

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 878 080**

51 Int. Cl.:

<i>B64G 1/28</i>	(2006.01) <i>F28D 15/02</i>	(2006.01)
<i>F28F 1/10</i>	(2006.01)	
<i>B64G 1/40</i>	(2006.01)	
<i>B64G 1/66</i>	(2006.01)	
<i>F28F 1/16</i>	(2006.01)	
<i>F28F 13/00</i>	(2006.01)	
<i>B64G 1/50</i>	(2006.01)	
<i>B64G 1/10</i>	(2006.01)	
<i>B64G 1/44</i>	(2006.01)	
<i>B64G 1/58</i>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2016 PCT/US2016/024916**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16160924**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2016 E 16774068 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.06.2021 EP 3277587**

54 Título: **Paneles radiadores para satélite con tubo de refuerzo/de conducción de calor combinado**

30 Prioridad:

30.03.2015 US 201514673215

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2021

73 Titular/es:

**WORLDVU SATELLITES LIMITED (100.0%)
IFC 5
Saint Helier JE1 1ST (Jersey), US**

72 Inventor/es:

**SMITH, ALEXANDER, D.;
FIELD, DANIEL, W.;
ASKIJIAN, ARMEN y
GROSSMAN, JAMES**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 878 080 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

Paneles radiadores para satélite con tubo de refuerzo/de conducción de calor combinado

Campo de la invención

La presente invención se refiere a satélites de comunicación en órbita alrededor de la Tierra.

5 Antecedentes de la invención

Los satélites de comunicaciones reciben y transmiten señales de radio desde y hacia la superficie de la Tierra. Aunque los satélites de comunicaciones en órbita alrededor de la Tierra se han usado durante muchos años, la provisión de una refrigeración y una distribución de calor adecuadas para los componentes electrónicos térmicamente sensibles a bordo de dichos satélites sigue siendo un problema.

- 10 Hay dos fuentes de calor principales a las que deben enfrentarse los sistemas térmicos de un satélite. Una fuente es la radiación solar. La radiación solar puede ser absorbida por escudos aislantes térmicos o puede ser reflejada fácilmente desde el satélite proporcionando al satélite una superficie exterior adecuadamente reflectante. Una segunda fuente de calor es la electrónica a bordo del satélite. La eliminación del calor generado por la electrónica es más problemática ya que dicho calor debe ser recogido desde diversas ubicaciones en el interior del satélite, debe ser transportado a un sitio en el
- 15 que puede ser rechazado desde el satélite, y a continuación irradiado al espacio.

- Pueden usarse paneles térmicos pasivos para disipar calor desde los satélites. En una configuración, el panel térmico pasivo incluye un núcleo de tipo nido de abeja que tiene tubos de conducción de calor incluidos en el mismo. Un tubo de conducción de calor es una cámara cerrada, típicamente en forma de tubo, que tiene una estructura capilar interna que está llena de un fluido de trabajo. El intervalo de temperaturas operativas del satélite establece la elección del fluido de trabajo; amoníaco, etano y propileno son las opciones típicas. La entrada de calor (es decir, desde la electrónica generadora de calor) causa que el fluido de trabajo se evapore. El fluido evaporado transporta el calor hacia una sección de salida de calor más fría, donde calor es rechazado cuando el fluido se condensa. El calor rechazado es absorbido por las superficies más frías de la sección de salida de calor y a continuación es irradiado al espacio. El condensado vuelve a la sección de entrada de calor (cerca a los componentes generadores de calor) por la acción de las fuerzas capilares para completar el ciclo.
- 20
- 25

- El núcleo de nido de abeja es típicamente un material de baja resistencia, ligero. Por esta razón, entre otras, se disponen paneles rígidos delgados o "revestimientos" sobre ambas superficies principales del núcleo de nido de abeja. De esta manera, el núcleo está "intercalado" entre los revestimientos. La resistencia de este compuesto depende en gran medida de: (1) los revestimientos exteriores y (2) una capa adhesiva que une el núcleo de nido de abeja y los revestimientos. Los paneles son muy caros y su producción requiere una gran cantidad de mano de obra, pero son necesarios en prácticamente todas aquellas partes en las que hay cargas fuera del plano o preocupaciones modales.
- 30

- Una segunda configuración de un panel térmico pasivo es simplemente un revestimiento metálico sólido. Sin embargo, dichos revestimientos son estructuralmente ineficientes para su uso en satélites, ya que la rigidez a la flexión de los revestimientos aumenta como una función del cubo de su espesor. A menos que se añadan costosos y pesados refuerzos para aumentar la rigidez a la flexión, dichos revestimientos sólidos sólo pueden usarse sobre tramos cortos o con muy poca masa (es decir, estructuras) montados en el mismo. El documento EP 1 031 511 A2 describe el uso de diversos conjuntos de tubos de conducción de calor para garantizar una temperatura uniforme a lo largo de un panel radiador individual. Los paneles radiadores no son paneles de nido de abeja, pero aparentemente contienen un volumen interno; es decir, no son paneles radiadores sólidos. Los tubos de conducción de calor de este documento están situados en el interior de los paneles radiadores con el propósito de proporcionar soporte mecánico. El documento KR 2011 0014856 A describe una estructura de control térmico para un satélite geoestacionario. La estructura está dirigida a un satélite que tiene paneles térmicos pasivos que incluyen un nido de abeja. Se presentan tubos de conducción de calor que están dispuestos sobre la superficie de un revestimiento, cuyo propósito es el de facilitar la transferencia de calor entre el interior y el exterior de un panel. El documento US 6 994 153 B2 describe un dispositivo de descarga de calor compuesto por un tubo de conducción de calor y un disipador de calor que está formado por separado del tubo de conducción de calor y que está unido al tubo de conducción de calor mediante soldadura. Los paneles en los que se montan los tubos de conducción de calor son estructuras de nido de abeja. El documento US 2 332 839 A1 describe un dispositivo de descarga de calor compuesto por un tubo de conducción de calor y un disipador de calor que está formado por separado del tubo de conducción de calor y que está unido al tubo de conducción de calor mediante soldadura. El documento WO 2011/143642 describe un sistema de radiadores de nave espacial que comprenden módulos de transferencia térmica preformados unidos mediante al menos un proceso de soldadura en estado sólido. El documento EP 2 535 276 B1 describe un sistema espacial adicional que tiene un panel radiador sobre el que está dispuesto al menos un tubo de conducción de calor para la disipación de calor, en el que el panel radiador y el al menos un tubo de conducción de calor consisten en materiales con coeficientes de expansión térmica diferentes.
- 35
- 40
- 45
- 50

- 55 Por lo tanto, sigue existiendo una necesidad de mejoras en los paneles térmicos pasivos para su uso en satélites.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un sistema térmico pasivo mejorado mediante el acoplamiento de los tubos de conducción de calor a la superficie de los radiadores metálicos sólidos. Además de proporcionar su función térmica normal, los tubos de conducción de calor sirven como nervios estructurales para proporcionar rigidez a los paneles. Un satélite que

5 tiene múltiples paneles radiadores sólidos según la invención se divulga en la reivindicación 1.

