

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 062**

51 Int. Cl.:

A01G 9/14	(2006.01) F24S 80/525	(2008.01)
A01G 9/24	(2006.01) F24S 23/74	(2008.01)
F24S 80/50	(2008.01)	
H02S 40/22	(2014.01)	
E04D 13/072	(2006.01)	
E04F 13/00	(2006.01)	
F24S 30/425	(2008.01)	
F24S 23/70	(2008.01)	
H02S 40/44	(2014.01)	
A01G 9/22	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.01.2018 PCT/US2018/012692**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.08.2018 WO18140211**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2018 E 18744876 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2024 EP 3566010**

54 Título: **Estructuras de alojamiento de película delgada para recolectar energía solar, y sistemas y métodos asociados**

30 Prioridad:

25.01.2017 US 201762450524 P
12.04.2017 US 201762484817 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2024

73 Titular/es:

GLASSPOINT SOLAR, INC. (100.0%)
46421 Landing Parkway
Fremont, CA 94538, US

72 Inventor/es:

VON BEHRENS, PETER EMERY;
BURVILL, HAYDEN GRAHAM;
CHANDRA, MANISH;
OWLETT, THOMAS y
TREYNOR, CHIAKI

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 989 062 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

Estructuras de alojamiento de película delgada para recolectar energía solar, y sistemas y métodos asociados

5 **Campo técnico**

[0001] La presente tecnología se dirige generalmente a estructuras de alojamiento de película delgada para recolectar energía solar, p. ej., para convertir la energía solar en otras formas de energía, y/o usar la energía solar para aplicaciones agrícolas y sistemas y métodos asociados.

10

Antecedentes

[0002] Muchos de los entornos del mundo con abundante energía solar se encuentran en desiertos, donde las altas tasas de suciedad crean desafíos para recolectar la energía. Una solución para recolectar energía solar en estos entornos es encerrar el equipo de recolección solar dentro de un invernadero. El invernadero crea un ambiente libre de viento, protegiendo los equipos de recolección de energía solar, como espejos, células fotovoltaicas (PV, por sus siglas en inglés), tuberías y/o conductos y otros equipos. El invernadero también protege el equipo del polvo, la suciedad, la arena, la lluvia y la humedad.

15

20

Sin embargo, un invernadero tiene desventajas. Por ejemplo, generalmente se usa un espacio corto entre las estructuras de soporte para proporcionar suficiente resistencia estructural al viento. El espacio corto entre las estructuras de soporte se traduce en un mayor costo para construir el invernadero, debido al mayor número de soportes necesarios. Otra desventaja es que los invernaderos tienen estructuras de soporte con partes significativas ubicadas por encima de los concentradores solares y, como resultado, las estructuras de soporte dan sombra a los concentradores solares, lo que reduce la cantidad de radiación solar disponible para la conversión. En consecuencia, sigue existiendo la necesidad de estructuras que mejoren la rentabilidad con la que la energía solar se convierte en vapor (u otras formas de energía) y/o se usa para otros fines, p. ej., cultivar plantas.

25

La patente FR 2 856 886 describe una estructura que tiene un conjunto de cerchas paralelas (1), cada una de las cuales presenta una unidad arqueada (11) y una varilla (12) para rigidizar la unidad (11). Las varillas adyacentes se cruzan entre sí y forman una viga tirante (13) sobre la que descansa un travesaño (3). Cada armazón está soportado en sus extremos por postes verticales (5) constituidos por una parte macho y una parte hembra (52). Las partes macho y hembra se deslizan una sobre la otra para permitir ajustar la altura del poste.

30

35 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista de extremo parcialmente esquemática de una estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología.

40

La figura 2 es una vista de extremo parcialmente esquemática de una parte de la estructura de alojamiento de película delgada mostrado en la figura 1.

La figura 3 es una ilustración isométrica parcialmente esquemática de una parte de un proceso de configuración para una estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología.

45

Las figuras 4A-4B son vistas en planta parcialmente esquemáticas de dos películas delgadas configuradas según las realizaciones de la presente tecnología.

50

La figura 5 es una vista parcialmente esquemática de una película delgada con fibra configurada según las realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 6A-6I son vistas en planta parcialmente esquemáticas de partes de una película delgada configuradas según las realizaciones de la presente tecnología.

55

La figura 6J es una vista parcialmente esquemática de las partes mostradas en las figuras 6A-6I acopladas físicamente entre sí según las realizaciones de la presente tecnología.

La figura 7A es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para manejar películas delgadas según realizaciones representativas de la presente tecnología.

60

La figura 7B es una ilustración en planta parcialmente esquemática de una película delgada que se estira según algunas realizaciones de la presente tecnología.

La figura 7C es una ilustración parcialmente esquemática de una película delgada instalada en elementos de soporte superiores curvos según algunas realizaciones de la presente tecnología.

65

La figura 7D es una ilustración parcialmente esquemática de un dispositivo para procesar continuamente una película delgada según algunas realizaciones de la presente tecnología.

5 La figura 7E es un gráfico que ilustra la carga en función del tiempo para un proceso de bloqueo de película delgada según algunas realizaciones de la presente tecnología.

La figura 7F es un gráfico que ilustra la carga en función del tiempo para un proceso de desbloqueo de película delgada según algunas realizaciones de la presente tecnología.

10 [La figura 7G es un gráfico que ilustra la carga en función del tiempo para una película delgada ciclada térmicamente según las realizaciones de la presente tecnología.

15 La figura 7H es un gráfico que ilustra la tensión y la temperatura en función del tiempo para una película delgada ciclada térmicamente según algunas realizaciones de la presente tecnología.

La figura 7I es un gráfico de la tensión y la temperatura en función del tiempo que ilustra las características de fluencia de una película delgada según las realizaciones de la presente tecnología.

20 La figura 7J es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de una película delgada no acondicionada en comparación con una película delgada acondicionada según las realizaciones de la presente tecnología.

La figura 7K es una ilustración isométrica parcialmente esquemática de una estructura de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología.

25 La figura 7L es una vista lateral en alzado parcialmente esquemática de la estructura mostrada en la figura 7K.

Las figuras 8A-8D ilustran vistas de los componentes de las estructuras de alojamiento de película delgada mostradas en la figura 1, configuradas según las realizaciones de la presente tecnología.

30 La figura 8E es una vista frontal parcialmente esquemática de una guía de soporte configurada para unir láminas de película delgada según realizaciones representativas de la presente tecnología.

35 Las figuras 8F-8I son ilustraciones parcialmente esquemáticas de un proceso para conectar dos láminas de película delgada según las realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 9A-9D ilustran esquemáticamente detalles seleccionados de realizaciones de estructuras de alojamiento de película delgada con concentradores solares y receptores solares cerrados en los respectivos contextos de luz solar incidente: ángulo bajo (figuras 9A y 9C) y ángulo alto (figuras 9B y 9D).

40 Las figuras 10-17 son gráficos que ilustran los resultados de las simulaciones de un sistema configurado según las realizaciones de la presente tecnología.

45 La figura 18 es una vista frontal parcialmente esquemática de una estructura de invernadero configurada según la técnica anterior.

Las figuras 19A-19B son vistas de extremo parcialmente esquemáticas de una estructura de invernadero configurada según la técnica anterior yuxtapuestas con una vista de extremo parcialmente esquemática de una parte de una estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología.

50 La figura 20A es una ilustración de una estructura de invernadero configurada según la técnica anterior.

La figura 20B es una ilustración de una estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología.

55 La figura 21 es un gráfico de barras que ilustra las comparaciones de peso de una estructura de invernadero según la técnica anterior y una estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología.

60 Las figuras 22A y 22B ilustran técnicas representativas para ventilar un espacio cerrado de película delgada según las realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 23A-23C ilustran elementos de soporte curvos configurados según algunas realizaciones de la presente tecnología.

65

Las figuras 24A y 24B ilustran partes de un espacio cerrado que tienen paredes laterales y/o paredes extremas curvas según algunas realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 25A-25C ilustran elementos de soporte curvos y canalones configurados para soportar paneles de película delgada según algunas realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 26A y 26B ilustran una herramienta configurada para facilitar un proceso para conectar paneles de película delgada con los elementos de soporte correspondientes según algunas realizaciones de la presente tecnología.

Descripción detallada

La presente invención proporciona un sistema para recolectar energía solar y un método para ensamblar un espacio cerrado para recolectar energía solar, tal como se reivindica.

Introducción

La presente tecnología se dirige generalmente a estructuras o espacios cerrados de alojamiento de película delgada para recolectar energía solar, p. ej., para la conversión de energía, la agricultura y/u otros fines. La tecnología generalmente incluye una estructura de alojamiento con componentes configurados para soportar la película delgada. Los componentes pueden incluir armazones, sujetadores, tuberías y/o conductos, accesorios, barras estabilizadoras, postes, aros y/u otros elementos adecuados. La película delgada puede estar compuesta de varios polímeros adecuados y puede estar preacondicionada (p. ej., estirada) y/o soportada bajo tensión por los componentes estructurales asociados. En algunas realizaciones, la película delgada puede incluir fibra, alambre y/o cinta (p. ej., para mejorar la resistencia). En algunas realizaciones, la película delgada puede variar en grosor (p. ej., para ser más gruesa en lugares que experimentan más tensión) para mejorar la resistencia. Como se describe con más detalle a continuación, la estructura de alojamiento de película delgada permite la transmisión de energía solar a la estructura de alojamiento, donde uno o más concentradores y receptores solares convierten la energía solar en otra forma de energía (p. ej., vapor calentado u otro fluido de trabajo calentado, o energía eléctrica). En algunas realizaciones, el espacio cerrado se puede usar para otras aplicaciones, p. ej., en aplicaciones agrícolas, donde el espacio cerrado puede reemplazar un invernadero convencional de vidrio o polietileno.

Se espera que, al usar materiales de película delgada para transmitir energía solar al sistema de recolección solar dentro del espacio cerrado, el costo total de producción en una variedad de aplicaciones, incluida la producción de energía, la producción agrícola, el secado, la desalinización y/u otras, pueda reducirse significativamente, incluso si el costo inicial de la estructura en sí aumenta en comparación con las estructuras convencionales. En realizaciones particulares, la película delgada y la estructura de soporte están dispuestas sinérgicamente para proporcionar resistencia y rentabilidad.

Los detalles específicos de varias realizaciones de la tecnología divulgada se describen a continuación con referencia a un sistema configurado para recolectar energía solar. En realizaciones particulares, la radiación solar incidente se usa para calentar un fluido de trabajo, aunque, en otras realizaciones, la radiación puede incidir en las células solares (p. ej., células fotovoltaicas o fotovoltaicas) para su conversión directa en electricidad, o puede incidir en la vegetación en una aplicación agrícola. Además, aunque la siguiente descripción expone algunas realizaciones según diferentes aspectos de la tecnología actualmente descrita, algunas realizaciones de la tecnología pueden tener configuraciones y/o componentes diferentes a los descritos en esta sección. En consecuencia, la tecnología descrita en la presente memoria puede incluir realizaciones con elementos adicionales y/o sin varios de los elementos que se describen a continuación.

Estructura ilustrativa

La figura 1 es una vista de extremo parcialmente esquemática de un sistema 100 que incluye una estructura de alojamiento o espacio cerrado 135, que se usa para recolectar energía solar, según las realizaciones de la presente tecnología. Como se muestra en la figura 1, la estructura 135 de alojamiento puede incluir múltiples partes o segmentos 135a-135b y una película delgada en la parte superior 110, transportada por una estructura 111 de soporte subyacente. La estructura 111 de soporte subyacente puede incluir múltiples montantes 130 separados (p. ej., montantes con marco en A u otros montantes adecuados) colocados a lo largo de un eje que se extiende hacia el plano de la figura 1, y partes superiores curvas o elementos 112 de soporte. La estructura 111 de soporte subyacente puede soportar un receptor 120, que recibe la radiación solar 105 (p. ej., luz) que pasa a través de la película delgada 110 y es reflejada por un concentrador solar 115. Por ejemplo, la estructura 111 de soporte subyacente puede incluir varillas, cables flexibles, alambres y/u otros elementos de tensión (denominados colectivamente "elementos 125 de soporte") de los que se suspende el receptor 120. El receptor 120 puede, a su vez, transportar el concentrador solar 115 con elementos de tensión similares u otros elementos de soporte (no mostrados en la figura 1). En una disposición mostrada en la figura 1, el receptor 120 se extiende hacia el plano de la figura a lo largo de un eje receptor longitudinal, y las partes superiores curvas o los elementos de soporte se extienden por encima de forma transversal al eje receptor.

