

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 004**

51 Int. Cl.:

<b>B64G 1/22</b>	(2006.01)
<b>B64G 1/44</b>	(2006.01)
<b>H01L 31/042</b>	(2014.01)
<b>H02S 20/00</b>	(2014.01)
<b>H02S 30/20</b>	(2014.01)
<b>B64G 1/50</b>	(2006.01)
<b>B64G 1/66</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.10.2016 E 16194201 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3162715**

54 Título: **Método para liberar un mástil desplegable**

30 Prioridad:

**23.10.2015 US 201514921238**  
**20.01.2016 US 201615001962**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.03.2020**

73 Titular/es:

**SOLAERO TECHNOLOGIES CORP. (100.0%)**  
**10420 Research Road SE**  
**Albuquerque, NM 87123, US**

72 Inventor/es:

**STEELE, KENNETH LOYD y**  
**STERN, THEODORE GARRY**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 751 004 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

Método para liberar un mástil desplegable

### 5 Antecedentes de la divulgación

#### 1. Campo de la divulgación

10 La presente divulgación se refiere a mástiles desplegables asociados con vehículos o estructuras permanentes, siendo los mástiles componentes estructurados o conjuntos que incluyen, en algunas realizaciones, transductores para recoger o emitir energía electromagnética.

#### 2. Descripción de la técnica relacionada

15 Las matrices solares fotovoltaicas se usan comúnmente para alimentar naves espaciales. Las naves espaciales que necesitan una alta generación de energía generalmente usan alas de matrices solares que se pliegan o enrollan para el lanzamiento (debido a las limitaciones del volumen disponible dentro del vehículo de lanzamiento), luego se despliegan o desenrollan en el espacio para presentar una gran área de recolección solar según sea necesario para interceptar suficiente luz solar para generar la energía requerida. Un enfoque común es montar las células solares en paneles rígidos, plegar los paneles en acordeón para guardarlos y luego desplegarlos en el espacio utilizando bisagras entre los paneles y una fuerza de despliegue suministrada. El enfoque común tiene limitaciones en la forma compacta en que se pueden empaquetar las matrices, debido al volumen inherente y la inflexibilidad de los paneles rígidos que se utilizan como sustratos de montaje para los conjuntos fotovoltaicos.

25 Para superar las limitaciones de embalaje de paneles rígidos, reducir la masa y reducir el volumen empaquetado, a menudo se usa una manta de células solares. Una manta de células solares puede comprender un conjunto delgado, y flexible, de células solares, vidrio de protección, interconexiones, tiras terminales y película aislante que puede no ser compatible, en lugar de montarse en estructuras gruesas de paneles rígidos. Estas membranas flexibles delgadas normalmente se complementan con una superestructura o andamio desplegable separado que proporciona los medios para desplegar la matriz solar plegada o enrollada en su configuración desplegada final y para proporcionar la rigidez estructural para mantener la matriz desplegada, ya que la membrana flexible no es una estructura rígida. La superestructura desplegada generalmente está unida a un dispositivo de orientación en una nave espacial para permitir que la matriz solar apunte hacia el sol. La superestructura también permite que la matriz resista las cargas estructurales que pueden colocarse en la matriz desplegada durante las operaciones de la nave espacial, incluyendo cargas de aceleraciones que ocurren durante la vida operativa de la nave espacial, incluyendo maniobras orbitales y de orientación.

40 Los métodos anteriores para proporcionar la superestructura para una matriz solar desplegable de membrana flexible suelen utilizar estructuras con forma de paraguas o de abanico oriental para desplegar y mantener la estructura de una matriz solar circular, o uno o dos mástiles desplegables para desplegar una matriz rectangular plegada o enrollada. Las matrices solares que se encuentran en la Estación Espacial y en el telescopio Hubble son ejemplos de matrices rectangulares que utilizan un único mástil desplegable o un par de mástiles desplegables, respectivamente, para desplegar una matriz solar flexible y proporcionar rigidez estructural desplegada. Dichas matrices solares de membrana flexible con superestructuras discretas y separadas están limitadas en el blindaje provisto en la parte posterior de la matriz solar después del despliegue, y por la complejidad de desplegar dicha matriz con interfaces de tensión entre el mástil desplegable y la manta no estructural de la matriz solar.

45 El documento US-9004410-B1 divulga un conjunto para recoger energía electromagnética que comprende un mástil que tiene una longitud y anchura desplegables, y dos capas, comprendiendo uno de ellos un sustrato flexible preformado en forma lenticular y adaptado para deformarse elásticamente. El conjunto comprende un mecanismo de accionamiento giratorio que ayuda a cambiar la configuración del conjunto.

