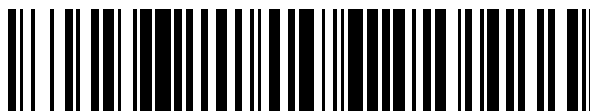


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 917 885**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/28 (2006.01)

H01Q 15/16 (2006.01)

G02B 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2015 PCT/US2015/016059**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2015 WO15130505**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2015 E 15710025 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2022 EP 3111508**

54 Título: **Reflector de malla con estructura de celosía**

30 Prioridad:

26.02.2014 US 201414191052

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

12.07.2022

73 Titular/es:

**NORTHROP GRUMMAN SYSTEMS
CORPORATION (100.0%)
2980 Fairview Park Drive
Falls Church, VA 22042-4511, US**

72 Inventor/es:

MOBREM, MEHRAN

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 917 885 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

Reflector de malla con estructura de celosía

5 Solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica la prioridad sobre la solicitud de patente de EE.UU. con número de serie 14/191052, presentada el 26 de febrero de 2014.

10 Campo técnico

La presente invención se refiere en general a conjuntos reflectores, y específicamente a antenas reflectoras electromagnéticas para uso en el espacio y en naves espaciales.

15 Antecedentes

Los reflectores para concentrar la radiación de radiofrecuencia (RF) se emplean en una variedad de antenas instaladas en naves espaciales o montadas en tierra. Los reflectores para concentrar la radiación solar se emplean como colectores de energía solar en sistemas para convertir la energía solar en energía eléctrica.

20 Las tecnologías satelitales y de comunicaciones a menudo requieren que los dispositivos basados en el espacio y otra maquinaria de alta tecnología sean livianos pero duraderos para resistir los efectos del entorno espacial. Dichos dispositivos, sin embargo, también deben diseñarse de manera práctica para ser lanzados desde la tierra en un paquete pequeño y desplegarse en el espacio de forma autónoma. El documento US5680145 (A) divulga un conjunto reflector para su uso en antenas o colectores solares en los que un peso bajo y una alta precisión en la forma de la superficie del reflector son esenciales para mantener la RF deseada o los requerimientos de reflexión de luz. El conjunto está provisto con un rígido, anillo de soporte exterior desplegable y al menos una red de bastidores curvada soportada por el anillo exterior. La red de bastidores puede estar formada por un entramado de bandas intersecantes que se extiende por la superficie. Se sitúa un material reflectivo contra la red de bastidores. Se aplica una carga sobre la red de bastidores para formar una superficie cóncava. El conjunto es plegable para su envío al espacio antes del despliegue. El documento JP2004221897 (A) describe una antena que comprende una estructura de celosía en la que una hoja que tiene conductividad y que forma una superficie cóncava para reflejar ondas de radio y una estructura inflable con forma de tubo se combinan. La antena está provista de un bastidor que tiene una pluralidad de porciones de soporte para soportar la película en posiciones de conformidad con la curvatura deseada. El documento ISBN: 978-07803-5640-5 "The Astromesh Deployable Reflector" de Thomson et. al., divulga un reflector de malla llamado "Astromesh" para sistemas de antena espacial de amplia apertura. Incluye un nuevo concepto para estructuras espaciales desplegables: un par de anillos rígidos, cúpulas de celosía geodésica, en la que el anillo es una celosía desplegada por un solo cable. Comparado con otros deflectores de malla, el Astromesh logra niveles inusualmente bajos de masa total, volumen de carga, distorsión de la superficie, coste, y duración de planificación del programa.

40

Sumario

La presente invención proporciona un conjunto reflector con las características de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Características preferidas adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

45

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un conjunto reflector.

50 La figura 2 es una vista lateral del conjunto reflector de la figura 1.

La figura 3 es una vista del conjunto en despiece ordenado del conjunto reflector de la figura 1.

La figura 4 es una vista parcial del bastidor de la figura 3 en una condición desplegada.

55

La figura 5 es una vista parcial del bastidor de la figura 3 en un estado parcialmente plegado.

La figura 6 es una vista ampliada de otro ejemplo de una porción articulada del bastidor.

60 La figura 7A es una ilustración esquemática de un primer cuerpo y malla reflectante del conjunto reflector de la figura 1.

La figura 7B es una vista ampliada de una porción de la figura 7A.

65 La figura 7C es una vista lateral de la figura 7B.

La figura 8 es una ilustración esquemática de un segundo cuerpo del conjunto reflector de la figura 1.

Las figuras 9-13 ilustran porciones del primer cuerpo de la figura 7.

5 La figura 14 es una vista en corte del miembro tensor del conjunto reflector.

La figura 15 es una vista lateral del conjunto reflector de la figura 2 asegurado a una estructura de despliegue.

10 Las figuras 16A y 16B son porciones ampliadas del anillo del conjunto reflector asegurado a los dispositivos de despliegue.

La figura 17 es una ilustración esquemática de otro ejemplo de un bastidor del conjunto reflector.

Descripción detallada

15 La presente invención se refiere en general a conjuntos reflectores, y específicamente a antenas reflectoras electromagnéticas para uso en el espacio y en naves espaciales. El conjunto del reflector incluye una antena reflectora liviana y de gran apertura que se puede guardar de manera compacta durante el transporte y la entrega y, por ello, se prepara para su eventual despliegue en el espacio. El conjunto reflector incluye un bastidor, primer y segundo cuerpos de red curvados conectados al bastidor, y una serie de miembros tensores que se extienden entre los cuerpos y están conectados a ellos. Una malla reflectora está asegurada al primer cuerpo para recibir y reflejar señales electromagnéticas. Una estructura de soporte asegura la malla reflectante al primer cuerpo y separa la malla reflectante del primer cuerpo hacia el segundo cuerpo. En un ejemplo, la malla reflectante tiene una forma diferente a la del primer cuerpo debido a la estructura de soporte.

25 Dado que los miembros tensores y la estructura de soporte mantienen la malla reflectante en una forma curvada mostrada, el conjunto reflector es ideal para usar en antenas debido a su capacidad para recibir y reflejar señales de RF con precisión. El bastidor puede ser plegable para formar un conjunto reflector desplegable con puntales articulables o el bastidor puede fijarse para proporcionar un conjunto reflector extremadamente liviano.

30 El primer cuerpo es curvado o parabólico y funciona como elemento reflector de una antena. El segundo cuerpo también es curvado o parabólico y proporciona soporte estructural para el primer cuerpo de red, pero no conforma un patrón de radiación de la antena. La estructura de soporte constituye una pluralidad de espaciadores que crean cuasifacetas más pequeñas entre el primer cuerpo y la malla reflectante para conformar de forma precisa a la malla reflectante en una forma curvada deseada.

35 Las figuras 1 a 3 ilustran un ejemplo de un conjunto de antena reflectora 30 adecuado para uso en el espacio y en naves espaciales. El conjunto reflector 30 incluye una celosía o bastidor 32, un primer cuerpo curvado 130 que soporta una malla electromagnéticamente reflectante 160, un segundo cuerpo curvado 190 que soporta y mantiene la forma curvada del primer cuerpo, miembros tensores 200 que conectan entre sí el primer y el segundo cuerpo para formar una estructura rígida, y una estructura de soporte 220 situada entre el primer cuerpo 130 y la malla reflectante 160 para ayudar a conformar de forma precisa a la malla reflectante.

45 Haciendo referencia a las figuras 3-4, el bastidor 32 tiene una forma anular y está centrado alrededor de un eje longitudinal 34. El bastidor 32 se extiende a lo largo del eje 34 desde un lado frontal 36 hasta un lado posterior 38, aunque estas designaciones espaciales son intercambiables dependiendo de la orientación espacial del conjunto reflector 30 durante el uso. El bastidor 32 tiene una construcción rígida pero liviana capaz de resistir los efectos y condiciones ambientales esperados en el espacio. El bastidor 32 incluye un primer y segundo borde anular 50, 70 separados a lo largo del eje 34 e interconectados por una pluralidad de puntales 54, 74. El primer borde 50 incluye una pluralidad de largueros 52 interconectados y el segundo borde 70 incluye una pluralidad de largueros 72 interconectados. El primer borde 50 está asegurado al segundo borde 70 por una pluralidad de puntales verticales 54 que se extienden sustancialmente paralelos al eje 34 y una pluralidad de puntales diagonales 74 que se extienden formando un ángulo con respecto al eje. Más específicamente, cada puntal vertical 54 incluye un extremo 56 asegurado al primer borde 50 y un extremo 58 asegurado al segundo borde 70.

55 Cada puntal diagonal 74 comprende igualmente un extremo 76 asegurado al primer borde 50 y un extremo 78 asegurado al segundo borde 70. Como se ilustra, un puntal diagonal 74 se extiende generalmente entre cada par consecutivo de puntales verticales 54, aunque se contemplan configuraciones alternativas para los puntales verticales y diagonales. Colectivamente, los bordes 50, 70 y los puntales 54, 74 cooperan para definir una pared periférica del bastidor que tiene una profundidad o altura H_1 a lo largo del eje 34. Los materiales usados para el primer y segundo borde 50, 70 y los puntales verticales 54 son fuertes, rígidos, sustancialmente inextensibles y livianos, por ejemplo un tubo compuesto de fibra uniaxial. Cada puntal diagonal 74 puede ser un elemento telescópico construido para tener una buena resistencia a la tensión o puede constituir un elemento flexible e inextensible.