Como se muestra en la figura 1, la película delgada 110 protege los componentes dentro de la estructura 135 de alojamiento y transmite la radiación solar 105 desde el exterior de la estructura 135 de alojamiento al interior. La película delgada 110 puede estar compuesta de etileno tetrafluoroetileno (ETFE), etileno propileno fluorado (FEP), politetrafluoroetileno (PTFE), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), otro polímero adecuado y/o cualquier combinación adecuada de los mismos. Como ejemplo, la película delgada 110 puede estar compuesta de Mylar™ o Teflon™. En algunas realizaciones, la película delgada 110 puede estar compuesta de policarbonato. Al estar soportada (opcionalmente en un estado estirado) por la estructura 111 de soporte subyacente, la película delgada 110 tiene una forma convexa en el plano de la figura 1 para aumentar la cantidad de radiación solar 105 transmitida a la estructura 135 de alojamiento, como se describe adicionalmente más adelante con referencia a la figura 2, las figuras 6A-6I y las figuras 7A-7K. Como también se describirá más adelante, el ETFE puede ser particularmente adecuado para instalaciones en las que la película delgada 110 y la estructura 111 de soporte subyacente proporcionan sinérgicamente una alternativa robusta pero de bajo coste a las estructuras de vidrio y las estructuras formadas a partir de películas delgadas que tienen otras composiciones.

Continuando con la referencia a la figura 1, los concentradores solares 115 pueden incluir reflectores de enfoque lineal que reciben la radiación solar 105 y concentran la radiación solar 105 a lo largo de una línea focal. El receptor 120 se coloca a lo largo de la línea focal para recibir la radiación solar 105 concentrada. El concentrador solar 115 se gira opcionalmente alrededor de su línea focal para rastrear el movimiento diario y/o estacional del sol para aumentar la cantidad total de energía capturada y convertida. Otras realizaciones de concentradores solares (p. ej., concentradores de fuente puntual, concentradores Fresnel y otros) se describen en la patente n.º US-8.748.731. Un mecanismo 150 de seguimiento puede girar o mover de otro modo la posición de los concentradores solares 115, p. ej., para aumentar la cantidad de radiación solar 105 recibida en el receptor 120. El mecanismo 150 de seguimiento puede incluir un motor neumático, mecánico, hidráulico o eléctrico para hacer girar o mover de otro modo los concentradores solares 115, y puede incluir (o estar bajo la dirección de) un controlador 199 adecuadamente programado.

El receptor 120 funciona como un transductor de luz a calor. El receptor 120 absorbe la energía solar, la transforma en calor y transmite el calor a un medio de transporte térmico tal como agua, vapor, aceite o sal fundida. En consecuencia, el receptor 120 puede ser una tubería o conducto. Las disposiciones representativas para soportar el receptor 120 y el concentrador solar 115 se describen con más detalle en la patente n.º US-8.915.244.

La estructura 135 de alojamiento puede alojar células fotovoltaicas, además de o en lugar de los receptores 120, para generar electricidad a partir de la luz solar. En algunas realizaciones de la presente tecnología, las células fotovoltaicas concentradoras y la energía solar térmica concentrada se combinan en un único sistema que genera energía térmica y actúa como un disipador de calor para las células fotovoltaicas que funcionan de modo más eficiente cuando se enfrían.

Como se muestra en la figura 1, la estructura 135 de alojamiento incluye canalones 140. Los canalones 140 recogen agua y/o solución limpiadora y las dirigen a una ubicación centralizada o sistema de drenaje. La ubicación de los canalones 140 está relativamente cerca del suelo y, por lo general, no está en la trayectoria de la luz entre el sol y el concentrador solar 115. Esta ubicación reduce la sombra y aumenta la cantidad de luz recibida por los concentradores solares 115. Más detalles sobre los canalones y las sombras se discuten más adelante con referencia a la figura 18.

La estructura 135 de alojamiento puede tener otros componentes; por ejemplo, una unidad 134 de tratamiento de aire (AHU, por sus siglas en inglés). La AHU 134 puede funcionar para aumentar la presión del aire dentro de la estructura del alojamiento, lo que puede evitar o al menos restringir la entrada de polvo o residuos en la estructura 135 de alojamiento y mantener la presión y/o la tensión sobre la película delgada de modo que se mantenga un ángulo de incidencia entre el sol y la película delgada. En algunas realizaciones, la AHU 134 puede deshumidificar, humidificar, filtrar (p. ej., partículas y/o gases corrosivos u otros gases dañinos), calentar y/o enfriar el aire que entra en la estructura 135 de alojamiento. Un diseñador de la estructura 135 de alojamiento puede seleccionar la función de la AHU 134 basado en condiciones tales como la temperatura de funcionamiento del equipo en la estructura de alojamiento, la temperatura y/o humedad del aire dentro de la estructura de alojamiento y/o el entorno que rodea la estructura 135 de alojamiento, las limitaciones de temperatura o humedad del equipo en la estructura de alojamiento, el costo de usar la AHU 134, las regulaciones gubernamentales y/u otros parámetros adecuados.

Una ventaja de una estructura de alojamiento de película delgada en comparación con una estructura de alojamiento de vidrio es que una película delgada generalmente sella el aire mejor que el vidrio en una estructura de alojamiento. Por ejemplo, las estructuras convencionales normalmente usan sellos de goma, p. ej., entre paneles de vidrio, pero tales sellos pueden ser caros de instalar. Además, tales sellos pueden ser susceptibles a la entrada de arena, lo que aumenta los costes de mantenimiento. El sellado mejorado proporcionado por una película delgada puede reducir el uso de energía (p. ej., reducir la energía parásita) consumida por la AHU 134 y/o reducir los costos de mantenimiento. La integridad mejorada del sellado también puede tener beneficios particulares para las aplicaciones agrícolas de la presente tecnología, como se describe con más detalle más adelante.

En algunas realizaciones, la estructura 135 de alojamiento puede incluir sistemas de limpieza que se unen a la parte superior y/o lateral de la estructura 135 de alojamiento y que se pueden usar para limpiar la estructura de alojamiento rociando agua, rociando solución limpiadora o usando cepillos mecánicos. En otras realizaciones, se pueden usar otras técnicas de limpieza tales como vibraciones (p. ej., mediante ondas sónicas, ondas ultrasónicas y/u otras técnicas).

La estructura 135 de alojamiento puede incluir una entrada de receptor (p. ej., una sección de una tubería o conducto), una salida de receptor (p. ej., una sección de una tubería o conducto), conectores (p. ej., accesorios de tubería) y múltiples concentradores solares posicionados para calentar un fluido que fluye a través del receptor 120. Se describen más detalles con respecto a estos elementos en la patente n.º US-8.748.731.

La figura 1 también ilustra un plano 145 de referencia, definido por la región entre los montantes separados 130 y por debajo de las partes 112 superiores curvas. El plano 145 de referencia puede intersectar el concentrador solar 115 y puede usarse como guía para posicionar los canalones 140. Por ejemplo, como se muestra en la figura 1, los canalones 140 se colocan cerca (p. ej., a 1-50 centímetros) del plano 145 de referencia. Una ventaja de colocar los canalones 140 cerca del plano 145 de referencia es que puede reducir la sombra, tal como se describe con más detalle a continuación con referencia a la figura 18.

La figura 2 es una ilustración lateral parcialmente esquemática de los componentes dentro de una parte de la estructura 135 de alojamiento mostrada en la figura 1, p. ej., la película delgada 110, el concentrador solar 115 y el receptor 120. La línea 203 es tangencial a la película delgada 110. Una alta fracción de la radiación 105 solar incidente se transmite a través de la película delgada 110 porque la película delgada 110 tiene una forma curva (p. ej., parabólica, circular o convexa de otro modo) que ha mejorado la transmisión de la luz a lo largo del día (p. ej., a medida que el sol se mueve), en comparación con otras geometrías (p. ej., una superficie plana). Este resultado se puede lograr al curvar la película delgada 110 de modo que refleje, o aproximadamente refleje, la trayectoria que recorre el sol, lo que aumenta la fracción de la radiación solar 105 que se recibe en o cerca de un ángulo perpendicular y/o reduce la dispersión y/o los reflejos. En consecuencia, la película delgada 110 curva puede aumentar la eficiencia con la que se recoge la radiación solar, en comparación con los paneles de vidrio planos. Además, la película delgada 110 curva se puede estirar a lo largo de una distancia relativamente grande en forma curva para proporcionar espacio y una trayectoria de luz para acomodar grandes espejos parabólicos y permitir que los espejos tengan un amplio rango de movimiento y reciban una cantidad significativa de luz en todo el rango de movimiento.

La figura 3 es una ilustración isométrica parcialmente esquemática de una parte de un proceso de configuración para una estructura de alojamiento de película delgada configurada según algunas realizaciones de la presente tecnología. La figura 3 ilustra elementos estructurales que incluyen múltiples aros 310 (mostrados como aros 310a-310d), que se usan para soportar la película delgada 110. Los aros 310a-310d corresponden a las partes o elementos 112 superiores curvos mostrados en la figura 1. En algunas implementaciones, los aros 310a-310d pueden formarse a partir de materiales compuestos de aluminio o metal. Como se muestra en la figura 3, los aros 310a-310d están soportados por los montantes 130 de marco en A. En otras realizaciones, los aros 310a-310d pueden estar soportados por otros montantes, tales como postes rectos. Los montantes 130 con marco en A incluyen partes rectas 305a-305d que se pueden acoplar físicamente a los aros 310a-310d, como se muestra en la figura 3. Los aros pueden fabricarse por separado, estar compuestos del mismo material o de materiales diferentes, tener diferentes tamaños (p. ej., grosores) y/o pueden acoplarse físicamente entre sí (p. ej., soldados).

En general, los aros 310a-310d y los montantes 130 están diseñados para soportar velocidades del viento superiores a las esperadas en el lugar de instalación (p. ej., más de 60 millas por hora para un lugar desértico de Oriente Medio). Los montantes 130 y los aros 310a-310d se pueden fijar al suelo o a una base usando cualquiera de una variedad de técnicas adecuadas. Con los montantes 130 y los aros 310a-d en su lugar, la película delgada 110 se puede colocar sobre los aros y asegurarla a los aros mediante sujetadores. Los aros 310a-310d y/o los montantes también pueden soportar concentradores y/o receptores solares (p. ej., que cuelgan de los aros). Se puede colocar un único concentrador solar 115 (figura 1) por debajo del conjunto 310a-310d de aros mostrado en la figura 3. Proporcionar una correspondencia 1:1 entre el número de “picos” de la estructura y el número de receptores a continuación puede producir las ventajas que se describen más adelante con referencia a la figura 19B.

Películas delgadas representativas

Las figuras 4A-4B son vistas en planta de la primera y la segunda películas delgadas 110a, 110b configuradas según las realizaciones de la presente tecnología. Cada película delgada 110a, 110b tiene zonas particulares, como se describe a continuación.

La primera película delgada 110a mostrada en la figura 4A tiene múltiples primeras zonas 405a-405c, que tienen una mayor resistencia y/o resistencia al calor en relación con otras partes de la primera película delgada 110a. En realizaciones particulares, las primeras zonas 405a-405c pueden crearse mediante el tratamiento térmico local de la primera película delgada 110a, o trabajando en frío la primera película delgada 110a. Alternativamente, las primeras zonas 405a-405c se pueden crear aumentando el grosor de la primera película delgada 110a en lugares particulares

(p. ej., al doblar, fusionar, fundir, estratificar y/o añadir una o más capas de productos químicos y/u otros materiales). Las primeras zonas 405a-405c pueden posicionarse para unirse a regiones particulares de la estructura 135 de alojamiento mostrada en la figura 1. En algunas realizaciones, las primeras zonas 405a-405c se colocan en regiones de la estructura 135 de alojamiento con alta tensión (p. ej., cerca de esquinas, mecanismos de bloqueo, aros, etc.) para proporcionar resistencia y/o soporte adicionales. En algunas realizaciones, las primeras zonas 405a-405c se colocan en regiones expuestas a temperaturas o velocidades de calentamiento más altas (p. ej., cerca de un aro o accesorio de metal) para proporcionar una resistencia térmica adicional y/o para evitar el sobrecalentamiento. Aunque las primeras zonas 405a-405c se muestran en el centro de la película delgada 110b, las primeras zonas 405a-405c se pueden colocar en los bordes de la película delgada 110b en algunas realizaciones.

Pasando a la figura 4B, la segunda película delgada 110b tiene múltiples segundas zonas 410a-410c, que tienen una mayor resistencia y/o resistencia al calor, pero las zonas están dispuestas de modo diferente a las primeras zonas 405a-405c mostradas en la figura 4A. En general, las segundas zonas 410a-410c pueden disponerse de manera que aumenten la resistencia de la estructura del alojamiento y reduzcan o eliminen las fugas de aire fuera de la estructura. Por ejemplo, debido a que la estructura metálica subyacente (p. ej., que incluye múltiples aros 305a-305d, mostrados en la figura 3) es un conductor de calor relativamente bueno, las segundas zonas 410a-410c pueden colocarse en contacto directo con la estructura metálica para reducir (p. ej., evitar) la fusión o la deformación de la película delgada. Además, las segundas zonas 410a-410c proporcionan una mayor resistencia del material que permite que la película delgada abarque grandes distancias en comparación con una película delgada sin las segundas zonas. Una película delgada que se extiende a grandes distancias reduce la sombra porque hay menos componentes estructurales (p. ej., menos aros) para mantener la película en su posición. El uso de menos componentes estructurales también puede reducir los costos.