Este enfoque de un sistema térmico pasivo emplea la sección transversal y el momento de inercia de área del tubo de conducción de calor para obtener un efecto estructural máximo. Esto debe contrastarse con la técnica anterior, en la que los tubos de conducción de calor están incluidos en el núcleo de nido de abeja de manera que prácticamente no proporcionan soporte estructural alguno a los paneles. Como consecuencia del reforzamiento de los paneles radiadores

10 metálicos sólidos con tubos de conducción de calor según las presentes enseñanzas, los paneles radiadores pueden ser más delgados de lo que sería el caso, lo que equivale a un ahorro de peso y un ahorro de costes.

Los tubos de conducción de calor están modificados estructuralmente para aumentar su rigidez y la del panel a los que están unidos los mismos. La modificación aumenta la altura fuera del plano del tubo de conducción de calor. Más particularmente, dichas modificaciones aumentan sustancialmente el componente del "momento de inercia de área" a lo largo de un eje que es ortogonal al plano del panel radiador al que está unido el tubo de conducción de calor modificado.

15 Típicamente, la modificación estructural tiene poco o ningún impacto sobre las capacidades de transferencia de calor del tubo de conducción de calor. Y, por supuesto, a diferencia de las aplicaciones terrestres, en las que se usan aletas (generalmente 10 o más) para la refrigeración por convección, en el vacío del espacio dichas aletas sólo irradiarán, ofreciendo mucho menos potencial de refrigeración.

20 Dichos tubos de conducción de calor modificados según la invención no tienen más de dos aletas que se extienden desde su cuerpo principal (es decir, el orificio que contiene parte del tubo de conducción de calor). En algunas realizaciones, el tubo de conducción de calor modificado tiene dos miembros que se extienden desde el mismo. La disposición de tres o más aletas proporcionaría un beneficio estructural mínimo, y tendría una penalización de peso.

Breve descripción de los dibujos

25 La Fig. 1 representa un satélite según las presentes enseñanzas.

La Fig. 2 representa una vista detallada de partes del satélite de la Fig. 1.

La Fig. 3 representa un ejemplo de un sistema térmico pasivo para su uso junto con el satélite de las Figs. 1 y 2, útil para entender la presente invención.

30 La Fig. 4 representa una primera realización de un sistema térmico pasivo para su uso junto con el satélite de las Figs. 1 y 2 según la realización ilustrativa de la presente invención.

La Fig. 5 representa una segunda realización de un sistema térmico pasivo para su uso junto con el satélite de las Figs. 1 y 2 según la realización ilustrativa de la presente invención.

La Fig. 6 representa una tercera realización de un sistema térmico pasivo para su uso junto con el satélite de las Figs. 1 y 2 según la realización ilustrativa de la presente invención.

35 La Fig. 7 representa otro ejemplo de un sistema térmico pasivo para su uso junto con el satélite de las Figs. 1 y 2, útil para entender la presente invención.

La Fig. 8 representa una quinta realización de un sistema térmico pasivo para su uso junto con el satélite de las Figs. 1 y 2 según la realización ilustrativa de la presente invención.

40 Las Figs. 9A-9C representan una viga y su capacidad para resistir la flexión como una función de la ubicación de una fuerza aplicada.

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente invención pueden usarse para todos los tipos de satélites (por ejemplo, LEO, GEO, etc.). Antes de abordar los aspectos específicos del presente sistema térmico pasivo, se describe un satélite en el que puede usarse dicho sistema.

45 Satélite. La Fig. 1 representa un satélite 1 según las presentes enseñanzas. La Fig. 2 representa una vista "detallada" de algunas de las características sobresalientes del satélite 100. Con referencia ahora a ambas Figs. 1 y 2, el satélite 100 incluye un módulo 102 de carga útil unificado, un módulo 114 de propulsión, un módulo 122 de carga útil de antenas, un módulo 132 de componente de bus y un sistema 140 de paneles solares, dispuestos tal como se muestra. Cabe señalar que la orientación del satélite 100 en las Figs. 1 y 2 está "al revés" en el sentido que, durante el uso, las antenas 124, que

50 están orientadas "hacia arriba" en las figuras, estarían orientadas "hacia abajo" hacia la Tierra.

El módulo 102 de carga útil unificado comprende paneles 104, 106, y 108. En algunas realizaciones, los paneles están unidos entre sí mediante el uso de diversos conectores, etc., de una manera conocida. Un refuerzo 109 proporciona un refuerzo estructural para los paneles conectados.

Los paneles 104, 106, y 108 sirven, entre cualquier otra funcionalidad, como radiadores para irradiar calor desde el satélite 102. En algunas realizaciones, los paneles incluyen adaptaciones para facilitar la eliminación de calor. En algunos ejemplos, no comprendidos dentro del alcance de la presente invención, los paneles pueden comprender múltiples materiales, tal como un núcleo que está intercalado por láminas de superficie. Los materiales adecuados para su uso para los paneles incluyen los usados típicamente en la industria aeroespacial. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el núcleo comprende un nido de abeja de aluminio ligero y las láminas de superficie comprenden aluminio 6061-T6, que están unidas entre sí, típicamente con un adhesivo de película epoxi.

El módulo 114 de propulsión está dispuesto en el panel 112, que, en algunos ejemplos, está construido de manera similar a los paneles 104, 106, y 108 (por ejemplo, un núcleo de nido de abeja de aluminio y láminas de superficie de aluminio, etc.). El panel 112, que está oscurecido en la Fig. 1, colinda con los paneles 104 y 106 del módulo 102 de carga útil unificado.

El módulo 114 de propulsión incluye un depósito 116 de combustible y un sistema 118 de control de propulsión. El sistema de control de propulsión controla, usando una o más válvulas (no representadas), la liberación del gas propulsor a través de la tobera de propulsión (no representada) que está dispuesta en la superficie orientada hacia el exterior del panel 114. El sistema de control de propulsión está provisto de manera apropiada de instrumentación (es decir, software y hardware) para responder a comandos basados en tierra o a comandos generados a bordo desde el procesador de control.

El módulo 122 de carga útil de antenas comprende múltiples antenas 124. En las realizaciones ilustrativas, hay dieciséis antenas 124 dispuestas en una matriz de 4 x 4. En algunas otras realizaciones, las antenas 124 pueden organizarse en una disposición diferente y/o puede usarse un número diferente de antenas. Las antenas 124 están soportadas por la banda 120 de soporte. En algunas realizaciones, la banda de soporte es un panel curvo que comprende fibra de carbono, con un número adecuado de aberturas (es decir, dieciséis en la realización ilustrativa) para recibir y soportar las antenas 124.