50 Los CubeSats son un tipo de satélites miniaturizados. Aunque existe el deseo de proporcionar energía a los CubeSats desde los paneles solares, los métodos conocidos de proporcionar matrices solares descritos anteriormente son difíciles o imposibles de aplicar a CubeSats debido al pequeño tamaño del CubeSat y al espacio limitado disponible en el CubeSat. En consecuencia, existe la necesidad de un sistema mejorado que supere estas y otras limitaciones.

### Sumario

60 Brevemente, y en términos generales, la presente divulgación describe un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento que comprende:

65 proporcionar un soporte que incluye varios dispositivos transductores;  
 montar el soporte en una primera lámina flexible, alargada, rectangular en un alojamiento, la lámina compuesta de un laminado compuesto que tiene un patrón predeterminado de capas de fibra de grafito que imparten una tensión predefinida en la superficie plana de la lámina para que se enrolle en una lámina curvilínea que tenga un radio de curvatura uniforme a lo largo de su eje principal;

apoyar la lámina en un carrete en el alojamiento bajo compresión en una configuración guardada; y liberar el carrete para que la lámina se desenrolle automáticamente y se despliegue desde el alojamiento en una dirección lineal.

- 5 En algunas realizaciones, el conjunto de dispositivos transductores se selecciona de grupos de (i) un conjunto de dispositivos fotovoltaicos; (ii) un conjunto de sensores semiconductores; (iii) un conjunto de antenas; y/o (iv) elementos de transferencia térmica.
- 10 En algunas realizaciones, los transductores están montados en un soporte de poliimida y el soporte de poliimida está unido al laminado compuesto.
- En algunas realizaciones, la lámina flexible tiene un espesor de entre 0,1 mm y 0,5 mm, un ancho de menos de 10 cm y una longitud de entre 10 y 200 cm después del despliegue completo.
- 15 En algunas realizaciones, el conjunto de dispositivos transductores incluye un primer módulo transductor que tiene una primera dimensión lateral, y un segundo módulo transductor que tiene una segunda dimensión lateral diferente de la primera dimensión lateral.
- 20 En algunas realizaciones, cada módulo transductor incluye una pluralidad de células solares fotovoltaicas discretas conectadas en una configuración eléctrica en serie o en paralelo.
- En algunas realizaciones, el conjunto de dispositivos de células solares fotovoltaicas incluye un conjunto de células solares interconectadas con cubierta de vidrio (CIC) montadas en el soporte de poliimida por un adhesivo sensible a la presión.
- 25 En algunas realizaciones, el patrón de las capas de fibra de grafito está impregnado previamente con resina y consiste en al menos capas reforzadas con fibra de grafito de módulo intermedio para impartir una resistencia sustancialmente uniforme, rigidez y flexibilidad.
- 30 En algunas realizaciones, las capas de fibra de grafito le dan a la lámina una resistencia de hasta 2,0 g y una rigidez que resulta en una frecuencia natural mayor a 0,01 Hz.
- En algunas realizaciones, la lámina se enrolla circunferencialmente para formar una configuración de carrete en una configuración replegada, y se forma en una lámina de porción cilíndrica que tiene una curvatura de sección transversal uniforme a medida que se desenrolla de la configuración de carrete al desplegarse a la configuración desplegada.
- 35 En algunas realizaciones, la lámina se almacena dentro de un alojamiento CubeSat de una unidad para un vehículo espacial en su configuración guardada.
- 40 En algunas realizaciones, el método comprende además:
- proporcionar una segunda lámina flexible, alargada, sustancialmente rectangular para soportar una pluralidad de conjuntos de transductores;
- 45 soportar la segunda lámina rectangular en una configuración en carrete bajo compresión sobre un mandril en una posición estacionaria en una configuración replegada; y liberar la segunda lámina de la configuración en carrete liberando el mandril para permitir que gire durante una operación de despliegue de modo que la lámina se despliegue automáticamente desde el mandril y se enrolla en una lámina curvilínea que tenga un radio de curvatura uniforme a lo largo de su eje principal y se extienda sustancialmente linealmente lejos del alojamiento.
- 50 En algunas realizaciones, la primera y segunda lámina se despliegan de manera sustancialmente simultánea de modo que la primera lámina se despliega en una primera dirección desde el alojamiento y la segunda lámina se despliega en el mismo plano que la primera lámina pero en una dirección opuesta al alojamiento.
- En algunas realizaciones, el alojamiento está dispuesto en una nave espacial, y la nave espacial está compuesta de módulos Cube-Sat, en donde la primera y segunda láminas rectangulares se guardan dentro de un alojamiento CubeSat de una unidad.
- 55 En algunas realizaciones, el alojamiento está dispuesto en un vehículo.
- 60 En algunas realizaciones, el alojamiento está dispuesto dentro de una estructura terrestre.
- En algunas realizaciones, el radio de la curvatura de la lámina es tal que la lámina tiene una profundidad no inferior al 5 % ni superior al 20 % del ancho de la lámina.
- 65 En algunas realizaciones, la forma lenticular de la lámina se aplana cuando se monta bajo compresión en el carrete en la configuración replegada.