Para aumentar (p. ej., optimizar) la cantidad de radiación solar que entra en la estructura 135 de alojamiento mostrada en la figura 1, las películas delgadas 110 (mostradas como películas 110a, 110b) deben ser delgadas, p. ej., en comparación con los paneles de vidrio típicos. Por ejemplo, las películas delgadas 110 representativas pueden oscilar entre 50 micras y 250 micras de espesor y pueden tener una composición adecuada, tal como ETFE, FEP, PTFE, PE, PET, un polímero similar o cualquier combinación de los mismos. Reducir el grosor de las películas también puede reducir el costo.

Como se ha descrito anteriormente, en algunas realizaciones, la película delgada puede incluir diferentes partes que tienen diferentes materiales, diferentes resistencias y/o diferentes resistencias al calor. Una ventaja de estas disposiciones es que las películas pueden tener características adaptadas a las aplicaciones específicas a las que se aplican. En algunas aplicaciones, el costo (p. ej., el costo del material y/o el costo de instalación) puede superar el beneficio de tales características especializadas y, en consecuencia, la película delgada utilizada en tales aplicaciones puede tener propiedades de material uniformes, incluida la resistencia y/o la resistencia al calor.

La figura 5 es una vista parcialmente esquemática de una película delgada 110 que tiene fibras, filamentos, hebras u otros elementos 505 flexibles alargados. Las fibras 505 pueden estar compuestas de metal, vidrio, Kevlar™, fibra de carbono y/u otro material fibroso (p. ej., adecuado para un clima desértico). En algunas realizaciones, la fibra está compuesta de un material translúcido, semitranslúcido, transparente o semitransparente para permitir que la radiación solar pase a través de la fibra y entre en la estructura del alojamiento. En algunas realizaciones, el grosor de las fibras 505 puede ser relativamente pequeño (p. ej., de decenas de micras a unos pocos milímetros) para reducir la cantidad de sombra dentro de la estructura del alojamiento. En consecuencia, las fibras pueden ser más delgadas, más gruesas o tener el mismo grosor que la propia película delgada. En cualquiera de estas realizaciones, las fibras 505 pueden fortalecer la película delgada 110, lo que permite que la película delgada abarque una distancia mayor en comparación con una película delgada similar sin fibra.

Las fibras 505 pueden disponerse en diferentes configuraciones. Por ejemplo, las fibras se pueden incrustar en la película delgada en un patrón de diamante como se muestra en la figura 5, o se pueden disponer en otro patrón, tal como en líneas rectas colocadas a lo largo de la película delgada. En algunas realizaciones, las fibras 505 se colocan a lo largo de las costuras entre los paneles de película delgada vecinos para mejorar la resistencia de la película delgada en áreas de tensión relativamente alta. La determinación del patrón y la composición de las fibras incluidas en la película delgada puede basarse en reducir la dispersión de la radiación solar, aumentar la radiación solar transmitida a la estructura del alojamiento, aumentar la resistencia de la película delgada, reducir la sombra y/o reducir el costo.

Se pueden usar varios métodos para fabricar la película delgada 110 con las fibras 505. En algunas realizaciones, las fibras se pueden pegar a una primera película delgada y, a continuación, se puede pegar una segunda película delgada a las fibras y a la primera película delgada (p. ej., con las fibras “intercaladas” entre las capas de película delgada). En algunas realizaciones, las fibras pueden fundirse u hornearse en la película delgada. En algunas realizaciones, las fibras se pueden formar o unirse a la película delgada basadas en una reacción química. Otros métodos para unirse o integrar la fibra en la película delgada pueden incluir el uso de cinta o un material adhesivo. Y, en algunas realizaciones, el coste de las fibras puede superar el beneficio y, por esta y/u otras razones, la película delgada 110 se puede fabricar sin fibras.

Un método representativo para fabricar la película delgada 110 se muestra en parte en las figuras 6A-6J. El método incluye combinar las partes 605 de película delgada (p. ej., las primeras ocho partes 605a-605h) para formar una película delgada grande adecuada para su uso en una estructura de alojamiento. La película delgada más grande puede abarcar grandes distancias S (figura 6A) entre aros (p. ej., cuatro metros o más), lo que reduce la sombra y el costo del material al reducir el número de aros en la estructura del alojamiento. Cada parte 605a-605 h puede tener un tamaño diferente y/o uno o más bordes curvos. Por ejemplo, una segunda parte 605b es mayor que una tercera parte 605c. Además, la curvatura de la segunda parte 605b es mayor a lo largo de los bordes en comparación con la curvatura de la primera parte 605a. Una ventaja de fabricar la película delgada a partir de partes que tienen diferentes tamaños y diferentes curvaturas es que las partes se combinan para formar una forma tridimensional particular, tal como la forma mostrada en la figura 6J. Aunque las figuras 6A-6J muestran partes de película delgada con líneas de rejilla, estas líneas de cuadrícula son solo para fines ilustrativos y no implican ninguna característica estructural.

Las partes 605a-605 h se pueden acoplar físicamente entre sí de cualquiera de varias formas adecuadas. En algunas realizaciones, cada parte está cosida a su vecina. Además, o en lugar de la costura, cada una de las partes 605a-605 h se puede fundir o pegar a su vecina para fabricar un conjunto de película delgada grande. Además, las partes 605 se pueden unir o acoplar físicamente entre sí con un elemento de fijación y una guía de soporte, p. ej., como se describe más adelante con referencia a las figuras 8A-8I.

Como se muestra en la figura 6J, las partes 605a-605 h de película están físicamente acopladas entre sí de tal modo que la forma resultante es anticlástica. Una forma anticlástica es una forma con dos curvaturas diferentes en un punto dado (p. ej., un paraboloides hiperbólico o forma de silla de montar). Por ejemplo, la película delgada 110 mostrada en la figura 6J tiene una curvatura en la dirección longitudinal o axial L (de la estructura general) y una curvatura diferente en la dirección latitudinal o transversal T (de la estructura general). Como se utiliza en la presente memoria, el eje longitudinal L de la estructura general corresponde generalmente a los ejes longitudinales de los receptores y los concentradores en forma de artesa. El eje transversal T es transversal (p. ej., perpendicular) al eje longitudinal L. La forma anticlástica de la película delgada es el resultado de diferentes partes que tienen diferentes tamaños y/o bordes con diferentes curvaturas, producidas, p. ej., por las formas de los aros 310 asociados (figura 3).

[La forma anticlástica puede producir uno o más beneficios. Una ventaja es que la forma anticlástica aumenta la cantidad de radiación solar que puede transmitirse a través de la película delgada, p. ej., como resultado de la tensión en la película delgada que crea la forma anticlástica. Por ejemplo, la película delgada 110 puede sujetarse a los aros de soporte y colocarse bajo tensión para mantener la superficie relativamente lisa y curva de la película delgada 110. Otro beneficio de la forma anticlástica es que permite que la película se tense generalmente de modo uniforme (p. ej., con tensiones generalmente las mismas en todos los puntos de interés) y sea estable. Debido a que la película delgada puede tensarse de modo uniforme y ser estable, puede abarcar grandes distancias, lo que reduce la cantidad de estructura de soporte necesaria para sostenerla (p. ej., en comparación con el vidrio). En una realización particular, la película delgada puede tener una pretensión (p. ej., creada durante el proceso de fabricación de la película delgada) y/o una postensión (p. ej., creada durante el proceso de fijación de la película delgada a los componentes estructurales). Por ejemplo, la película puede estirarse previamente y después relajarse, antes de instalar la película, lo que, como se describe con referencia a las figuras 7A-7L más adelante, puede producir una película que es más fuerte que una película no acondicionada del mismo grosor. Se espera que el impacto del acondicionamiento en la transmisión de la radiación solar (que puede ser negativo) probablemente sea insignificante.

Técnicas de fabricación representativas

Las figuras 7A-7L ilustran procesos y dispositivos representativos para fabricar y procesar películas delgadas según las realizaciones de la presente tecnología, junto con productos resultantes representativos. La figura 7A ilustra un proceso 780 para preparar e instalar componentes de película delgada (p. ej., secciones o paneles) según las realizaciones de la presente tecnología. El bloque 781 incluye etapas de preparación, el bloque 785 incluye etapas de estiramiento (y/u otras etapas de preacondicionamiento) y el bloque 790 incluye etapas de instalación. El bloque 781 puede incluir cortar una sección de película delgada (p. ej., de un rollo más grande u otra fuente de película delgada), como se indica en el bloque 782. En el bloque 783, el proceso puede incluir tratar los bordes de la sección de película. Por ejemplo, el bloque 783 puede incluir reforzar los bordes (o solo ciertos bordes) para facilitar la unión de un panel de película delgada a otro. El bloque 784 incluye colocar la sección de película en un dispositivo tensor. Los bloques 782, 783 y 784 pueden realizarse en el orden secuencial mostrado en la figura 7A, en realizaciones particulares. Como se analizará más adelante, en otras realizaciones, al menos estos procesos se pueden realizar en otros órdenes. En otras realizaciones adicionales, se pueden eliminar ciertos procesos (p. ej., el bloque 783).

El proceso de estiramiento (bloque 785) incluye estirar la película (bloque 786), p. ej., desde un estado inicial a un estado posterior, mediante el dispositivo tensor. Por ejemplo, para una película de ETFE, la película puede estirarse entre el 105 % y el 250 % de su longitud inicial y, en una realización particular, entre el 110 % y el 130 % de su longitud inicial. La película se puede estirar en una dirección (uniaxial) o en múltiples direcciones (p. ej., biaxial). Por ejemplo, la película se puede estirar en dos direcciones perpendiculares. En el bloque 787, el estiramiento

proporcionado en la película está “fijo” o “bloqueado”. En consecuencia, el tramo, o al menos una fracción significativa del tramo, producido en el bloque 786 se conserva entonces en el bloque 787.

El proceso de bloqueo puede llevarse a cabo usando una o más de varias técnicas adecuadas. Por ejemplo, el bloque 788 incluye calentar la película delgada. En un ejemplo particular, una película delgada que tiene una composición de ETFE puede calentarse a una temperatura de aproximadamente 50 °C durante un período de aproximadamente 10 minutos, lo que se espera que bloquee adecuadamente el estado estirado de la película. En otras realizaciones, la película delgada se puede calentar a otras temperaturas adecuadas y/o durante otros períodos adecuados. Por ejemplo, la película se puede calentar a una temperatura de aproximadamente 40 °C a aproximadamente 80 °C durante un período correspondiente de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 2 minutos. En consecuencia, la cantidad de tiempo que la película pasa a una temperatura elevada para bloquear la película generalmente se correlaciona inversamente con la temperatura.

En otra realización, la película se puede bloquear sin calor, como se indica en el bloque 789. En cambio, la película puede mantenerse a temperatura ambiente o ambiente, y mantenerse bajo tensión durante un período de tiempo más largo (p. ej., un período de tiempo más largo que si se calentara). Por ejemplo, se espera que una película de ETFE a temperatura ambiente se bloquee después de permanecer bajo tensión durante un período de más de 30 minutos y, en una realización particular, aproximadamente 60 minutos. En al menos algunos escenarios de tránsito (p. ej., durante los cuales la película se transporta desde un sitio de fabricación a un sitio de instalación), la película se puede mantener a temperaturas muy por debajo de la temperatura a la que se desbloquea la película, para evitar desbloquear inadvertidamente la película. En algunos casos, además de o en lugar de mantener la película a una temperatura baja, la película se puede enrollar herméticamente para evitar que se desbloquee (p. ej., en los casos en los que la película se estira unidireccionalmente). En algunas realizaciones, la película se puede estirar en o cerca del sitio de instalación para evitar por completo el problema de que se desbloquee inadvertidamente durante el envío.

Una vez que la película se haya fijado o bloqueado, se puede liberar la tensión en la película. Se espera que la película se encoja en cierta medida después de que se libere la tensión. Sin embargo, se espera además que una parte significativa del tramo permanezca en la película durante un período de tiempo lo suficientemente largo como para instalar la película y después liberar o desbloquear la película, como se describe más adelante. Por ejemplo, si la película se estira al 115 % de su dimensión inicial, puede contraerse al 107 % -108 % de la dimensión inicial después de que se libere la tensión. Una película de ETFE representativa estirada al 110 % puede contraerse al 105 % y, si se estira inicialmente al 130 %, puede contraerse al 120 %.

La parte 790 de proceso ilustra un proceso de instalación representativo. En el bloque 791, la película bloqueada se instala sobre un soporte, mientras está en su estado bloqueado y estirado, pero después de haber sido liberada del dispositivo tensor descrito anteriormente. Por ejemplo, la película se puede unir a las partes curvas 112 descritas anteriormente con referencia a la figura 1. Una vez instalada la película, el proceso puede incluir además liberar o desbloquear el tramo (bloque 792). Por ejemplo, la película se puede calentar a una temperatura cercana a su temperatura de transición vítrea. Cuando se libera el bloqueo, la película vuelve a encogerse hasta su estado original. Como resultado de la fuerza de retención proporcionada a la película por los soportes, la película permanece bajo una cantidad significativa de tensión después de haber sido liberada y, en general, retiene al menos una parte del estiramiento que se le había introducido previamente.

