar constituidos por rejillas de hilos discontinuos, formando las rejillas de hilos tejidos que incluyen hilos 12 rígidos de módulo de Young elevado superior a 100 Gpa y de zona elástica muy corta, por ejemplo, del orden del 0,2% de elongación (se recuerda que el porcentaje de elongación de un material elástico corresponde a la relación entre su capacidad de estiramiento y su longitud). Los hilos 12 están realizados de manera preferida en un material de bajo coeficiente de dilatación térmica inferior a 10 ppm/°C, tal como, por ejemplo, fibras de carbono o fibras de aleación de hierro y de níquel tal como el Invar (marca registrada) o el Kovar (marca registrada) y el diámetro de los hilos 12 está, por ejemplo comprendido entre 50 y 200 micrómetros. Las fibras podrían asimismo realizarse en otro tipo de material tal como el acero inoxidable o el tungsteno. El número de capas de refuerzo 11 que incluyen los parches 13 discontinuos es superior o igual a dos, estando los parches 13 dispuestos al tresbolillo de una capa de refuerzo a otra como se ha representado en las figuras 2a y 2b, de manera que los parches 13 de las diferentes capas de refuerzo 11 se superpongan y que las discontinuidades 14 de cada capa de refuerzo 11 no estén colocadas las unas bajo las otras. Las zonas de superposición D de los parches 13 permiten tener una membrana 5 que tiene una rigidez homogénea. Unos actuadores 4 fijados de manera regular a la cara inferior 16 de la membrana 5 permiten hacer variar su forma de manera local y obtener, cuando la membrana 5 está montada en forma de reflector de antena, un diagrama de radiación conforme a lo que se desea. La membrana 5 puede estar montada, por ejemplo, como el reflector de una antena de reflector único o como el reflector principal 40 de una antena Gregoriana tal como se representa, por ejemplo, en la figura 4a o en el subreflector 41 de una antena gregoriana que incluye un reflector principal y un subreflector tal como se ha representado en las vistas de conjunto y de detalle de las figuras 4b y 4c.

55 El elastómero conductor 10 es un elastómero cargado de partículas metálicas. Las partículas metálicas están sumergidas en un aglomerante, por ejemplo silicona que forma la base del elastómero. Este tipo de material tiene un

comportamiento elástico y una gran capacidad de deformación del orden de varias decenas porcentuales de elongación. La reflectividad de radiofrecuencia del elastómero depende de su tasa de cargas. Por ejemplo, para tener una reflectividad satisfactoria en banda Ku, es necesario que la conductividad eléctrica de la membrana esté comprendida entre  $2 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{cm}$  y  $5 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{cm}$ . El porcentaje de partículas metálicas introducido en el elastómero está por lo tanto determinado para respetar estos valores de conductividad eléctrica de la membrana.

En particular, a título de ejemplo no limitativo, un elastómero de silicona que incluye el 70% de cargas metálicas y el 30% de base elastómera, tiene una reflectividad satisfactoria en banda Ku en un intervalo de temperaturas que depende de la base de elastómero, conocido bajo la marca registrada GT1000, constituido por una base del 30% de silicona cargada del 70% de partículas de cobre plateado incluye una reflectividad medida igual a  $-0,18\text{dB}$   $14,5\text{GHz}$  y una capacidad para el alargamiento superior al 70% en el intervalo de temperatura comprendido entre  $-50^\circ\text{C}$  y  $+125^\circ\text{C}$ . Las partículas metálicas que cargan el elastómero están aisladas las unas de las otras por el elastómero, tal como, por ejemplo, silicona, lo cual permite tener un comportamiento satisfactorio respecto de los productos de intermodulación de órdenes 3, 5 y 7 en banda Ku que son del orden de  $-160$  a  $-180$  dBc para dos portadoras de 100 vatios. Asimismo, es posible utilizar otros tipos de elastómero conductor, tal como, por ejemplo, el elastómero conductor conocido bajo el nombre de CV2 2646 que incluye una base constituida por un polímero de silicona cargada de partículas metálicas, que es estable en un intervalo de temperaturas comprendidas entre  $-115^\circ\text{C}$  y  $+250^\circ\text{C}$  y que presenta una capacidad para el alargamiento del 75%.

