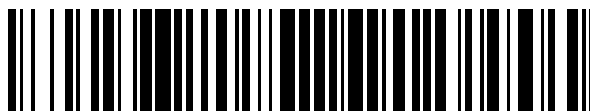


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 481**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/28 (2006.01)

H01Q 15/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2012 E 12716619 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2828928**

54 Título: **Una estructura tensegrítica desplegable, especialmente para aplicaciones espaciales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.09.2016

73 Titular/es:

**AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE (100.0%)
8-10 rue Mario-Nikis
75738 Paris Cedex 15, FR**

72 Inventor/es:

**SCOLAMIERO, LUCIO GERARDO;
ZOLESI, VALFREDO;
GANGA, PIER LUIGI;
PODIO-GUIDUGLI, PAOLO;
TIBERT, GUNNAR y
MICHELETTI, ANDREA**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 582 481 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

Una estructura tensegrítica desplegable, especialmente para aplicaciones espaciales

La invención se refiere a una estructura la cual es desplegable desde un estado plegado hasta un estado desplegado.

5 La invención se refiere, más en particular, a una estructura tensegrítica desplegable.

La tensegridad es un principio estructural basado en el uso de componentes aislados, tales como barras rígidas o puntales (en compresión), conectados juntos mediante una red continua de cables o tendones (en tensión), de tal manera que las barras rígidas o puntales no se tocan entre sí.

10 La distribución de fuerzas de compresión y tensión dentro de la estructura es tal que una estructura tensegrítica toma y mantiene su forma sin ningún contacto directo o unión entre las diferentes barras rígidas o puntales.

Las estructuras tensegríticas pueden ser desplegables o no de acuerdo con el campo técnico al cual pertenecen.

En la industria espacial, un reflector desplegable con un soporte tensegrítico ya ha sido propuesto en el documento de patente de EE.UU. US 6,542,132.

15 Una ventaja para usar una estructura tensegrítica para tal reflector desplegable es disminuir el riesgo de fallo del despliegue. Ciertamente, en estructuras no tensegríticas, las uniones entre dos barras rígidas o puntales aumentan el riesgo de fallos.

Sin embargo, el documento citado propone una estructura prismática en la que barras rígidas se extienden desde la periferia hacia el centro.

20 En consecuencia, las barras rígidas son bastante largas y, en la práctica, difícilmente pueden ser estibadas dentro de la envolvente de lanzaderas espaciales típicas, incluso en el caso de estructuras a pequeña escala.

Además, puesto que la estructura prismática propuesta no es simétrica con respecto a ningún plano perpendicular al eje longitudinal de la estructura, en órbita, no es óptima.

Hasta donde conoce el solicitante, esta estructura no ha sido usada hasta la fecha.

25 Estructuras desplegables anteriores no presentan los inconvenientes de la estructura tensegrítica propuesta en el documento de patente de EE.UU. US 6,542,132.

De hecho, estas estructuras desplegables anteriores pueden ser estibadas dentro de la envolvente de las lanzaderas espaciales típicas y también son estables en órbita.

Una estructura desplegable de este tipo se propone en el documento de patente de EE.UU. US 5,680,145. Es bien conocida para los expertos en el campo bajo el nombre "Astromesh".

30 La "Astromesh" está compuesta por una estructura de soporte en forma de anillo alrededor de un eje longitudinal la cual incluye una serie de elementos de contorno rígidos superiores y elementos de contorno inferiores los cuales, cuando están conectados extremo con extremo, forman un contorno superior y un contorno inferior, mantenidos separados por varios puntales rígidos verticales.

35 Esta estructura de soporte permite obtener una estructura desplegable la cual es sustancialmente simétrica con respecto a un plano transversal, perpendicular al eje longitudinal (eje de simetría) de la propia estructura de soporte. Así, puede obtenerse una buena estabilidad en órbita.

40 Sin embargo, la estructura "Astromesh" no es una estructura tensegrítica, puesto que los elementos de contorno en la secuencias de contorno rígido superior e inferior están montadas una con otra a través de uniones sin las cuales la estructura no podría ser estibada en la lanzadera espacial. Además, los puntales rígidos verticales también se montan a través de miembros de conexión rígidos en dichos elementos de contorno.

En consecuencia, el riesgo de fallo de despliegue no es despreciable.

Además, el número de partes rígidas (elementos de contorno y puntales) incrementa el peso de la estructura de soporte, mientras que es preferible para una lanzadera espacial tener una estructura de masa baja.

Otra estructura tensegrítica se divulga en el documento de patente de EE.UU. US 2004/0261351.

45 Un objetivo de la invención es proponer una estructura tensegrítica mejorada la cual es desplegable desde un estado plegado hasta un estado desplegado.

Para alcanzar este objetivo, la invención propone una estructura tensegrítica desplegable que comprende, en el

estado desplegado, una estructura de soporte que tiene una forma de anillo alrededor de un eje longitudinal y que comprende:

