

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 763**

51 Int. Cl.:

B64G 1/22 (2006.01)

F03G 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2016 PCT/US2016/040419**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017 WO17069816**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2016 E 16742482 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3365233**

54 Título: **Nave espacial con mecanismo de despliegue de polímero con memoria de forma**

30 Prioridad:

23.10.2015 US 201514921545

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

18.03.2021

73 Titular/es:

**RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 Winter Street
Waltham, MA 02451, US**

72 Inventor/es:

**KOEHLER, FREDERICK, B.;
LYMAN, WARD, D.;
SUMMERS, MATT, H. y
DANFORTH, JEREMY, C.**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 812 763 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

Nave espacial con mecanismo de despliegue de polímero con memoria de forma

5 Campo de la invención

La invención está en el campo de las naves espaciales y los mecanismos para desplegar partes de naves espaciales.

Descripción de la técnica relacionada

10 Los satélites se han utilizado durante mucho tiempo para una variedad de operaciones, incluidas la generación de imágenes, la recopilación de datos y las telecomunicaciones. Los satélites pequeños son una forma de bajo costo de realizar funciones simples, con muchos de estos satélites de bajo costo que se lanzan, a veces como cargas adicionales para lanzamientos que involucran satélites más grandes.

15 Existe una necesidad continua de aumentar las capacidades de estos satélites pequeños. Al mismo tiempo, existe un valor para hacer que los satélites se ajusten a cubiertas de volumen limitado y restricciones de masa más ajustadas. A menudo, los satélites tienen partes que se implementan solo en el espacio, pero los mecanismos para tal despliegue pueden ser complejos y pueden agregar un volumen, costo y/o masa significativos, lo que a veces los hace indeseables para una plataforma de nave espacial dada.

20 Yanju Liu y otros: Shape memory polymers and their composites in aerospace applications reviews a new class of smart materials, shape memory polymers and their composites (SMP and SMPC) that respond to specific external stimulus and remember the original shape.

25 Steven C. Arzberger y otros: Elastic memory composites (EMC) for deployable industrial and commercial applications provides the use of smart materials and multifunctional components has the potential to provide enhanced performance, improved economics, and reduced safety concerns for applications ranging from outer space to subterranean.

30 El documento US2011/210209 proporciona una estructura desplegable que puede incluir un larguero de tubo de hendidura y un panel plano acoplado con el larguero de tubo de hendidura. El larguero de tubo de hendidura puede incluir un miembro tubular que tiene una hendidura que corre a lo largo de la longitud longitudinal del larguero de tubo de hendidura.

35 El documento WO2009/059332 proporciona una pluralidad de materiales compuestos activos reversibles, que incluyen compuestos basados en un miembro de aleación con memoria de forma (SMA) y un miembro de polímero con memoria de forma (SMP), así como compuestos basados en dos miembros SMP diferentes. Cada miembro diferente (SMA o SMP) será entrenado para recordar una forma específica a una temperatura específica.

40 Resumen de la invención

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una nave espacial que comprende: un fuselaje; una parte desplegable que se despliega a partir del fuselaje; y un actuador que se usa para desplegar selectivamente la parte desplegable, en donde el actuador incluye un material polimérico con memoria de forma que cambia de forma cuando se calienta para desplegar la parte desplegable; y en donde el actuador incluye un material de aleación con memoria de forma en contacto con el material polimérico con memoria de forma, y en donde el material de aleación con memoria de forma también cambia de forma cuando se calienta, para proporcionar una fuerza que ayuda a desplegar la parte desplegable.

50 De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el actuador está formado integralmente como una única parte continua con al menos parte de la parte desplegable.

De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el actuador está formado integralmente como una única parte continua con al menos parte del fuselaje.

55 De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el actuador es una porción adelgazada de la única parte continua.

60 De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el actuador se fabrica de forma aditiva.

De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el material polimérico con memoria de forma incluye un relleno que mejora la absorción de luz ultravioleta (UV).

65 De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el dispositivo incluye además una fuente de calor que está operativamente acoplada al material polimérico con memoria de forma.

De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el actuador incluye una fuente de alimentación eléctrica para calentar eléctricamente el material polimérico con memoria de forma.

- 5 De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el material polimérico con memoria de forma incluye un relleno que mejora la conductividad eléctrica.

De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, el actuador incluye un material conductor de la electricidad en una superficie del material polimérico con memoria de forma, con el material conductor de la electricidad acoplado eléctricamente a la fuente de alimentación eléctrica.

10

De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, la parte desplegable incluye cualquiera de una antena, un panel solar, una cubierta óptica o una protección contra la luz solar.

- 15 De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, la parte desplegable se despliega mediante desenrollado.

De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, la parte desplegable se despliega mediante desdoblado.

20 De acuerdo con una realización del dispositivo de cualquier párrafo de este resumen, la parte desplegable se despliega girando alrededor del fuselaje.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, un método para desplegar un satélite incluye las etapas de: separar el satélite de una nave nodriza; y desplegar una parte desplegable del satélite calentando un material polimérico con memoria de forma de un actuador, en donde el material polimérico con memoria de forma cambia de forma para desplegar la parte desplegable; y en donde el actuador incluye un material de aleación con memoria de forma configurado para estar en contacto con el material polimérico con memoria de forma, y también calentar el material de aleación con memoria de forma en donde el material de aleación con memoria de forma cambia de forma para proporcionar una fuerza que ayuda a desplegar la parte desplegable.

25

De acuerdo con una realización del método de cualquier párrafo de este resumen, el calentamiento incluye calentamiento solar del material polimérico con memoria de forma.