En algunas realizaciones, las antenas 124 transmiten en la banda K_u , que es la parte de 12 a 18 GHz del espectro electromagnético. En la realización ilustrativa, las antenas 124 están configuradas como bocinas exponenciales, que se usan frecuentemente para satélites de comunicaciones. Bien conocida en la técnica, la antena de bocina transmite ondas de radio desde (o recoge las mismas en) una guía de ondas, típicamente implementada como un tubo metálico corto, rectangular o cilíndrico, que está cerrado en un extremo y que se ensancha a una bocina de extremo abierto (con forma cónica en la realización ilustrativa) en el otro extremo. La parte de guía de ondas de cada antena 124 está oscurecida en la Fig. 1. El extremo cerrado de cada antena 124 se acopla a un amplificador o a amplificadores (no representados en las Figs. 1 y 2; están situados en la superficie interior del panel 104 o 108).

El módulo 132 de componentes de bus está dispuesto en el panel 130, que se fija a la parte inferior (desde la perspectiva de las Figs. 1 y 2) del módulo 102 de carga útil unificado. En algunos ejemplos, el panel 130 puede construirse de la misma manera que los paneles 104, 106 y 108 (por ejemplo, núcleo de nido de abeja de aluminio y láminas de superficie de aluminio, etc.). En algunos ejemplos, panel 130 no incluye ninguna adaptación específica para la eliminación de calor.

El módulo 132 incluye un motor 134 de panel solar principal, cuatro ruedas 136 de reacción, y un procesador 164 de control principal. Las ruedas de reacción permiten que el satélite 100 rote en el espacio sin usar propelente, mediante la conservación del momento angular. Cada rueda 136 de reacción, que incluye una masa centrífuga (no mostrada), es accionado por un motor 138 de accionamiento asociado (y electrónica de control). Tal como apreciarán las personas expertas en la técnica, solo se requieren tres ruedas 136 de reacción para rotar el satélite 100 en las direcciones x, y y z. La cuarta rueda de reacción sirve como rueda de repuesto. Dichas ruedas de reacción se usan típicamente para este propósito en satélites.

El procesador 164 de control principal procesa los comandos recibidos desde Tierra y realiza, de manera autónoma, muchas de las funciones del satélite 100, incluyendo, sin limitación, control de posición y orientación, control de propulsión y control de sistema de potencia.

El sistema 140 de paneles solares incluye paneles 142A y 142B solares y las barras 148A y 148B Y respectivas. Cada panel solar comprende múltiples células solares (no representadas; están dispuestas en el lado oculto de los paneles 142A y 142B solares) que convierten la luz solar en energía eléctrica de manera conocida. Cada uno de los paneles solares incluye un motor 144 y un cojinete 146 giratorio pasivo; una de las barras Y está conectada a cada panel solar en el motor 144 y el cojinete 146. Los motores 144 permiten que cada uno de los paneles solares gire al menos parcialmente alrededor el eje A-A. Esto facilita el despliegue del panel 142A solar desde su posición replegada paralela a y contra el panel 104 y el despliegue del panel 142B solar desde su posición replegada paralela a y contra el panel 106. Los motores 144 funcionan también para inclinar de manera apropiada los paneles 142A y 142B para una exposición solar óptima a través de la rotación indicada anteriormente alrededor del eje A-A.

El miembro 150 de cada barra 148A y 148B Y se extiende a través de la abertura 152 en los paneles 104 y 106 respectivos. En el interior del módulo 102 de carga útil unificado, los miembros 150 están conectados al motor 134 de panel solar principal, al que se ha hecho referencia anteriormente junto con el módulo 132 de componentes de bus. El motor de panel solar principal es capaz de girar al menos parcialmente cada miembro 150 alrededor de su eje, tal como se muestra. Esto tiene el propósito de orientar los paneles 142A y 142B solares para una exposición solar óptima. En algunas realizaciones, los miembros 150 pueden girarse de manera independiente entre sí; en algunas otras realizaciones, los miembros 150 giran conjuntamente. Se usa un miembro 154 de bloqueo y de liberación para acoplar y liberar el panel 142A solar al panel 104 lateral y el panel 142B solar al panel 106 lateral. El miembro de bloqueo y de liberación se acopla a la abertura 156 en los paneles 104 y 106 laterales.

El satélite 100 incluye también un panel 126, que encaja "debajo" (desde la perspectiva de las Figs. 1 y 2) del panel 108 del módulo 102 de carga útil unificado. El panel 108 es una lámina de material de grado aeroespacial (por ejemplo, aluminio 6061-T6, etc.). El módulo 128 de batería está dispuesto en la superficie orientada hacia el interior del panel 126. El módulo de batería suministra energía para diversos elementos consumidores de energía a bordo del satélite 100. El módulo 128 de batería se recarga con la electricidad generada por los paneles 142A y 142B solares; los paneles y el módulo 128 están acoplados eléctricamente para este propósito (la trayectoria eléctrica entre los paneles 142A/B solares y el módulo 128 de batería está representado en las Figs. 1 y 2).

El satélite 100 incluye además una antena 158 omnidireccional para telemetría y mando y control basados en Tierra.

Dispuestas en panel 108, hay dos antenas 160 de "puerta de enlace". Las antenas de puerta de enlace envían y reciben datos de usuario a y desde estaciones de puerta de enlace en la Tierra. Las estaciones de puerta de enlace están en comunicación con Internet. Las antenas 160 están acopladas al panel 108 mediante soportes 162 móviles, que permiten que las antenas sean movidas a lo largo de dos ejes para un posicionamiento óptimo con las antenas basadas en la Tierra. Típicamente, las antenas 160 transmiten y reciben en la banda Ka, que cubre frecuencias comprendidas en el intervalo de 26,5 a 40 GHz.

Los módulos 110 convertidores, que están dispuestos en la superficie orientada hacia el interior del panel 106, convierten entre las frecuencias de radio Ka y las frecuencias de radio Ku. Por ejemplo, los módulos 110 convertidores convierten las señales de enlace ascendente de banda Ka desde las antenas 160 de puerta de enlace en señales de banda Ku para el enlace descendente a través de las antenas 124. Los módulos 110 convertidores realizan también una conversión en la dirección inversa; es decir, de Ku a Ka.

Durante el funcionamiento del satélite 100, los datos fluyen como se indica a continuación para una solicitud de datos:

- (obtener datos): los datos solicitados se obtienen desde Internet en una estación de puerta de enlace;
- (enlace ascendente): una señal de datos se transmite (banda Ka) a través de grandes antenas basadas en Tierra a las antenas 160 de puerta de enlace del satélite;
- (carga útil): la señal de datos se amplifica, se enruta a los módulos 110 convertidores para su conversión a la banda de enlace descendente (Ku), y a continuación se amplifica de nuevo;
- la señal de carga útil se enruta a las antenas 124 de carga útil;
- (enlace descendente): las antenas 124 transmiten la señal convertida en frecuencia y amplificada al terminal del usuario.

Cuando un usuario transmite (en lugar de solicitar) datos, tal como un correo electrónico, la señal sigue la misma trayectoria, pero en dirección contraria.

Sistema Térmico Pasivo. La Fig. 3 representa el sistema 300 térmico pasivo, útil para entender la invención, que incluye un panel radiador sólido, tal como paneles 104, 106, 108 o 112, y uno o más tubos 370 de conducción de calor. Los tubos de conducción de calor están fijados al panel mediante un adhesivo de película epoxi, por ejemplo, u otro material de unión adecuado conocido por las personas expertas en la técnica. De manera alternativa, los tubos 370 de conducción de calor pueden atornillarse a los paneles mediante elementos de sujeción estándar junto con el material de junta térmica, que se comprime entre los tubos 370 de conducción de calor y el panel.