- un primer miembro de tensión flexible que define un primer contorno de dicho anillo y un segundo miembro de tensión flexible que define un segundo contorno de dicho anillo;
- 5 - una primera pluralidad de miembros de compresión rígidos que se extienden entre dichos primer y segundo contornos, estando un extremo de cada miembro de compresión rígido de la primera pluralidad montado sobre el primer contorno mientras que el otro extremo no está montado sobre un contorno; y una segunda pluralidad de miembros de compresión rígidos que se extienden entre dichos primer y segundo contornos, estando un extremo de cada miembro de compresión rígido de la segunda pluralidad montado sobre el segundo contorno mientras que el otro extremo no está montado sobre un contorno; estando dichas primera y segunda pluralidad de miembros de compresión rígidos dispuestas con un patrón de cruzamiento repetitivo alrededor del anillo;
- 10 - una primera pluralidad de miembros de tensión flexibles que conectan cada extremo de un miembro de compresión montado sobre uno de dichos contornos con un extremo de otro miembro de compresión el cual no está montado sobre uno de dichos contornos, y una segunda pluralidad de miembros de tensión flexibles que conectan cada extremo de un miembro de compresión el cual no está montado sobre un contorno con un extremo de otro miembro de compresión el cual tampoco está montado sobre un contorno.
- 15 La estructura puede tener también las propiedades técnicas siguientes solas o en combinación:
 - la primera pluralidad de miembros de tensión flexibles comprende primeros miembros de tensión flexibles los cuales conectan miembros de compresión rígidos que pertenecen a la misma primera o segunda pluralidad de miembros de compresión rígidos;
 - 20 - la primera pluralidad de miembros de tensión flexibles comprende segundos miembros de tensión flexibles los cuales conectan miembros de compresión rígidos de la primera pluralidad con miembros de compresión rígidos de la segunda pluralidad;
 - la segunda pluralidad de miembros de tensión flexibles conectan miembros de compresión rígidos de la primera pluralidad con miembros de compresión de la segunda pluralidad;
 - 25 - varios miembros de compresión rígidos comprenden unos medios, tales como un muelle, para variar la longitud de al menos un miembro de tensión flexible;
 - varios miembros de compresión rígidos comprenden un dispositivo para bloquear al menos un miembro de tensión flexible;
 - 30 - dos redes flexibles están montadas todo alrededor de un respectivo contorno de la estructura de soporte, estando conectadas dichas redes juntas mediante una pluralidad de miembros de conexión de forma que las redes tienen ambas una forma cóncava y están dispuestas simétricamente con respecto a un plano de simetría transversal de la estructura de soporte;
 - los miembros de compresión rígidos son barras o puntales;
 - 35 - la miembros de tensión flexibles son cables o tendones;
 - está provista de una pluralidad de actuadores activos para pretensar la estructura de soporte hasta un valor requerido;
 - se proveen tres actuadores activos para pretensar la estructura de soporte, estando distribuidos dichos actuadores a intervalos regulares alrededor del eje longitudinal de dicha estructura de soporte.
 - 40 La invención también propone una combinación de una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de la invención con un dispositivo que comprende una placa destinada para ser montada sobre un brazo extensible de una nave espacial y una pluralidad de barras cuyos primeros extremos están articulados sobre la placa y cuyos segundos extremos comprenden rótulas montadas sobre respectivos extremos de miembros de compresión rígidos de la estructura de soporte.
 - 45 Esta combinación puede también ser de tal forma que dos barras de dicha pluralidad de barras estén montadas sobre extremos de miembros de compresión rígidos los cuales están a su vez montados sobre un contorno, estando una tercera barra de dicha pluralidad de barras montada sobre un extremo de otro miembro de compresión rígido montado a su vez sobre le otro contorno.
 - 50 Como alternativa, la invención propone otra combinación de una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de la invención con un brazo extensible de una nave espacial, comprendiendo dicho brazo extensible un tronco central y tres ramas las cuales están fijadas al tronco central y dispuestas a intervalos regulares alrededor del eje longitudinal del tronco, estando destinadas dichas ramas para ser articuladas sobre extremos de miembros de

compresión rígidos de la estructura de soporte.

La estructura de acuerdo con la invención es particularmente conveniente para aplicaciones espaciales. No obstante, algunas de estas propiedades la hacen bien adaptada también para aplicaciones no espaciales, como se describirá más adelante en este documento.

- 5 La invención se entenderá mejor, y otros objetivos, ventajas y propiedades aparecerán leyendo la descripción que sigue escrita con referencia a los dibujos que acompañan, en los cuales:
- la figura 1 es una vista en perspectiva de una estructura de soporte de una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con la invención, que muestra dicha estructura de soporte tanto en el estado plegado como en el estado desplegado;
- 10 - la figura 2 es una vista en primer plano de la figura 1 que muestra sólo la estructura de soporte en el estado desplegado;
- la figura 3 es una vista esquemática de una realización genérica de una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con la invención, que comprende, además, dos redes de miembros de tensión flexibles opuestas, una de las cuales está destinada para soportar un reflector de ondas electromagnéticas (no mostrado en la imagen);
- 15 - la figura 4 es una vista en primer plano de las dos redes flexibles opuestas, tal como las mostradas en la figura 3, al nivel del centro de las redes de cables flexibles;
- la figura 5 es una vista en corte vertical de un miembro de compresión, usado en la estructura de soporte mostrada en las figuras 1 y 2;
- 20 - la figura 6 muestra una nave espacial, un brazo extensible unido a dicha nave espacial y unos medios de unión de dicho brazo extensible a la estructura de soporte mostrada en las figuras 1 y 2, comprendiendo dichos medios de unión una pluralidad de barras articuladas unidas a dicha estructura de soporte;
- la figura 7 es una vista en perspectiva de la placa que comprende la pluralidad de barras articuladas mostrada en la figura 6;
- 25 - la figura 8 muestra una realización alternativa para unir la nave espacial a la estructura de acuerdo con la invención.
- La estructura de soporte 100 se muestra en la figura 1, tanto en un estado plegado como en un estado desplegado y en una vista en primer plano en la figura 2 en su estado desplegado.
- El estado plegado corresponde al estado de la estructura cuando está estibada en el vehículo de lanzamiento. El estado desplegado corresponde al estado de la estructura cuando está en operación.
- 30 La estructura de soporte 100 desplegada tiene una forma de anillo cuyo eje Z longitudinal pasa a través del centro geométrico C.
- La estructura de soporte 100 comprende un primer miembro de tensión flexible 101 que define un primer contorno (superior) de dicha forma de anillo.
- 35 Aquella también comprende un segundo miembro de tensión flexible 102 que define un segundo contorno (inferior) de dicho anillo.
- Como la estructura de soporte 100 tiene la forma de un anillo, se comprende que los contornos 101, 102 tienen diámetros similares cuando la estructura 100 está en el estado desplegado.
- 40 Los miembros de tensión flexibles 101, 102 pueden ser cables o tendones. Además, cada miembro de tensión 101, 102 puede estar compuesto por un cable/tendón único o por una pluralidad de cables/tendones dispuestos en serie con el fin de formar dicho contorno.
- Los miembros de tensión 101, 102 flexibles son inextensibles, es decir, que no varían en longitud.
- Los miembros de tensión 101, 102 pueden estar enrollado en un lado del anillo para lograr la configuración estibada 100 mostrada en la figura 1.
- El enrollamiento puede lograrse simplemente mediante un sistema de poleas motorizadas.
- 45 En la configuración estibada de la figura 1, una cantidad adecuada de energía elástica se almacena en muelles de compresión alojados en miembros de compresión rígidos. Esto se discutirá más a fondo más adelante en este documento con la figura 5.
- Desenrollando los miembros de tensión 101, 102 de manera controlada, la energía elástica almacenada en dichos

miembros de compresión puede ser liberada gradualmente, obteniendo de este modo un despliegue progresivo y controlado de la estructura tensegrítica según se muestra en la figura 1.