Los inconvenientes de los elastómeros cargados son un coeficiente de dilatación térmica CTE elevado, del orden de  $150 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  y una falta de rigidez de flexión. Es posible disminuir el coeficiente de dilatación térmica y aumentar la rigidez de los elastómeros cargados aumentando la tasa de carga, pero esto es en detrimento de sus capacidades de deformaciones.

La incorporación de capas de refuerzo discontinuas 11 en el elastómero cargado 10 permite asegurar un refuerzo mecánico del elastómero cargado y estabilizar de manera dimensional la membrana 5. Para autorizar grandes deformaciones de la membrana 5 en direcciones fuera de su plano, la capa de refuerzo está recortada en forma de parches que están repartidos de manera periódica en el plano XY de la membrana 5 como se ha representado en las figuras 3a y 3b. Para minimizar las discontinuidades de rigidez entre las zonas que incluyen un parche 13 y las zonas 14 situadas entre dos parches, los parches 13 están dispuestos al tresbolillo de una capa a otra. El número de capas de refuerzo depende de las dimensiones y del periodo de los parches 13. De manera preferida, para tener un comportamiento homogéneo de la membrana 5 en el plano XY, el número de capas de refuerzo en su grosor según el eje Z es par. Alternativamente, cuando el número de capas de refuerzo es impar, el reparto de los parches 13 en las diferentes capas de refuerzo presenta de manera preferida una simetría especular respecto del plano de la capa de refuerzo situada en el centro de la membrana. De esta manera, la posición de los parches 13 de refuerzo es simétrica en el grosor de la membrana 5 que presenta entonces un comportamiento idéntico en sus dos caras inferior 16 y superior 17.

La realización de la membrana 5 incluye una primera etapa durante la cual se fabrica una preforma constituida por una membrana fina de elastómero conductor del orden de  $0,5 \text{ mm}$  de espesor. La preforma se coloca en un molde que tiene la forma de la superficie de referencia media deseada para el reflector. En una segunda etapa, parches de refuerzo que incluyen, por ejemplo, hilos rígidos tejidos, pudiendo los hilos estar preferiblemente en un material de bajo CTE tales como fibras de carbono o fibras de Invar, o en un material tal como el acero inoxidable o el tungsteno, se depositan de manera periódica en toda la superficie de la preforma dejando una distancia, por ejemplo de algunos milímetros entre cada parche. Los parches pueden, por ejemplo, ser cuadrados de tejido de  $6$  a  $7 \text{ cm}$  de lado, o cualquier otra forma y cualquier otra dimensión. En una tercera etapa, una nueva preforma de elastómero conductor está colocada en la primera capa de parches, y a continuación se deposita una segunda capa de parches, estando los parches de la segunda capa dispuestos al tresbolillo respecto de los parches de la primera capa de parches, y así sucesivamente hasta la obtención del número de capas deseadas, siendo la última capa una capa de elastómero conductor.

Por lo general, tres o cuatro capas de refuerzo en el grosor de la membrana son suficientes.

Las diferentes capas colocadas en el molde son solidarizadas a continuación por polimerización del elastómero, bien a temperatura ambiente, bien en una estufa o un horno a una temperatura de fusión de la silicona utilizada, por ejemplo comprendida entre  $110^\circ$  y  $200^\circ\text{C}$ , durante una a dos horas, según el tipo de silicona elegida. La membrana se desmoldea a continuación y puede utilizarse como superficie reflectante deformable de un reflector.

La forma de la membrana puede entonces ser modificada en servicio de manera conocida utilizando actuadores 4 fijados en la superficie inferior 16 de la membrana 5 en posiciones elegidas. Los actuadores 4 pueden, por ejemplo, ser de tipo piezoeléctrico o incluir motores eléctricos de arrastre rotativo acoplados con un sistema de tuerca asociada a un tornillo sinfín, estando la tuerca fijada a la membrana. Los actuadores 4 empujan o tiran de la membrana 5 para deformarla y darle la forma deseada. Asimismo, es posible que las uniones entre los actuadores y la membrana estén formadas por rótulas o son flexibles para minimizar los esfuerzos radiales inducidos en los accionadores. Algunos actuadores resisten mejor que otros los esfuerzos radiales y en función de los actuadores utilizados, puede ser necesario utilizar rótulas. En el caso de la utilización de enlaces con rótula, al poder la membrana desplazarse en el plano, el coeficiente de dilatación térmica de los hilos es menos crítico y los hilos

pueden ser realizados en materiales distintos del Invar y el carbono. En particular, en este caso, los hilos pueden realizarse en materiales tales como el acero inoxidable o el tungsteno.