El panel radiador sólido está formado típicamente por un metal, tal como aluminio. En la realización ilustrativa, el sistema 300 térmico pasivo incluye tres tubos 370 de conducción de calor. El tubo de conducción de calor incluye un cuerpo 374 principal y bridas 376. El cuerpo 374 principal incluye un orificio 372. El orificio se extiende a lo largo de toda la longitud del cuerpo 374 principal y contiene fluido para el tubo de conducción de calor. Los tubos de conducción de calor están formados típicamente en aluminio,

Los tubos 370 de conducción de calor son tubos de conducción de calor convencionales. En el presente contexto, un "tubo de conducción de calor convencional" se define para su uso en esta divulgación y en las reivindicaciones adjuntas como un tubo de conducción de calor que no tiene características estructurales externas al cuerpo 374 principal, distintas de las

bridas 376 u otras disposiciones mediante los cuales el tubo de conducción de calor se fija a una superficie, o tapas que tapan los extremos del tubo de conducción de calor.

Dos consideraciones importantes en el diseño de estructuras de paredes delgadas, tales como satélites 100, son la estabilidad al pandeo y la rigidez del panel /la frecuencia de vibración de las paredes, en este contexto, los paneles radiadores.

Los paneles radiadores pueden estar sometidos a cargas de compresión y de cizallamiento normales. Bajo ciertas condiciones, estas cargas pueden causar que un panel se pandee. La carga de pandeo de un panel radiador sólido estándar depende de su espesor; en particular, cuanto más gruesa es la placa (para un material determinado), mayor será la carga de pandeo crítica.

La presencia de tubos 370 de conducción de calor en un panel radiador sólido, según la presente invención, proporciona una segunda variable que afecta a la carga de pandeo. A medida que se añaden más tubos de conducción de calor al panel radiador, naturalmente disminuye la separación, s , entre los tubos de conducción de calor. Para el sistema 300 térmico pasivo, la anchura sin soporte de los paneles radiadores sólidos (es decir, la separación de centro a centro, s , entre los tubos 370 de conducción de calor adyacentes) acciona el modo de pandeo y el valor propio asociado. Como consecuencia, la adición de tubos 370 de conducción de calor proporcionará una resistencia al pandeo adicional a un panel radiador sólido. Además, un aumento de la anchura, w , de la brida 376 proporcionará una cierta resistencia adicional al pandeo y aumentará la carga de pandeo crítica. Aunque se representan tres tubos de conducción de calor en la realización ilustrativa, pueden usarse más o menos tubos de conducción de calor según sea apropiado para el tamaño y el espesor del panel radiador y las cargas esperadas.

En el contexto de las fuerzas y las deflexiones experimentadas por los paneles radiadores del satélite 100, es la rigidez del panel, a diferencia de la resistencia al pandeo, la que será el factor de diseño de control. Con referencia continuada a la Fig. 3, considérese la tendencia del sistema 300 térmico pasivo a doblarse a lo largo de un eje que es normal a (pero que está en el mismo plano que) los tubos 370 de conducción de calor. Cuanto más rígidos sean los tubos de conducción de calor, mayor será la resistencia a la flexión exhibida por el sistema 300 térmico pasivo.

Según algunas realizaciones de las presentes enseñanzas, el sistema térmico pasivo incluye tubos de conducción de calor que incluyen una adaptación física para aumentar la rigidez de los tubos de conducción de calor y de los tubos de conducción de calor/panel radiador combinados más allá de cualquier beneficio proporcionado a dicho panel por tubos de conducción de calor no modificados, tales como los tubos 370 de conducción de calor.

La rigidez de los tubos de conducción de calor y, por lo tanto, del sistema 300 térmico pasivo, puede aumentarse haciendo que los tubos de conducción de calor sean más altos fuera del plano. Este principio se ilustra mediante las Figs. 9A a 9C.

La Fig. 9A representa una vista en perspectiva de una viga 990. La viga tiene las dimensiones indicadas, en las que la dimensión "b" es seis veces más grande que la dimensión "a"; es decir, $b = 6a$. La Fig. 9B representa una viga 990 orientada de manera que esté soportada en el punto medio de la superficie 992B principal. En esta orientación, la "altura" de la viga 990 es "a". La Fig. 9C representa una viga 990 orientada de manera que esté soportada en el punto medio del borde 992B. En esta orientación, la "altura" de la viga 990 es "b" o $6 \times a$.

Si se aplica una fuerza a la superficie 992A, tal como se representa en la Fig. 9B, la viga 990 se doblará de la manera mostrada mucho más fácilmente que si la misma cantidad de fuerza se aplicara a la superficie 994A, tal como se representa en la Fig. 9C. A partir de estas figuras, se apreciará que, con la altura definida tal como se muestra y la fuerza aplicada tal como se muestra, un aumento de la altura de la viga aumenta enormemente su rigidez a la flexión en la dirección indicada.

Un tubo de conducción de calor que está modificado con la intención explícita de aumentar su rigidez sin tener en cuenta ninguna consideración térmica relacionada con el tubo de conducción de calor se denomina en esta divulgación y en las reivindicaciones adjuntas "tubo de conducción de calor estructural". Un "tubo de conducción de calor estructural" se define para su uso en esta divulgación y en las reivindicaciones adjuntas como un tubo de conducción de calor que está modificado estructuralmente para aumentar sustancialmente el componente del "momento de inercia de área" a lo largo de un eje que es ortogonal al plano del panel radiador. En este contexto, "aumentar sustancialmente" significa aumentar en un 50% o más. Como es relevante a las realizaciones de la invención, aumentar el componente del "momento de inercia de área" a lo largo de un eje que es ortogonal al plano del panel radiador significa aumentar la altura del tubo de conducción de calor, en el que la "altura" se referencia con respecto al panel radiador al que está acoplado el tubo de conducción de calor estructural.

Las realizaciones de la presente invención no contemplan el uso de un tubo de conducción de calor que sea más grande de lo que se requiere para la carga térmica calculada. En otras palabras, las realizaciones de la invención no contemplan, y excluyen explícitamente, el uso de un tubo de conducción de calor sobredimensionado (en base a los requisitos térmicos) como una forma de aumentar el momento de inercia de área indicado anteriormente. Si se hiciera añadiría demasiada masa.

Por el contrario, según las presentes enseñanzas, el momento de inercia de área a lo largo de un eje que es ortogonal al plano del tubo de conducción de calor del panel radiador se aumenta mediante modificaciones estructurales que

típicamente no afectan a la capacidad de transporte de calor del tubo de conducción de calor (por ejemplo, sin aumento del diámetro del orificio, sin alteraciones estructurales que resulten en un aumento en la cantidad de fluido del tubo de conducción de calor, etc.) o que tendrían, en el mejor de los casos, un impacto mínimo sobre las capacidades de transferencia de calor del tubo de conducción de calor. En este contexto, "impacto mínimo" significa "menos del 5 por ciento".