65 Los largueros 52, 72 constituyen elementos rígidos abisagrados entre sí de extremo a extremo para permitir el plegamiento y la expansión del conjunto reflector 30 con fines de almacenamiento y despliegue. Una serie de miembros

de conexión 90 conectan pares de largueros adyacentes 52 y un puntal vertical 54 entre sí alrededor del primer borde 50. Cada miembro de conexión 90 lleva dos pasadores de pivote 92 mediante los cuales dos largueros adyacentes 52 pueden pivotar entre sí y con respecto al correspondiente puntal vertical 54. Una polea de giro libre 94 está asegurada a cada uno de los otros miembros de conexión 90 alrededor del primer borde 50.

5 De manera similar, una serie de miembros de conexión 100 conectan pares de largueros adyacentes 72 y un puntal vertical 54 entre sí alrededor del segundo borde 70. Cada elemento de conexión 100 incluye una pieza de soporte 102 sobre la que están montados de forma giratoria dos engranajes 104 y 106. Cada engranaje 104, 106 está fijado a un extremo de un larguero respectivo 72 de modo que la rotación de cualquiera de los engranajes 104 o 106 da como resultado un movimiento de pivote del larguero conectado al mismo. Los engranajes 104, 106 en cada miembro de conexión 100 engranan entre sí y por lo tanto giran al unísono. Dado que los largueros 72 están asegurados a los engranajes 104, 106 y no a la pieza de soporte 102, la rotación de los engranajes pivota los largueros 72 con respecto al puntal vertical 74 asociado con ellos y entre sí. Los engranajes 104, 106 y los pasadores 92 están configurados de tal manera que los largueros 52 en el primer borde 50 pivotan al unísono con los largueros 72 en el segundo borde 70 durante la expansión/plegamiento del bastidor 32.

20 Cada uno de los demás miembros de conexión 100 incluye además una polea 108 montada de forma giratoria en la pieza de soporte 102 y colocada entre los engranajes 104, 106. Los miembros de conexión 90, 100 están configurados de manera que las poleas 94 a lo largo del primer borde 50 se alternan con las poleas 108 en el segundo borde 70 en forma de zig-zag alrededor del perímetro del bastidor 32. Cada puntal diagonal 74 se extiende entre un miembro de conexión 90 que no lleva una polea 94 y un miembro de conexión 102 que no lleva una polea 108 y está rígidamente asegurado a ellos.

25 Un cable de despliegue 110 se enrolla de manera alterna alrededor de las poleas 94 y 108 y, de este modo, sigue la trayectoria en zig-zag alrededor del perímetro del bastidor 32. Un extremo del cable 110 está fijado al bastidor 32 y el otro extremo del cable está asegurado a un mecanismo, como un motor 112, para tensar el cable para desplegar el bastidor. Debido a esta construcción y la capacidad pivotante de los largueros 52, 72, el bastidor 32 es operable entre una condición desplegada (figura 4) y una condición plegada o de almacenaje (parcialmente plegada como se muestra en la figura 5). En la condición desplegada, los largueros 52 en el primer borde 50 se extienden sustancialmente perpendiculares a los puntales verticales 54 y al eje 34 para formar un primer borde anular rígido. Asimismo, los largueros 72 en el segundo borde 70 se extienden sustancialmente perpendiculares a los puntales verticales 54 y al eje 34 para formar un segundo borde anular rígido. Por lo tanto, los largueros 52 se extienden sustancialmente paralelos a los largueros 72 cuando el bastidor 32 está desplegado.

35 La pivotación de los largueros 52 sobre los pasadores 92 y la rotación de los largueros 72 con los engranajes 104, 106 permite que los largueros 52, 72 se muevan radialmente más cerca uno del otro en relación con el eje 34 (figura 5). Esto hace que los miembros de conexión 90 se muevan radialmente hacia adentro y más cerca uno del otro, disminuyendo de esta manera el diámetro del primer borde 50. Los miembros de conexión 100 también se mueven radialmente hacia adentro y más cerca uno del otro, disminuyendo de esta manera el diámetro del segundo borde 70. En consecuencia, el bastidor 32 se pliega en un tamaño más pequeño y compacto en el que los largueros 52, 72 generalmente se extienden en la misma dirección vertical, lo que facilita el almacenamiento y la manipulación.

45 Con referencia a la figura 6, en otro ejemplo, los largueros 52 del primer borde 50 pueden acoplarse entre sí a través de secciones de engranaje giratorias comunicantes 96 que permiten el despliegue sincronizado de los largueros 52. Por lo tanto, estas secciones de engranajes 96 reemplazarían a los miembros de conexión 90 a lo largo del primer borde 50. Las secciones de engranaje giratorias 96 a lo largo del primer borde 50 pueden tener la misma construcción que los engranajes 104, 106 en el segundo borde 70 o pueden tener una construcción diferente. A medida que se despliega el bastidor 32 y, por lo tanto, se hace que se expanda, los engranajes de enclavamiento 96 giran para permitir que los largueros 52 del primer borde se bloqueen al mismo tiempo en una configuración completamente desplegada, lo que minimiza las tensiones en el bastidor 32.

55 Las figuras 7A a 7C ilustran el primer cuerpo 130 asegurado a la malla reflectante 160 por la estructura de soporte 220. El primer cuerpo 130 constituye un entramado o red de malla formada por una pluralidad de elementos de soporte 132, 134, 136 y centrados alrededor de un eje 171. Los elementos de soporte 132, 134, 136 actúan para soportar la malla reflectora 160 y constituyen bandas o cintas flexibles e inextensibles que colectivamente forman un cuerpo circular. Los elementos de soporte 132, 134, 136 se extienden en tres direcciones para formar una superficie de malla o red. Los elementos de soporte 132, 134, 136 se cruzan entre sí en puntos de intersección, o nodos de intersección 138 dentro del interior del primer cuerpo 130 para formar una serie de triángulos anidados en una forma deseada, por ejemplo, circular, hexagonal o elíptica. Los puntos de intersección de los elementos de soporte 132, 134, 136 a lo largo de la periferia del primer cuerpo 130 se indican en 137.

65 Los elementos de soporte 132, 134, 136 cooperan entre sí para definir una serie de formas concéntricas, cada una formada por una pluralidad de facetas triangulares 131. Generalmente, una vez que se determina el tamaño deseado del primer cuerpo 130 en base a la frecuencia operativa del conjunto reflector 30, se calcula el número y el tamaño de las facetas 131 que forman el primer cuerpo para lograr la precisión superficial requerida para la frecuencia operativa deseada. Típicamente, cuanto mayor sea la frecuencia operativa deseada para el conjunto reflector 30, más pequeñas

serán las facetas 131 y, por lo tanto, más elementos de soporte 132, 134, 136. La figura 7A muestra un ejemplo de una configuración de nueve anillos para un reflector fuera del eje, donde la periferia del primer cuerpo 130 y el bastidor 32 (no mostrado) están configurados para ser elípticos para proporcionar una abertura circular para el conjunto de reflector 30. Dependiendo de la aplicación particular, el tamaño de apertura del primer cuerpo 130 puede variar. En consecuencia, el número total de facetas triangulares 131 y, por lo tanto, el número de elementos de soporte inextensibles 132, 134, 136 en el primer cuerpo 130 también varía. Con referencia a la figura 7B, cada faceta 131 está formada por una serie de lados 133 que se cruzan en los vértices 138 para definir el perímetro de la faceta. Aunque se ilustran tres lados 133 y tres vértices 138 debido a la construcción triangular de las facetas 131, se apreciará que alternativamente las facetas con forma poligonal tendrán más lados y vértices correspondientes.

Haciendo referencia a las figuras 7B y 7C, la estructura de soporte 220 asegura la malla reflectante 160 al lado posterior o inferior del primer cuerpo 130 y conforma de forma precisa la malla reflectante en una forma curvada o parabólica cuando el conjunto reflector 30 está completamente desplegado. La estructura de soporte 220 incluye una pluralidad de elementos de soporte primarios 230 y una pluralidad de elementos de soporte secundarios 240 firmemente sujetos al primer cuerpo 130 y a la malla reflectante 160 mediante soldadura o similar. Los elementos de soporte primarios y secundarios 230, 240 son alargados y constituyen bandas o cintas flexibles e inextensibles similares a los elementos de soporte 132, 134, 136 del primer cuerpo 130. Cada elemento de soporte primario 230 se extiende desde un primer extremo 232 hasta un segundo extremo 234 y cada elemento de soporte secundario 240 se extiende desde un primer extremo 242 hasta un segundo extremo 244. A lo largo de un lado 133 de una faceta 131, el elemento de soporte primario 230 tiene una longitud L_1 y cada elemento de soporte secundario 240 tiene una longitud L_2 . Los elementos de soporte primarios y secundarios 230, 240 tienen diferentes longitudes L_1 ; L_2 tal como se muestra. Adicionalmente, los miembros de soporte secundarios 240 tienen diferentes longitudes a lo largo del mismo lado 133. En un ejemplo, la longitud L_1 de los elementos de soporte primarios 230 es mayor que la longitud L_2 de los elementos de soporte secundarios 240 a lo largo de cada lado 133 de una faceta 131. Las longitudes L_1 , L_2 de los elementos de soporte 230, 240 pueden aumentar en una dirección que se extiende desde la periferia del primer cuerpo 130 hasta el eje central 171. En otras palabras, los elementos de soporte 230, 240 pueden ser los más largos en el centro del primer cuerpo 130 y los más cortos en la periferia del primer cuerpo.