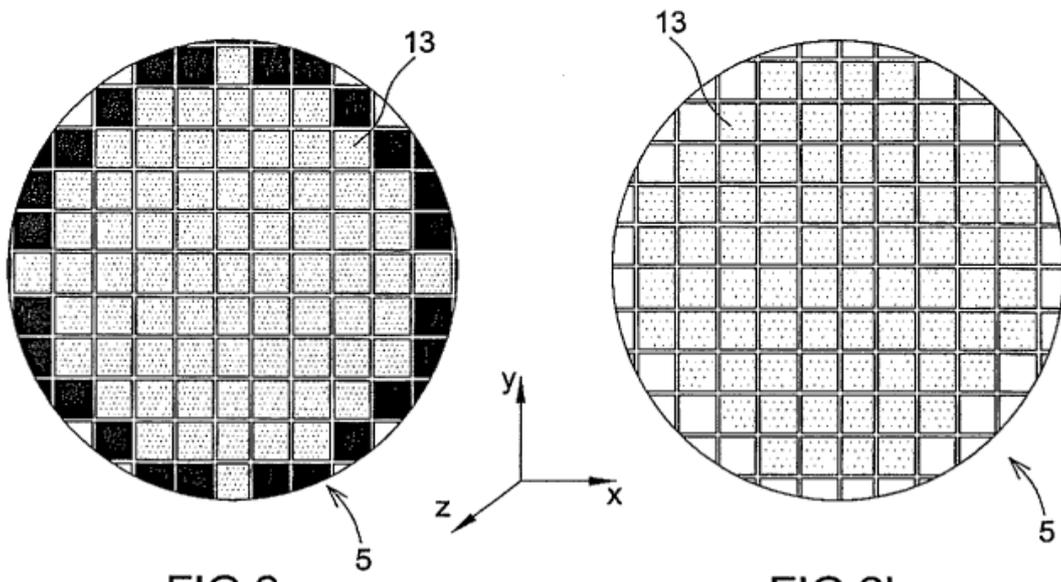
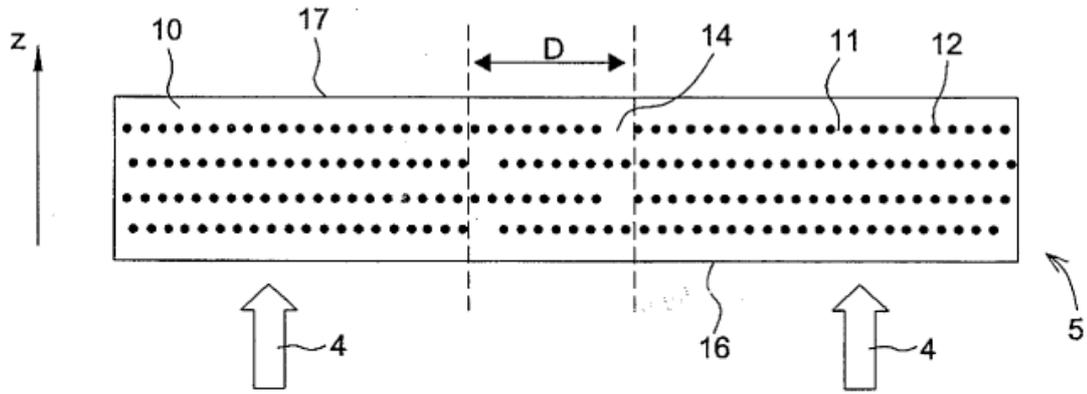
5 Las figuras 4a, 4b, 4c muestran ejemplos de antenas Gregorianas que incluyen un reflector principal 40 y un subreflector 41. Una fuente 42 está colocada delante del subreflector 41. La membrana 5 puede ser utilizada como superficie reflectante del reflector principal 40 como en la figura 4a o como superficie reflectante del subreflector 41 como en las figuras 4b y 4c. La membrana puede, asimismo, aplicarse a una antena de un solo reflector.