Las Figs. 4 a 8 representan, mediante una vista desde un extremo, sistemas térmicos pasivos que comprenden tubos de conducción de calor estructurales; es decir, tubos de conducción de calor que están modificados estructuralmente para aumentar su rigidez y la del radiador fijado. Debe entenderse que las estructuras mostradas en las Figs. 4 a 8 se extienden "al interior de la página". En otras palabras, si estas Figuras se presentaran mediante vistas en perspectiva, tal como la Fig. 3, se vería que los tubos de conducción de calor estructurales se extienden longitudinalmente como los tubos de conducción de calor convencionales mostrados en la Fig. 3.

La Fig. 4 representa el sistema 400 térmico pasivo que comprende un panel radiador sólido, tal como los paneles 104, 106, 108, y 112 y tubos 470 de conducción de calor estructurales. Cada tubo 470 de conducción de calor estructural incluye una aleta 480 vertical recta que se extiende alejándose desde el panel radiador sólido y desde una posición proximal a la parte 478 superior del cuerpo 374 principal de tubo 470 de conducción de calor estructural. Tal como se usa en el presente documento, la frase "parte superior del cuerpo principal del tubo de conducción de calor estructural" significa la ubicación en la parte del tubo de conducción de calor que contiene el orificio 372 que está más lejos del panel radiador. Entonces, por ejemplo, si la Fig. 4 se invirtiera de manera que los tubos 470 de conducción de calor estuvieran orientados "hacia abajo", la "parte superior del cuerpo principal del tubo de conducción de calor estructural" es la misma ubicación en los tubos 470 de conducción de calor que en la Fig. 4.

Dicha aleta no está presente en un tubo de conducción de calor convencional. La aleta vertical aumenta la altura fuera del plano del tubo 470 de conducción de calor con relación al tubo 370 de conducción de calor no modificado. Este aumento de la altura fuera del plano aumenta el "momento de inercia de área" de los tubos 470 de conducción de calor y del conjunto de panel/tubo de conducción de calor (es decir, sistema 400 térmico pasivo). El aumento en el momento de inercia de área equivale a un aumento de la rigidez.

En la realización representada en la Fig. 4, la aleta 480 es ortogonal al panel radiador. En algunas otras realizaciones, la aleta 480 no es ortogonal al panel radiador. Este último caso podría darse, por ejemplo, en una situación en la que no hay suficiente espacio libre para una aleta orientada ortogonalmente.

En algunas realizaciones adicionales, un sistema térmico pasivo según las presentes enseñanzas tiene dos aletas verticales rectas (cada una similar a la aleta 480) que se extienden alejándose desde el panel radiador sólido y desde una posición proximal a la parte 478 superior del cuerpo 374 principal del tubo 470 de conducción de calor estructural. En realizaciones preferidas, ambas aletas son ortogonales al panel radiador. Sin embargo, si el espacio u otras restricciones dictan lo contrario, las aletas pueden orientarse de manera no ortogonal al panel radiador.

La Fig. 5 representa el sistema 500 térmico pasivo que comprende un panel radiador sólido, tal como los paneles 104, 106, 108 y 112 y tubos 570 de conducción de calor estructurales. Cada tubo 570 de conducción de calor estructural incluye una aleta 580 con forma de L. La aleta con forma de L aumenta la altura fuera del plano del tubo 570 de conducción de calor con relación al tubo 370 de conducción de calor no modificado, que, tal como se ha indicado anteriormente, aumenta el momento de inercia de área de los tubos 570 de conducción de calor y del conjunto de tubo de conducción de calor/panel (es decir, el sistema 500 térmico pasivo). La aleta con forma de L requiere menos espacio libre fuera del plano que una aleta que es recta y que tiene la misma cantidad de masa y el mismo espesor de aleta. La aleta con forma de L proporciona también más estabilidad lateral a los tubos 570 de conducción de calor, lo que podría requerirse en algunas realizaciones.

La Fig. 6 representa el sistema 600 térmico pasivo que comprende un panel radiador sólido, tal como los paneles 104, 106, 108, y 112 y tubos 670 de conducción de calor estructurales. Cada tubo 670 de conducción de calor estructural incluye una aleta 680 doble. La aleta doble aumenta la altura fuera del plano de los tubos 670 de conducción de calor con relación al tubo 370 de conducción de calor no modificado, y, por lo tanto, aumenta el momento de inercia de área de los tubos 670 de conducción de calor y del conjunto de tubo de conducción de calor/panel (es decir, el sistema 600 térmico pasivo). Al igual que la aleta 580 con forma de L, la aleta 680 doble mejora también la estabilidad lateral del tubo 670 de conducción de calor estructural, pero típicamente es preferible a la aleta 580 con forma de L debido a la falta de simetría de la aleta con forma de L.

La Fig. 7 representa el sistema 700 térmico pasivo que comprende un panel radiador sólido, tal como los paneles 104, 106, 108, y 112 y tubos 770 de conducción de calor estructurales, útil para entender la invención. Cada tubo 770 de conducción de calor estructural incluye una placa 780 horizontal, que proporciona una configuración de "viga en I" clásica. Aunque el tubo 770 de conducción de calor estructural no posee la altura fuera del plano, por ejemplo, de un tubo 470 de conducción de calor estructural, la configuración de viga en I mejora la rigidez con relación a un tubo de conducción de calor convencional que tiene el mismo tamaño.

La Fig. 8 representa un sistema 800 térmico pasivo que comprende un panel radiador sólido, tal como los paneles 104, 106, 108, y 112 y tubos 870 de conducción de calor estructurales. Cada tubo 870 de conducción de calor estructural incluye una aleta 880 vertical y una placa 882 horizontal, que proporcionan una configuración de viga en I "alta". La altura fuera de

plano adicional del tubo 870 de conducción de calor estructural lo hace más rígido que el tubo 770 de conducción de calor estructural y, por supuesto, más rígido que el tubo 370 de conducción de calor no modificado.

5 En los tubos 470, 570, 670, 770 y 870 de conducción de calor estructurales, el cuerpo principal del tubo de conducción de calor está modificado estructuralmente. En algunas otras realizaciones, en lugar de alterar el cuerpo principal del tubo de conducción de calor, una característica de aumento de altura está acoplada al cuerpo principal, por ejemplo, con elementos de sujeción o adhesivos apropiados.

10 En las realizaciones ilustrativas, los tubos 370 de conducción de calor y los tubos 470 a 870 de conducción de calor estructurales se representan como rectos y dispuestos paralelos entre sí en una superficie del panel radiador. En algunas otras realizaciones, los tubos 370 de conducción de calor y los tubos de conducción de calor estructurales según las presentes enseñanzas son:

(i) no rectos (son curvos, etc.); o

(ii) rectos, pero no paralelos entre sí en la superficie del panel radiador; o

(iii) no rectos ni paralelos entre sí en la superficie del radiador.