Además, la estructura de soporte 100 comprende una pluralidad de miembros de compresión rígidos 103, 103', 104, 104' que se extienden entre dichos primer y segundo contornos 101, 102.

5 Estos miembros de compresión rígidos pueden ser barras o puntales.

Un extremo 1030, 1030', 1040' de cada miembro de compresión rígido 103, 103', 104' está montado sobre uno de dichos dos contornos 101, 102, mientras que el otro extremo 1031, 1041, 1041' no está montado sobre un contorno.

Adicionalmente, la estructura de soporte 100 comprende una pluralidad de miembros de tensión flexibles 105, 106, 107, 110, 111, 108, 109, 112 los cuales conectan los miembros de compresión rígidos uno con otro.

10 Estos miembros de tensión flexibles 105, 106, 107, 110, 111, 108, 109, 112 pueden ser divididos en dos tipos.

El primer tipo de miembros de tensión flexibles 105, 106, 107, 110, 111, conecta cada extremo 1030, 1030', 1040' de un miembro de compresión montado sobre uno de dichos contornos 101, 102 con un extremo de otro miembro de compresión el cual no está montado sobre uno de dichos contornos.

15 El segundo tipo de miembros de tensión flexibles 108, 109, 112, conecta cada extremo 1031, 1031'', 1041, 1041' de un miembro de compresión el cual no está montado sobre un contorno con un extremo de otro miembro de compresión el cual tampoco no está montado sobre un contorno.

Estos miembros de tensión flexibles pueden ser cables o tendones.

Los miembros de compresión 103, 104, 103', 104' pueden ser también divididos en dos tipos, según están montados sobre el primer contorno 101 o sobre el segundo contorno 102.

20 Los miembros de compresión del mismo tipo son, preferiblemente, idénticos. Adicionalmente, todos los miembros de compresión de la estructura de soporte 100 son, ventajosamente, idénticos.

El primer tipo de miembros de compresión 103, 103' está montado sobre el primer contorno 101 (superior) mediante un extremo 1030, 1030' respectivo. La distancia entre dos miembros de compresión 1030, 1030' sucesivos del primer tipo es la misma de forma que estos miembros de compresión 103, 103' forman un patrón repetitivo.

25 Esto es posible porque un miembro de compresión 103' está montado sobre el primer contorno 101 (superior) por un primer extremo 1030' y el miembro de compresión 103 precedente es mantenido en posición con respecto al miembro de compresión 103' siguiente por su segundo extremo 1031 a, por un lado, el primer extremo 1030' del miembro de compresión 103' siguiente y a, por otro lado, el primer extremo 1040' de otro miembro de compresión 104 (del segundo tipo) por medio de un respectivo miembro de tensión flexible 105, 111.

30 En consecuencia, son necesarios dos miembros de tensión flexibles 105, 111 para mantener el extremo 1031 del miembro de compresión rígido 103, el cual no está montado sobre un contorno 101, 102, en posición con respecto a los extremos 1030', 1040' de los miembros de compresión rígidos 103', 104', cuyos extremos 1030', 1040' están ambos montados sobre un contorno 101, 102.

Debe notarse que los miembros de tensión flexibles 105, 111 son ambos del primer tipo.

35 Además, el miembro de tensión flexible 105, mostrado en la figura 2, es, en el presente caso, un cable sustancialmente vertical y el miembro de tensión flexible 111, también mostrado en la figura 2, es un cable, denominado cable diagonal.

El cable vertical 105 conecta dos miembros de compresión 103, 103' sucesivos del mismo tipo mientras que el cable diagonal 111 conecta dos miembros de compresión 103, 104' de tipos diferentes.

40 El segundo tipo de miembros de compresión rígidos 104, 104' está montado sobre el segundo contorno 102 (inferior) por uno respectivo extremo 1040'. La distancia entre dos miembros de compresión rígidos 104, 104' sucesivos del segundo tipo es la misma de forma que estos miembros de compresión 104, 104' también forman un patrón repetitivo.

45 Esto es posible porque un miembro de compresión 104' está montado sobre el segundo contorno 102 (inferior) por un primer extremo 1040' y el miembro de compresión 104 precedente es mantenido en posición con respecto al miembro de compresión 104' siguiente por su segundo extremo 1041 al primer extremo 1040' del miembro de compresión 104' siguiente y al primer extremo 1030 del miembro de compresión 103 por medio de un respectivo miembro de tensión flexible 106, 107.

50 Una vez más, son necesarios dos miembros de tensión flexibles 106, 107 para mantener el extremo 1041 del miembro de compresión rígido 104, el cual no está montado sobre un contorno 101, 102, en posición con respecto a los extremos de los miembros de compresión rígidos, cuyos extremos 1030, 1040' están montados ambos sobre un

contorno 101, 102.

Debe notarse que los miembros de tensión flexibles 106, 107 son ambos del primer tipo.

El miembro de tensión flexible 106, mostrado en la figura 2, es, en el presente caso, un cable sustancialmente vertical y el miembro de tensión flexible 107, también mostrado en la figura 2, es un cable diagonal.

5 Los miembros de tensión flexibles 107, 106, 111, 105 forman un patrón repetitivo alrededor del anillo.

Para garantizar la estabilidad de la estructura de soporte 100 cuando está desplegada, otros miembros flexibles 108, 112 se añaden entre el segundo extremo 1041, 1041' de los miembros de compresión 104, 104' del segundo tipo y el segundo extremo 1031 de un miembro de compresión 103 del primer tipo. Estos miembros de tensión flexibles adicionales conectan dos extremos los cuales no están montados sobre los contornos 101, 102.

10 Debe notarse que estos miembros de tensión flexibles 108, 112 adicionales son del segundo tipo, de forma que conectan extremos de miembros de compresión los cuales no están montados sobre un contorno 101, 102.