En algunas realizaciones, el alojamiento incluye una abertura a través de la cual se despliega la lámina rectangular.

Los aspectos adicionales, ventajas y nuevas características de la presente divulgación serán evidentes para los expertos en la materia a partir de esta divulgación, incluyendo la siguiente descripción detallada, así como por la práctica de la divulgación. Si bien la descripción se describe a continuación con referencia a realizaciones preferidas, debe entenderse que la divulgación no está limitada a las mismas. Los expertos en la materia que tengan acceso a las enseñanzas del presente documento reconocerán aplicaciones adicionales, modificaciones y realizaciones en otros campos, que están dentro del alcance de las reivindicaciones.

### Breve descripción de los dibujos

Para completar la descripción y para proporcionar una mejor comprensión de la divulgación, se proporciona un conjunto de dibujos. Los dibujos forman parte integral de la descripción e ilustran realizaciones de la divulgación, que no deben interpretarse como una restricción del alcance de la divulgación, sino solo como ejemplos de cómo se puede llevar a cabo la divulgación. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

la FIG. 1 es una ilustración de un CubeSat a modo de ejemplo que tiene un carrito para almacenar uno o más conjuntos de células solares;

la FIG. 2 es una ilustración del CubeSat a modo de ejemplo de la FIG. 1 conectado a tres CubeSats adicionales y con los conjuntos de células solares en un estado desplegado;

la FIG. 3A es una ilustración del CubeSat a modo de ejemplo de la FIG. 1 conectado a dos CubeSats adicionales y que tiene el conjunto de células solares en un estado desplegado;

la FIG. 3B es una ilustración del CubeSat a modo de ejemplo de la FIG. 1 que tiene los conjuntos de células solares en un estado desplegado;

la FIG. 4A es otra vista del CubeSat a modo de ejemplo de la FIG. 1 que tiene los conjuntos de células solares en un estado desplegado;

la FIG. 4B es una vista a través del plano BB de la FIG. 4A que muestra los conjuntos de células solares en un estado desplegado; y

la FIG. 4C es una vista a través del plano BB de la FIG. 4A que muestra los conjuntos de células solares en un estado replegado.

### Descripción de realizaciones ilustrativas

Ahora se describirán detalles de la presente invención que incluyen aspectos a modo de ejemplo y realizaciones de la misma. En referencia a los dibujos y la siguiente descripción, los números de referencia similares se usan para identificar elementos similares o funcionalmente similares, y están destinados a ilustrar características principales de realizaciones a modo de ejemplo de una manera esquemática altamente simplificada. Es más, los dibujos no pretenden representar todas las características de la realización real ni las dimensiones relativas de los elementos representados, y no están dibujados a escala.

En los términos más generales, la presente divulgación se refiere a mástiles desplegables asociados con vehículos o estructuras permanentes, siendo los mástiles componentes estructurados o conjuntos que incluyen, en algunas realizaciones, transductores para recoger o emitir energía electromagnética. Una realización de la presente divulgación representa un vehículo espacial tal como un satélite, en el que el mástil permite una configuración compacta almacenada del conjunto desplegable durante el lanzamiento al espacio, y un despliegue automático cuando el satélite alcanza la órbita deseada.

En algunas realizaciones, el ensamblaje puede ser un conjunto de células solares, mientras que en otras realizaciones, el ensamblaje puede ser otro tipo de dispositivos operativos como sensores, antenas, elementos ópticos, o térmicos u otros tipos de elementos radiativos.

Como se muestra con respecto a las FIGS. 1 y 2, una nave espacial pequeña como un CubeSat 10 tiene un mandril (por ejemplo, un carrito) 12 para almacenar uno o más conjuntos desplegables 14, 16 de dispositivos fotovoltaicos 24. Tal y como se ha mencionado anteriormente, un CubeSat es un tipo de satélite miniaturizado. Un Cube-Sat típico es un cubo de 10 cm x 10 cm x 10 cm, teniendo así un volumen de un litro; otras dimensiones son posibles también. En algunos casos, Los CubeSats se pueden unir entre sí en cadenas o bloques para proporcionar funcionalidades y capacidades que de otro modo no estarían prácticamente disponibles en un solo CubeSat. Por ejemplo, un CubeSat se puede usar como fuente de alimentación para suministrar la energía necesaria para que otros CubeSats conectados realicen sus funciones.