- 35 De acuerdo con una realización del método de cualquier párrafo de este resumen, el calentamiento incluye calentar eléctricamente el material polimérico con memoria de forma.

De acuerdo con una realización de la nave espacial de la invención, el material de aleación con memoria de forma está acoplado operativamente al material polimérico con memoria de forma. El calentamiento del material polimérico con memoria de forma y/o el material de aleación con memoria de forma despliega la parte desplegable.

40

De acuerdo con una realización de la nave espacial de cualquier párrafo de este resumen, el calentamiento cambia la forma de la aleación con memoria de forma para proporcionar la mayor parte de la fuerza para desplegar la parte desplegable.

45 La siguiente descripción y los dibujos anexos exponen en detalle ciertas realizaciones ilustrativas de la invención. Sin embargo, estas realizaciones son indicativas de algunas de las diversas formas en que pueden emplearse los principios de la invención. Otros objetos, ventajas y características novedosas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se considere junto con los dibujos.

50 Breve descripción de los dibujos

Los dibujos anexos, que no están necesariamente a escala, muestran varios aspectos de la invención.

- 55 La figura 1 es una vista oblicua de una nave espacial con una parte desplegable en una condición recogida, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 es una vista oblicua de la nave espacial de la figura 1, con la parte en la condición desplegada.

60 La figura 3 es una vista lateral que muestra detalles de una posible configuración de un actuador polimérico con memoria de forma de la nave espacial de la figura 1, con la parte desplegable en la configuración recogida.

La figura 4 es una vista lateral que muestra detalles del actuador polimérico con memoria de forma de la figura 2, con la parte desplegable en la configuración desplegada.

65

La figura 5 es una vista lateral de un actuador polimérico con memoria de forma, de acuerdo con otra realización de la invención.

5 La figura 6 es una vista lateral de un actuador polimérico con memoria de forma, de acuerdo con otra realización más de la invención.

La figura 7 es una vista lateral de un actuador polimérico con memoria de forma, de acuerdo con otra realización más de la invención.

10 La figura 8 es una vista lateral de una porción de una nave espacial con una parte desplegable en una condición recogida, de acuerdo con una realización adicional de la invención.

La figura 9 es una vista lateral de la porción de la nave espacial de la figura 8, con la parte en la condición desplegada.

15 La figura 10 es una vista lateral de una porción de una nave espacial con una parte desplegable en una condición recogida, de acuerdo con otra realización adicional de la invención.

La figura 11 es una vista lateral de la porción de la nave espacial de la figura 10, con la parte en la condición desplegada.

20 La figura 12 es una vista lateral de una porción de una nave espacial con una parte desplegable en una condición recogida, de acuerdo con otra realización de la invención.

La figura 13 es una vista oblicua de la porción de la nave espacial de la figura 12, con la parte en la condición desplegada.

25 La figura 14 es un diagrama esquemático que ilustra un proceso de despliegue de una nave espacial, tal como un satélite, de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada

30 Una nave espacial, tal como un satélite, usa un actuador polimérico con memoria de forma para desplegar una o más partes desplegables. El actuador polimérico con memoria de forma puede estar formado integralmente con una parte desplegable y/o con un fuselaje u otra estructura de la nave espacial, donde el actuador polimérico con memoria de forma es, por ejemplo, una porción relativamente delgada del material polimérico con memoria de forma de la estructura integral. El actuador con memoria de forma permite el despliegue de la(s) parte(s) desplegable(s) al calentar el material polimérico con memoria de forma del actuador, tal como después que el satélite se haya lanzado al espacio. El calentamiento puede ser provocado por una fuente de calor que es parte de la propia nave espacial, o puede ser simplemente el resultado de exponer la nave espacial al calentamiento solar después del lanzamiento. La parte desplegable de la nave espacial puede incluir cualquiera de una amplia variedad de partes que se utilizan después del lanzamiento, tales como antenas, paneles solares, protecciones contra la luz solar o cubiertas ópticas.

45 Las figuras 1 y 2 muestran una nave espacial 10, un satélite que tiene un fuselaje o bastidor 12, y una serie de partes o estructuras desplegables 14 que están acopladas mecánicamente al fuselaje 12, y pueden desplegarse girando en relación con el fuselaje 12. El término "fuselaje" se usa en el presente documento para denotar la estructura central de la nave espacial 10. El fuselaje 12 puede ser un bastidor que contiene elementos tales como una carga útil 15 (por ejemplo, óptica u otro equipo de recopilación de datos), ruedas de reacción 16 para el control de altura de la nave espacial 10, y la aviónica 17. Cada una de las partes desplegables 14 mostradas incluyen paneles solares y una antena, aunque muchos otros tipos de partes pueden desplegarse desde el fuselaje 12.

50 Las partes desplegables 14 se abren desde la configuración cerrada (guardada) que se muestra en la figura 1, a la configuración abierta (desplegada) que se muestra en la figura 2. Esto se logra mediante actuadores 18 que se utilizan para desplegar las partes 14 haciendo girar las partes 14 en relación con el fuselaje 12 en la ubicación de los actuadores 18. En la realización ilustrada, las partes desplegables 14 tienen cada una un actuador 18 respectivo. Los actuadores 18 son actuadores de material polimérico con memoria de forma que incluyen cada uno un material polimérico con memoria de forma 20 que cambia de forma al calentarse, con el fin de mover las partes 14 desde la posición recogida a la posición desplegada.