Estos miembros flexibles adicionales pueden ser cables, denominados cables de equilibrio, o tendones.

15 De manera similar, los miembros flexibles 108, 109 conectan el segundo extremo 1041 de un miembro de compresión 104 del segundo tipo y los respectivos segundos extremos 1031, 1031" de dos miembros de compresión 103, 103" del primer tipo.

Una vez más, el miembro flexible 109 puede ser un cable, denominado cable de equilibrio, o un tendón.

Las conexiones entre los diferentes miembros de compresión 103, 103', 104, 104' están hechas, ventajosamente, entre los miembros de compresión más cercanos, según se muestra en la figura 2.

20 Los miembros de tensión flexibles 108, 109, 112 del segundo tipo también definen un patrón repetitivo alrededor del anillo.

Además, miembros de compresión rígidos de ambos tipos están dispuestos con un patrón de cruzamiento repetitivo todo alrededor del anillo. Como la estructura de soporte 100 es una estructura tensegrítica, no hay ninguna conexión mecánica entre cualesquiera dos miembros de compresión: éstos están dispuestos en un patrón de cruzamiento pero mantienen una distancia de separación no nula entre ellos.

25 La estructura de soporte 100 descrita aquí arriba es totalmente compatible con la instalación de dos redes flexibles 201, 202 las cuales son montadas cada una de ellas todo alrededor de uno de los contornos 101, 102 de la estructura de soporte 100.

La figura 3 muestra las dos redes flexibles 201, 202 opuestas junto con una pluralidad de miembros de conexión 203 en una realización representativa de una configuración de hardware de vuelo posible.

30 En esta figura, las barras de compresión rígidas 103, 104, 103', 104', 103" y sus conexiones flexibles no están representadas.

Gracias a los miembros de conexión 203, cada red 201, 202 tiene una forma cóncava. De esa manera, una de las redes 201, 202 puede soportar un reflector de ondas electromagnéticas (no mostrado en la figura).

35 Según se muestra en esta figura, las redes 201, 202 están montadas de tal manera que están dispuestas simétricamente con respecto a un plano P de simetría transversal de la estructura de soporte 100.

La figura 4 muestra, más específicamente, una vista en primer plano del centro de las redes 201, 202. Realmente, hay que fijarse en que la figura 4 represente una realización relacionada con una realización particular de un prototipo de estructura tensegrítica, por lo cual sólo tuvieron que ser representadas las características mecánicas de dichas redes flexibles y dichos miembros de conexión.

40 No obstante, el diseño mostrado en la figura 3 es consistente con la figura 4.

El centro C_1 , C_2 de cada red 201, 202 pertenece al eje Z longitudinal del anillo (eje de simetría). Estos centros, preferiblemente, están conectados por unos medios de acoplamiento 204.

El despliegue de la estructura desde su estado plegado hasta su estado desplegado se realiza, ventajosamente, con las dos fases siguientes.

45 En la primera fase, el despliegue completo de la estructura de soporte se logra por medio de la actuación basada en un muelle 113, alojado en un miembro de compresión 103. Liberando su energía, el muelle 113 permite desplegar la estructura de soporte 100 desde su estado plegado hasta su estado desplegado.

Se asume que el muelle 113 está comprimido inicialmente para almacenar energía cuando la estructura de soporte

100 está en un estado plegado.

Durante el despliegue, un miembro de tensión flexible 110 alojado parcialmente en el miembro de compresión rígido 103 entra en el miembro de compresión 103 rígido. En consecuencia, la longitud del miembro de tensión flexible 110 fuera del miembro de compresión 103 rígido se reduce.

- 5 Una vez que la estructura de soporte 100 está desplegada, un dispositivo de bloqueo 112 también alojado en dicho miembro de compresión 103 rígido bloquea el miembro de tensión 110 flexible en su posición final.

Esto evita la relajación de la tensión después del despliegue.

- 10 Los medios empleados para la primera fase de despliegue se muestran más específicamente en la figura 5. La figura 5 es una vista en corte vertical de un miembro de compresión, en este caso el miembro de compresión 103 mostrado en la figura 2.

El miembro de tensión flexible que es escogido a este fin es un cable vertical 110. No obstante, puede ser llevado a cabo con otro miembro de tensión flexible tal como un cable diagonal de la estructura de soporte 100.

El miembro de compresión 103 aloja al muelle 113, cuyo un extremo 1130 está acoplado a la cubierta del miembro de compresión 103 y cuyo otro extremo 1131 está acoplado a la parte superior 1120 del dispositivo de bloqueo 112.

- 15 La parte inferior 1121 del dispositivo de bloqueo 112 bloquea el cable vertical 110. El dispositivo 112 está en una posición desbloqueada cuando la estructura de soporte está en un estado plegado. Cuando se logra el despliegue completo, es bloqueado para evitar la relajación de la tensión.

- 20 La figura 5 también muestra el otro cable vertical 105 el cual está conectado al miembro de compresión 103'. La longitud de la parte visible del cable vertical 105 puede también variar en longitud mediante un correspondiente dispositivo (muelle, dispositivo de bloqueo) alojado en el miembro de compresión 103', en conformidad con el diseño mostrado en la figura 5.

Además, la figura 5 muestra también los cables diagonales 107, 111 los cuales conectan respectivamente dicho miembro de compresión 103 a los miembros de compresión 104, 104'.

- 25 Ventajosamente, todos los miembros de compresión de la estructura de soporte 100 incluirán un diseño interno descrito con la figura 5 como, en ese caso, el riesgo de fallo de despliegue está limitado.

No obstante, se puede seleccionar también algunos miembros de compresión rígidos de entre todos los miembros de compresión rígidos contenidos en la estructura de soporte.

En la segunda fase de despliegue de la estructura de soporte 100, se aplica una actuación activa a uno o varios miembros de tensión flexibles de la estructura de soporte 100 para alcanzar un estado pretensado requerido.

- 30 La segunda fase garantiza rigidez y estabilidad de la estructura de soporte 100 desplegada. También asegura el tensado apropiado de las dos redes flexibles 201, 202 las cuales tienen que soportar el reflector electromagnético. Ciertamente, la estabilidad de la forma del reflector tiene que ser mantenida durante la vida operativa del reflector.