Los conjuntos 14, 16 se pueden usar, por ejemplo, como fuente de alimentación para suministrar energía a uno o más CubeSats 18, 20, 22 adicionales conectados al CubeSat 10. Por ejemplo, en algunas implementaciones, cada conjunto 14, 16 es adecuado para proporcionar una pequeña cantidad de energía (por ejemplo, menos de 50 vatios). En el ejemplo ilustrado, los dispositivos fotovoltaicos 24 son células solares. En algunos casos, cada conjunto 14, 16 de dispositivos fotovoltaicos 24 incluye un primer módulo que tiene una primera dimensión lateral, y un segundo módulo que tiene una segunda dimensión lateral diferente de la primera dimensión lateral. Cada módulo puede incluir, por ejemplo, una pluralidad de células solares discretas conectadas en una configuración en serie o en paralelo. En algunas implementaciones, cada conjunto 14, 16 de dispositivos fotovoltaicos 24 incluye un conjunto de células solares interconectadas con cubierta de vidrio (CIC) montadas en el soporte de poliimida por un adhesivo sensible a la presión.

Tal como se muestra en las FIGS. 3A y 3B, los dispositivos fotovoltaicos 24 de cada conjunto 14, 16 pueden soportarse, por ejemplo, por una respectiva lámina flexible, alargada, rectangular 26 compuesta de un laminado compuesto que tiene un patrón predeterminado de capas de fibra de grafito que imparten una tensión predefinida en la superficie plana de la lámina de manera que se curva en una lámina curvilínea que tiene un radio de curvatura uniforme a lo largo de su eje principal. Por ejemplo, en algunas implementaciones, el patrón de las capas de fibra de grafito consiste en al menos capas de módulo 7 intermedio (IM7) orientadas al menos 30° entre sí. En algunos casos, las capas de fibra de grafito le dan a la lámina 26 una resistencia de hasta 0,28 g, una capacidad de manejar la tensión cuando se despliega a una frecuencia de vibración de hasta 0,9 Hz, y una estabilidad de hasta 1 mili - g bajo carga de vuelo desplegada. En algunos casos, cada lámina 26 tiene un ancho de menos de 100 mm. La dimensión anterior puede diferir para otras implementaciones.

En combinación, las células solares 24 y la lámina flexible 26 sobre las que están montadas forman un conjunto de células solares. En algunos casos, las células solares 24 están montadas indirectamente en la lámina 26. Por ejemplo, las células solares 24 pueden montarse en un soporte de poliimida, que está unido a la lámina laminada compuesta 26. La lámina flexible 26 puede tener un espesor, por ejemplo, de entre 0,1 mm y 0,3 mm. Además, los conjuntos de células solares pueden tener una longitud lateral tal que cuando se montan en el soporte de poliimida y se envuelven alrededor del carrete 12 en la configuración guardada, los conjuntos de células solares no se doblan más que una pequeña cantidad fuera del plano. Las dimensiones anteriores pueden diferir para otras implementaciones.

En el ejemplo ilustrado, el mandril (p. ej., carrete) 12 para soportar las láminas 26 está dispuesto dentro de un alojamiento CubeSat 30 de una unidad. Las láminas 26 se pueden organizar en una configuración desplegada (como se muestra, por ejemplo, en las FIGS. 2, 3A, 3B, 4A y 4B), o en una configuración guardada (como se muestra, por ejemplo, en la FIG. 4B). En la configuración guardada, las láminas 26 están enrolladas o bobinadas alrededor del carrete 12 bajo fuerza de compresión. En particular, en la configuración guardada, cada lámina 26 puede enrollarse circunferencialmente para formar una configuración de carrete en una posición estacionaria (véase la FIG. 4B). Tras el despliegue en la configuración desplegada, a medida que cada lámina 26 se desenrolla desde la configuración de carrete, la lámina 26 se forma en una lámina de porción cilíndrica plana que tiene una curvatura de sección transversal uniforme. En algunas implementaciones, el sustrato está adaptado para almacenar energía de tensión cuando se deforma elásticamente, y el ensamblaje puede pasar de la configuración almacenada a la configuración desplegada utilizando la energía de tensión almacenada. Por tanto, cada lámina 26 puede liberarse de la configuración guardada (FIG. 4B) liberando el carrete 12 para permitir que gire durante una operación de despliegue de modo que la lámina se despliegue automáticamente desde el carrete (FIG. 4A). A medida que la lámina 26 se desenrolla del carrete 12, la lámina 26 forma una lámina sustancialmente plana que tiene una curvatura uniforme. El CubeSat 10 puede incluir una o más aberturas de despliegue para permitir el desenrollado automático de las láminas 26 desde el carrete 12 durante la operación de despliegue de modo que se despliegue una primera lámina 26 en una primera dirección desde el CubeSat y se despliegue una segunda lámina 26 en el mismo plano que la primera lámina pero en una dirección opuesta al CubeSat.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, en algunos casos, el CubeSat 10 está conectado a uno o más CubeSats adicionales. Como se muestra, por ejemplo en la FIG. 3A una cadena de tres CubeSats incluye el CubeSat 10 de la FIG. 1 que tiene un conjunto de células solares 14 en un estado desplegado y está conectado a un segundo CubeSat 18 y un tercer CubeSat 20. El tercer CubeSat 20 puede incluir una lente 28 en su superficie expuesta.