15 En base a la presente divulgación y sin desviarse de las presentes enseñanzas, las personas expertas en la técnica serán capaces de diseñar e implementar configuraciones adicionales de tubos de conducción de calor estructurales que tengan una mayor rigidez y sistemas térmicos pasivos que incorporen los mismos.

Debe entenderse que la divulgación describe unas pocas realizaciones y que las personas expertas en la técnica pueden idear fácilmente muchas variaciones de la invención después de la lectura de la presente divulgación y que el alcance de la presente invención debe determinarse por las siguientes reivindicaciones.

20

REIVINDICACIONES

1. Satélite (100) que tiene múltiples paneles radiadores sólidos, cada uno de los paneles radiadores es un revestimiento metálico sólido, para irradiar, a un entorno exterior, el calor generado por la electrónica contenida en el satélite, en el que el satélite (100) incluye un sistema (300) térmico pasivo, y en el que el sistema térmico pasivo comprende:
5 al menos uno de los paneles (104, 106, 108, 112) radiadores sólidos; y
múltiples tubos (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructurales dispuestos y que se extienden longitudinalmente sobre al menos un panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido,
10 en el que cada dicha pluralidad de tubos (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructurales tiene un cuerpo principal y una parte superior que se extiende alejándose desde el panel (104, 106, 108, 112) radiador,
caracterizado porque cada uno de dicha pluralidad de tubos (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructurales no tiene más de dos aletas, cada una de las cuales se extiende desde el panel (104, 106, 108, 112) radiador desde una posición proximal a la parte superior del cuerpo principal del tubo (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructural,
15 en el que cada una de dichas aletas es una modificación estructural para aumentar el componente del momento de inercia de área a lo largo de un eje que es ortogonal al plano del panel radiador sólido y
en el que no hay otros refuerzos estructurales dispuestos en la superficie del panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido.
2. Satélite según la reivindicación 1, en el que la modificación estructural comprende dos aletas (680) rectas que se extienden alejándose desde el panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido desde una posición proximal a la parte superior de un cuerpo principal del tubo (670) de calor estructural.
20
3. Satélite según la reivindicación 1, en el que la modificación estructural comprende una aleta (480, 580) recta.
4. Satélite según la reivindicación 1, en el que la modificación estructural comprende dos aletas (680), y en el que las dos aletas (680) forman colectivamente una forma de V, definiendo la forma de V un ángulo agudo.
5. Satélite según la reivindicación 1, en el que la modificación estructural comprende un miembro (580) con forma de L, teniendo el miembro (580) con forma de L una primera parte que se extiende alejándose desde el panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido y desde una posición proximal a la parte superior del cuerpo principal del tubo (570) de calor estructural.
25
6. Satélite según la reivindicación 5, en el que la primera parte del miembro (580) con forma de L está orientada ortogonalmente con respecto al panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido.
7. Satélite según la reivindicación 5, en el que una segunda parte del miembro (580) con forma de L está orientada en paralelo con respecto al panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido.
30
8. Satélite según la reivindicación 1, en el que la modificación estructural comprende un miembro (780) con forma de T que tiene una primera parte que se extiende alejándose desde el panel radiador sólido y desde una posición proximal a la parte superior del cuerpo principal del tubo de conducción de calor estructural.
9. Satélite según la reivindicación 8, en el que la primera parte del miembro (780) con forma de T está orientada ortogonalmente con respecto al panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido.
35
10. Satélite según la reivindicación 9, en el que una segunda parte del miembro (780) con forma de T está orientada en paralelo con respecto al panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido.
11. Satélite según la reivindicación 1, en el que hay dos tubos de conducción de calor estructurales dispuestos en la superficie del panel (104, 106, 108, 112) radiador, en el que los dos tubos (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructurales no son paralelos entre sí.
40
12. Satélite según la reivindicación 1, en el que un tubo (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructural no es recto.
13. Satélite según la reivindicación 3, en el que la una aleta (480, 580) recta se extiende desde la parte superior del cuerpo principal del tubo de conducción de calor estructural y se alinea con un punto medio entre un lado izquierdo y un lado derecho del mismo.
45
14. Satélite según la reivindicación 13, en el que la aleta (480) es ortogonal al panel (104, 106, 108, 112) radiador sólido.

15. Satélite según la reivindicación 5, en el que la primera parte se alinea con un punto medio entre un lado izquierdo y un lado derecho del cuerpo principal del tubo (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructural.

16. Satélite según la reivindicación 8, en el que la primera parte se alinea con un punto medio entre un lado izquierdo y un lado derecho del cuerpo principal del tubo (370, 470, 570, 670, 770, 870) de calor estructural.