En algunas realizaciones, la película puede liberarse o desbloquearse calentando activamente la película a una temperatura adecuada, por ejemplo, mediante un dispositivo de calentamiento eléctrico, tal como una pistola de calor alimentada con propano. En algunas realizaciones, la película puede simplemente dejarse expuesta al sol, p. ej., con o sin una manta térmica negra suprayacente, para elevar la película a una temperatura de desbloqueo adecuada, produciendo el nivel deseado de tensión en la película instalada. En general, la película delgada no se calienta deliberadamente después de bloquearse y antes de la instalación, para evitar que la película se desbloquee prematuramente de forma inadvertida. Por ejemplo, la película delgada se puede mantener a temperaturas inferiores a 30 °C (p. ej., de 20 °C a 25 °C) después del bloqueo y antes del desbloqueo.

Una característica de las técnicas anteriores es que pueden incluir “bloquear” una cantidad objetivo de estiramiento en la película antes de la instalación y, a continuación, liberar el bloqueo después de la instalación. Una ventaja de este enfoque es que no es necesario colocar la película bajo tensión mientras se instala. En su lugar, la película puede colocarse sobre la estructura de soporte y unirse a la estructura de soporte mientras está en el estado preestirado y, a continuación, desbloquearse para ejercer tensión sobre la película. Esto puede producir uno o más beneficios adicionales. Por ejemplo, se espera que este proceso de instalación sea más sencillo que si la película necesitara plantillas u otros elementos tensores cuando se coloca sobre la estructura de soporte. Además, cuando la película se desbloquea o se libera, la tensión proporcionada por la película puede interactuar sinérgicamente con la estructura para producir un producto más fuerte en general. Por ejemplo, el marco proporcionado por los soportes curvos 112 puede soportar la película delgada por encima del suelo y, mientras la película delgada está bajo tensión, puede resistir fuerzas externas tanto sobre la película como sobre los soportes curvos 112. En consecuencia, la estructura general puede tener una disposición monocasco, similar a la del fuselaje de un avión comercial.

La figura 7B ilustra un dispositivo representativo 740a para tensar la película 110. En esta realización, los extremos de la película 110 se fijan mediante uno o más elementos 741 de agarre. En consecuencia, la dimensión de la película 110 a lo largo de su eje longitudinal (correspondiente al eje transversal T del espacio cerrado) permanece fija durante el proceso de tensado. En otras realizaciones, la película 110 puede estirarse a lo largo del eje transversal T, además o en lugar de estirarse a lo largo de su eje transversal (correspondiente al eje longitudinal L del espacio cerrado), u otro eje o ejes. En una realización mostrada en la figura 7B, uno o más tensores 742 se unen a los lados opuestos de la película 110 y se accionan para estirar la película en la dirección longitudinal L. En algunas realizaciones, la cantidad de estiramiento proporcionada a la película 110 puede variar a lo largo de su longitud. En particular, la película 110 se puede estirar más hacia la parte media de su longitud que hacia los extremos. En consecuencia, y como se muestra en la figura 7C, cuando la película 110 se une a una estructura 111 de soporte correspondiente que tiene partes superiores curvas 112, los bordes extremos E (que son rectos) tendrán una longitud de arco más corta que la longitud de arco central M, que está arqueada. En esta realización (a diferencia de la realización descrita anteriormente con referencia a la figura 61), un único panel de película delgada sin juntas internas se extiende desde un borde extremo de cada parte curva 112 hasta el otro.

En algunas realizaciones, el único panel de película delgada puede extenderse desde un borde extremo E hasta el otro, con una longitud de estiramiento y arco uniforme a lo largo de la longitud en la dirección longitudinal L. Este enfoque puede simplificar el proceso de fabricación de la película 110.

La figura 7B, descrita anteriormente, ilustra un proceso por lotes para estirar una sección particular de la película 110. En algunas realizaciones, la presente tecnología puede incluir un proceso continuo o semicontinuo para realizar las mismas operaciones. Por ejemplo, la figura 7D ilustra un dispositivo 740b que tiene múltiples estaciones (etiquetadas de 1-5) para gestionar los procesos correspondientes realizados en la película 110. La película 110 puede tener inicialmente la forma de un rollo largo y continuo que se corta en secciones individuales como parte del proceso general. Una primera estación 1 representativa puede incluir un dispositivo 743 de tratamiento de bordes que aplica elementos 705 de fijación a la película 110 en o cerca del lugar en el que se cortará la película 110 para formar el extremo E mostrado en la figura 7C. En la segunda estación 2, el dispositivo 740b puede incluir elementos 741 de agarre que se acoplan a la película 110 para mantener los extremos en una orientación fija, mientras que los tensores 742 estiran la película 710 en su dirección transversal (eje longitudinal del espacio cerrado). La película se puede estirar uniformemente o de una manera que varíe a lo largo de la longitud de la película (como se muestra en la figura 7D), según la aplicación. En una realización particular, los elementos 741 de agarre y los tensores 742 pueden desplazarse con la película 110 durante el tiempo necesario para bloquear el estiramiento en la película 110. En algunas realizaciones, la película se puede estirar tanto en su dirección transversal como en su dirección longitudinal, por ejemplo, para proporcionar una tensión más uniforme en ambas direcciones. La tensión longitudinal se puede aplicar simultáneamente o no simultáneamente con la tensión transversal.

En la tercera estación 3, los elementos 741 de agarre y los tensores 742 se desprenden de la película 110. En la cuarta estación 4, un cortador 744 separa una sección individual de la película de la longitud total sin cortar de la película 110, y en la estación 5, la sección cortada de la película se retira y se prepara para su envío, almacenamiento y/o instalación.

En algunas realizaciones, los elementos 705 de fijación se pueden aplicar de otras maneras. Por ejemplo, los elementos de fijación se pueden aplicar después de cortar la película 110, en lugar de antes. En algunas realizaciones, los elementos 705 de fijación se pueden aplicar a lo largo de la dirección longitudinal de la película 110, además de, o en lugar de, aplicar los elementos 705 de fijación a lo largo de la dimensión transversal de la película 110.

Las figuras 7E-7J ilustran los resultados representativos obtenidos procesando muestras de película delgada (que pueden tener diferentes tamaños dependiendo de la figura), según las técnicas anteriores. Con fines ilustrativos, y debido a que las dimensiones de los elementos cargados varían, los niveles de carga se ilustran cualitativamente. La figura 7E es un gráfico de la carga en función del tiempo durante un proceso de bloqueo, indicado por la línea L1. En el tiempo T0, la película delgada no está bajo tensión y está a una temperatura elevada (p. ej., 50 °C). La película se coloca entonces bajo un alto nivel de tensión en el tiempo T1. Mientras está bajo tensión (durante el proceso de bloqueo), la película se estira, lo que reduce la fuerza de tracción sobre la película. En el tiempo T2, se permite que la temperatura de la película disminuya (p. ej., a 23 °C) para reducir la contracción una vez que se libera la tensión. Una vez que se libera la tensión, la carga se reduce a cero (no se muestra en la figura 7E), se libera la tensión en la película y la película se contrae en una cantidad relativamente pequeña desde ese punto en adelante.

La figura 7F es un gráfico que ilustra la carga en función del tiempo durante un proceso de desbloqueo, indicado por la línea L2. En el tiempo T3, el proceso de desbloqueo se inicia, por ejemplo, al calentar la película. Debido a que la película se ha fijado a una estructura, por ejemplo, la estructura mostrada en la figura 7C, la tensión sobre la película aumenta y finalmente se estabiliza. Es esta tensión en estado estacionario la que mantiene la película en la forma deseada y aumenta la resistencia general de la estructura de soporte a la que está unida la película.

Las figuras 7G y 7H son gráficos que ilustran los resultados de las pruebas de ciclos térmicos realizadas en películas procesadas, p. ej., películas que se han estirado a una temperatura elevada, se han bloqueado y, a continuación, se

han desbloqueado para ponerlas bajo tensión. La figura 7G ilustra la temperatura en función del tiempo (en miles de segundos), y la figura 7H ilustra la tensión correspondiente en la película. Como se muestra en las figuras 7G y 7H, cuando la película se eleva a una temperatura en un intervalo entre aproximadamente 75 °C y aproximadamente 95 °C, la carga sobre la película aumenta, lo que ilustra las propiedades de contracción térmica de la película. Cuando la temperatura disminuye, la película vuelve a los niveles de carga casi iniciales. En consecuencia, estos gráficos ilustran (a) que el aumento de la temperatura de la película hace que la tensión en la película aumente, pero hasta un nivel dentro de los límites aceptables, y (b) el efecto es generalmente reversible. En consecuencia, se espera que los ciclos térmicos a los que está expuesta la película durante el uso normal no creen un efecto adverso significativo en el rendimiento de la película.

La figura 7I ilustra la tensión de la película (eje izquierdo) y la temperatura (eje derecho) en función del tiempo (eje inferior) cuando la película permanece aproximadamente a temperatura ambiente. La línea L8 indica la temperatura de la película y la línea L9 indica la tensión de la película. El resultado indica que la película es estable y no está sujeta a deslizamiento durante un período de aproximadamente 16 horas.

Las secciones anteriores describen los perfiles de tiempo/temperatura y los procesos utilizados para “bloquear” y “desbloquear” la película estirada con fines de instalación. Se sabe para al menos algunos materiales (p. ej., ETFE, entre otros) que estirar la película también puede aumentar el módulo elástico de la película. En general, se espera que las técnicas anteriores para preestirar la película antes de la instalación también puedan aumentar el módulo elástico de la película. Por ejemplo, se espera que las cantidades representativas de estiramiento aplicadas a la película antes de la instalación (p. ej., al menos el 5 %) también sean suficientes para aumentar el módulo elástico de la película.

La figura 7J es un gráfico de tensión frente a deformación que ilustra este resultado para muestras representativas. Se probaron dos tipos de muestras: un conjunto de muestras estándar no acondicionadas y un conjunto de muestras preacondicionadas. Ambos conjuntos de muestras eran películas de ETFE de 100 micras de espesor disponibles en Asahi Glass Co. de Tokio, Japón. Las muestras estándar se colocaron en un medidor de tracción y se estiraron uniaxialmente hasta que fallaron. Las muestras preacondicionadas se sometieron a las siguientes etapas de preacondicionamiento antes del ensayo de tracción:

- Estiradas hasta el 112 % de la longitud inicial
- Bloqueadas mediante exposición a 50° C durante 15 minutos
- Enfriadas a temperatura ambiente y retiradas de la tensión, lo que resultó en un estiramiento final bloqueado del 108,5 % al 109 % después de 24 horas
- Colocadas en un medidor de tracción con un 1 % de holgura y expuestas a 50 °C hasta que el nivel de tensión se estabilice (una indicación de desbloqueo)

A continuación, las muestras preacondicionadas se estiraron uniaxialmente hasta fallar, de la misma manera que las muestras estándar.

Como se muestra en la figura 7J, las muestras estándar presentan dos pendientes distintas en la región elástica (deformación de la región cristalina y amorfa en diferentes puntos). Para las muestras preacondicionadas, la segunda pendiente desaparece entre la región elástica y plástica. Como resultado, las películas preacondicionadas se estirarán menos bajo una carga determinada (en la región plástica) que las películas estándar. En consecuencia, bajo la carga del viento, por ejemplo, la película preacondicionada tendrá menos probabilidades de estirarse y agitarse que la película estándar.

Una ventaja de usar una película delgada preacondicionada (p. ej., pretensada y, opcionalmente, bloqueada) para la estructura del alojamiento es que, al hacerlo, se puede reducir la probabilidad de dañar la película delgada debido al aleteo, que puede deberse a un estiramiento excesivo de la película delgada como resultado de grandes cargas de elevación o fluencia. Otra ventaja es que la película delgada preacondicionada puede reducir la tolerancia a la máxima deflexión de la película cerca de los concentradores solares y los aros, lo que puede reducir la envoltura del alojamiento de la película delgada. La envoltura del alojamiento de película delgada es generalmente el exterior de la estructura del alojamiento que está sujeta al viento, y es preferible reducir el tamaño de la envoltura para reducir la tensión resultante debida a las cargas del viento.

Una ventaja de la estructura de alojamiento de película delgada en comparación con una estructura de invernadero correspondiente es que la estructura de alojamiento de película delgada puede formarse a partir de secciones transparentes más grandes, lo que puede reducir la cantidad de estructura requerida para soportar las secciones. Por ejemplo, el espacio entre los aros 310a-310d (mostrados en la figura 3) es de aproximadamente 5-15 metros, mientras que el espacio entre las barras de techo correspondientes para una estructura de invernadero es significativamente menor que 5 metros (p. ej., 1,25 m) porque los paneles de vidrio suelen tener solo 1,25 m de ancho.