Aunque la invención se ha descrito con relación a modos de realización particulares, es evidente que no se encuentra limitada en modo alguno y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos, así como sus combinaciones si las mismas forman parte del marco de la invención.

10

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Membrana reflectante deformable para reflector reconfigurable, **caracterizada porque** incluye en grosor, una superposición alterna de capas de elastómero conductor (10) y de al menos dos capas de refuerzo (11) discontinuas, estando cada capa de refuerzo (11) recortada en parches (13) elementales separados entre sí y repartidos de manera periódica en el plano de la membrana (5).
- 2.- Membrana reflectante deformable según la reivindicación 1, **caracterizada porque** los parches (13) elementales están dispuestos al trespelillo de una capa a otra.
- 10 3.- Membrana reflectante deformable según la reivindicación 2, **caracterizada porque** el número de capas de refuerzo (11) es par.
- 4.- Membrana reflectante deformable según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** el número de capas de refuerzo (11) es impar, **y porque** el reparto de los parches (13) en las diferentes capas de refuerzo presenta una simetría especular respecto del plano de la capa de refuerzo situada en el centro de la membrana (5).
- 15 5.- Membrana reflectante deformable según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** los parches (13) de la capa de refuerzo (11) están constituidos por una rejilla de hilos (12), siendo los hilos fibras de aleación de hierro y de níquel.
- 6.- Membrana reflectante deformable según la reivindicación 5, **caracterizada porque** la aleación de hierro y de níquel es Invar.
- 20 7.- Membrana reflectante deformable según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** los parches (13) de la capa de refuerzo (11) están constituidos por una rejilla de hilos (12), siendo los hilos fibras de carbono.
- 8.- Membrana reflectante deformable según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** los parches (13) de la capa de refuerzo (11) están constituidos por una rejilla de hilos (12), siendo los hilos fibras de acero inoxidable o tungsteno.
- 25 9.- Membrana reflectante deformable según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el elastómero conductor (10) es un elastómero cargado de partículas metálicas y tiene una conductividad eléctrica comprendida entre  $2 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{cm}$  y  $5 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{cm}$ .
- 10.- Membrana reflectante deformable según la reivindicación 9, **caracterizada porque** el elastómero conductor (10) comprende el 30% de silicona y el 70% de partículas metálicas.
- 30 11.- Reflector de antena reconfigurable **caracterizado porque** incluye una membrana reflectante deformable (5) según una de las reivindicaciones anteriores.
- 12 Antena caracterizada **porque** incluye un reflector (40, 41) según la reivindicación 11.