Un elemento de soporte primario 230 está asegurado a al menos un lado 133 de al menos una faceta 131 en el primer cuerpo 130. Como se muestra, el primer extremo 232 de un elemento de soporte primario 230 está asegurado a cada lado 133 de cada faceta triangular 131 aproximadamente en el punto medio de cada lado entre los vértices 138 asociados al mismo. Sin embargo, los elementos de soporte primarios 230 pueden asegurarse en cualquier lugar a lo largo de cada lado 133. Además, los elementos de soporte primarios 230 pueden estar dispuestos simétrica o asimétricamente (no se muestra) alrededor de los lados 133 en cada faceta 131. El segundo extremo 234 de cada elemento de soporte primario 230 está asegurado a la malla reflectante 160. Los elementos de soporte primarios 230 pueden formar un ángulo respecto al eje 171 del primer cuerpo 130 o pueden ser paralelos al mismo.

Los elementos de soporte secundarios 240 están dispuestos en pares en lados opuestos de los elementos de soporte primarios 230 a lo largo de al menos un lado 133 de al menos una faceta 131. Como se muestra, se proporciona un par de elementos de soporte secundarios 240 en cada lado 133 en cada faceta 131. Los primeros extremos 242 de cada par de elementos de soporte secundarios 240 están asegurados a cada lado 133 de cada faceta 131 en el punto medio entre el elemento principal de soporte 230 y cada vértice 138 asociado con ese lado. Sin embargo, se apreciará que cada elemento de soporte secundario 240 puede estar dispuesto en cualquier lugar a lo largo de cada lado 133 de manera que los elementos de soporte secundarios puedan estar dispuestos simétrica o asimétricamente (no se muestra) en cada lado 133. El segundo extremo 244 de cada elemento de soporte secundario 240 está asegurado a la malla reflectante 160. Los elementos de soporte secundarios 240 pueden formar un ángulo con respecto al eje 171 del primer cuerpo 130 o pueden ser paralelos al mismo. En cualquier caso, los elementos de soporte primarios y segundo 230, 240 se extienden hacia abajo desde el lado posterior del primer cuerpo 130 hacia el segundo cuerpo 190 para separar la malla reflectante 160 del primer cuerpo.

Los elementos de soporte 220 son ventajosos porque las longitudes L_1 , L_2 de los elementos de soporte primarios y/o secundarios 230, 240 se pueden seleccionar específicamente para conformar de forma precisa la malla reflectante 160 en la forma o contorno parabólico deseado. Para ello, las longitudes L_1 , L_2 puede variar entre los lados 133 y/o entre las facetas 131 a lo largo de todo el primer cuerpo 130. Dado que las longitudes L_1 , L_2 de los elementos de soporte 230, 240 son diferentes entre sí, la malla reflectante 160 presenta una forma diferente a la del primer cuerpo 130 al que está unida. Además, ajustando la posición de los elementos de soporte 220 a lo largo de los lados 133 de las facetas 131 de manera aleatoria, la cantidad de regularidad hexagonal en la superficie de la malla reflectante 160 puede mitigarse o incluso eliminarse. Esto es beneficioso porque la regularidad hexagonal en la superficie de la malla reflectante 160 puede generar una rejilla de lóbulos de RF.

Con referencia a la figura 8, el segundo cuerpo 190 es sustancialmente idéntico en construcción al primer cuerpo 130 y, por lo tanto, se omite una descripción completa del segundo cuerpo por brevedad. En consecuencia, cualquier característica de referencia designada en el segundo cuerpo 190 también está presente en el primer cuerpo 130, por ejemplo, los elementos de soporte 192, 194, 196, los nodos periféricos 197, y los nodos de intersección 198. El segundo cuerpo 190 está centrado a lo largo de un eje 191 y se proporciona para soportar el primer cuerpo 130 y mantener el primer cuerpo en una forma parabólica curvada durante el despliegue y funcionamiento del cuerpo

reflector 30, como se describirá. El segundo cuerpo 190 se diferencia del primer cuerpo 130 únicamente en que la malla reflectante 160 no se fija al mismo. Debido a la forma y construcción sustancialmente idénticas del primer y segundo cuerpo 130, 190, cada nodo de intersección 138 del primer cuerpo 130 tiene un nodo de intersección 198 correspondiente en el segundo cuerpo 190.

5 Los elementos de soporte 132, 134, 136, 192, 194, 196 que comprenden los cuerpos primero y segundo 130, 190, así como los elementos de soporte 230, 240 que comprenden la estructura de soporte 220, están fabricados de un compuesto de fibra predominantemente uniaxial formado en tiras que tienen una sección transversal rectangular. El material de cada elemento de soporte 132, 134, 136, 192, 194, 196, 230, 240 debe tener un alto límite de deformación por flexión, ser flexible para acomodar el despliegue y el plegamiento del conjunto reflector 30, y puede seleccionarse para tener un bajo coeficiente de expansión térmica con un alto módulo de extensión para superar muchos posibles cambios ambientales.

15 Se reconocerá que los elementos de soporte pueden constituir otros tipos de estructuras de bandas implementadas para producir la formación de anillo triangular en los cuerpos primero y segundo 130, 190. La construcción del primer cuerpo 130 y el segundo cuerpo 190 está impulsada por la necesidad de desarrollar un bastidor de soporte de reflector de malla extremadamente ligero pero resistente que al mismo tiempo sea plegable. Aunque la siguiente discusión está dirigida a la construcción específica del primer cuerpo 130, se apreciará que el segundo cuerpo 190 está construido de manera similar al primer cuerpo. En otras palabras, los componentes y metodologías usados para describir el primer cuerpo 130 son igualmente aplicables al segundo cuerpo 190 pero se omiten por brevedad. Por lo tanto, se pueden usar otros tipos de configuraciones de elementos de soporte 132, 134, 136 para acomodar una variedad de limitaciones de peso y tamaño. Con este fin, se pueden usar elementos de soporte continuos 132, 134, 136 para formar la superficie de la red del primer cuerpo 130 y el segundo cuerpo 190.

25 Haciendo referencia a la figura 9, los elementos de soporte continuo 132, 134, 136 para el primer cuerpo 130 permiten un posicionamiento preciso y relativamente fácil de las intersecciones nodales 138 del primer cuerpo 130 simplemente cambiando y ajustando las posiciones relativas de los elementos de soporte según se desee. Como se ha descrito anteriormente, los elementos de soporte 132, 134, 136 se extienden a través del primer cuerpo 130 en tres direcciones entrecruzadas para formar una pluralidad de triángulos dispuestos en un patrón concéntrico. Los conjuntos de elementos de soporte continuo 132, 134, 136 se pueden colocar uno sobre otro o los elementos de soporte se pueden entretrejer para producir el patrón y la separación triangular deseados en el primer cuerpo 130 de manera precisa.

35 Uno o más de los elementos de soporte 132, 134, 136 pueden incluir una estructura de cooperación 142, 144 para adaptar a medida la posición de cada nodo de intersección 138 para cumplir con el criterio de desempeño deseado para el conjunto reflector 30. Como se muestra en la figura 10, los elementos de tope de precisión 142 están dispuestos a intervalos a lo largo de cada elemento de soporte 136, aunque se apreciará que los elementos de tope están asegurados a cada elemento de soporte 132, 134, 136 en el primer cuerpo 130. Los elementos de tope 142 cooperan con las placas de posicionamiento 144 para determinar y establecer ubicaciones precisas para los nodos de intersección 138. Haciendo referencia a la figura 11, la placa de posicionamiento 144 es un disco circular que tiene ranuras mecanizadas 146 provistos alrededor de su perímetro y está configurado para recibir los elementos de tope 142 en cada elemento de soporte 132, 134, 136 para mantener de manera confiable los nodos 138 en las posiciones deseadas (figura 12). En consecuencia, el diámetro de las placas 144, la ubicación de las ranuras 146 y/o la ubicación de los elementos de tope 142 a lo largo de los elementos de soporte 132, 134, 136 se pueden ajustar para configurar específicamente los nodos 138 y el patrón de malla del primer cuerpo 130 como se desee. Se puede formar una serie de puntos de anclaje 148 en cada placa de posicionamiento 144 alrededor de los nodos 138 de los elementos de soporte 132, 134, 136 para ayudar a conectar los miembros tensores 200 al primer y segundo cuerpo 130, 190, como se discutirá.

50 Como se muestra en la figura 13, la estructura de cooperación 136, 144 también ayuda a asegurar la malla reflectante 160 al primer cuerpo 130. La malla reflectante 160 se estira y se mantiene tensa mientras se coloca contra la parte inferior del primer cuerpo 130 para eliminar arrugas y pliegues. Los elementos de tope 142 luego se aseguran dentro de las ranuras 146 de las placas 144 a través de sujetadores o similares para emparedar los elementos de soporte 132, 134, 136 entre las placas y la malla reflectante 160. Los elementos de tope 142 y las placas 144 conectan rígidamente la malla reflectante 160 al primer cuerpo 130 para proporcionar una superficie al primer cuerpo que refleja señales electromagnéticas (véase también la figura 2). La malla reflectante 160 es liviana, pero lo suficientemente resistente para formar una superficie lisa y plana cuando se aplica tensión al primer cuerpo 130. La malla reflectante 160 puede estar compuesta por una hoja de material de malla reflectante tejido. En un ejemplo, la malla reflectante 160 es un alambre de molibdeno chapado en oro tejido por urdimbre.