Un tramo más grande reduce el costo de los materiales necesarios para construir la estructura de alojamiento. Además, los refuerzos de fibra, alambre y/o cinta, el preacondicionamiento de la película delgada y/o la forma anticlástica de la película delgada permiten que la película delgada se extienda a largas distancias y mantenga su resistencia incluso en condiciones de viento fuerte.

Las figuras 7K y 7L son vistas isométricas y laterales parcialmente esquemáticas, respectivamente, de una estructura representativa 735 formada por paneles 110 de película delgada. Como se muestra en la figura 7K, la estructura incluye elementos 112 de soporte curvos que soportan los paneles 110 de película delgada. Los paneles 110 de película delgada se pueden estirar previamente y colocar bajo tensión después de la instalación, como se ha descrito anteriormente.

En al menos algunas realizaciones, los elementos 112 de soporte curvos individuales están sujetos a diferentes cargas y/o realizan diferentes funciones, dependiendo del lugar de la estructura donde se encuentren y, en consecuencia, pueden tener diferentes resistencias y/o formas. Por ejemplo, como se indica en la figura 7L, los elementos 112 de soporte curvos pueden ser de cuatro tipos diferentes y pueden proporcionar uno de los cuatro niveles diferentes de soporte, principalmente en la dirección normal N e indicada en la figura 7K. Por ejemplo, un primer elemento 112a de soporte curvo puede tener un nivel de resistencia relativamente bajo en la dirección normal N y puede usarse principalmente para unir paneles 110 de película delgada adyacentes y mantenerlos, en tensión, en la forma deseada. Los segundos elementos 112b de soporte pueden ser más rígidos en la dirección normal N y pueden soportar otros elementos además de los paneles de película delgada 110. Por ejemplo, los segundos elementos estructurales 112b pueden soportar el peso de un concentrador solar y el correspondiente receptor descritos anteriormente con referencia a la figura 1 (y/u otros elementos). En una realización particular, los primeros elementos curvos 112a se alternan con los segundos elementos curvos 112b para proporcionar un nivel de resistencia adecuadamente alto y un coste adecuadamente bajo.

Un tercer elemento 112c de soporte puede tener una rigidez mayor en la dirección normal N que el primer o el segundo elemento curvo 112a, 112b y, además de soportar otros elementos, puede evitar la progresión de un fallo más allá del área limitada delimitada por pares de terceros elementos 112c de soporte. Por ejemplo, si un panel 110 de película delgada falla y el fallo avanza más allá de un panel y más allá de uno o más segundos elementos curvos 112b, el tercer elemento curvo 112c puede evitar una mayor progresión del daño.

La estructura 735 puede incluir además cuartos elementos 112d de soporte curvos que tienen la función de contrarrestar la tensión acumulada a lo largo de la estructura 735 provocada por la tensión de cada panel de película delgada 110 individual. En una realización particular, cada extremo de la estructura 735 puede incluir dos cuartos elementos 112d de soporte curvos, y en otras realizaciones puede incluir otros números de cuartos elementos 112d de soporte curvos.

La separación entre los elementos curvos 112 adyacentes puede variar de una parte del espacio cerrado a otra. Por ejemplo, la separación puede ser menor en regiones de cargas más altas, p. ej., hacia los bordes, los extremos y/o las paredes de la estructura. Las características del material de las películas se pueden cambiar en esas regiones, además de o en lugar de cambiar la separación entre los elementos curvos. Por ejemplo, el grosor del material, la resistencia del material y/o la presencia de elementos de refuerzo (p. ej., filamentos o fibras) se pueden ajustar en regiones de alta carga.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, los elementos de soporte curvos en los extremos de la estructura 735 equilibran la tensión de los paneles 110 de película a lo largo de la estructura 735. En una realización particular, cada panel 110 tiene aproximadamente 2,5 metros de ancho y aproximadamente 12 metros de largo. En la realización ilustrada mostrada en la figura 7L, los primeros elementos 112a de soporte curvos se alternan con los segundos elementos 112b de soporte curvos y los terceros elementos 112c de soporte curvos se colocan cada 15 metros, con uno o más cuartos elementos 112d de soporte curvos colocados en los extremos de la estructura 735. En otras realizaciones, la estructura 735 puede incluir otras disposiciones adecuadas de elementos de soporte curvos que tienen niveles de resistencia variables en la dirección normal. Los detalles adicionales de las técnicas para lograr la variación de resistencia o rigidez se describen más adelante con referencia a las figuras 8F-8I. Los paneles de película delgada descritos anteriormente se pueden estirar para otros fines además de crear tensión cuando se instalan. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el ancho inicial de la película delgada se puede estirar en una cantidad que aumente el ancho "bloqueado" de los paneles de película delgada. Este enfoque permite unir inicialmente paneles de película de tamaño inferior a la estructura de soporte sin utilizar plantillas de estiramiento durante la instalación. Después de la instalación, la película delgada se puede desbloquear, como se ha descrito anteriormente. En una realización particular, la película delgada se estira un 6 % para aumentar su anchura, y un 3 % adicional para proporcionar tensión posterior a la instalación. Esto es significativamente mayor que la cantidad de estiramiento del 0,5 % que se usa normalmente en la industria.

Componentes representativos de la estructura del alojamiento

Las figuras 8A-8I ilustran vistas de los componentes de las estructuras de alojamiento de película delgada mostradas en la figura 1. En particular, la figura 8A ilustra un elemento 805 de fijación que puede usarse para soportar, sujetar y/o asegurar cualquiera de las partes 605 (p. ej., las partes 605a-605h) de la película delgada 110 descrita en las figuras 6A-6I. El elemento 805 de fijación puede incluir una barra de plástico, un cilindro de plástico, una barra de metal, un cilindro de metal u otro material y/o forma adecuados para soportar, sujetar y/o asegurar una parte individual 605 de la película delgada 110. En algunas implementaciones, la parte 605 se envuelve alrededor del elemento 805 de fijación y, en otras implementaciones, la parte 605 se pega con cinta adhesiva, se pega, se cose, se suelda y/o se funde al elemento 805 de fijación. En otras implementaciones, se utilizan dos elementos 805 de fijación para sujetar, fijar y/o soportar (p. ej., pellizcar) la parte 605.

El elemento 805 de fijación y la parte 605 de película se pueden acoplar físicamente a una guía 810 de soporte, como se muestra en la figura 8B. En algunas realizaciones, el elemento 805 de fijación y la parte 605 se deslizan dentro de la guía 810 de soporte. En algunas realizaciones, la guía 810 de soporte puede ser flexible y estar enrollada alrededor del elemento 805 de fijación, que está físicamente acoplado a la parte 605 de película.

La parte 605 de película se puede acoplar físicamente a la parte curva 112 (mostrada en la figura 1) de la estructura del alojamiento, como se muestra en la figura 8C. En particular, cuatro partes 605 de película delgada están unidas a las guías 810 de soporte en la figura 8C. Además, se pueden acoplar físicamente múltiples guías 810 de soporte a la parte curva 112, p. ej., para permitir la unión de múltiples partes de la película delgada en múltiples ubicaciones de la parte curva 112.

La figura 8D es una vista en sección transversal ampliada de una parte del conjunto mostrado en la figura 8C. La unidad incluye un elemento 815 de unión que puede usarse para acoplar físicamente la guía 810 de soporte (que, a su vez, está conectada a la parte 605 de película a través de la guía 810 de soporte y el elemento 805 de fijación) a la parte curva 112. El elemento 815 de unión puede incluir metal, Velcro™, plástico y/u otros materiales adecuados. En algunas implementaciones, el elemento 815 de unión es una abrazadera o sujetador configurado para unir la guía 810 de soporte a la parte curva 112. Aunque la figura 8D ilustra la guía 810 de soporte acoplada físicamente a la parte curva 112, los componentes pueden acoplarse físicamente a otras partes de la estructura del alojamiento, tales como los montantes 130 o los canalones 140 (figura 1). Además, en algunas implementaciones, el elemento 815 de unión puede tener otras configuraciones, p. ej., pernos, tornillos y/u otros sujetadores.

Las figuras 8E-8I ilustran disposiciones adicionales para unir y soportar películas delgadas 110 según realizaciones representativas de la presente tecnología. Haciendo referencia primero a la figura 8E, una guía 810a de soporte representativa incluye un canal receptor 880 y una abrazadera 881 que proporciona rigidez en la dirección normal N. Cuando está instalada, la guía 810a de soporte, que se ve desde su extremo en la figura 8E, se dobla en un arco convexo (como se muestra en la figura 7K), con una parte inferior 882 apuntando hacia dentro, hacia el centro del arco, y una parte superior 883 que apunta hacia fuera desde el centro. La parte superior 883 incluye un espacio o abertura 884 en el canal receptor 880, que recibe las películas delgadas correspondientes.

En algunas realizaciones, la guía de soporte (p. ej., la guía 810a de soporte mostrada en la figura 8E) funciona como la parte superior curva del elemento de soporte (p. ej., el elemento 112 de soporte descrito anteriormente con referencia a la figura 1), en lugar de estar unida a un elemento de soporte independiente. En consecuencia, además de conectar películas delgadas adyacentes, la guía de soporte o elemento 810a de soporte puede soportar o mantener las películas delgadas en su posición, con respecto a un canalón 140 (figura 1) u otro elemento de la estructura 111 de soporte general (figura 1). A continuación, se describen detalles adicionales con referencia a las figuras 23A-26B.

Las figuras 8F-8I ilustran una secuencia representativa para unir dos películas delgadas 110a, 110b con una guía 810b de soporte representativa. La guía 810b de soporte tiene una configuración que difiere de la mostrada en la figura 8E, pero la operación para ambas es generalmente la misma. Cada película delgada 110a, 110b puede incluir un elemento 805 de fijación, por ejemplo, una tira o listón que puede unirse a la película delgada 110a, 110b con un adhesivo u otra técnica de unión adecuada. Para una resistencia adicional, las películas delgadas 110a, 110b se pueden girar alrededor del elemento 805 de fijación, como indica la flecha R para envolver los extremos de las películas delgadas 110a, 110b alrededor de los elementos 805 de fijación correspondientes. Los elementos 805 de fijación, con películas delgadas adheridas, se insertan entonces, uno detrás del otro y por encima del otro, en el canal receptor 880, como se muestra en la figura 8G-8I.

Las guías de soporte/elementos de soporte mostrados en cualquiera de las figuras 8A-8I (y denominadas generalmente “guía 810 de soporte” o “elemento de soporte”), solos o en combinación con otros elementos, pueden formar los elementos de soporte curvos descritos anteriormente con referencia a la figura 7K. Como se ha descrito con referencia a la figura 7K, diferentes elementos de soporte curvos pueden tener diferentes resistencias. Una forma de lograr esta variabilidad es cambiar la forma de la guía 810 de soporte. Por ejemplo, una guía 810a de soporte ligera puede tener una abrazadera 881 relativamente pequeña. Una guía 810a de soporte más pesada puede tener una abrazadera 881 que se extienda más lejos del canal receptor 880, proporcionando profundidad adicional y, por lo tanto, resistencia en la dirección normal N. Además, los elementos de soporte pueden reforzarse

agrupándolos en una sola ubicación y/o reduciendo la separación entre los elementos de soporte curvos vecinos. Más detalles se describen más adelante en el contexto de las figuras 23A-26B.

Instalaciones representativas

Las figuras 9A-9D ilustran esquemáticamente detalles seleccionados de realizaciones de las estructuras de alojamiento que tienen diferentes disposiciones internas de concentradores solares. Las figuras 9A y 9B ilustran los concentradores dispuestos con una alta "relación de llenado", y las figuras 9C y 9D ilustran los concentradores solares dispuestos con una relación de llenado más baja. Las figuras 9A y 9C ilustran las estructuras de alojamiento durante la mañana o la tarde, cuando el sol está bajo en el cielo, y las figuras 9B y 9D ilustran las estructuras de alojamiento durante el mediodía, cuando el sol está alto en el cielo. Los concentradores se hacen girar bajo la guía de un controlador acoplado, p. ej., al mecanismo 150 de seguimiento mostrado en la figura 1, para rastrear el sol durante el transcurso del día.

Las estructuras de alojamiento tienen huellas 900 y 905, que generalmente son iguales. La huella es el espacio del suelo (p. ej., el área de superficie) que cubre la estructura. La relación de llenado es la relación entre el área del suelo cubierta por los concentradores solares y el área del suelo cubierta por la estructura del alojamiento (p. ej., el espacio ocupado). Por ejemplo, si los concentradores solares de una estructura de alojamiento cubren el 100 % del suelo, la relación de llenado es del 100 %. Si los concentradores solares cubren menos del 100 % del suelo de una estructura de alojamiento (p. ej., 65 %), entonces la relación de llenado es menor que el 100 % (p. ej., 65 %).