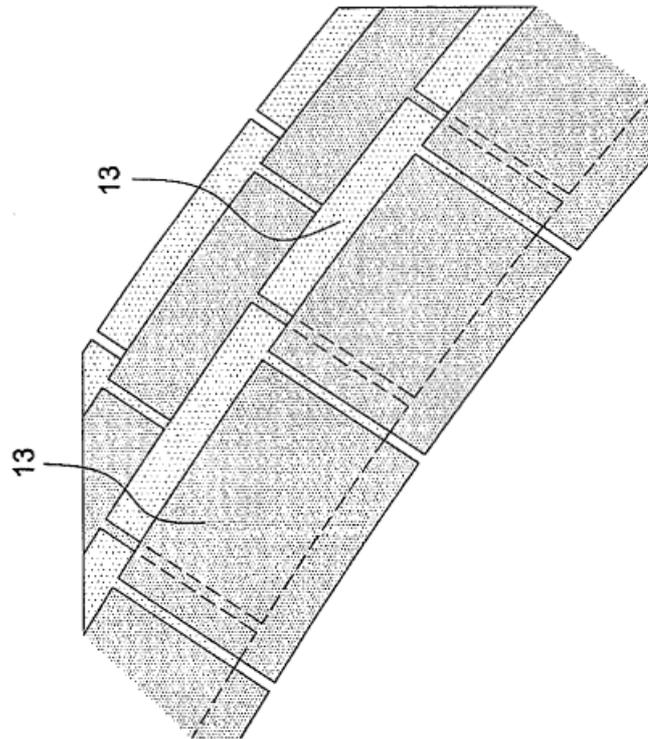


FIG. 3a

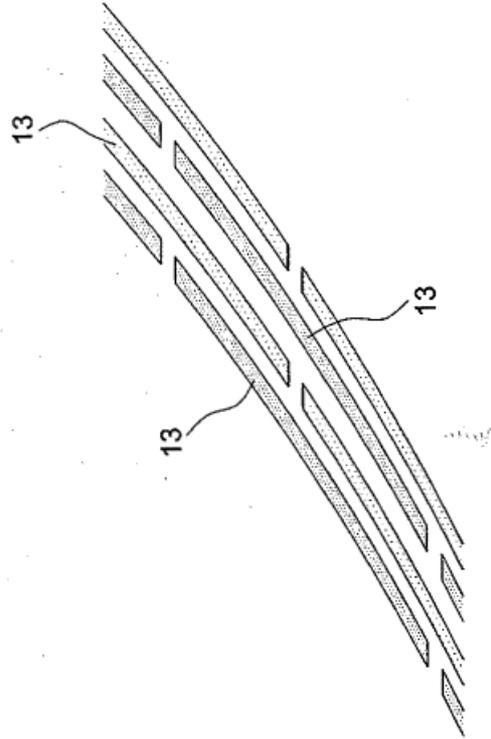


FIG. 3b

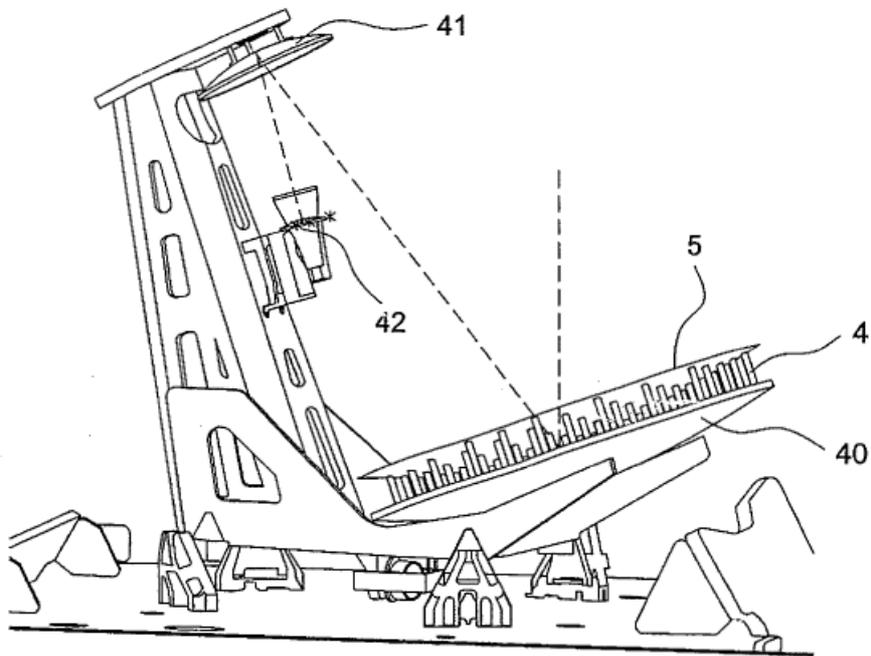