La actuación activa se lleva a cabo mediante actuadores los cuales serán alimentados de energía por la nave espacial.

- 35 Debido a las propiedades específicas de las estructuras tensegríticas, un número limitado de actuadores es suficiente para asegurar un tensado eficiente de los contornos 101, 102, de los diferentes miembros de tensión flexibles desde el 105 hasta el 111 y de las redes flexibles 201, 202.

Por ejemplo, un número de tres actuadores ha probado ser suficiente.

- 40 Ciertamente, el solicitante ha diseñado y ensayado a pequeña escala la estructura de acuerdo con la invención, en la cual tres actuadores distribuidos a intervalos regulares alrededor del eje longitudinal de la estructura han probado ser suficientemente eficientes. Esto quiere decir que los actuadores fueron separados entre sí en un ángulo periférico de 120°.

En los ensayos realizados, la actuación fue llevada a cabo sobre cables diagonales pero pueden haber sido escogidos otros cables.

- 45 Además, debe notarse que pueden emplearse más de tres actuadores para aumentar la seguridad.

Las dos fases de despliegue de la estructura de soporte 100 descritas aquí arriba son preferenciales.

No obstante, se puede concebir un diseño más simple para la secuencia de despliegue, de forma que la segunda fase no se lleve a cabo. A este fin, un dimensionamiento adecuado de los muelles 113 de compresión que están dentro de los miembros de compresión de la figura 5 proporcionaría suficiente energía para lograr el pretensado

requerido al final del despliegue de la primera fase.

Otro aspecto importante en el despliegue de los reflectores electromagnéticos está relacionado con la interfaz entre su estructura de soporte 100 y la nave espacial.

5 En general, se prevé un brazo extensible desplegable largo para llevar la estructura que comprende el reflector a una distancia dada desde nave espacial para evitar cualquier problema durante el despliegue de dicha estructura. En el caso particular en el que la estructura de soporte tiene la forma de un anillo, el brazo extensible de la nave espacial está unido generalmente a al menos un contorno de la estructura de soporte.

Sin embargo, la invención propone unos medios de unión específicos entre el brazo extensible 400 de la nave espacial 500 y la estructura de soporte 100 de acuerdo con la invención.

10 Las figuras 6 y 7 muestran tales medios de unión, en operación en la figura 6 y aislados en la figura 7.

Estos medios de unión están dirigidos más específicamente a reflectores de ondas electromagnéticas cuando se usan en una configuración óptica de antena de tipo "desviada", concretamente cuando el anillo reflector está unido al brazo extensible de la nave espacial sólo por un lado.

15 Los medios de unión son un dispositivo 300 que comprende una placa 301 destinada para ser fijada sobre el brazo extensible 400 de la nave espacial 500 y una pluralidad de barras rígidas 302, 303, 304 destinadas para ser conectadas a respetivos extremos de miembros de compresión de la estructura de soporte 100.

Las barras rígidas están articuladas sobre la placa 301 por primeros extremos, de forma que es posible un movimiento de rotación de dichas barras rígidas 302, 303, 304 con respecto a la placa 301.

20 Los otros extremos de las barras rígidas 301, 302, 303 comprenden rótulas a ser montadas sobre los extremos de los miembros de compresión, de forma que un movimiento de rotación en tres direcciones es posible con respecto a estos miembros de compresión.

25 Según se muestra en la figura 7, tres barras 301, 302, 303 articuladas pueden ser suficientes para asegurar un despliegue apropiado de la estructura de soporte 100. Es particularmente interesante cuando la placa 301 tiene una forma triangular, pues cada barra rígida 302, 303, 304 puede estar articulada al nivel de una esquina de la placa 301.

No obstante, la placa 301 puede tener otra forma, siempre que se provean tres puntos de unión.

Ciertamente, una placa con tres barras articuladas montadas con rótulas sobre tres extremos respectivos de miembros de compresión proporciona una estructura isostática la cual es particularmente adecuada para obtener una estructura de soporte/reflector con un plano de simetría transversal.

30 En la práctica, dos barras 303, 304 articuladas se montarán sobre un primer contorno 101 y la última 302 sobre el otro contorno 102.

35 En una realización alternativa, es posible tener un brazo extensible 400' que comprende un tronco central 401' conectado a la nave espacial 500 y una pluralidad de ramas 402', 403', 404' fijadas todas, por un lado, al tronco central 401', y cada una de ellas articulada con una rótula a un correspondiente extremo de un miembro de compresión que pertenece a la estructura de soporte 100.

La figura 8 muestra tal alternativa.

Esta alternativa está dirigida más específicamente a escudos solares o aplicaciones de propulsión por vela solar.

Como puede verse en esta figura, la nave espacial 500 está situada por encima de la estructura de soporte 100 de forma que el brazo extensible 400' se extiende hacia abajo con respecto a la nave espacial 500.

40 Las diferentes ramas, en este caso tres ramas 402', 403', 404', están distribuidas a intervalos regulares alrededor del eje longitudinal del tronco central 401'. Esto quiere decir que las ramas 402', 403', 404' están separadas entre sí en un ángulo periférico de 120°.

En ese caso, el despliegue de la estructura de soporte 100 es llevado a cabo en una dirección radial, en un plano situado por debajo de la nave espacial 500 y del brazo extensible 400'.

45 Así se obtiene un despliegue conveniente.

La estructura desplegable tensegrítica de acuerdo con la invención puede ser usada en conjunto con muchos tipos de reflectores, de entre los cuales está una antena.

También puede ser usada en conjunto con un escudo solar, una vela solar o cualquier superficie grande útil para la captación de radiofrecuencias.

Otras aplicaciones tales como generar resistencia aerodinámica para la reentrada de la nave espacial en la atmósfera también pueden ser consideradas.

Además, son posibles aplicaciones en tierra.

Por ejemplo, la invención puede encontrar aplicación para carpas o refugios temporales o portátiles.

5 De acuerdo con otro ejemplo, la invención puede encontrar una aplicación para acuicultura.

Para aplicaciones en tierra, debe notarse que la fase de despliegue puede limitarse a la primera fase, ya que el pretensado de la estructura de soporte hasta un valor requerido no es generalmente tan importante como para aplicaciones espaciales, en las cuales la forma del reflector tiene que ser controlada de manera precisa. Además, las redes 201, 202 generalmente no serán previstas.