FIG. 1

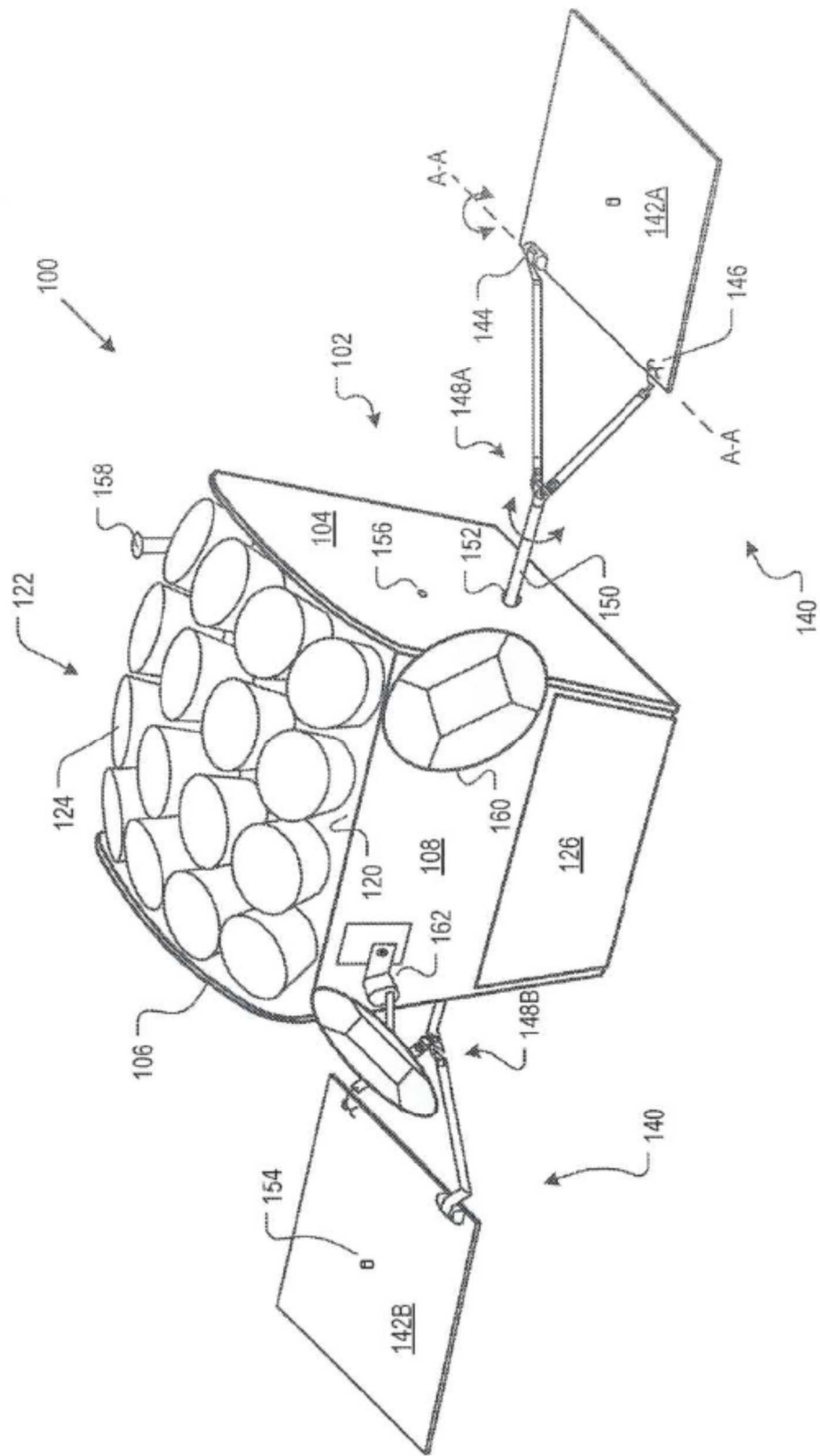


FIG. 2

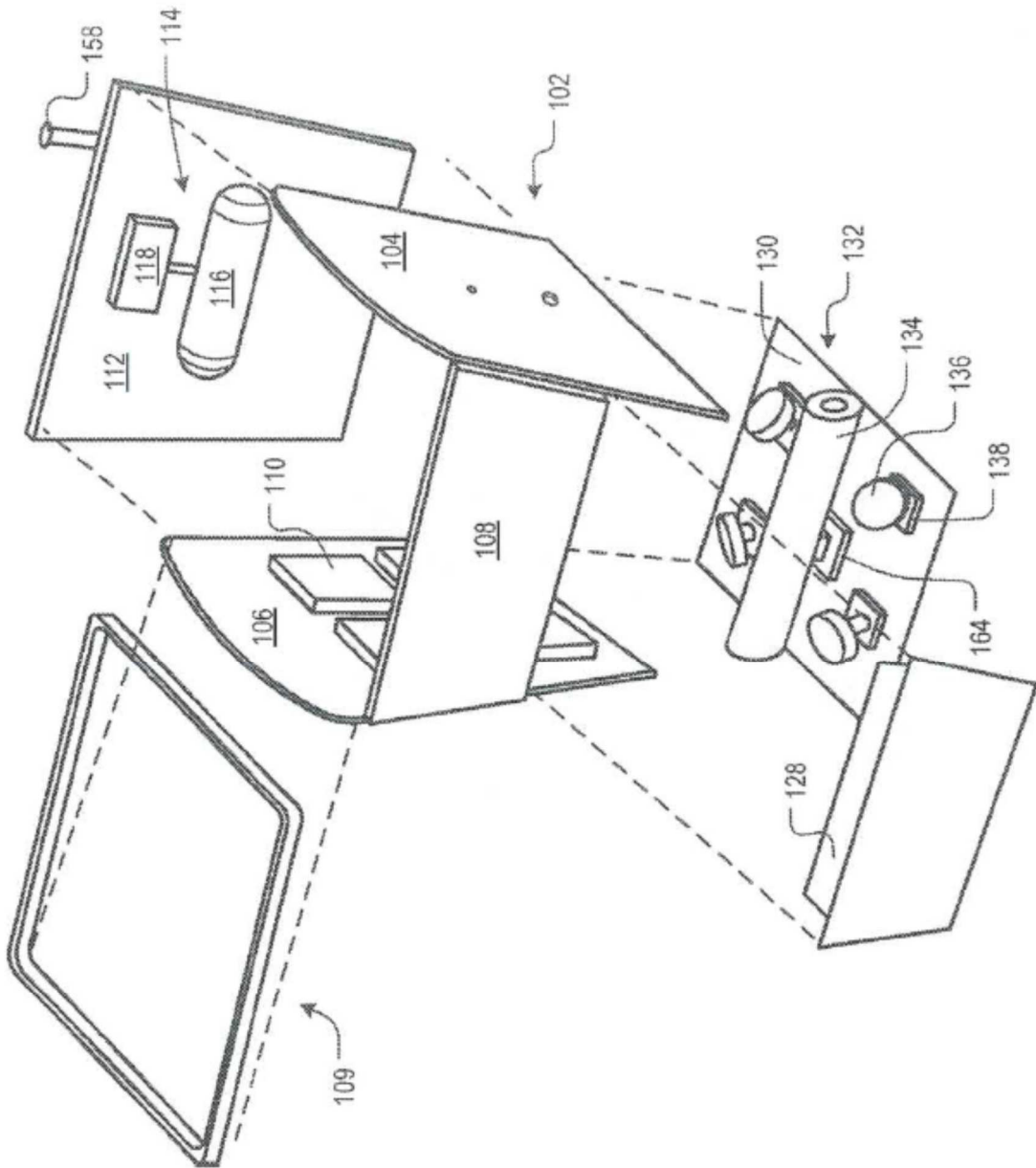


FIG. 3

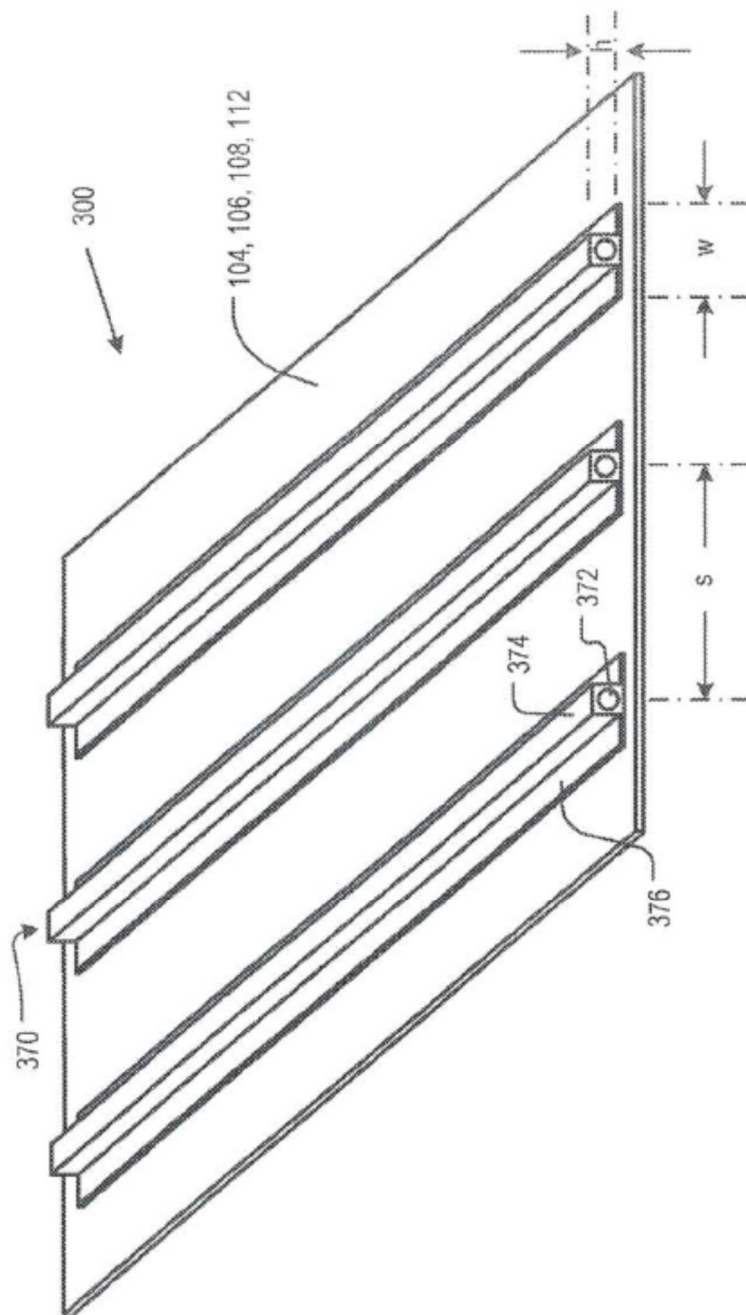


FIG. 4