FIG. 4a

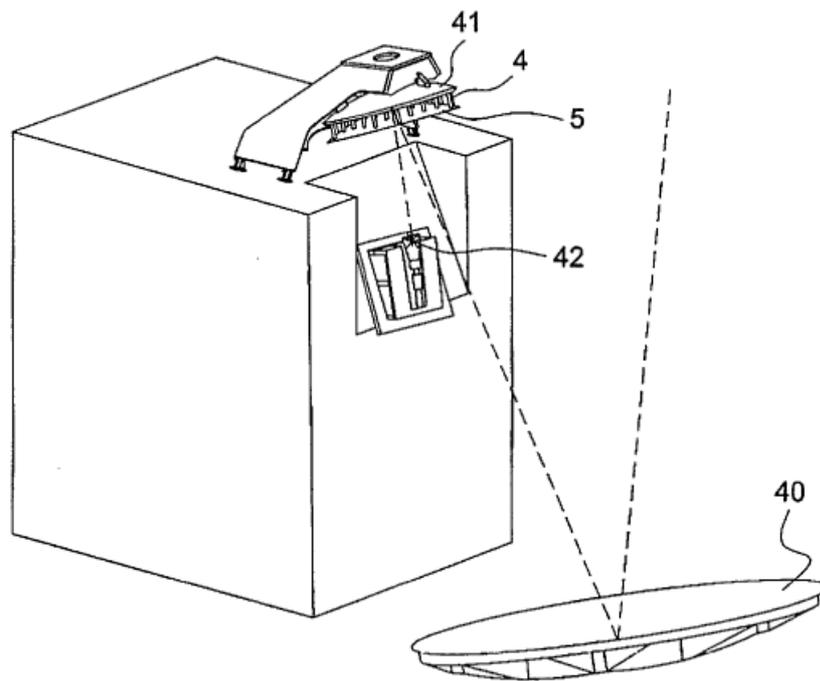


FIG. 4b

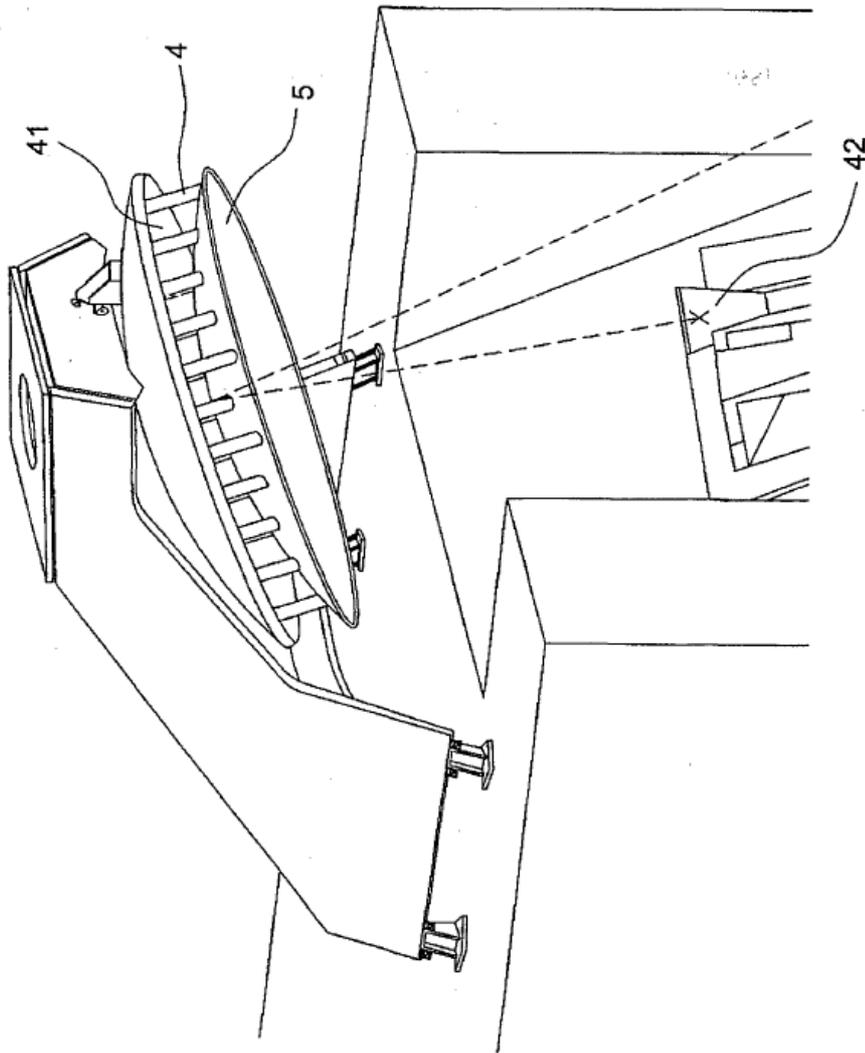


FIG.4c