10 Cualquiera que sea la aplicación, la invención propone una estructura desplegable tensegrítica la cual es ligera, estable y fiable, especialmente cuando se considera su despliegue.

Además, en aplicaciones espaciales, la estructura de acuerdo con la invención puede ser estibada en la envolvente de una lanzadera espacial.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una estructura tensegrítica desplegable que comprende, en el estado desplegado, una estructura de soporte (100) que tiene una forma de anillo alrededor de un eje longitudinal y que comprende:
- un primer miembro de tensión flexible (101) que define un primer contorno de dicho anillo y un segundo miembro de tensión flexible (102) que define un segundo contorno de dicho anillo;
 - una primera pluralidad de miembros de compresión rígidos (103, 103', 103'') que se extienden entre dichos primer y segundo contornos (101, 102), estando un extremo (1030, 1030') de cada miembro de compresión rígido de la primera pluralidad montado sobre el primer contorno (101) mientras que el otro extremo (1031, 1031'') no está montado sobre un contorno; y una segunda pluralidad de miembros de compresión rígidos (104, 104') que se extienden entre dichos primer y segundo contornos (101, 102), estando un extremo (1040') de cada miembro de compresión rígido de la segunda pluralidad montado sobre el segundo contorno (102) mientras que el otro extremo (1041, 1041') no está montado sobre un contorno; estando dichas primera y segunda pluralidad de miembros de compresión rígidos (103, 103', 103'', 104, 104') dispuestas con un patrón de cruzamiento repetitivo alrededor del anillo;
 - una primera pluralidad de miembros de tensión flexibles (105, 106, 107, 110, 111) que conectan cada extremo (1030, 1030', 1040') de un miembro de compresión montado sobre uno de dichos contornos (101, 102) con un extremo de otro miembro de compresión el cual no está montado sobre uno de dichos contornos, y una segunda pluralidad de miembros de tensión flexibles (108, 109, 112) que conectan cada extremo (1031, 1031'', 1041, 1041') de un miembro de compresión el cual no está montado sobre un contorno con un extremo de otro miembro de compresión el cual tampoco está montado sobre un contorno.
- 25 2. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la primera pluralidad de miembros de tensión flexibles (105, 106, 107, 110, 111) comprende primeros miembros de tensión flexibles (105, 106, 110) los cuales conectan miembros de compresión rígidos que pertenecen a la misma primera o segunda pluralidad de miembros de compresión rígidos.
- 30 3. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que la primera pluralidad de miembros de tensión flexibles (105, 106, 107, 110, 111) comprende segundos miembros de tensión flexibles (107, 111) los cuales conectan miembros de compresión rígidos de la primera pluralidad (103, 103', 103'') con miembros de compresión rígidos de la segunda pluralidad (104, 104').
- 35 4. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que la segunda pluralidad de miembros de tensión flexibles (108, 109, 112) conectan miembros de compresión rígidos de la primera pluralidad de la primera pluralidad (103, 103', 103'') con miembros de compresión de la segunda pluralidad (104, 104').
- 40 5. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que varios miembros de compresión rígidos (103, 103', 103'', 104, 104') comprenden unos medios (113), tales como un muelle (113), para variar la longitud de al menos un miembro de tensión flexible (110).
- 45 6. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que varios miembros de compresión rígidos (103, 103', 103'', 104, 104') comprenden un dispositivo (112) para bloquear al menos un miembro de tensión flexible (110).
- 50 7. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que dos redes flexibles (201, 202) están montadas todo alrededor de un respectivo contorno (101, 102) de la estructura de soporte (100), estando conectados dichas redes juntas mediante una pluralidad de miembros de conexión (203) de forma que las redes tienen ambas una forma cóncava y están dispuestas simétricamente con respecto a un plano de simetría transversal de la estructura de soporte (100).
- 55 8. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que los miembros de compresión rígidos (103, 103', 103'', 104, 104') son barras o puntales.
9. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que los miembros de tensión flexibles (105 a 112) son cables o tendones.
- 60 10. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que está provista de una pluralidad de actuadores activos para pretensar la estructura de soporte (100) hasta un valor requerido.
- 65 11. Una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con la reivindicación precedente, en la que se proveen tres actuadores activos para pretensar la estructura de soporte (100), estando distribuidos dichos actuadores a intervalos regulares alrededor del eje longitudinal de dicha estructura de soporte.

12. Una combinación de una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una las reivindicaciones precedentes con un dispositivo (300) que comprende:

- 5 - una placa (301) destinada para ser montada sobre una brazo extensible (400) de una nave espacial (500);
- una pluralidad de barras (302, 303, 304) cuyos primeros extremos están articulados sobre la placa (301) y cuyos segundos extremos comprenden rótulas montadas sobre respectivos extremos de miembros de compresión rígidos de la estructura de soporte (100).

- 10 13. Una combinación de acuerdo con la reivindicación precedente, en la que dos barras de dicha pluralidad de barras (303, 304) están montadas sobre extremos de miembros de compresión rígidos los cuales están a su vez montados sobre un contorno (101), estando una tercera barra (302) de dicha pluralidad de barras (302, 303, 304) montada sobre un extremo de otro miembro de compresión rígido montado a su vez sobre le otro contorno (102).

- 15 14. Una combinación de una estructura tensegrítica desplegable de acuerdo con una las reivindicaciones 1 a 11 con un brazo extensible (400') de una nave espacial, comprendiendo dicho brazo extensible (400) un tronco central (401') y tres ramas (402', 403', 404') las cuales están fijadas al tronco central (401') y dispuestas a intervalos regulares alrededor del eje longitudinal del tronco (401'), estando destinadas dichas ramas para ser articuladas sobre extremos de miembros de compresión rígidos de la estructura de soporte (100).