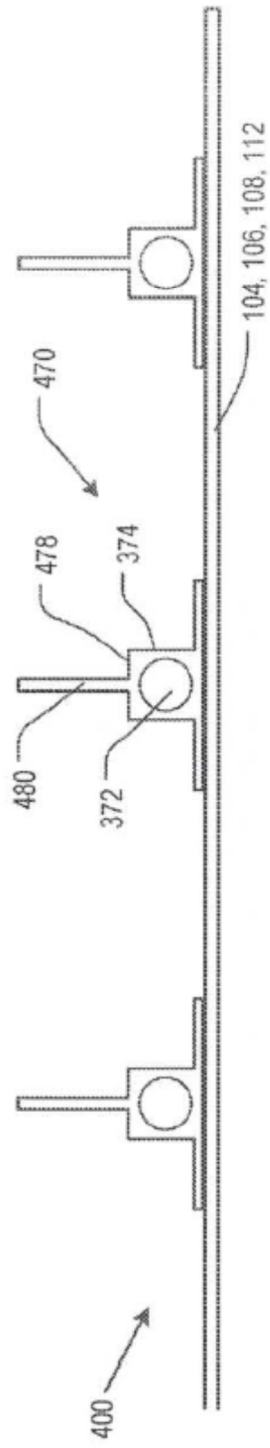


FIG. 5

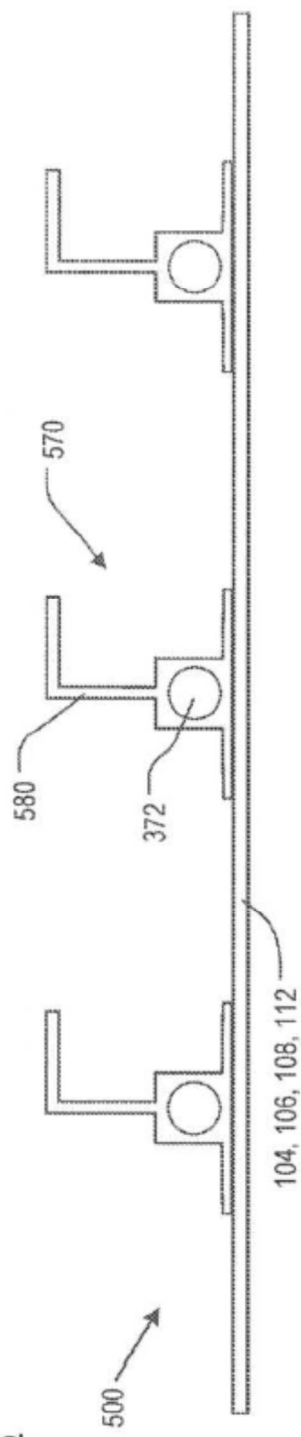


FIG. 6

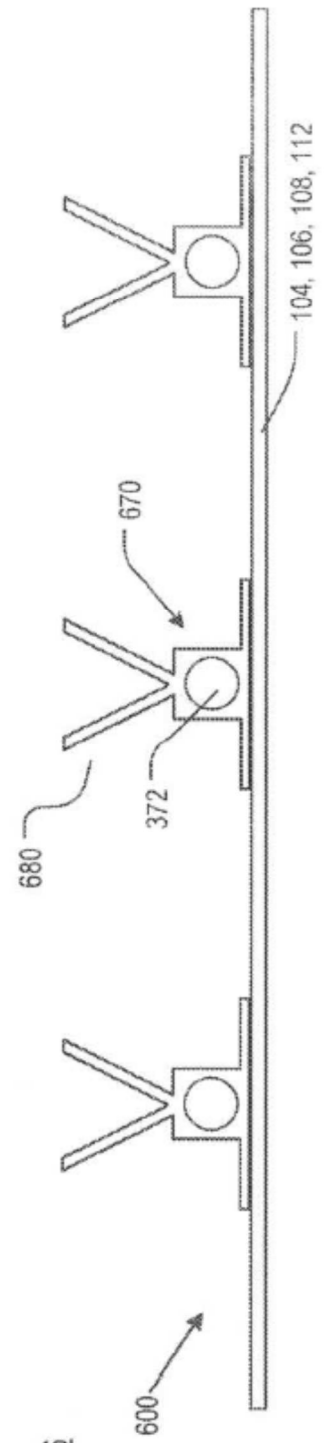


FIG. 7

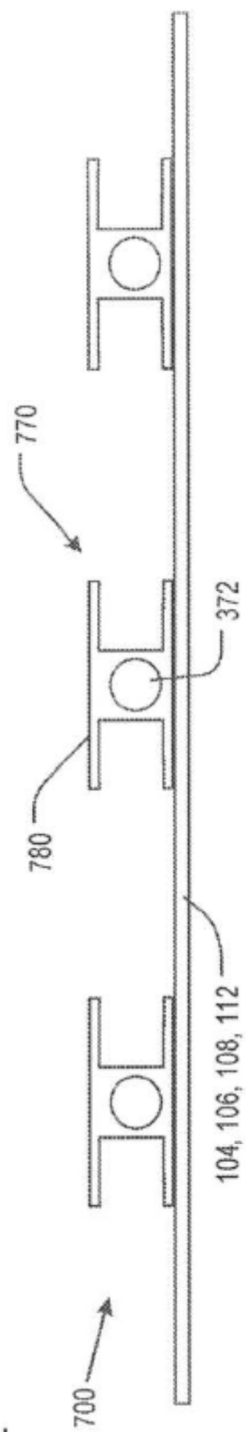


FIG. 8