Los concentradores solares mostrados en las figuras 9A-9B cubren casi el 100 % del espacio del suelo en la estructura del alojamiento, ya sea que los concentradores solares apunten hacia arriba (figura 9B) o en un ángulo de inclinación inferior (figura 9A). Por el contrario, los concentradores solares mostrados en las figuras 9C-9D cubren menos del 100 % del suelo (p. ej., 65 %), ya sea que los concentradores solares apunten hacia arriba (figura 9D) o en un ángulo de inclinación inferior (figura 9C). En particular, los concentradores solares en las estructuras de alojamiento ilustradas en las figuras 9C-9D están separados, como muestran los espacios 910a-910b, lo que reduce la relación de llenado. Los espacios 910a-910b pueden ser de unas pocas pulgadas a unos pocos pies (o de unos pocos centímetros a unos pocos metros).

Simulaciones de rendimiento

Como visión general, las figuras 10-17 comparan los rendimientos de (a) una estructura de alojamiento de película delgada con una relación de llenado menor que el 80 % (p. ej., 65 %-75 %) con (b) una estructura de alojamiento de vidrio con una relación de llenado mayor que el 90 % (p. ej., 95 % o más). La estructura de alojamiento de película delgada tiene concentradores orientados a lo largo de los ejes norte-sur, y la estructura de alojamiento de vidrio tiene concentradores orientados a lo largo de los ejes este-oeste. Cada estructura de alojamiento se diseñó (p. ej., se optimizó) para tener en cuenta la orientación de su concentrador. Aunque la estructura del alojamiento de película delgada tiene una relación de llenado más baja que la estructura del alojamiento de vidrio, la estructura del alojamiento de película delgada produce solo un poco menos de energía en comparación con la estructura del alojamiento de vidrio (como se ve en los resultados de la simulación). Una razón por la que la estructura de alojamiento de película delgada puede producir solo un poco menos de energía con una relación de llenado más baja es porque los canalones de la estructura de alojamiento delgada están posicionados para reducir la sombra en comparación con los canalones de la estructura de alojamiento de vidrio. Otra razón por la que la estructura de alojamiento de película delgada puede producir solo un poco menos de energía con una relación de llenado más baja es porque la estructura de alojamiento delgada tiene menos estructura de soporte que se encuentra en el camino de la luz hacia los concentradores solares, mientras que el invernadero tiene más estructura de soporte en el camino de la luz hacia los concentradores solares, lo que da sombra a los concentradores solares. Otra razón más es que una relación de llenado más pequeña reduce la sombra de los concentradores solares por parte de otros concentradores solares durante la mañana y la tarde, en comparación con una relación de llenado alta, donde los concentradores solares pueden experimentar una mayor sombra.

El gráfico de la figura 10 ilustra los resultados de la simulación para un día de alta irradiancia normal directa (DNI, por sus siglas en inglés) con un clima típico, p. ej., un caluroso día de verano en Omán con una cobertura de nubes mínima. La simulación compara un flujo de vapor de salida para la estructura del alojamiento de película delgada (también denominada "película delgada") con la estructura del alojamiento de vidrio (también denominada "convencional"), donde los resultados de la película delgada se indican en líneas discontinuas y los resultados de la simulación convencional se indican en líneas punteadas. La reflexión hemisférica directa (DHR, por sus siglas en inglés) se representa con una línea continua. En el eje x está la hora del día, en el eje y de la izquierda está la energía (en vatios/m²) para la DHR, y en el eje y de la derecha está el caudal de salida del vapor producido (en kg/s). Para la estructura de película delgada, los concentradores solares comienzan a reflejar la luz solar sobre el receptor más temprano por la mañana que en la estructura convencional debido a la reducción de la sombra (debido a la posición de los canalones) y a la menor relación de llenado. Por ejemplo, desde aproximadamente las 8:30 a.m. hasta casi las 10:00 a.m., la estructura de película delgada produce un caudal de salida más alto en comparación con la estructura convencional.

Además, el gráfico de la figura 10 ilustra que la estructura de alojamiento de película delgada tiene un perfil máximo relativamente más plano y más bajo para el flujo de salida a lo largo del día, en comparación con la estructura de vidrio convencional, que tiene un pico más alto y experimenta más cambios a lo largo del día. Una ventaja de una configuración con una relación de llenado reducida es que la energía suministrada por los concentradores es más constante a lo largo del tiempo (p. ej., pico pequeño, perfil plano), en comparación con la energía suministrada por los concentradores colocados con una relación de llenado aumentada. Por lo general, es más fácil para el usuario final controlar y regular una fuente de energía generalmente consistente que una fuente que tiene gradientes más grandes y experimenta más cambios a lo largo del día.

Al igual que en la figura 10, la figura 11 ilustra los resultados de la simulación para un día con una DNI alta. A diferencia del DHR y el flujo de vapor de salida de la figura 10, el gráfico de la figura 11 ilustra los resultados de la simulación en términos de la DNI, mostrada en el eje y izquierdo, y la eficiencia del suelo, mostrada en el eje y derecho. La eficiencia del suelo es generalmente una relación de eficiencia que compara la radiación solar recibida en los concentradores solares de una estructura de alojamiento en comparación con un área de terreno equivalente a la huella de la estructura de alojamiento. Por ejemplo, una eficiencia del suelo de cero indica que no se recibe radiación solar en los concentradores solares de la estructura del alojamiento (p. ej., durante la noche) y una eficiencia del suelo de 1 (o una eficiencia del 100 %) indica que el 100 % del suelo de una estructura de alojamiento está cubierto por concentradores solares y todos los concentradores solares reciben radiación solar (p. ej., a las 12:00 p. m., con una tasa de llenado del 100 %).

En el lado izquierdo de la figura 11, el gráfico ilustra que la eficiencia del suelo es cero cuando no hay radiación solar (p. ej., durante la noche) y aumenta a medida que se recibe más radiación solar (p. ej., cuando el sol sale por la mañana). La eficiencia del suelo de la estructura de alojamiento de película delgada es diferente de la eficiencia del suelo de la estructura convencional, al menos porque la estructura de alojamiento de película delgada tiene una relación de llenado más baja y porque los canalones de la estructura de película delgada están en una posición más baja que los canalones de la estructura de alojamiento de vidrio. Por ejemplo, a las 12:00 p.m., la estructura de película delgada tiene menos sombra que la estructura convencional, al menos debido a la posición más baja de los canalones fuera de la trayectoria de la luz.

Se obtiene una comparación general de los resultados de la simulación de las dos estructuras de alojamiento comparando el área bajo las curvas (p. ej., obtenida por integración) de las estructuras de alojamiento convencionales y de película delgada. La comparación de áreas indica que la estructura de alojamiento de película delgada convierte menos radiación solar que la estructura de alojamiento de vidrio, pero la diferencia puede compensarse con los beneficios de reducir los costos de material, reducir los costos de infraestructura (p. ej., bombas pequeñas) y un rendimiento relativamente uniforme de la estructura de alojamiento de película delgada.

En contraste con los resultados de simulación de días con una DNI alta mostrados en las figuras 10 y 11, los gráficos de las figuras 12 y 13 ilustran los resultados de la simulación para un día promedio, p. ej., un día de verano promedio en Omán. Tendencias similares a las de las figuras 10 y 11 aparecen en las figuras 12 y 13. La figura 13 también incluye el primer y segundo puntos 1305 y 1310 de observación. El primer punto 1305 de observación muestra la máxima eficiencia de suelo para la estructura convencional y el segundo punto 1310 de observación muestra la máxima eficiencia de suelo para la estructura de película delgada. Aunque el primer punto 1305 de observación para la estructura convencional es más alto, el primer punto 1305 de observación puede ser demasiado alto para generar vapor de modo efectivo. Por ejemplo, la estructura convencional puede tener una eficiencia tan alta a las 12:00 p. m., que una planta de generación de vapor puede no tener el tamaño adecuado para gestionar la energía adicional recibida, y la energía adicional puede desperdiciarse (p. ej., no convertirse de fluido calentado en vapor). Por el contrario, la estructura de alojamiento de película delgada tiene un segundo punto de observación inferior 1310, lo que puede facilitar que el usuario final (p. ej., un generador de vapor) evite un máximo que sea demasiado alto. Además, la estructura de película delgada tiene un aumento más suave y gradual hasta el rendimiento máximo, lo que es beneficioso para el usuario final.

A diferencia de las figuras 12 y 13, que ilustran los resultados de un día promedio, los gráficos de las figuras 14 y 15 ilustran los resultados de la simulación para uno de los días de mayor DNI, p. ej., uno de los días más calurosos y despejados del verano en Omán con temperaturas superiores a 48 grados centígrados. Tendencias similares a las de las figuras 10 y 11 y las figuras 12 y 13 aparecen en las figuras 14 y 15.

Pasando de los resultados de la simulación diaria a los resultados de la simulación anual, las figuras 16 y 17 son gráficos que ilustran los resultados de la simulación durante un período de un año. Como se muestra en las figuras 16 y 17, el eje x está en días (p. ej., 365 días) y el eje y está en la producción total diaria de vapor en kilogramos (kg).

El gráfico de la figura 16 ilustra que la estructura de película delgada durante un ciclo de un año produce una cantidad de vapor similar a la de la estructura convencional. Además, aunque hay algunos días en los que la estructura convencional produce más vapor, la estructura de película delgada generalmente produce una cantidad similar de vapor durante todo el año.

Los resultados de la simulación mostrados en la figura 17 ilustran una relación de salida (es decir, salida de película delgada/salida convencional, donde la salida es en kg de vapor). El gráfico de la figura 17 ilustra que la relación de salida es generalmente cercana a 1, lo que indica que la estructura de película delgada tiene una producción de vapor similar a la de la estructura convencional, durante un ciclo de un año.

La figura 18 es una vista frontal parcialmente esquemática de una estructura 1800 de invernadero convencional configurada según la técnica anterior. La estructura de alojamiento de película delgada de la figura 1 tiene una o más ventajas en comparación con la estructura 1800 de invernadero mostrada en la figura 18. Por ejemplo, como muestran las flechas en negrita en la figura 18, los canalones 1840 están elevados en comparación con la ubicación de los canalones 140 en la figura 1. La posición elevada de los canalones 1840 aumenta la sombra en el concentrador solar 115 situado debajo. Esta sombra reduce la cantidad de energía solar que puede recolectar el sistema de recolección de energía solar. La estructura 1850 de soporte, como muestran las flechas negras en negrita que apuntan hacia arriba, es una estructura que sostiene las paredes de vidrio y/o el techo de la estructura del alojamiento del invernadero. Como se muestra en la figura 18, la estructura 1850 de soporte puede sombrear o bloquear la trayectoria de la luz desde el sol hasta el concentrador solar 115.

Las figuras 19A-19B son vistas de extremo parcialmente esquemáticas de una estructura de invernadero configurada según la técnica anterior yuxtapuesta a la estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología, que ilustran además el contraste en las disposiciones estructurales. Aunque una estructura representativa de alojamiento de película delgada puede tener una relación de llenado más baja que una estructura convencional, en general, el alojamiento de película delgada puede producir energía a un costo menor. El coste de la estructura en sí misma puede no ser inferior al coste de una estructura convencional, pero como resultado de la mejora de la eficiencia y las características operativas descritas anteriormente, se espera que el coste total de la producción de energía usando tal estructura disminuya.

[La figura 20A es una fotografía de una estructura de invernadero configurada según la técnica anterior y la figura 20B es una fotografía simulada de una estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología. Como se muestra en la figura 20A, los concentradores solares están posicionados en una disposición de este a oeste, donde los receptores solares se extienden en una dirección este-oeste, y los concentradores solares miran hacia el ecuador. Por el contrario, la figura 20B muestra los concentradores solares posicionados en una disposición de norte a sur en la que los concentradores solares miran hacia el este por la mañana y hacia el oeste por la tarde. Los concentradores solares mostrados en la figura 20B también tienen una relación de llenado menor que la relación de llenado de los concentradores solares mostrados en la figura 20A. La determinación de si colocar los concentradores solares en una disposición de norte a sur o de este a oeste depende, al menos en parte, de la cantidad de luz solar que se puede captar, que depende, al menos en parte, de la relación de llenado de los concentradores solares en la estructura del alojamiento. En general, se elige una disposición de norte a sur para relaciones de llenado más bajas, y se elige una disposición de este a oeste para relaciones de llenado altas.

La figura 21 es un gráfico de barras que ilustra las comparaciones de peso entre (a) una estructura de artesa (sin espacio cerrado) según la técnica anterior, (b) una estructura de invernadero según la técnica anterior y (c) una estructura de alojamiento de película delgada configurada según las realizaciones de la presente tecnología. Se pueden encontrar ejemplos de estructuras de artesa no cerradas en <http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/51762451EN6.pdf>. Se pueden encontrar ejemplos de estructuras de artesa cerradas en vidrio en un artículo de B. Bierman et al. "Performance of an Enclosed Trough EOR system in South Oman", disponible en <https://www.glasspoint.com/media/2013/11/GlassPoint-Performance-of-Enclosed-Trough-FINAL.pdf>. El gráfico de barras ilustra que los componentes del sistema solar con artesa abierta pesan más por unidad de área que los componentes de la combinación convencional de una estructura de invernadero y un sistema solar. Los componentes de la estructura de invernadero convencional, más el sistema solar, pesan más por unidad de área que los componentes de la estructura de película delgada más el sistema solar. En particular, el gráfico de barras ilustra que el la artesa abierta más el sistema solar tienen un peso específico total de 28 kg/m², el invernadero convencional más el sistema solar tienen un peso específico total de aproximadamente 19 kg/m², y la estructura de película delgada más el sistema solar tienen un peso específico total de aproximadamente 5,5 kg/m². La reducción significativa del peso del sistema en general (estructura más sistema solar) puede contribuir a la reducción general del costo de producción de energía.