Cabe señalar que los términos "delantero", "trasero", "superior", "inferior", "sobre", "encima", "debajo", y similares en la descripción y en las reivindicaciones, si los hubiera, se utilizan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas permanentes. Se entiende que los términos así utilizados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas de tal manera que las realizaciones de la divulgación descrita en este documento son, por ejemplo, capaces de operar en otras orientaciones que las ilustradas o descritas de otro modo en este documento.

Asimismo, los expertos en la materia reconocerán que los límites entre las unidades/operaciones descritas anteriormente son meramente ilustrativos. Las múltiples unidades/operaciones pueden combinarse en una sola unidad/operación, una sola unidad/operación puede distribuirse en unidades/operaciones adicionales, y las unidades/operaciones pueden operarse al menos parcialmente solapadas en el tiempo. Es más, las realizaciones alternativas pueden incluir múltiples instancias de una unidad/operación particular, y el orden de las operaciones puede alterarse en varias otras realizaciones.

- En las reivindicaciones, la palabra 'que comprende' o 'que tiene' no excluye la presencia de otros elementos o etapas distintas de las enumeradas en una reivindicación. Los términos "un" o "una", tal y como se utilizan en el presente documento, están definidos como uno o más de uno. Además, el uso de frases introductorias como "al menos uno" y "uno o más" en las reivindicaciones no debe interpretarse como que implique que la introducción de otro elemento de reivindicación por los artículos indefinidos "un" o "una" limita cualquier reivindicación particular que contenga dicho elemento de reivindicación introducido a divulgaciones que contienen solo uno de esos elementos, incluso cuando la reivindicación incluye las frases introductorias "uno o más" o "al menos uno" y artículos indefinidos como "un" o "una". Lo mismo es válido para el uso de artículos definidos. Salvo que se indique lo contrario, los términos como "primero" y "segundo" se usan para distinguir arbitrariamente entre los elementos que dichos términos describen. Por tanto, estos términos no están destinados necesariamente a indicar la priorización temporal u otra de tales elementos. El hecho de que se enumeren ciertas medidas en reivindicaciones mutuamente diferentes no indica que no pueda utilizarse ventajosamente una combinación de tales medidas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento, que comprende:

5 proporcionar un soporte que incluye un conjunto (14) de dispositivos transductores;  
 montar el soporte en una primera lámina flexible, alargada y rectangular (26) en un alojamiento;  
 soportar la lámina en un carrete (12) en el alojamiento bajo compresión en una configuración guardada; en donde  
 la lámina (26) está compuesta de un laminado compuesto que tiene un patrón predeterminado de capas de fibra  
 10 de grafito que imparten una tensión predefinida en la superficie plana de la lámina para que se enrolle en una  
 lámina curvilínea, **caracterizado por que** la lámina curvilínea tiene un radio de curvatura uniforme a lo largo de su  
 eje principal;  
**y por que**  
 el método comprende además la etapa de liberar el carrete (12) de modo que la lámina (26) se desenrolle  
 automáticamente y se despliegue desde el alojamiento en una dirección lineal.

15 2. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en la reivindicación 1, en  
 donde el conjunto de dispositivos transductores comprende (i) un conjunto de dispositivos fotovoltaicos (24); (ii) un  
 conjunto de sensores semiconductores; (iii) un conjunto de antenas; y/o (iv) elementos de transferencia térmica; y  
 los transductores están montados en un soporte de poliimida y el soporte de poliimida está unido al laminado  
 20 compuesto.

3. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las  
 reivindicaciones anteriores, en donde la lámina flexible (26) tiene un espesor de entre 0,1 mm y 0,5 mm, un ancho de  
 25 menos de 10 cm y una longitud de entre 10 y 200 cm después del despliegue completo.

4. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las  
 reivindicaciones anteriores, en donde el conjunto (14, 16) de dispositivos transductores incluye un primer módulo  
 transductor que tiene una primera dimensión lateral, y un segundo módulo transductor que tiene una segunda  
 30 dimensión lateral diferente de la primera dimensión lateral.

5. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en la reivindicación 4, en  
 donde cada módulo transductor incluye una pluralidad de células solares fotovoltaicas discretas conectadas en una  
 configuración eléctrica en serie o paralela montada en el soporte de poliimida mediante un adhesivo sensible a la  
 35 presión.

6. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las  
 reivindicaciones anteriores, en donde el patrón de las capas de fibra de grafito está impregnado previamente con  
 resina y consiste en al menos capas de refuerzo de fibra de grafito de módulo intermedio para impartir una resistencia,  
 una rigidez y una flexibilidad sustancialmente uniformes y las capas de fibra de grafito le dan a la lámina (26) una  
 40 resistencia de hasta 2,0 g y una rigidez que resulta en una frecuencia natural mayor que 0,01 Hz.

7. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las  
 reivindicaciones anteriores, en donde la lámina (26) se enrolla circunferencialmente para formar una configuración de  
 carrete en una configuración replegada, y se forma en una lámina de porción cilíndrica plana que tiene una curvatura  
 45 de sección transversal uniforme a medida que se desenrolla de la configuración de carrete al desplegarse a la  
 configuración desplegada.

8. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las  
 reivindicaciones anteriores, en donde la lámina (26) se almacena dentro de un alojamiento CubeSat de una unidad  
 50 para un vehículo espacial en su configuración replegada.

9. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las  
 reivindicaciones anteriores, que comprende, además:

55 proporcionar una segunda lámina flexible, alargada y sustancialmente rectangular (26) para soportar una pluralidad  
 de conjuntos transductores (16);  
 soportar la segunda lámina rectangular (26) en una configuración en carrete bajo compresión sobre un mandril  
 (12) en una posición estacionaria en una configuración replegada; y  
 liberar la segunda lámina (26) de la configuración en carrete liberando el mandril (12) para permitir que gire durante  
 60 una operación de despliegue de modo que la lámina (26) se despliegue automáticamente desde el mandril (12) y  
 se enrolle en una lámina curvilínea que tenga un radio de curvatura uniforme a lo largo de su eje principal y que  
 se extienda sustancialmente de manera lineal alejándose del alojamiento.

10. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en la reivindicación 9, en  
 donde la primera y la segunda láminas (26) se despliegan sustancialmente de manera simultánea de modo que la  
 65 primera lámina (26) se despliega en una primera dirección desde el alojamiento y la segunda lámina (26) se despliega

en el mismo plano que la primera lámina pero en una dirección opuesta al alojamiento, y el alojamiento está dispuesto en una nave espacial compuesta de módulos CubeSat, en donde la primera y la segunda láminas rectangulares (26) se guardan dentro de un alojamiento CubeSat de una unidad.

- 5 11. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el alojamiento está dispuesto en un vehículo.
12. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde el alojamiento está dispuesto dentro de una estructura terrestre.
- 10 13. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el radio de la curvatura de la lámina (26) es tal que la lámina tiene una profundidad no menor del 5 % ni mayor del 20 % del ancho de la lámina.
- 15 14. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una forma lenticular de la lámina (26) se aplana cuando se monta bajo compresión en el carrete en la configuración replegada.
- 20 15. Un método para desplegar un mástil extensible desde un alojamiento como se define en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el alojamiento incluye una abertura a través de la cual se despliega la lámina rectangular (26).