60 Los materiales poliméricos con memoria de forma en general tienen una forma actual y una forma permanente almacenada. Una vez que se ha configurado la forma permanente (memoria) almacenada, la forma actual (temporal, sin memoria) puede cambiarse mediante un proceso de calentamiento limitado, que se deforma mientras el material se calienta, y luego se enfría. Luego, este mantiene esa forma actual hasta que el material se calienta nuevamente lo suficiente como para hacer que regrese a su forma permanente, a menos que se restrinja de otra manera. Para poner el material en una nueva forma permanente, es necesaria una temperatura aún mayor.

65

La temperatura de transición T_{trans} a la que el material se ablanda, y a la que intenta moverse a su forma permanente, puede ser la temperatura de transición vítrea T_g del material, o puede ser otra temperatura. La T_{trans} es menor que la temperatura permanente T_{perm} por encima de la cual el material tiene su forma permanente restablecida.

En general, los materiales poliméricos con memoria de forma tienen un módulo de elasticidad que permanece relativamente constante con los cambios de temperatura por debajo de T_{trans} . Esto significa que el material polimérico con memoria de forma puede ser sustancialmente rígido a bajas temperaturas. A medida que el material se calienta hasta T_{trans} , este pasa relativamente rápido a un bajo módulo de elasticidad. Este módulo de elasticidad más bajo se mantiene relativamente constante hasta que se alcanza la temperatura de fusión del material. Este comentario general es sobre el comportamiento del módulo de elasticidad con polímeros con memoria de forma de contraste de temperatura con otros tipos de materiales, por ejemplo con termoplásticos típicos.

El material polimérico con memoria de forma está configurado para tener una forma permanente (memoria) que corresponde a la configuración desplegada, y una forma temporal que corresponde a la configuración recogida. Esto significa que un calentamiento suficiente del material polimérico con memoria de forma hace que el material polimérico con memoria de forma tenga una fuerza de memoria de forma que tiende (si no tiene oposición) a hacer que el material polimérico con memoria de forma se reconfigure hacia su forma permanente.

El calentamiento puede ser calentamiento solar provocado por la exposición de la nave espacial 10 (o parte de la nave espacial 10) a la luz solar, después de su lanzamiento, tal como después de su separación de una nave nodriza. El material polimérico con memoria de forma 20 de los actuadores 18 puede incluir materiales que absorben la luz solar, tales como materiales que absorben la luz UV, para mejorar el calentamiento solar en el material polimérico con memoria de forma 20.

Alternativamente, la nave espacial 10 puede tener un dispositivo autónomo para calentar (o ayudar en el calentamiento) el material polimérico con memoria de forma 20. Por ejemplo, la nave espacial 10 puede contener una fuente de alimentación eléctrica, tal como una batería, que se usa para calentar eléctricamente el material polimérico con memoria de forma, para cambiar su forma. El calentamiento eléctrico puede incluir dejar pasar una corriente eléctrica a través del material polimérico con memoria de forma, para provocar un calentamiento resistivo dentro del material polimérico con memoria de forma. Para facilitar este proceso, el material polimérico con memoria de forma puede incluir rellenos conductores de la electricidad, recubrimientos o alambres de alta resistividad que pasan a través del material. Ejemplos de rellenos conductores serían las partículas metálicas. El revestimiento metálico podría usarse para el calentamiento externo a través de la aplicación de corriente. Un polímero cargado o recubierto también puede calentarse eficazmente con radiación de microondas.

Los materiales poliméricos con memoria de forma pueden cambiar de forma lentamente cuando se calientan, y/o pueden proporcionar solo una pequeña fuerza de accionamiento para mover las partes desplegables 14. Sin embargo, estos posibles inconvenientes pueden ser de menor importancia para su uso como actuadores 18 en la nave espacial 10. Esto es al menos porque 1) solo se requieren fuerzas pequeñas para que el actuador mueva las partes 14, y 2) los tiempos de despliegue relativamente lentos pueden ser aceptables para el despliegue de las partes 14. En el espacio no hay una fuerza de gravedad desde el peso de las partes 14 para superar al desplegar las partes 14, por lo que una fuerza de memoria de forma pequeña puede ser suficiente para el despliegue. Y un tiempo de despliegue lento, incluso del orden de 15 minutos, puede ser un rendimiento aceptable como parte de un proceso de implementación satelital.

Los actuadores poliméricos con memoria de forma 18 pueden tener cualquiera de una amplia variedad de configuraciones adecuadas. Con referencia ahora a la figura 3, en una configuración, un actuador 18 puede ser una porción adelgazada 32 de material polimérico con memoria de forma en el punto donde se produce el giro (rotación) de la parte 14 con respecto al fuselaje 10. La porción adelgazada 32 está flanqueada en cada extremo por porciones más gruesas 34 y 36 de material polimérico con memoria de forma 20. Las porciones más gruesas 34 y 36 están configuradas para cambiar de forma en menor medida que (o sustancialmente para no cambiar en lo absoluto) el material en la porción más delgada 32. La porción más delgada 32 y las porciones más gruesas 34 y/o 36 se pueden formar integralmente juntas como una sola pieza de material continuo 40, y la composición del material polimérico con memoria de forma puede ser la misma en todas las porciones 32-36. Las porciones más gruesas 34 y/o 36 pueden ser porciones del fuselaje 10 y/o la parte 14. En algunas realizaciones, porciones sustanciales del fuselaje 10 y/o la parte desplegable 14 pueden tener el actuador 18 formado integralmente con estas, como piezas continuas 40 fabricadas del material polimérico con memoria de forma.

La porción adelgazada 32 puede cambiar con facilidad a las porciones más gruesas 34 y 36. Por ejemplo, una cara de la porción adelgazada 32 puede tener una forma curvada 42 cuando se despliega la parte 14, como se muestra en la figura 4.