20

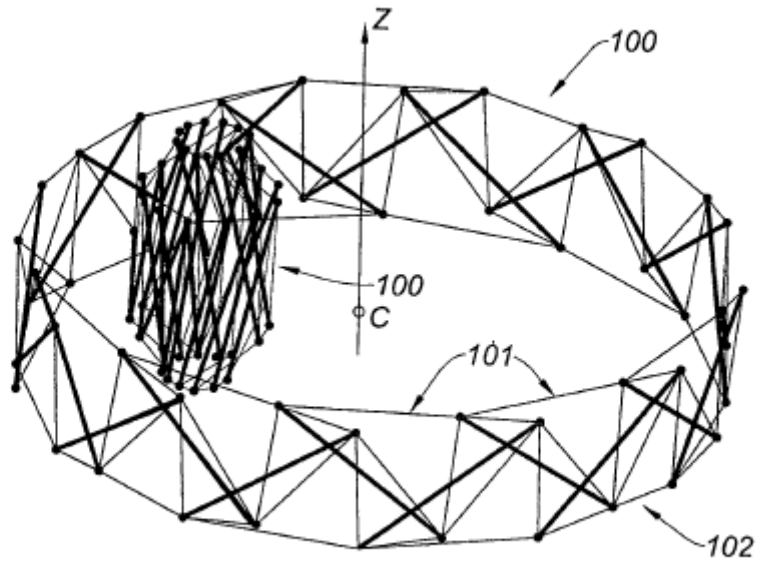


Fig. 1

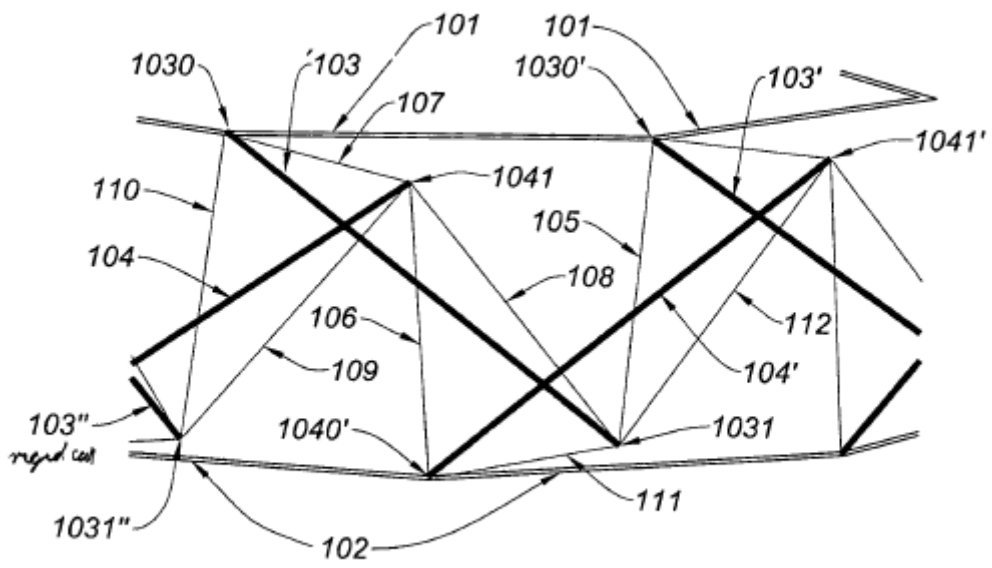


Fig. 2

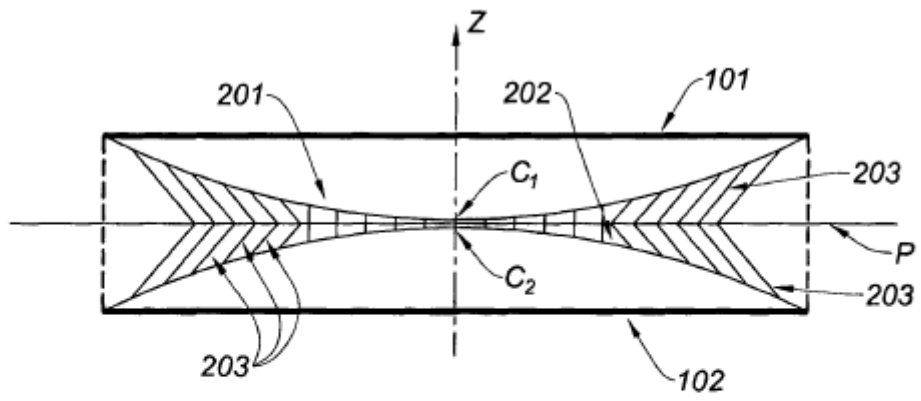


Fig. 3

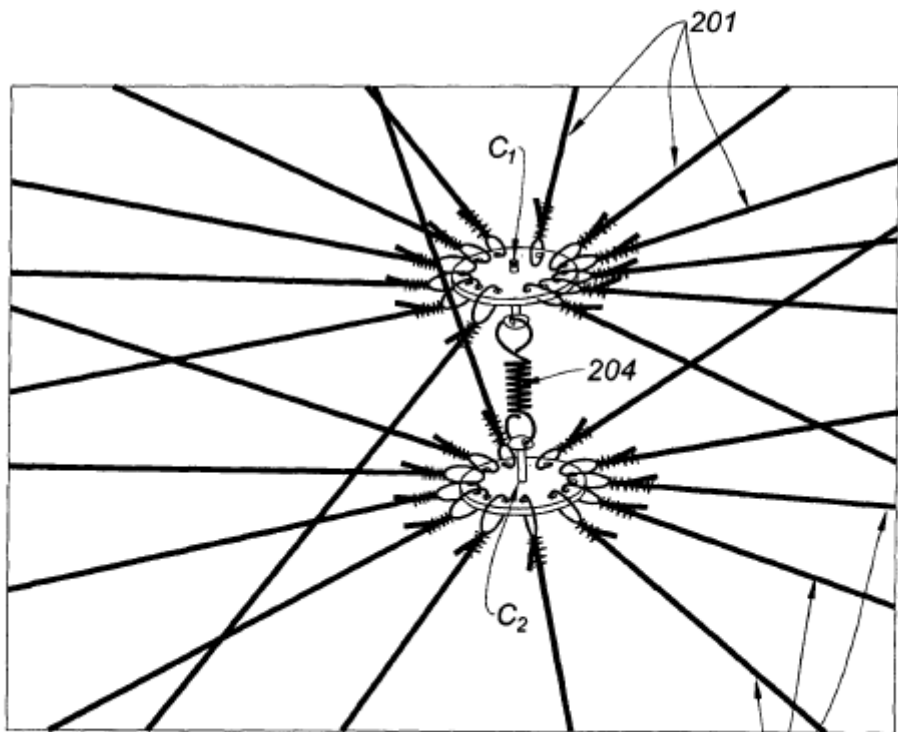


Fig. 4