Aplicaciones agrícolas

Varias realizaciones de la presente tecnología se describieron anteriormente en el contexto de espacios cerrados particularmente configurados para albergar un sistema de recolección solar para generar energía en forma de vapor u otro fluido de trabajo calentado, o electricidad (p. ej., a través de células fotovoltaicas). En otras realizaciones, las estructuras se pueden usar para otros fines. Por ejemplo, en realizaciones particulares, las estructuras se pueden usar para albergar cultivos u otras plantas, generalmente a la manera de un invernadero, pero con mayor eficiencia que los invernaderos con paneles de vidrio típicos. Varios atributos de las estructuras formadas usando las técnicas anteriores pueden tener beneficios particulares para las aplicaciones en invernaderos. Por ejemplo, se espera que la película delgada estirada sea más tolerante a los daños que los paneles de vidrio. En particular, se espera que la

película delgada resista los terremotos con mayor eficacia que los paneles de vidrio. También se espera que las películas delgadas resistan las tormentas de granizo con mayor eficacia que los paneles de vidrio, y es probable que se agujeren o se partan, en lugar de romperse, durante una tormenta de granizo. Además, se espera que los puntos o huecos localizados se relajen con el tiempo, haciendo que la película vuelva a la forma suave y anticlástica descrita anteriormente.

Un beneficio adicional de la estructura anterior para aplicaciones agrícolas es que la construcción de película delgada se puede usar para proporcionar un espacio cerrado hermético o casi hermético y, en particular, un espacio cerrado que es más hermético que uno hecho de paneles de vidrio. Esto puede ser particularmente ventajoso porque en las aplicaciones agrícolas, los productores normalmente desean aumentar la cantidad de dióxido de carbono dentro del espacio cerrado para fomentar el crecimiento de los cultivos. La capacidad de sellar (o sellar más eficazmente) la estructura aumenta la capacidad de aumentar la concentración de dióxido de carbono dentro del espacio cerrado (p. ej., con un suministro de CO₂ que complementa o ajusta los niveles de CO₂ en el espacio cerrado). En aplicaciones no agrícolas, la hermeticidad de la estructura puede reducir la cantidad de energía gastada (p. ej., mediante bombas) para presurizar el interior y evitar la entrada de polvo u otros contaminantes, y/o controlar de otro modo el ambiente interior (p. ej., la temperatura y/o la humedad).

No obstante lo anterior, a veces puede ser deseable abrir o ventilar el espacio cerrado cuando se usa para aplicaciones agrícolas (y potencialmente otras). Las figuras 22A y 22B ilustran realizaciones representativas que permiten la ventilación. Haciendo referencia primero a la figura 22A, la película delgada 110 puede incluir un marco 2280 posinstalado que se une a la película después de que la película se haya estirado e instalado de cualquiera de las maneras descritas anteriormente. Una vez que el marco está unido, la película se puede cortar como indica la línea 2281 de corte punteada para proporcionar una ventilación. En realizaciones particulares, una cubierta móvil está unida al marco para controlar el caudal de ventilación.

La figura 22B ilustra una realización en la que la estructura incluye dos elementos curvos 2212a, 2212b que se unen en un punto liberable cerca del pico de la estructura. Cuando está en la configuración mostrada en líneas continuas en la figura 22B, la estructura es hermética o casi hermética. Para ventilar el espacio cerrado, los elementos 2212a, 2212b estructurales curvos se pueden girar uno con respecto al otro (o se puede hacer girar uno con respecto al otro) para abrir un espacio G. La acción de giro se indica mediante la flecha C.

Componentes, espacios cerrados y técnicas de fabricación representativos

Las figuras 23A-26B ilustran espacios cerrados y estructuras y herramientas asociadas configuradas según algunas realizaciones de la presente tecnología. Las figuras 23A-23C ilustran partes o elementos de soporte curvos que tienen formas de sección transversal según realizaciones representativas. Estos elementos de soporte pueden formarse usando un proceso de extrusión y/u otro proceso adecuado, y pueden incluir otras características internas, no mostradas en las figuras por motivos de claridad. Haciendo referencia primero a la figura 23A, un primer 112a elemento de soporte curvo incluye un canal de recepción de película transversal 180 y una abrazadera 181 que funcionan de una manera generalmente similar a la descrita anteriormente con referencia a la figura 8E. Como se ha descrito anteriormente, el primer elemento 112a de soporte curvo se puede usar para unir dos paneles de película delgada y puede tener una configuración relativamente ligera porque no se puede usar para soportar otros elementos además de los paneles. Los primeros elementos 112a de soporte curvos se pueden unir a uno o más elementos estructurales subyacentes (p. ej., los canalones 140 mostrados en la figura 1).

La figura 23B ilustra un segundo 112b elemento de soporte curvo representativo que tiene un canal receptor 180 de película para recibir paneles de película delgada adyacentes, una abrazadera 181 para proporcionar soporte y un canal 186 de conexión para conectarse a otros elementos del sistema general. Como se muestra en la figura 23B, el corsé 181 puede ser más robusto que la abrazadera 181 mostrada en la figura 23A, lo que permite que el segundo elemento 112b de soporte curvo soporte otras estructuras. En particular, el canal 186 de conexión se puede usar para conectarse a los elementos 125 de soporte (figura 1) que soportan los correspondientes receptores 120 y concentradores 115 (figura 1). Los extremos de los elementos 112 de soporte curvos pueden cruzarse y unirse al canalón 140. Los elementos 112 de soporte curvos funcionan como sujetadores para conectar paneles de película delgada adyacentes con una junta que se extiende en una dirección transversal. Como se ha descrito anteriormente, el primer y segundo elementos 112a, 112b de soporte curvos pueden alternarse entre sí en una dirección longitudinal para soportar la película delgada y los componentes anteriores. En algunas realizaciones, la distancia entre un primer elemento de soporte curvo 112a dado y su segundo elemento de soporte curvo 112b vecino es de 2,5 m, y puede tener otros valores en otras aplicaciones.

La figura 23C ilustra un tercer elemento 112c de soporte curvo representativo que tiene múltiples canales 180 receptores de película, cada uno configurado para soportar una sección o panel de película delgada, y una abrazadera 181 que proporciona soporte a los canales 180 receptores de película y al canal 186 de conexión. El tercer elemento 112c de soporte también puede incluir un canal de inserción para facilitar el proceso de instalación de la película, como se describe más adelante con referencia a las figuras 26A-26B. El tercer elemento 112c de soporte curvo, más grande y robusto, puede estar separado a intervalos mayores que el primer y segundo elementos 112a, 112b de soporte curvos, por ejemplo, cada 15 metros.

La figura 24A es una ilustración parcialmente esquemática de una parte de un espacio cerrado 135 representativo configurado para soportar películas delgadas en su posición según algunas realizaciones de la presente tecnología. La estructura de soporte interna 111 incluye múltiples segundos elementos 112b de soporte curvos separados, entre los cuales se colocan los primeros elementos 112a de soporte curvos (no se muestran en la figura 24A). Los extremos de los elementos de soporte curvos (denominados generalmente elementos 112 de soporte curvos) pueden cruzarse y unirse al canalón 140. Los elementos 112 de soporte curvos funcionan como sujetadores para conectar paneles de película delgada regulados con una junta que se extiende en una dirección transversal. Al final del espacio cerrado 135, la estructura 111 de soporte incluye un cuarto elemento 112d de soporte curvo que, a su vez, incluye dos terceros elementos 112c de soporte curvos unidos mediante elementos 118 de cercha. Los elementos 112 de soporte curvos y el canalón 140 son transportados por montantes 130, incluidos los primeros montantes 130a colocados lejos de las paredes exteriores del espacio cerrado 135, y los segundos montantes 130b colocados cerca de las paredes exteriores. Los primeros montantes 130a pueden incluir dos elementos inclinados 116 colocados generalmente en una configuración de marco en A. Los segundos montantes 130b pueden incluir un elemento inclinado 116 emparejado con un elemento vertical 117 para ajustarse más estrechamente a la pared exterior.

En las paredes exteriores del espacio cerrado 135, la estructura 111 de soporte puede incluir elementos 113 de pared lateral curvos a lo largo de los lados del espacio cerrado 135, y elementos 114 de pared extrema curvos en los extremos del espacio cerrado 135. Los elementos 113, 114 de pared lateral y pared extrema curvos pueden soportar paneles adicionales de película delgada en una disposición curva y tensada para proporcionar beneficios similares a los descritos anteriormente con referencia a las películas delgadas superiores transportadas por el primero al cuarto elementos 112a-112d de soporte curvos. En algunas realizaciones, la composición del material, el grosor y/o el nivel de refuerzo de la película delgada en las paredes pueden ser diferentes a los de las partes superiores o del techo debido a las diferentes cargas.

La figura 24B es una vista lateral en alzado del espacio cerrado 135 que ilustra la región extrema del espacio cerrado 135. Como se muestra en la figura 24B, los elementos 114 de pared de extremo curvos pueden incluir un primer elemento 114a de pared de extremo curvo que se extiende aproximadamente hasta el canalón 140, así como un segundo y tercer elemento 114b, 114c de pared de extremo curvo que se extienden progresivamente más arriba dentro de la estructura 111 de soporte en una dirección que se extiende hacia el plano de la figura 24B. La película delgada 110 (p. ej., segmentos o paneles 110 de la película delgada) se coloca a través de los elementos de pared lateral curvos vecinos 113, los segundos elementos 112b de soporte curvos vecinos y los elementos 114a-114c de pared extrema curvos vecinos. La película delgada 110 colocada sobre los terceros elementos 114 de pared extrema curvos está ubicada debajo o dentro de los elementos 118 de cercha para definir una pared extrema curva del espacio cerrado 135 general.

La figura 25A ilustra una técnica representativa para soportar elementos de soporte curvos según algunas realizaciones de la presente tecnología. Con fines ilustrativos, la figura 25A ilustra una disposición para soportar terceros elementos 112c de soporte curvos, entendiendo que se pueden utilizar las mismas técnicas o, en general, técnicas más pequeñas para soportar otras partes o elementos superiores curvos. Los terceros elementos 112c de soporte curvos están soportados por un montante 130 que incluye dos elementos inclinados 116 acoplados operativamente a las partes 112c superiores curvas y al canalón 140 para soportar estos elementos en su posición. En un aspecto de la realización ilustrada, un soporte 142 se une entre los elementos inclinados 116 y los terceros elementos 112c de soporte correspondientes, p. ej., usando los canales 186 de conexión para soportar una disposición atornillada. Una placa 141 de soporte puede soportar el canalón 140 y puede fijarse al canalón 140 y a los terceros elementos 112c de soporte mediante pernos u otras disposiciones, como se describe con más detalle a continuación con referencia a la figura 25B.

La figura 25B es una ilustración parcialmente esquemática en sección transversal parcial del canalón 140 y uno asociado de los terceros elementos 112c de soporte curvos. El canalón 140 se puede formar a partir de una única extrusión que tiene una superficie 144 de flujo de agua orientada hacia arriba y una viga 145 de soporte inferior que proporciona estructura y rigidez a la superficie 144 de flujo de agua y, más generalmente, al canalón 140. El canalón 140 puede incluir además canales 146 de montaje y un canal de recepción de película longitudinal 162 que soportan el tercer elemento 112c de soporte curvo y la película delgada 110 asociada.

En una disposición particular, los canales 146 de montaje reciben los receptáculos 147a de perno superiores y un receptáculo 147b de perno inferior. Los receptáculos 147a de perno superiores se unen mediante un perno al tercer elemento 112c de soporte curvo, y los receptáculos 147b de perno inferiores se pueden usar para unirse a una estructura de montante u otras características. El canal 162 del borde longitudinal puede recibir una pieza angular 160 que soporta la película delgada 110, y puede unirse además al elemento 112c de soporte curvo mediante un perno 161.