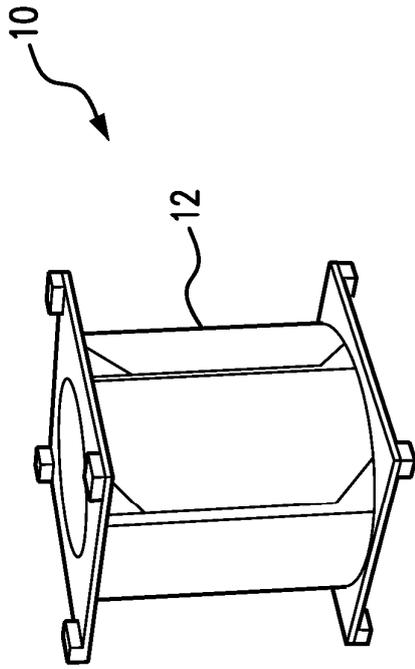


FIG. 1

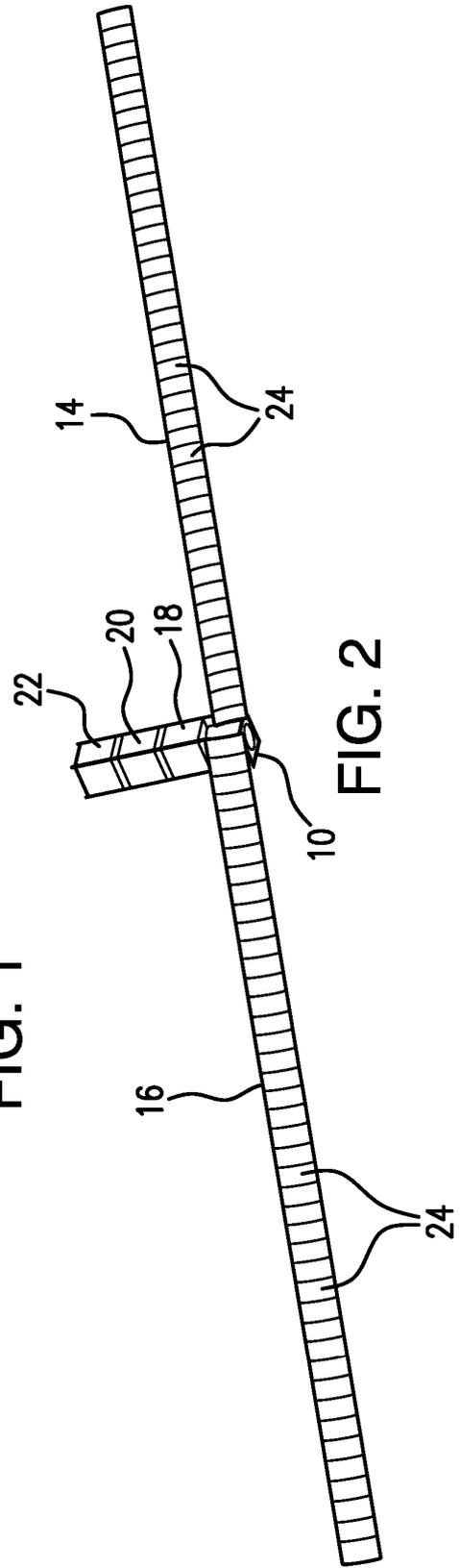


FIG. 2