El material polimérico con memoria de forma 20 del actuador 18 y quizás de porciones o de todo el fuselaje 12 y la parte desplegable 14, se puede producir en cualquiera de una variedad de métodos adecuados. En una realización, el material polimérico con memoria de forma puede fabricarse aditivamente, tal como por un método de impresión tridimensional, un ejemplo de dicho método adecuado es el modelado por deposición fundida (FDM) o la extrusión

selectiva de material polimérico de forma. En su lugar, se pueden utilizar otras técnicas de fabricación aditiva, tal como la litografía estéreo (SLA), la sinterización selectiva por láser (SLS) u otras tecnologías capaces de imprimir un polímero termoplástico o termoestable con memoria de forma. Las técnicas de fabricación aditiva tienen la ventaja de permitir la construcción de estructuras complicadas capa por capa, lo que permite la fabricación relativamente simple de estructuras que serían difíciles de producir por otros métodos. Por ejemplo, se pueden producir estructuras con huecos internos.

Otro método de fabricación alternativo es el moldeo, tal como el moldeo por inyección. Como se señaló anteriormente, puede haber algunas configuraciones para las cuales el moldeo es difícil o imposible. Además, el moldeo requiere herramientas relativamente caras, tales como la producción de un molde. En situaciones en las que solo se deben fabricar unas pocas piezas de una configuración dada, los costos de herramientas involucrados con el moldeo pueden proporcionar una ventaja de costo a la fabricación aditiva.

La fundición es otro posible método de fabricación. Al igual que con el moldeo, la fundición puede tener costos de herramientas que lo hacen más costoso que los métodos de fabricación aditiva, especialmente para piezas que se producen solo en un pequeño volumen.

La figura 5 ilustra una variación analizada anteriormente, en la que una nave espacial 50 tiene una fuente de alimentación eléctrica 52 acoplada a un material polimérico con memoria de forma 54 como parte de un actuador de despliegue 58, para proporcionar calentamiento al actuador 58 para provocar que su material polimérico con memoria de forma cambie de forma, para desplegar una parte desplegable 62 haciendo girar la parte 62 con relación a un bastidor o fuselaje 64. La fuente de alimentación 52 puede ser una batería u otra fuente de alimentación adecuada. El calentamiento puede llevarse a cabo mediante calentamiento resistivo en el propio material polimérico con memoria de forma 54. Alternativamente, un calentador eléctrico separado puede ubicarse sobre o cerca del material polimérico con memoria de forma 54, para calentar el material. El calentamiento eléctrico se puede usar junto con el calentamiento solar, o como un mecanismo de respaldo para el calentamiento solar.

La figura 6 muestra una variante adicional, una alternativa que implica la impresión de un material conductor de la electricidad 72 en una superficie o en el interior del material polimérico con memoria de forma 78, para actuar como un calentador resistivo. El material conductor de la electricidad se podría modelar adecuadamente para lograr el calentamiento eléctrico en una magnitud deseada y en una ubicación deseada. La colocación del material conductor de la electricidad se puede lograr en el mismo proceso de fabricación aditiva que se utiliza para imprimir el material polimérico con memoria de forma, por ejemplo usando diferentes cabezales de impresión (o extrusoras) para depositar el material polimérico con memoria de forma 78 y el material conductor de la electricidad 72 donde se desee.

La figura 7 muestra otra variación, en la que un actuador 92 un material de aleación con memoria de forma 94 está colocado encima de una superficie 96 de un material polimérico con memoria de forma 98. Los materiales de aleación con memoria de forma proporcionan una mayor fuerza de memoria de forma para cambiar de forma, aunque los materiales de aleación con memoria de forma tienen un rango de cambio potencial (deformación) que es menor que el de los materiales poliméricos con memoria de forma. El material de aleación con memoria de forma 94 puede calentarse de la misma manera que el material polimérico con memoria de forma 98, o los dos pueden calentarse de diferentes maneras. El actuador 92, en relación con uno sin el material de aleación con memoria de forma 94, proporciona más fuerza y puede conducir a dispositivos más completamente desplegados. Esto podría usarse si se requiere una mayor precisión y/o un despliegue completo, o si se desea una implementación más rápida.

El despliegue de una parte desplegable puede ser más complicado que un solo movimiento de rotación. Las figuras 8 y 9 muestran una nave espacial 110 que incluye la parte desplegable 112 que tiene múltiples porciones 114 en una configuración de acordeón, que se despliega desde la condición recogida mostrada en la figura 8 a la condición desplegada mostrada en la figura 9. La parte desplegable 112 no solo rota como un todo en relación con un fuselaje 116, sino que es adyacente a las porciones 114 en relación unas con las otras. En cada unión entre las porciones 114 hay un actuador 118 de material polimérico con memoria de forma, que cambia de forma al calentarse para alcanzar una forma de memoria previamente impresa en el material. En la realización ilustrada, la parte desplegable 112 se despliega tomando las porciones 114 y superpuestas colocándolas todas en un plano, lo que da como resultado una parte plana 120, tal como un panel solar. Sin embargo, la parte desplegada podría tener cualquiera de una variedad de formas adecuadas.

Las figuras 10 y 11 muestran otra opción de despliegue. En su configuración recogida (figura 10), una parte desplegable 124 se enrolla, mientras que en su configuración desplegada (figura 11) la parte 124 se desenrolla hasta una forma plana. En esta realización, un actuador 128 para el cambio de forma puede estar a lo largo de toda la longitud de la parte 124, que es un sustrato para la parte 124 o la propia parte entera 124. Alternativamente, el desenrollado puede ser una rotación relativa entre una serie de segmentos de forma fija, con porciones adelgazadas de material polimérico con memoria de forma entre estas. Como otra alternativa, la forma desplegada de una parte desenrollada puede ser distinta de plana, por ejemplo, con cierta curvatura. La parte 124 puede ser una protección contra la luz solar para usar en componentes ópticos de pantalla, por poner un ejemplo.