60 Es importante mantener la malla reflectante 160 en una forma curvada o parabólica para optimizar las propiedades de reflexión de RF del conjunto reflector 30 y, por lo tanto, se proporcionan varias características para lograr este objetivo, a saber, los miembros tensores 200 y la estructura de soporte 220. Como se ilustra en las figuras 2 y 14, los miembros tensores 200 están sujetos entre el primer y segundo cuerpo 130, 190 para tirar del primer y segundo cuerpo uno hacia el otro y aumentar así la rigidez de los cuerpos. En un ejemplo, los miembros tensores 200 están conectados a los puntos de anclaje 148 de las placas 144 de cada cuerpo 130, 190 mediante alambres de guía 150 (véanse las figuras 12 y 13). Dado que los cuerpos primero y segundo 130, 190 son sustancialmente idénticos entre sí, cada placa

144 del primer cuerpo 130 tiene una placa correspondiente en el segundo cuerpo 190 y, por lo tanto, los miembros tensores 200 se extienden entre una pluralidad de puntos de anclaje 148 generalmente alineados verticalmente entre sí en cada cuerpo. Aunque en la figura 2 se ilustran unos pocos miembros tensores 200 representativos, se apreciará que pueden estar presentes menos o más miembros tensores en el conjunto reflector 30 para garantizar fuerzas de tracción adecuadas entre los cuerpos 130, 190.

Haciendo referencia a la figura 14, cada miembro tensor 200 incluye un tubo o manguito 202 a través del cual se extiende un resorte de tensión 204. El resorte de tensión 204 tiene dos extremos libres rectos 206 y está formado por un solo tramo de alambre. Se proporciona un huso 208 en cada extremo libre 206 que asegura el miembro tensor 200 al primer y segundo cuerpo 130, 190. Cada huso 208 es un elemento de dos piezas que tiene un clip 210 que se puede sujetar de forma segura, por ejemplo, grapar o atornillar, al resto del huso. Más específicamente, un extremo 206 del miembro tensor 200 está asegurado al alambre de guía 150 que se extiende a través de la placa 144 del primer cuerpo 130 y el otro extremo 206 está conectado al alambre de guía que se extiende a través de la placa del segundo cuerpo 190. Dependiendo de la curvatura de los cuerpos primero y segundo 130, 190, los miembros tensores 200 pueden extenderse paralelos al eje 34 del bastidor y/o pueden extenderse formando ángulos con respecto al eje.

En otro ejemplo (no mostrado), los husos 208 reemplazan las placas de posicionamiento 144 mostradas en las figuras 11 a 13. En este caso, los elementos de soporte flexibles 132, 134, 136 de cada cuerpo 130, 190 y la malla reflectante 160 están provistos de un orificio en cada nudo de intersección 138. Con los clips 210 retirados, se inserta un pasador (no mostrado) en cada huso 208 o clip a través de los orificios correspondientes en los elementos de soporte 132, 134, 136 y la malla reflectante 160 en los nodos 138 y los clips se vuelven a conectar a los husos para asegurar los miembros tensores 200 al primer y segundo cuerpo 130, 190. En cualquier caso, una vez que los husos 208 están asegurados al primer y segundo cuerpo 130, 190, los miembros tensores 200 tiran de los cuerpos uno hacia el otro y ayudan a proporcionar y mantener la rigidez en el primer y segundo cuerpo.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, cuando se ensambla el conjunto reflector 30, los puntos periféricos 137 del primer cuerpo 130, que tienen la malla reflectante 160 asegurada a ellos por la estructura de soporte 220, se aseguran a y a lo largo del primer borde 50 del bastidor 32. Los puntos periféricos 197 del segundo cuerpo 190 están asegurados a y a lo largo del segundo borde 70 del bastidor 32. El primer cuerpo 130 y el segundo cuerpo 190 tienen una forma generalmente convexa. En consecuencia, la malla reflectante 160, que se adapta generalmente a la forma del primer cuerpo 130, también tiene una forma convexa. La estructura de soporte 220 contornea además la forma de la malla reflectante 160 en relación con el primer cuerpo 130 de la manera descrita para lograr la forma específica deseada. Los miembros tensores 200 se aseguran a y entre los cuerpos primero y segundo 130, 190 de la manera descrita y se tensan lo suficiente para mantener rígidamente los cuerpos y la malla reflectante 160 en sus formas curvadas. Para mantener adecuadamente las formas curvadas de los cuerpos 130, 190, es deseable mantener la fuerza de tensión sustancialmente normal a la superficie de la malla reflectante 160. La tensión aplicada a los cuerpos 130, 190 de esta manera ayuda a asegurar que los elementos de soporte 132, 134, 136 no se curven, doblen o muevan fuera de posición entre sí como resultado de fuerzas desiguales entre los miembros tensores 200. En consecuencia, es deseable que los miembros tensores 200 apliquen fuerzas de tracción constantes entre los cuerpos 130, 190 para ayudar a asegurar que los cuerpos mantengan las formas curvadas apropiadas durante la operación del conjunto reflector 30.

En funcionamiento, y con referencia de nuevo a las figuras 4 a 5, para desplegar el conjunto reflector 30, el motor 112 aplica tensión al extremo del cable 110, lo que acorta la longitud del cable entre poleas 94 consecutivas. Esto hace que los largueros 52, 72 pivoten sobre sus elementos de conexión asociados 90, 100 a través de los pasadores 92 y los engranajes 104, 106 desde el estado que se muestra en la figura 5 hasta el estado completamente desplegado que se muestra en la figura 4. Cada conjunto de engranajes 104, 106 rota al unísono con la rotación de los pasadores 92 de modo que todos los largueros 52, 72 pivotan o rotan juntos para efectuar un despliegue suave del bastidor 32 y los cuerpos 130, 160.

Alternativamente, y con referencia a la figura 15, el bastidor 32 puede desplegarse usando un dispositivo inflable tubular 250 o un globo acoplado al perímetro del bastidor. El inflado o desinflado del dispositivo 250 hace que el bastidor 32 se despliegue o se pliegue, respectivamente. Por lo tanto, el bastidor 32 puede desplegarse uniforme y sincrónicamente al inflar el dispositivo inflable 250. En otro ejemplo mostrado en las figuras 16A y 16B, se pueden distribuir una pluralidad de actuadores 254 alrededor del bastidor 32 entre cada puntal vertical 54 y el larguero adyacente 52 en el primer borde 50 así como entre cada puntal vertical 54 y larguero 72 en el segundo borde 70 (no se muestra), que sincroniza el despliegue del bastidor. Dichos actuadores 254 distribuidos pueden comprender motores de accionamiento eléctrico, por ejemplo, motores paso a paso, o una pluralidad de dispositivos inflables acoplados entre los puntales verticales 54 y los largueros 52, 72. Tras el accionamiento de los motores 254 o el inflado de dispositivos inflables, respectivamente, el bastidor 32 se despliega uniforme y sincrónicamente. El despliegue del bastidor 32 hace que los cuerpos 130, 190 y los miembros tensores 200 se tensen y, en cooperación con la estructura de soporte 220, finalmente alcancen las posiciones de estado estable que se muestran en las figuras 1 y 2.

Independientemente de cómo se despliegue el bastidor 32, la naturaleza flexible del primer y segundo cuerpo 130, 190 y la malla reflectante 160 permite que los cuerpos y la malla reflectante se doblen o plieguen fácilmente hacia adentro (no se muestra) a medida que se pliega el bastidor. Plegar el bastidor 32 necesariamente hace que el primer

y segundo cuerpo 130, 190 tengan configuraciones curvadas más profundas o severas, y diámetros/huellas más pequeños cuando el bastidor 32 está plegado, encogiéndose por ello el tamaño del conjunto reflector 30 plegado y facilitando el almacenamiento.

5 En lugar de un bastidor desplegable 32, puede ser deseable construir el bastidor como una estructura rígida no desplegable con un peso reducido en comparación con el bastidor desplegable. En tal caso, el bastidor 32, el primer cuerpo 130 y la malla reflectante 160 pueden transportarse y montarse en una nave espacial en un estado totalmente desplegado. El bastidor 32 puede construirse con tubos cilíndricos o cuadrados atornillados o fijados entre sí de forma rígida y la malla reflectante 160 puede transportarse en un estado desplegado. En este caso, el conjunto reflector 30
10 puede estar constituido por una membrana formada por una pluralidad de facetas 270 poligonales planas reflectantes, preferiblemente triangulares, como se muestra en la figura 17. Se entenderá, sin embargo, que el conjunto reflector 30 para su uso en el bastidor desplegable 32 también puede formarse a partir de las facetas poligonales reflectantes 270 (no mostradas). Independientemente, cada faceta 270 incluye una lámina de un metal eléctricamente conductor que refleja el radar, como el aluminio. La lámina tiene un espesor suficiente para soportar, sin estirarse ni deformarse,
15 las fuerzas de tensión requeridas para mantener los cuerpos primero y segundo 130, 190 en las formas curvadas deseadas. El primer cuerpo 130 reflectante realizará las funciones tanto del entramado de elementos de soporte 123, 134, 136 que se cruzan como de la malla reflectante 160 descrita anteriormente en este documento.