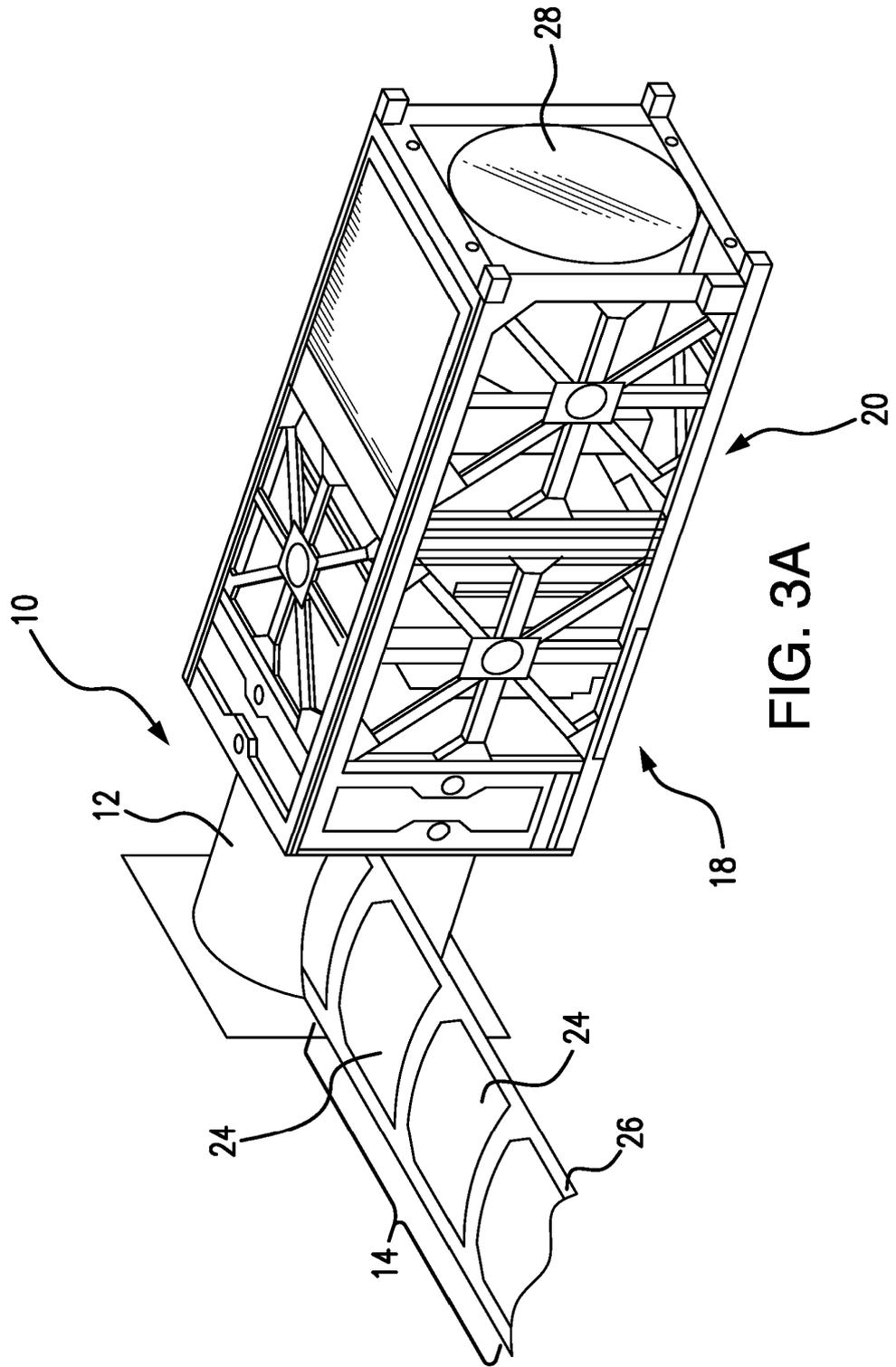


FIG. 3A

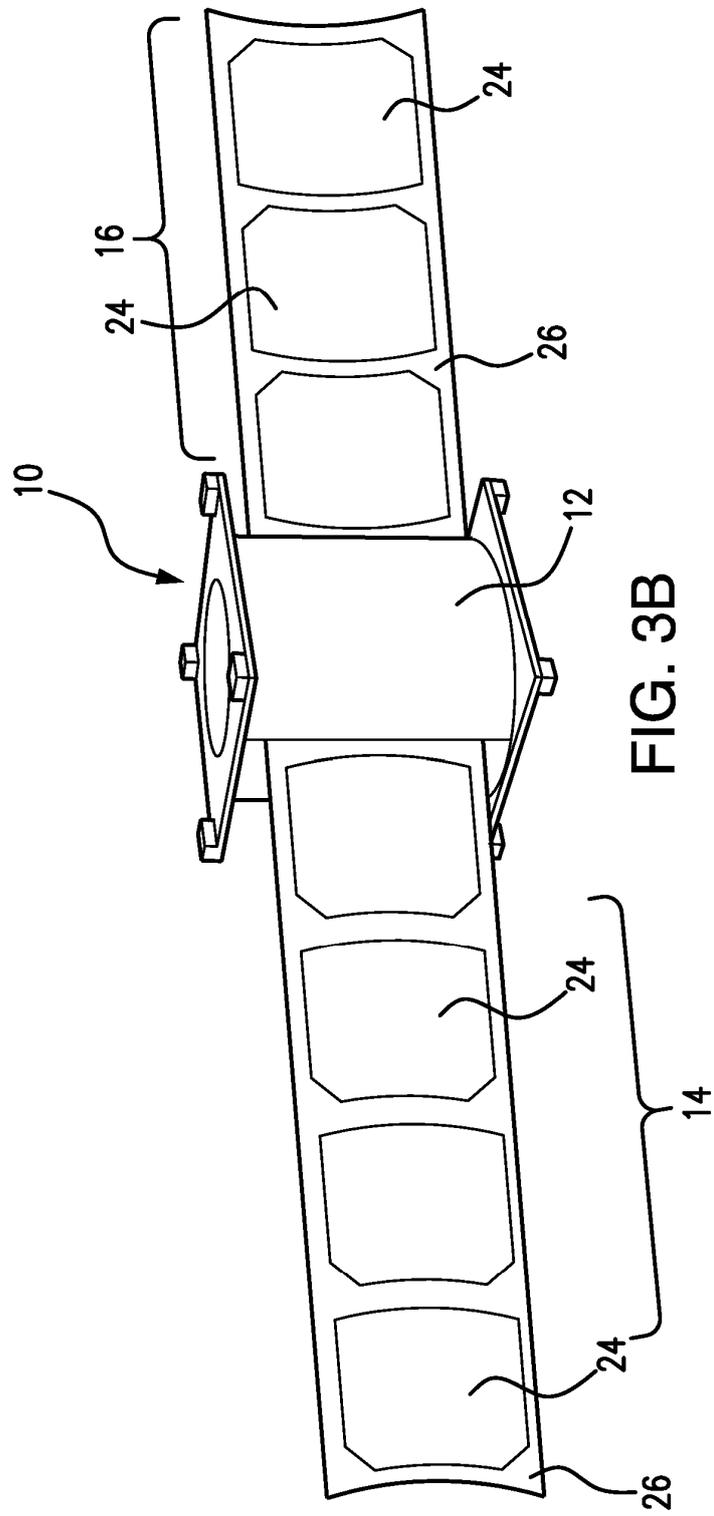


FIG. 3B