- El uso de materiales poliméricos con memoria de forma en un actuador para desplegar una parte ofrece muchas ventajas sobre los mecanismos y métodos de despliegue anteriores. Los mecanismos de estado sólido, tales como los actuadores de material polimérico con memoria de forma descritos anteriormente, ocupan menos espacio y peso que los mecanismos de despliegue mecánico convencionales. El uso de polímeros con memoria de forma también permite el uso de fabricación aditiva, lo que puede reducir los costos. Tener los actuadores poliméricos con memoria de forma integrados con otras partes de la nave espacial también puede aumentar la integridad estructural. La fabricación aditiva también puede permitir la creación rápida de prototipos de partes, lo que puede reducir los plazos de producción.
- Las figuras 12 y 13 muestran una realización en la que una nave espacial 140 incluye un sistema óptico 142, y una protección contra la luz solar cilíndrica 144 se expande desde una condición compacta recogida (figura 12) a una condición desplegada (figura 13) que se extiende hacia afuera alrededor de una lente 146 en el extremo frontal del sistema óptico 142. La protección contra la luz solar incluye un par de secciones de extremo cilíndricas con forma fija 152 y 154, y una sección central de acordeón 156. En la condición recogida, la sección de extremo posterior 152, que está unida a la estructura 162 de la nave espacial 140 (tal como un fuselaje), está parcialmente anidada dentro de la sección de extremo frontal 154. La sección central del acordeón 156 se expande para separar las dos secciones 152 y 154, como se muestra en la figura 13.
- Los mecanismos de despliegue descritos en este documento pueden ser satélites pequeños, tales como los satélites que pesan menos de 50 kg, que pueden lanzarse junto con otros satélites que son más grandes o de aproximadamente el mismo tamaño. Dichos satélites se pueden usar para cualquiera de una variedad de propósitos, tales como imágenes. Los mecanismos de despliegue descritos en este documento también pueden usarse como parte de otros dispositivos.
- La figura 14 ilustra un método para desplegar un satélite 200. Como se muestra en 202, el satélite 200 está inicialmente acoplado mecánicamente a una nave nodriza 204, tal como dentro de la nave nodriza 204 o atado a la nave nodriza 204.
- El satélite 200 luego se separa de la nave nodriza 204, como se muestra en 210. Cuando el satélite 200 se separa inicialmente, las partes desplegables 214 están inicialmente en una condición recogida.
- Después de la separación, las partes 214 se despliegan, como se muestra en 220. Las partes 214 se despliegan en relación con un fuselaje del satélite 200, utilizando actuadores de aleación con memoria de forma, en cualquiera de las formas descritas anteriormente. Las partes 214 pueden desplegarse en diferentes momentos, y/o de diferentes maneras.

REIVINDICACIONES

1. Una nave espacial (10, 50) que comprende:
 - un fuselaje (12, 64);
 - una parte desplegable (14, 62, 112) que se puede desplegar a partir del fuselaje (12, 64); y
 - un actuador (18, 58, 92, 118) que se usa para desplegar selectivamente la parte desplegable (14, 62, 112); en donde el actuador (18, 58, 92, 118) incluye un material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78) que cambia de forma cuando se calienta para desplegar la parte desplegable (14, 62, 112); caracterizada porque el actuador (18, 58, 92) incluye un material de aleación con memoria de forma (94) en contacto con el material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78); y en donde el material de aleación con memoria de forma (94) también cambia de forma cuando se calienta, para proporcionar una fuerza que ayuda a desplegar la parte desplegable (14, 62, 112).
2. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el actuador (18, 58, 92, 118) está formado integralmente como una sola parte continua con al menos parte de la parte desplegable (14, 62, 112).
3. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el actuador (18, 58, 92, 118) está formado integralmente como una única parte continua con al menos parte del fuselaje (12, 64); y preferiblemente, en donde el actuador (18, 58, 92, 118) es una porción adelgazada (32) de la única parte continua.
4. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el actuador (18, 58, 92, 118) se fabrica de manera aditiva.
5. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78) incluye un relleno que mejora la absorción de luz ultravioleta (UV).
6. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además una fuente de calor que está operativamente acoplada al material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78).
7. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el actuador (18, 58, 92, 118) incluye una fuente de alimentación eléctrica 52 para calentar eléctricamente el material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78).
8. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78) incluye un relleno que mejora la conductividad eléctrica o en donde el actuador incluye un material conductor de la electricidad (72) en una superficie del material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78), con el material conductor de la electricidad (72) acoplado eléctricamente a la fuente de alimentación eléctrica (52).
9. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la parte desplegable (14, 62, 112) incluye una de una antena, un panel solar, una cubierta óptica o una protección contra la luz solar.
10. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la parte desplegable (14, 62, 112) se despliega mediante desenrollado; o en donde la parte desplegable (14, 62, 112) se despliega mediante desdoblado.
11. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la parte desplegable (14, 62, 112) se despliega girando alrededor del fuselaje (12, 64).
12. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el material de aleación con memoria de forma (94) está operativamente acoplado al material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78); y en donde el calentamiento del material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78) y/o el material de aleación con memoria de forma (94) despliega la parte desplegable (14, 62, 112).
13. La nave espacial (10, 50) de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el calentamiento cambia la forma de la aleación con memoria de forma (94) para proporcionar la mayor parte de la fuerza para desplegar la parte desplegable (14, 62, 112).
14. Un método para desplegar un satélite, el método que comprende:

- separar el satélite de una nave nodriza; y desplegar una parte desplegable (14, 62, 112) del satélite calentando un material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78) de un actuador, en donde el material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78) cambia de forma para desplegar la parte desplegable (14, 62, 112); caracterizado porque
- 5 el actuador incluye un material de aleación con memoria de forma en contacto con el material polimérico con memoria de forma, y también calienta el material de aleación con memoria de forma en donde el material de aleación con memoria de forma cambia de forma para proporcionar una fuerza que ayuda a desplegar la parte desplegable.
- 10 15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el calentamiento incluye el calentamiento solar del material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78); y/o preferiblemente, en donde el calentamiento incluye calentar eléctricamente el material polimérico con memoria de forma (20, 54, 78).

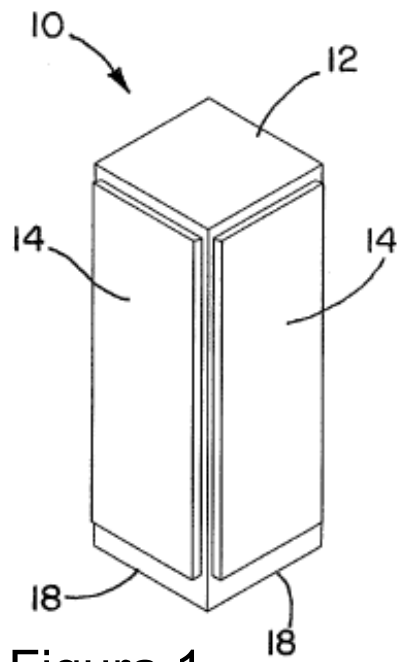


Figura 1

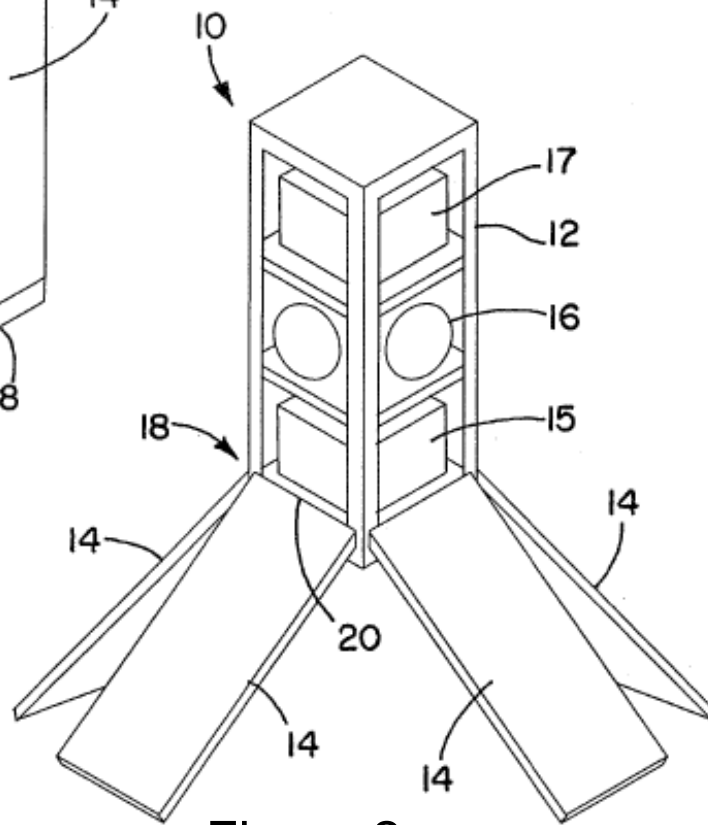


Figura 2

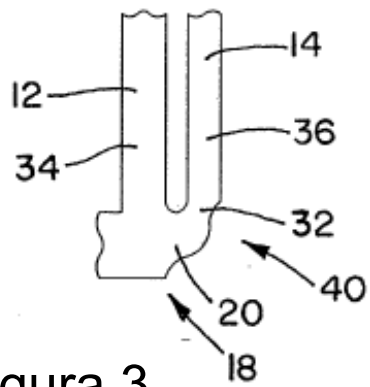


Figura 3

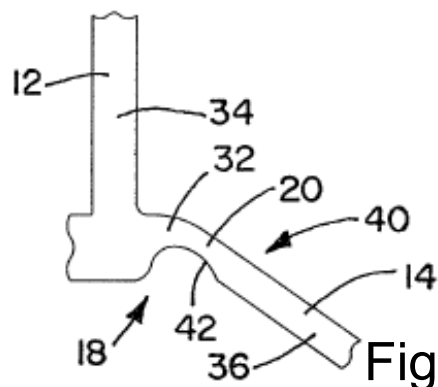


Figura 4

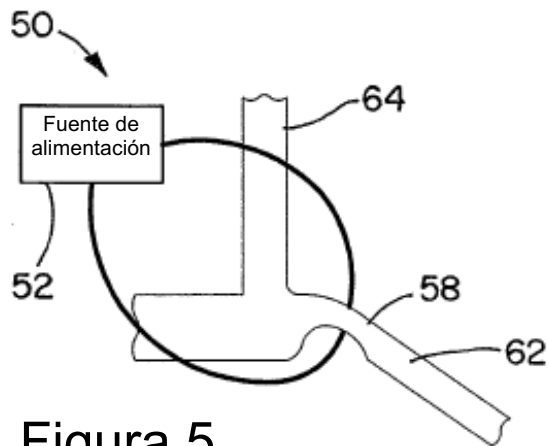


Figura 5

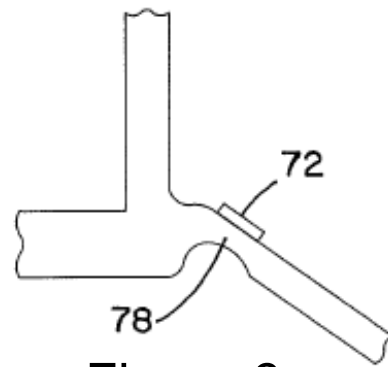


Figura 6

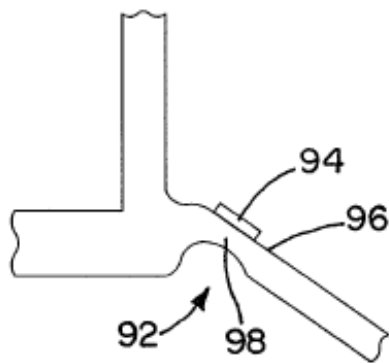


Figura 7

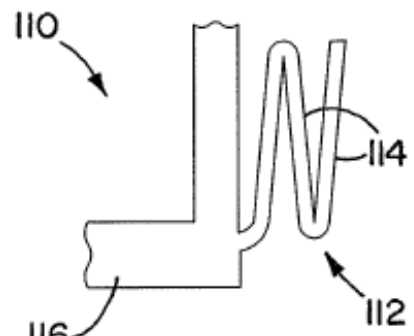


Figura 8

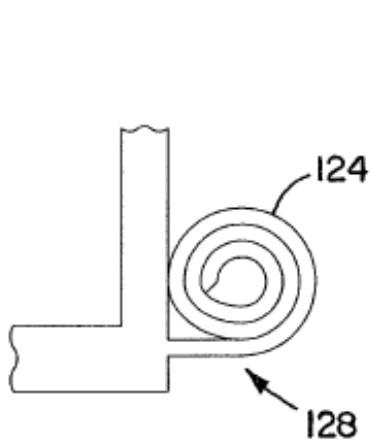


Figura 10

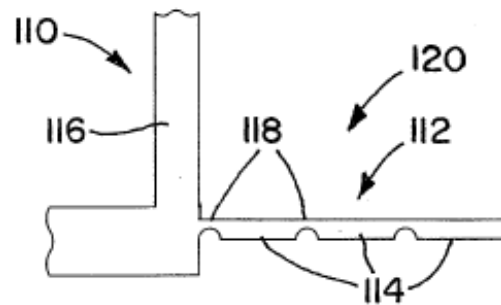
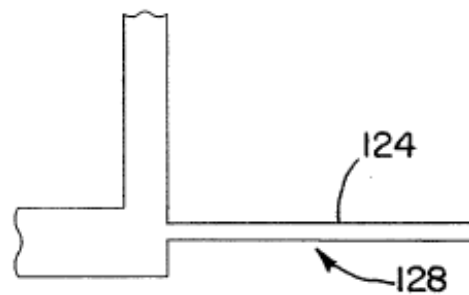
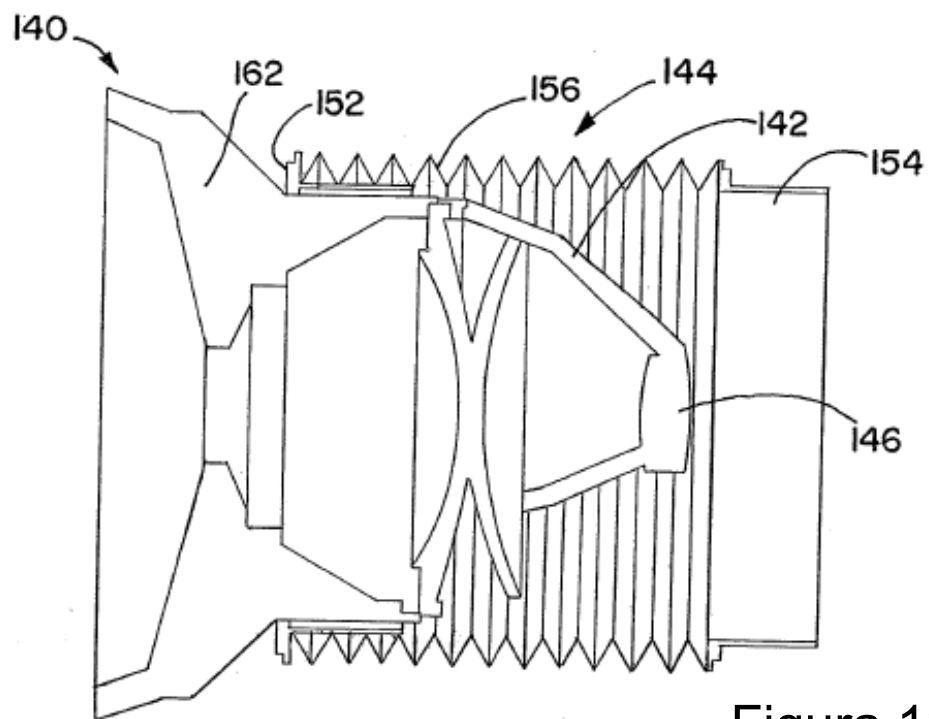
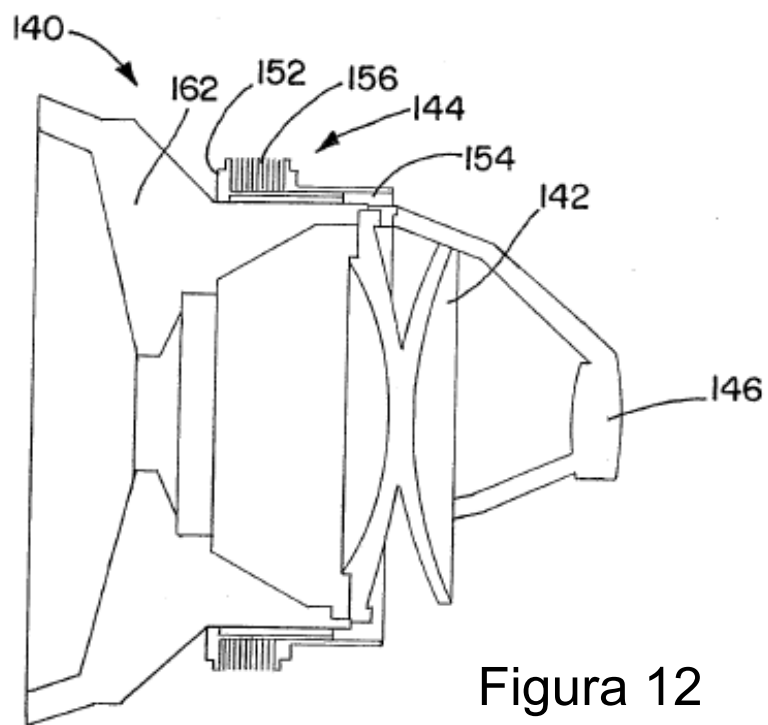