20 En el ejemplo de la figura 17, las esquinas de cada faceta 270 incluyen un punto de conexión 272 para conectar las esquinas correspondientes de las facetas adyacentes. Los miembros tensores 200 discutidos previamente están conectados a cada punto 272 y conectan entre sí de forma segura las facetas 270 adyacentes. La superficie formada por las facetas 270 puede proporcionarse sola o puede estar asociada con un entramado de los elementos de soporte 132, 134, 136 descritos anteriormente. Independientemente, las facetas 270 pueden incluir un acabado o revestimiento que refleja la luz de modo que el conjunto reflector 30 pueda usarse como un concentrador de radiación solar. Puede emplearse cualquier técnica conocida para impartir un alto nivel de reflectividad de la luz a las facetas 270.
25

30 En base a la construcción del conjunto reflector 30 descrito en el presente documento, las características reflectantes del conjunto reflector muestran un patrón de respuesta de radiación preciso y se construyen particularmente para minimizar los errores estructurales y las inconsistencias en el despliegue en el espacio. La curvatura de la malla reflectante 160, que está formada por el primer cuerpo 130 y la estructura de soporte 220 y mantenida por los miembros tensores 200 y el segundo cuerpo 190, intercepta con precisión ondas ópticas o RF entrantes y refleja las ondas hacia un punto focal común. Dado que el primer cuerpo 130 está situado muy cerca de la malla reflectante 160, las señales electromagnéticas entrantes y salientes se reflejan en la malla reflectante sin interferencias del primer cuerpo. Como resultado, se puede maximizar la reflectividad del conjunto reflector 30.
35

40 El conjunto reflector 30 es ventajoso porque es liviano, compacto y mantiene una superficie reflectante precisa, curvada o parabólica que se mantiene en su sitio durante el despliegue y el funcionamiento. La estructura de soporte 220 es ventajosa porque reduce significativamente el número de elementos de soporte 132, 134, 136, 192, 194, 196 y miembros tensores 200 que serían necesarios anteriormente para producir una malla reflectante 160 contorneada con precisión que se usa típicamente para un reflector que tiene una frecuencia operativa más alta, que se corresponde con un tamaño de faceta más pequeño para el primer cuerpo 130. Por ejemplo, si se requiere un rango de operación de frecuencia más alto para el conjunto reflector 30, el tamaño de las facetas de un primer cuerpo 130 de siete anillos necesitaría reducirse a la mitad, lo que daría como resultado que el número de miembros tensores 200 aumentara de 168 a 630, lo que no es deseable. En consecuencia, la estructura de soporte 220, al proporcionar la capacidad de conformar o contornear la malla reflectante 160 a lo largo de los lados 133 de las facetas 131, alivia la necesidad de aumentar el número de facetas y los miembros tensores 200 correspondientes para lograr mayor precisión de contorno para la malla reflectante. Al proporcionar un contorno aumentado de malla reflectante 160 sin aumentar el número de facetas del primer y segundo cuerpo 130, 190, la estructura de soporte 220 de la presente invención minimiza ventajosamente la pérdida de ganancia de antena que puede atribuirse al facetado y ayuda a mantener la integridad estructural del conjunto reflector 30.
50

55 Adicionalmente, el bastidor 32 y los cuerpos 130, 190 producen una superficie de antena parabólica muy rígida con la malla reflectante 160 que puede resistir a una variedad de perturbaciones externas para mantener así la forma parabólica. Como el bastidor 32 contrarresta la distorsión vertical y por lo tanto soporta los cuerpos 130, 190, los cuerpos contrarrestan igualmente la distorsión radial. Por lo tanto, cualquier fuerza externa que incida sobre el bastidor 32 y los cuerpos 130, 190 se cancela entre sí. En consecuencia, el bastidor 32 proporciona suficiente estabilidad y rigidez para resistir y contrarrestar las fuerzas aplicadas por los miembros tensores 200 a los elementos de soporte 132, 134, 136 de los cuerpos 130, 190 para mantener así el conjunto reflector 30 en una condición de fuerza neutral.

60 Como se indica, el bastidor 32 y los cuerpos 130, 190 son plegables para su posterior despliegue en el espacio. Debido a que el conjunto reflector 30 debe transportarse o lanzarse al espacio y montarse en una variedad de naves espaciales, el tamaño total del paquete del conjunto reflector plegado antes del despliegue es importante. Dependiendo de la configuración particular de los cuerpos 130, 190 y del bastidor, los cuerpos y el bastidor 32 pueden empacarse con los cuerpos parabólicos unidos como una única unidad desplegable. Los cuerpos 130, 190 y la malla reflectante 160 están fabricados con materiales suficientemente flexibles para comprimirse dentro de un bastidor
65

32 plegado. Los cuerpos 32 y la malla reflectante 130, 190, sin embargo, también se pueden doblar o compactar de otro modo, dependiendo de los materiales particulares utilizados.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto reflector (30) que comprende:
- 5 un bastidor (32) centrado alrededor de un eje longitudinal (34);
- un primer cuerpo (130) curvado que se extiende desde el bastidor (32), incluyendo el primer cuerpo (130) curvado una pluralidad de facetas (131) que tienen cada una una pluralidad de lados (133);
- 10 un segundo cuerpo (190) curvado que se extiende desde el bastidor (32) y conectado al primer cuerpo (130) curvado para soportar el primer cuerpo (130) curvado; y
- 15 una malla reflectante (160) que tiene una superficie reflectante electromagnéticamente; y una pluralidad de miembros tensores (200) que se extienden entre el primer cuerpo (130) curvado y el segundo cuerpo (190) curvado para conformar el primer cuerpo (130) curvado;
- caracterizado porque comprende además una estructura de soporte (220) que tiene un primer extremo asegurado a la malla reflectante (160) y un segundo extremo asegurado al primer cuerpo (130) curvado y que separa la malla reflectante (160) del primer cuerpo (130) curvado hacia el segundo cuerpo (190) curvado, incluyendo la estructura de
- 20 soporte (220) una pluralidad de elementos de soporte primarios (230) asegurados a al menos una faceta (131) y una pluralidad elementos de soporte secundarios (240) asegurados a al menos una faceta (131), teniendo los elementos de soporte primarios y secundarios (230, 240) en cada faceta (131) diferentes longitudes (L_1, L_2) entre sí de manera que la malla reflectante (160) tiene una forma diferente al primer cuerpo (130) curvado.
- 25 2. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que los cuerpos curvados primero y segundo (130, 190) son convexos.
3. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que la estructura de soporte (220) comprende una pluralidad de espaciadores inextensibles que se extienden entre el primer cuerpo (130) curvado y la malla reflectante (160).
- 30 4. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que cada lado (133) se extiende entre un primer vértice (138) y un segundo vértice (138), estando situadas las estructuras de soporte (220) entre el primer y segundo vértices (138) de al menos un lado (133) de la faceta (131).
- 35 5. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que la estructura de soporte (220) varía entre las facetas (131).
6. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que el primer cuerpo (130) curvado incluye una periferia y está centrado alrededor de un eje (171), aumentando la distancia que la estructura de soporte (220) separa la malla reflectante (160) del primer cuerpo (130) curvado en una dirección que se extiende desde la periferia hacia el eje (171).
- 40 7. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que el bastidor (32) incluye una pluralidad de largueros (52, 72) y puntales (54, 74) que son pivotables entre sí de tal manera que el bastidor (32) es móvil entre una condición desplegada y una condición plegada.
- 45 8. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que el primer cuerpo (130) curvado incluye una pluralidad de elementos de soporte (132, 134, 136) inextensibles interconectados para formar una red de malla a la que la malla reflectante (160) está unida por la estructura de soporte (220).
- 50 9. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que la estructura de soporte (220) está asegurada únicamente al primer cuerpo (130) curvado de los cuerpos primero y segundo (130, 190) curvados.
10. El conjunto reflector (30) de la reivindicación 1, en el que la estructura de soporte (220) está separada totalmente del segundo cuerpo (190) curvado.