202

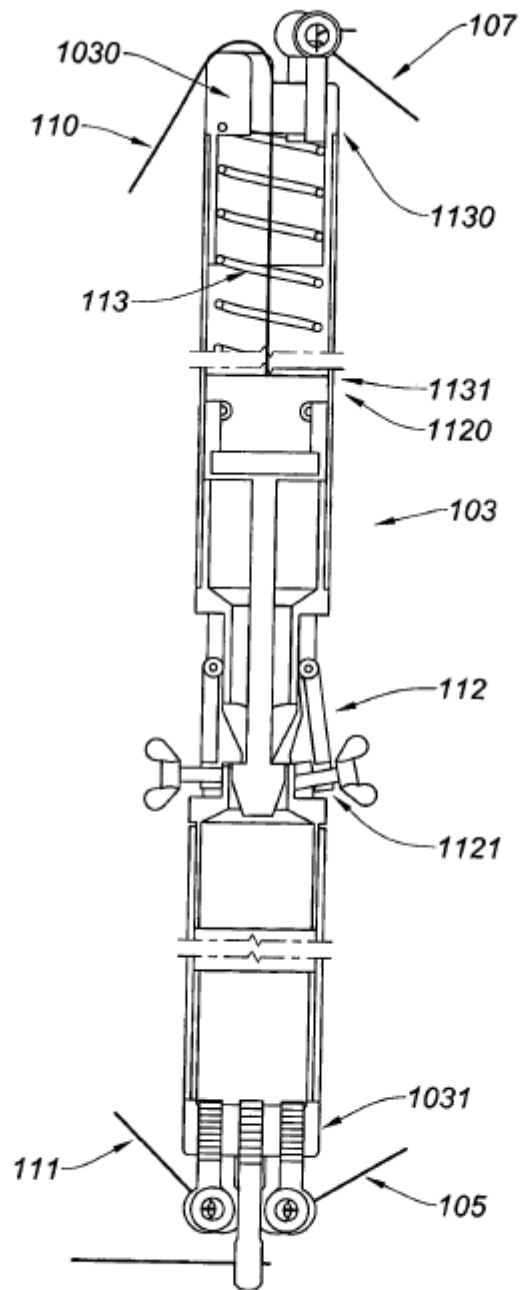


Fig. 5

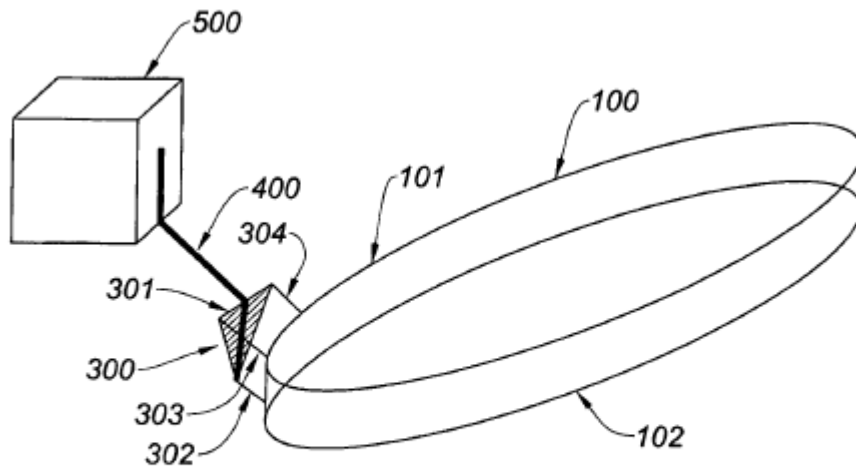


Fig. 6

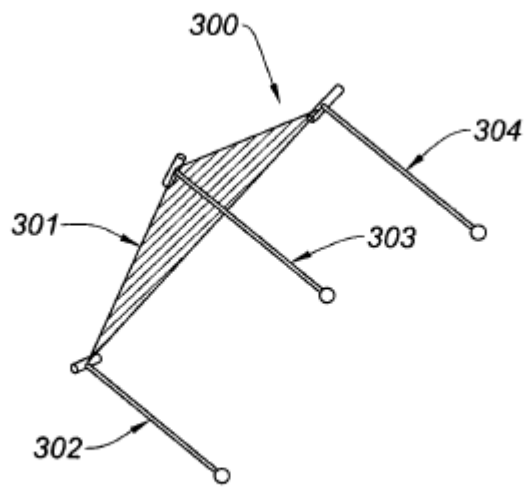


Fig. 7

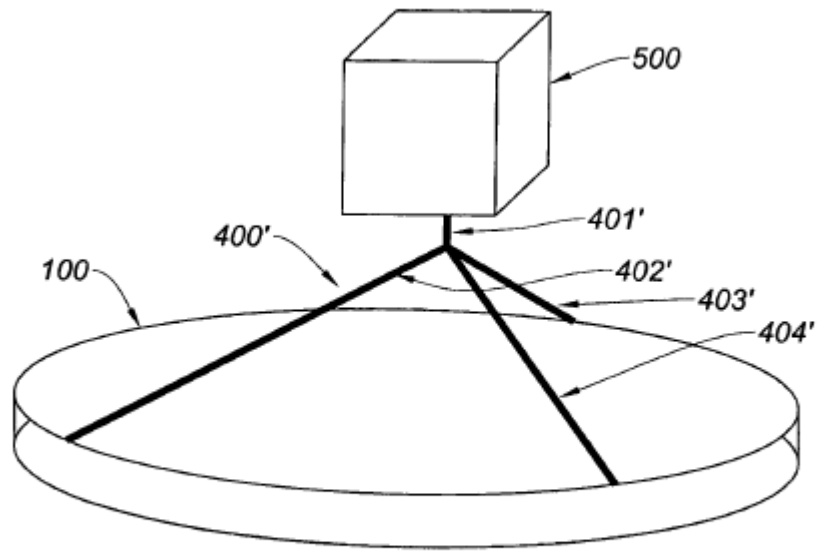


Fig. 8