Figura 9

Figura 11





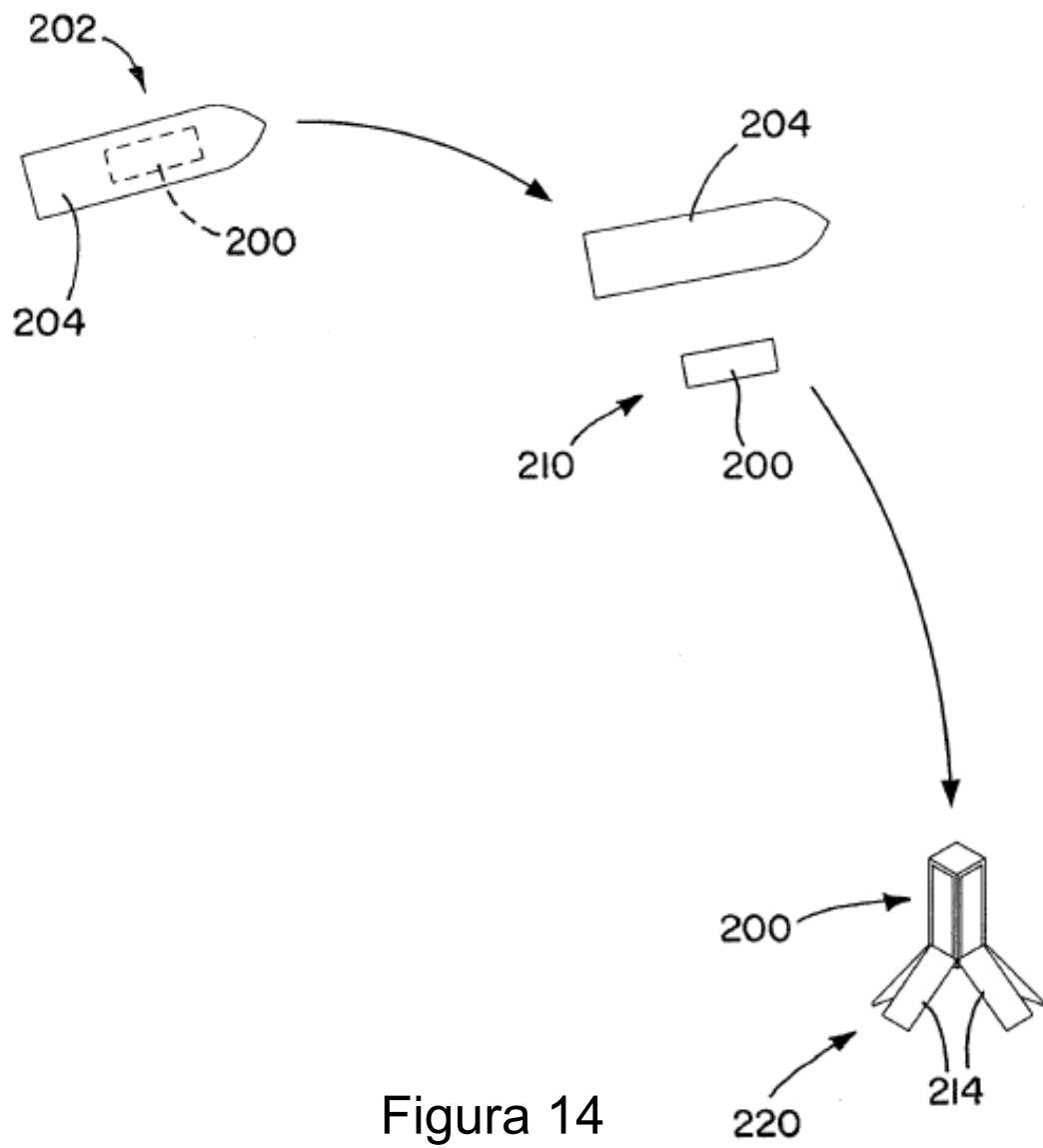


Figura 14