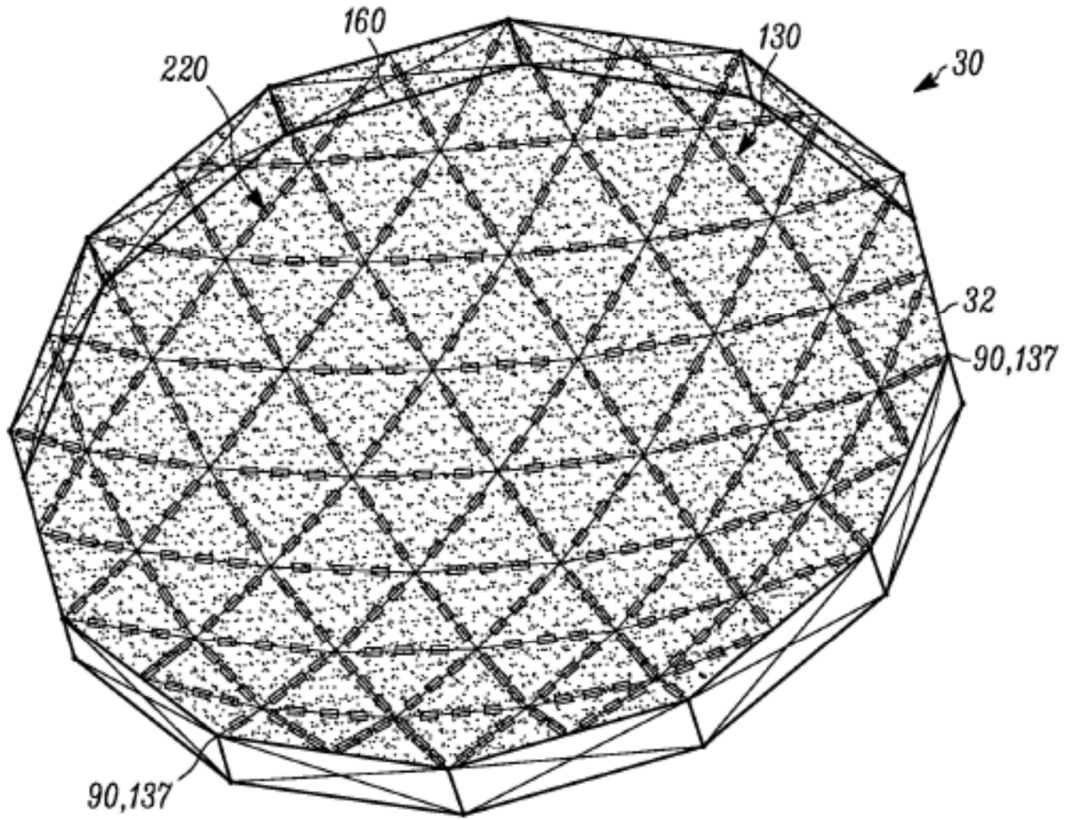


Fig. 1

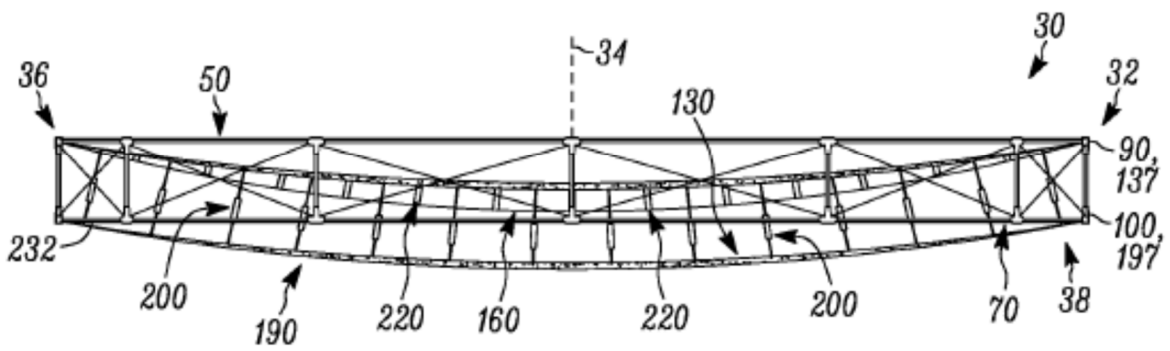


Fig. 2

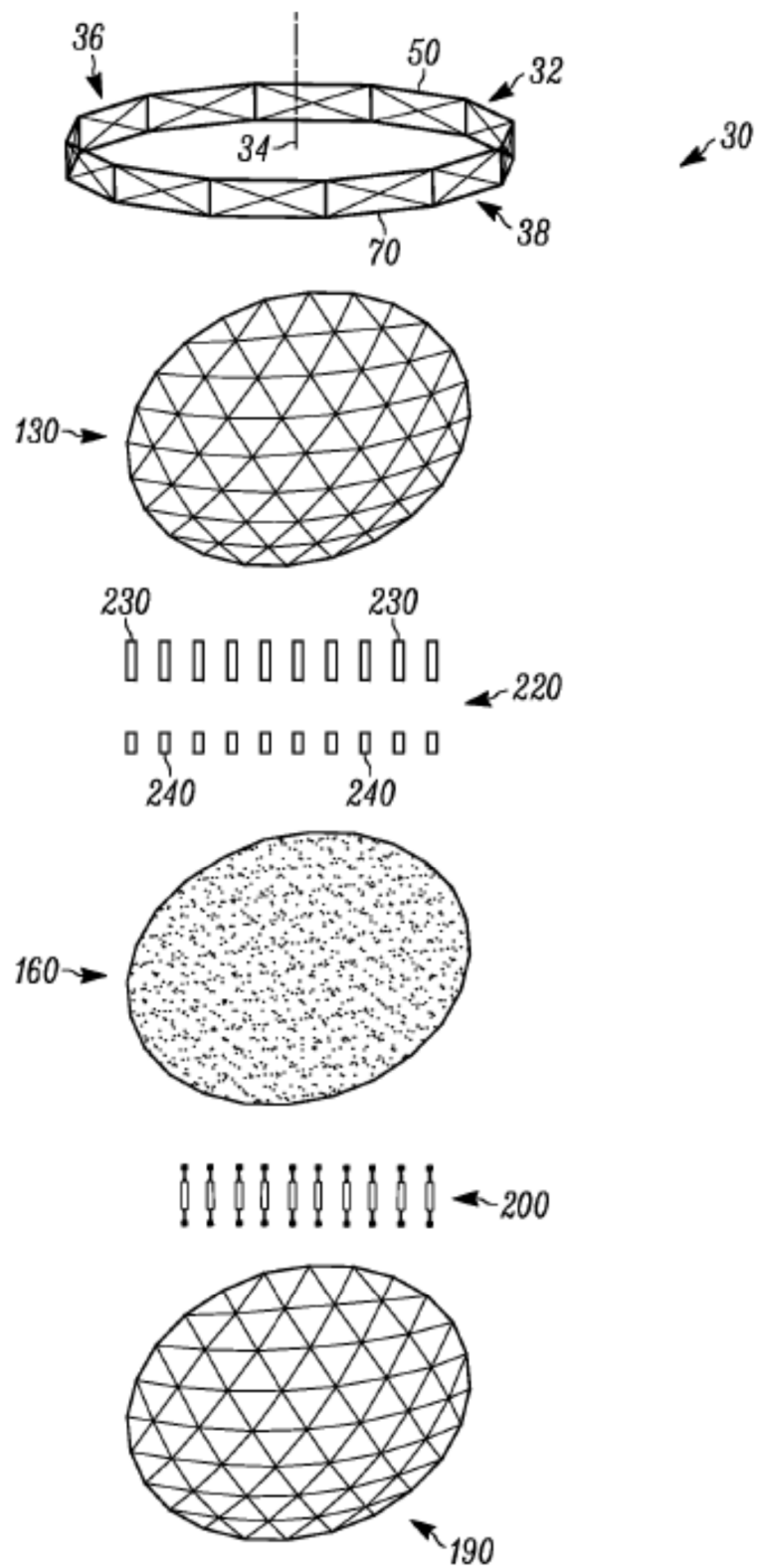


Fig. 3

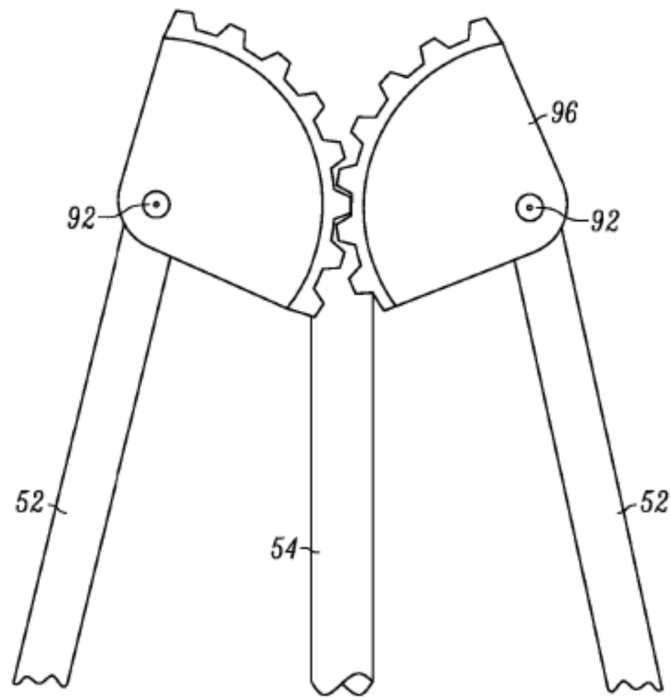


Fig. 6

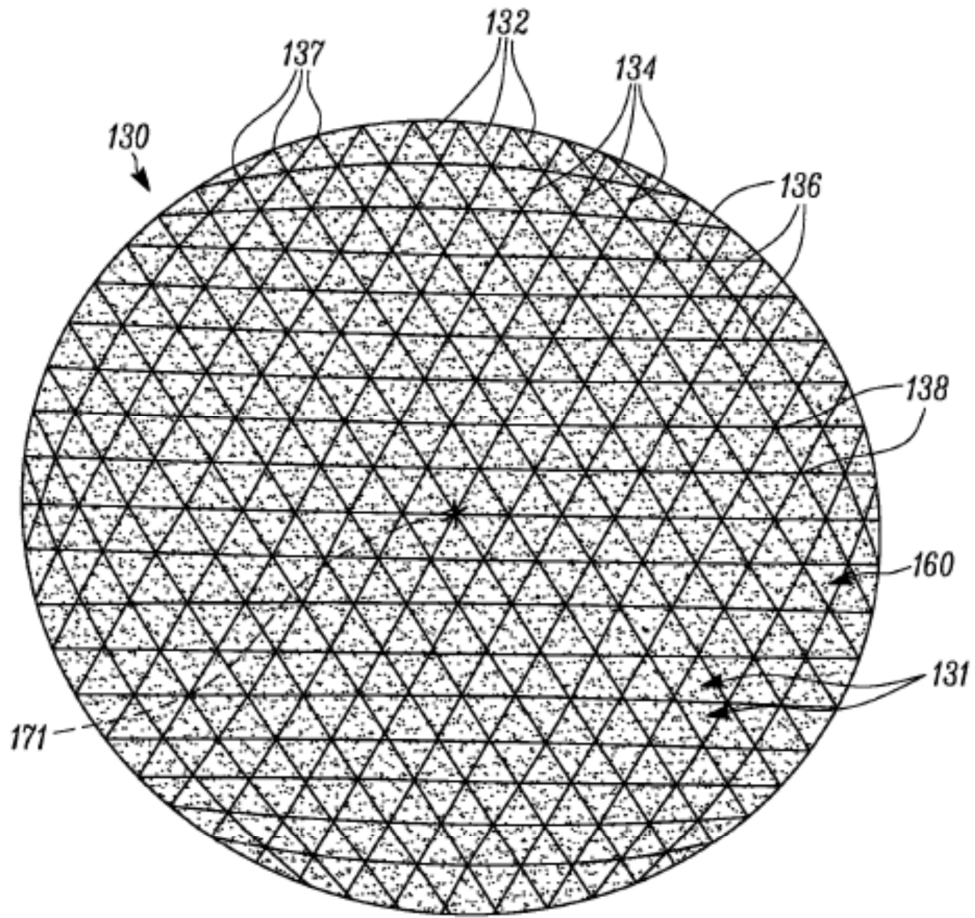


Fig. 7A

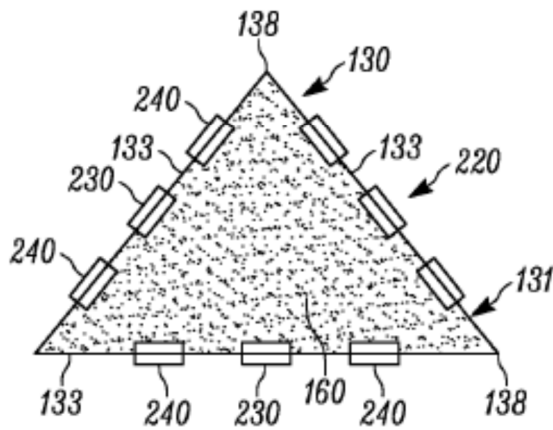


Fig. 7B

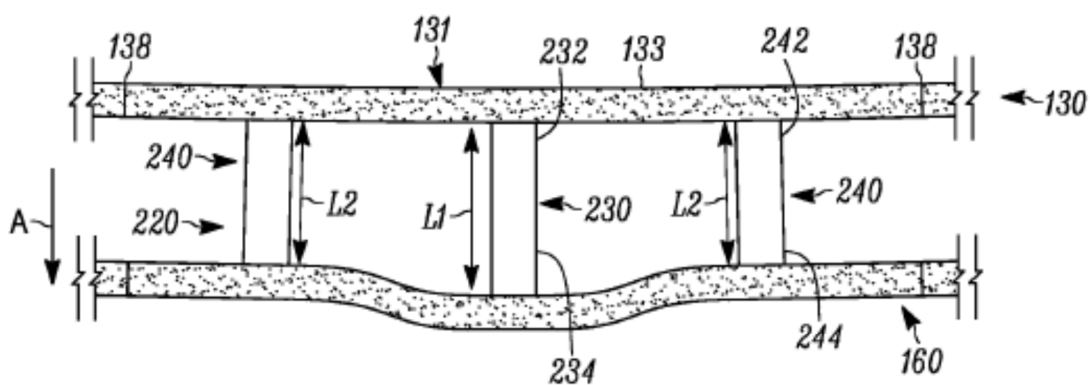


Fig. 7C

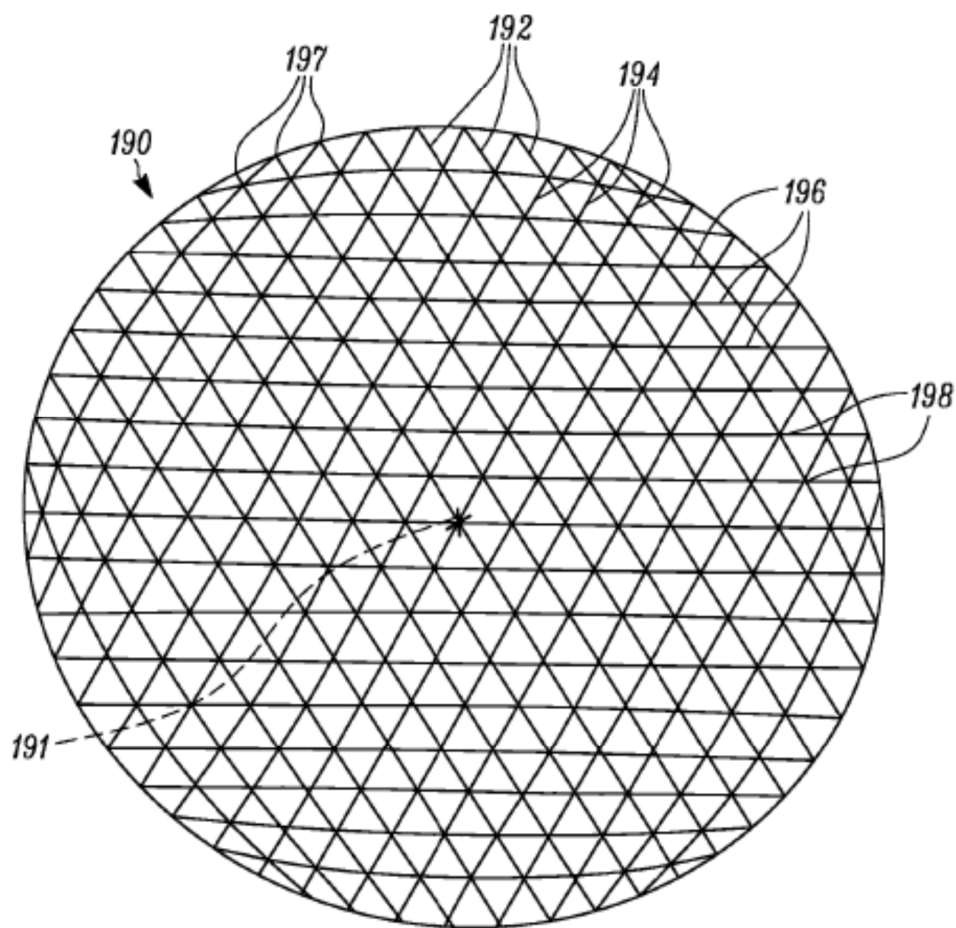


Fig. 8

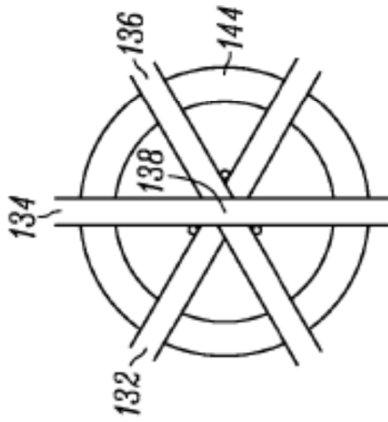


Fig. 9

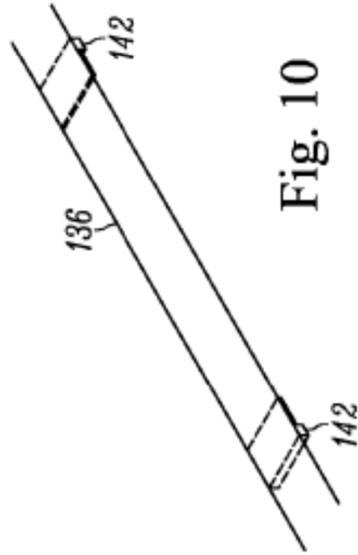


Fig. 10

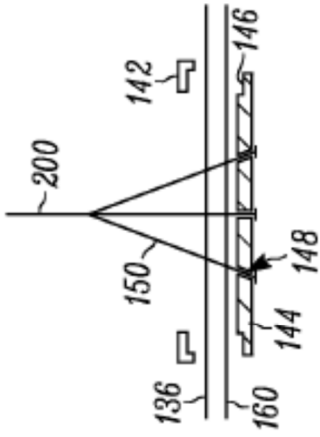


Fig. 13

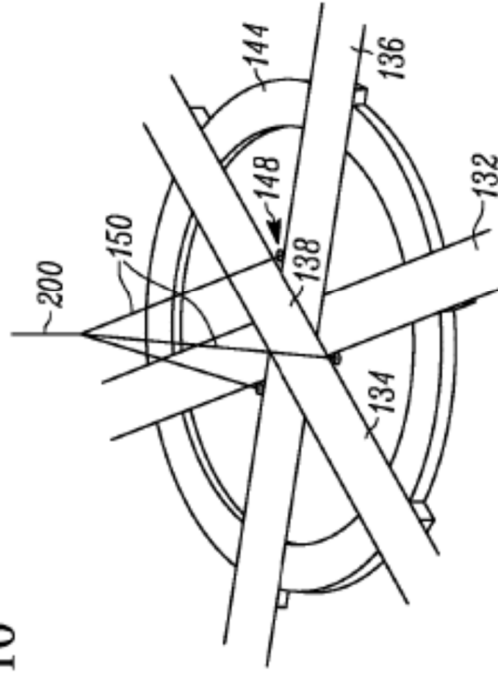


Fig. 12

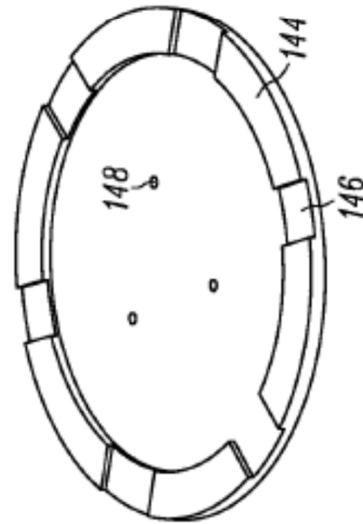


Fig. 11

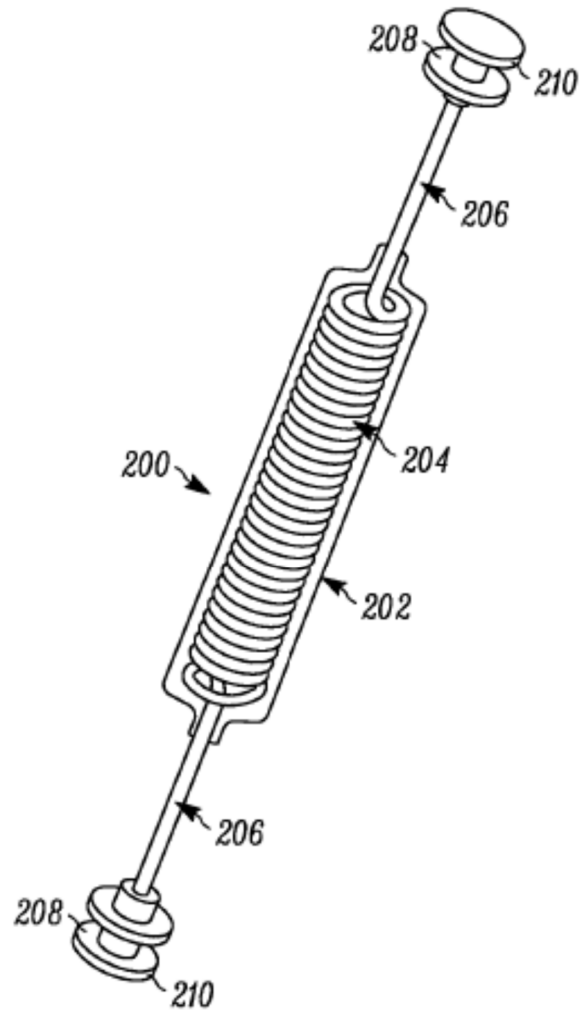


Fig. 14

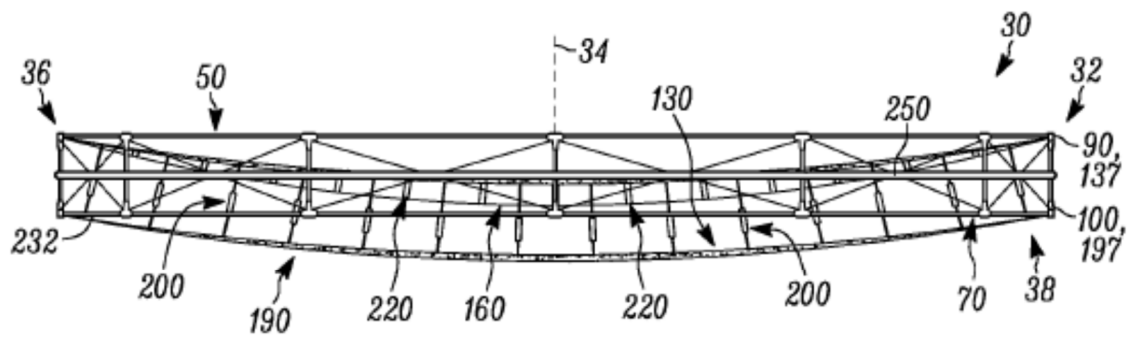


Fig. 15

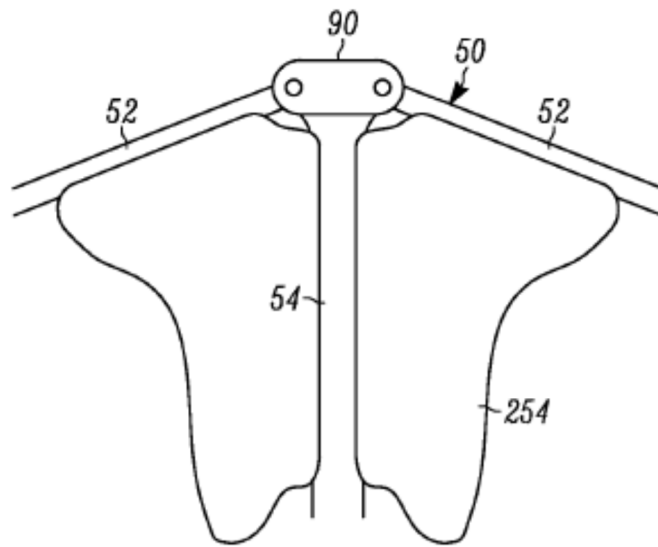


Fig. 16A

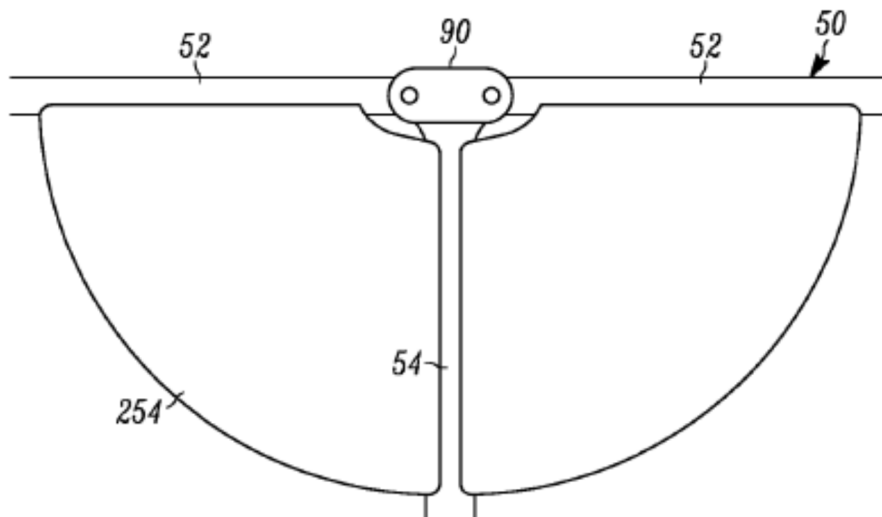


Fig. 16B

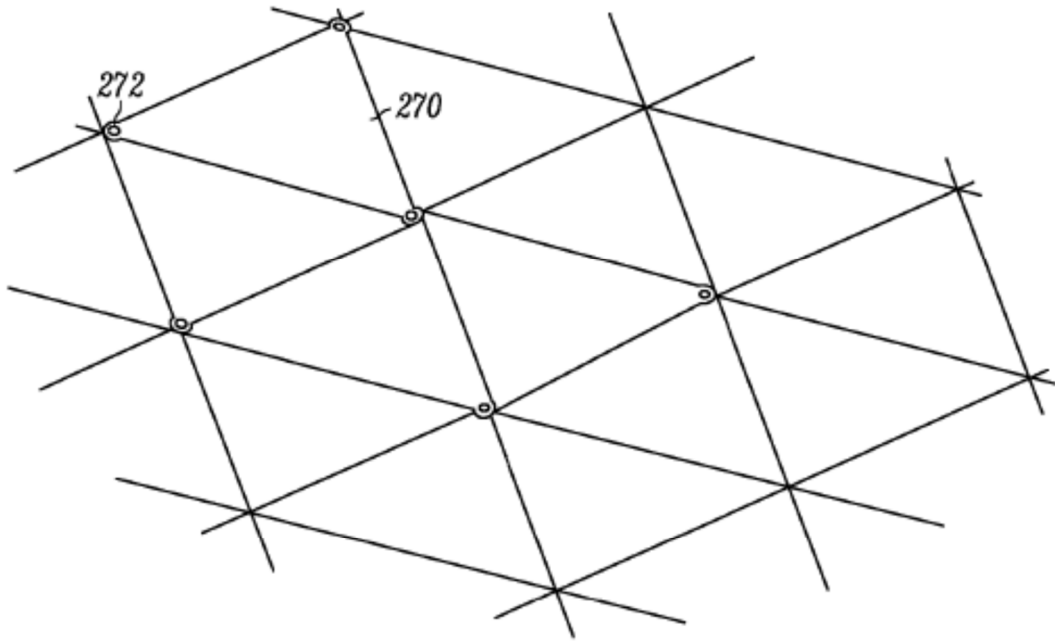


Fig. 17