La figura 25C es una ilustración isométrica parcialmente esquemática de una parte de la disposición mostrada en la figura 25B. El canalón 140 incluye la superficie 144 de flujo de agua y el canal 162 receptor de película longitudinal, que está orientado hacia arriba y hacia afuera. Dos piezas angulares 160 incluyen canales longitudinales 162a y

canales transversales 180a que se alinean con los correspondientes canales 162 de recepción de película longitudinales del canalón 140 y los canales 180 de recepción de película transversales del tercer elemento 112c de soporte curvo. En consecuencia, un operario puede colocar primero la película delgada (y, en particular, los elementos de fijación a lo largo de los bordes de la película delgada) en las esquinas 160, después montar las esquinas 160 en el canalón 140 y, a continuación, insertar la película delgada a lo largo de los canales 162 de recepción de película longitudinales y los canales 180 de recepción de película transversales. Más particularmente, el operario puede insertar un elemento de fijación longitudinal, transportado por la película delgada, en los canales longitudinales 162, 162a, e insertar el elemento de fijación transversal en los canales transversales 180, 180a. En algunas realizaciones, se usan dos piezas angulares 160 separadas en las uniones donde está instalado el tercer elemento 112c de soporte curvo, y se usa una simple pieza de esquina en “forma de T” (correspondiente a dos esquinas unidas del tipo mostrado en la figura 25C) cuando se instalan el primer y/o el segundo elemento 112a, 112b de soporte curvo. Una técnica representativa para llevar a cabo estos procesos de inserción se describe a continuación con referencia a las figuras 26A y 26B.

La figura 26A es una ilustración isométrica parcialmente esquemática de una herramienta 170 de inserción de bordes que incluye un mango 171, un insertador 172 y una guía 173. La figura 26B ilustra el insertador 172 tal como se usa para insertar una película delgada 110 en el canal 180 de recepción de película transversal de un tercer elemento de soporte curvo 112c representativo. Haciendo referencia a las figuras 26A y 26B juntas, la guía 173 de la herramienta 170 de inserción de bordes (figura 26A) se coloca en el canal 185 de inserción del tercer elemento 112c de soporte curvo. En esta orientación, el insertador 172 se coloca directamente sobre, y se extiende ligeramente hacia dentro, del canal 180 de recepción de película transversal para forzar la película delgada 110 y su elemento 805 de fijación asociado a entrar en el canal 180 de recepción de película. Para ello, el operador desliza la herramienta 170 de inserción de bordes a lo largo del tercer elemento 112c de soporte curvo, como indica la flecha D, mientras que el insertador 172 fuerza el borde de la película delgada 110 hacia el canal 180 de recepción de película.

Una ventaja de algunas realizaciones que incluyen herramientas tales como las descritas anteriormente es que las herramientas pueden simplificar el proceso de conexión de películas delgadas con una estructura subyacente para producir un espacio cerrado. En algunas realizaciones, el proceso anterior puede realizarse manualmente (aunque sigue reduciendo la fatiga del trabajador) y, en algunas realizaciones, el proceso anterior puede automatizarse o al menos automatizarse parcialmente. Por ejemplo, se pueden usar uno o más dispositivos robóticos para insertar la película delgada en los canales correspondientes. En al menos algunas realizaciones, los canales 186 de conexión descritos anteriormente con referencia a las figuras 23A a la figura 23C se pueden usar para facilitar el funcionamiento de tales dispositivos robóticos. Otra ventaja del uso de herramientas (ya sean manuales o robóticas) es que las herramientas pueden reducir el riesgo de daños (arañazos u otros daños) como resultado de la manipulación y la instalación.

Varias de las técnicas y estructuras descritas anteriormente pueden proporcionar beneficios significativos en comparación con las técnicas convencionales. Por ejemplo, en comparación con el vidrio, las realizaciones de la presente tecnología de película delgada pueden usarse para producir espacios cerrados que sean más resistentes a los terremotos, más resistentes a las tormentas de granizo, más livianos y/o más herméticos. En comparación con las películas de polietileno convencionales, las películas de ETFE pueden durar un período de tiempo significativamente más largo y, cuando se tratan según las técnicas de bloqueo y desbloqueo anteriores, pueden reducir la probabilidad de aleteo y/u otras deformaciones inducidas aerodinámicamente. Al contraer la película delgada sobre un marco estructural (p. ej., los elementos de soporte curvos), las realizaciones de la presente tecnología pueden contribuir sinérgicamente a la resistencia general de la estructura, en lugar de requerir una estructura adicional para el soporte. En consecuencia, aunque las películas de ETFE tratadas descritas anteriormente pueden tener un coste inicialmente mayor, con el transcurso del tiempo el coste de la estructura puede reducirse significativamente, p. ej., debido al uso reducido de componentes metálicos para la instalación y/o a la longevidad y/o tolerancia al daño de la película delgada. Además, se espera que la transmisibilidad de la película de ETFE sea significativamente mejor (p. ej., al menos un 5 % mejor) que la del vidrio o el polietileno. Al mismo tiempo, la durabilidad de la película de ETFE tratada puede ser cercana a la del vidrio.

Varias de las técnicas descritas anteriormente pueden producir ventajas adicionales. Por ejemplo, en algunas técnicas convencionales, los paneles de película delgada se sueldan entre sí en lugar de sujetarse con sujetadores mecánicos. Otras técnicas convencionales incluyen técnicas de sujeción (que pueden resultar en un estiramiento inconsistente de un panel de película delgada) y/o tornillos (que colocan orificios en los paneles de película delgada y pueden proporcionar fuentes de falla). Se espera que, en muchas aplicaciones, el uso de sujetadores mecánicos que tengan características según la tecnología actualmente descrita pueda ser menos costoso y/o más eficiente que una construcción soldada, y más sólido desde el punto de vista estructural que los sujetadores mecánicos existentes. Por ejemplo, envolviendo la película delgada alrededor del elemento de fijación (p. ej., como se ha descrito anteriormente con las figuras de referencia 8F-8I), se puede reducir o eliminar la probabilidad de una falla mayor causada por una soldadura o un orificio imperfectos. En cambio, la tensión se puede distribuir uniformemente a través de un sistema simple que esté menos sujeto a tales fallos puntuales.

Otra característica de al menos algunas de las disposiciones anteriores es que los paneles de película delgada no solo descansan sobre la estructura de soporte subyacente, sino que están asegurados a la estructura subyacente. Por ejemplo, los paneles de película delgada se pueden fijar a lo largo de toda la dimensión transversal, desde un canalón al canalón opuesto, en un arco continuo, y/o a lo largo de toda la dimensión longitudinal desde un elemento de soporte curvo al siguiente. En otras disposiciones, al menos la mayoría de las longitudes de las películas delgadas están aseguradas a la estructura de soporte subyacente. En cualquiera de estas disposiciones, el hecho de que las películas delgadas estén conectadas de forma más positiva o segura a la estructura subyacente puede reducir la tendencia de las películas a revolotear con vientos fuertes y/o sufrir fatiga, daños u otros efectos perjudiciales.

Otra característica más de algunas realizaciones es que los procesos para fabricar los componentes del espacio cerrado y montarlo pueden simplificarse aún más. Por ejemplo, las piezas de borde descritas anteriormente se pueden colocar en los paneles de película delgada antes de que los paneles se eleven por encima del suelo del espacio cerrado, lo que reduce la cantidad de trabajo a realizar a la altura elevada. Las películas pueden colocarse sobre los elementos de soporte curvos y unirse al suelo, apilarse como un acordeón y, a continuación, elevarse, extenderse y unirse a los montantes y/u otros elementos de la estructura de soporte. Esto también puede reducir la cantidad de trabajo de instalación que se realiza a alturas elevadas por encima del suelo.

Los tratamientos de los bordes pueden variar según la aplicación. En algunas realizaciones, un elemento de fijación (p. ej., una tira) se coloca a lo largo de los cuatro bordes y, en algunas realizaciones, solo a lo largo de dos bordes opuestos. Ya sea a lo largo de dos o cuatro bordes, los paneles se pueden enrollar (suelos o apretados) para facilitar el transporte de la película a la ubicación del espacio cerrado. Por ejemplo, las tiras pueden ser bastante delgadas (p. ej., de un milímetro de grosor o menos) y flexibles, para permitir la laminación. Dicho esto, las tiras aún pueden proporcionar la rigidez y el volumen que mejoran la capacidad de los sujetadores para retenerlas. En algunas realizaciones, las tiras se pueden formar a partir de materiales múltiples o mixtos. Por ejemplo, si la película se estira solo uniaxialmente, el material de la tira se puede seleccionar para que coincida con las características mecánicas de la película (p. ej., ETFE) en esa dirección, normalmente a lo largo del eje longitudinal del espacio cerrado (o en una dirección de un elemento de soporte curvo al siguiente). Las características mecánicas de la tira en la dirección perpendicular no serán tan significativas en tal caso y, por lo tanto, pueden aumentar las opciones de materiales adecuados y/o reducir los costos.

De lo anterior, se apreciará que se han descrito en la presente memoria realizaciones específicas de la tecnología descrita con el propósito de ilustración, pero que pueden realizarse varias modificaciones sin desviarse de la tecnología. Por ejemplo, las células fotovoltaicas se pueden colocar dentro de la estructura del alojamiento además de o en lugar de receptores de tipo conducto. Las realizaciones particulares de la presente tecnología se describieron anteriormente en el contexto de concentradores solares con espejos de concentración lineales. En otras realizaciones, los concentradores solares pueden incluir concentradores Fresnel lineales, torres concentradoras y/o concentradores de placas, entre otros. En al menos algunas realizaciones, las partes inferiores de la estructura pueden estar hechas de un material distinto de la película delgada. En un ejemplo particular, en el que la estructura se usa en un desierto u otro entorno arenoso y ventoso, las partes inferiores pueden estar hechas de un material más robusto que sea más resistente a la abrasión y/u otro impacto de partículas, lo que normalmente resulta en elevaciones de unos pocos pies del suelo.

En algunos casos particulares, una vez que la película delgada se “bloquea”, se elimina la tensión de la película delgada antes de enviarla a un sitio de instalación. En otras realizaciones, por ejemplo, en las que la película puede exponerse a temperaturas elevadas y/o largos períodos de tiempo mientras está bloqueada, la película delgada puede permanecer bajo tensión hasta que llegue al sitio de instalación. En otras realizaciones, el proceso de bloqueo y desbloqueo de la película delgada se puede realizar en el sitio de instalación. El proceso que se elija puede depender de varios factores, incluida la probabilidad de encontrar una temperatura suficiente para desbloquear prematuramente la película antes de la instalación, y/o la disponibilidad de un entorno de temperatura elevada en el sitio de instalación. Por ejemplo, si la película se envía y se usa en un clima frío o templado, la temperatura de bloqueo puede seleccionarse para que sea más baja que si se envía y usa en un clima de alta temperatura. En otras realizaciones adicionales, el bloqueo puede seleccionarse (o no seleccionarse) para un proceso de preacondicionamiento dependiendo de la cantidad de estiramiento que se aplique a la película, de la cantidad de elasticidad aceptable y/o de la temperatura durante el proceso de estiramiento. En algunas realizaciones, el bloqueo y el estiramiento se pueden realizar en una sola etapa.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la película delgada puede representar una estructura diseñada, a diferencia de simplemente un material cortado de un rollo. En consecuencia, la película puede cortarse a dimensiones precisas, proporcionarse materiales de borde, estirarse hasta dimensiones específicas en condiciones específicas (p. ej., temperatura y tiempo) e instalarse y calentarse para que se encoja, todo ello de una manera que permita un seguimiento adecuado de los cambios realizados en la película.

Las realizaciones particulares de estructuras de película delgada se discutieron anteriormente en el contexto de la recolección de energía solar para la conversión de energía (p. ej., en electricidad y/o vapor) y/o con fines agrícolas (que pueden considerarse como otra forma específica de conversión de energía). En otras realizaciones, la energía

solar recolectada se puede usar para otros fines, incluida la deshidratación y/o la desalinización. En otras realizaciones adicionales, las estructuras de película delgada que tengan una o una combinación de las características descritas anteriormente pueden usarse para aplicaciones distintas de la recolección de energía solar. Por ejemplo, tales estructuras se pueden usar para estadios y/u otras estructuras arquitectónicas grandes.

Varias de las realizaciones descritas anteriormente identifican perfiles representativos de temperatura y tiempo adecuados para bloquear y desbloquear películas de ETFE. Los perfiles (y/u otras variables del proceso) pueden diferir para otros materiales. La cantidad de estiramiento introducido en un material en un punto dado de su procesamiento puede depender de las etapas de procesamiento anteriores, incluyendo, por ejemplo, si la película retiene algún estiramiento de las etapas de proceso anteriores. Los siguientes ejemplos proporcionan realizaciones adicionales de la presente tecnología.

Un sistema representativo para recolectar energía solar incluye un espacio cerrado que tiene una región interior y que además tiene una estructura de soporte que incluye una pluralidad de partes curvas y una película delgada y flexible transportada por, y fija con respecto a, las partes curvas. La película delgada está colocada para transmitir la radiación solar a la región interior. El sistema incluye un receptor colocado en la región interior y que transporta un fluido de trabajo. Se puede colocar un concentrador solar en la región interior para dirigir la radiación solar al receptor para calentar el fluido de trabajo. Un controlador puede estar acoplado operativamente al concentrador solar y configurarse para ajustar una posición del concentrador solar basándose, al menos en parte, en la posición del sol.

[En otro ejemplo representativo, la pluralidad de partes curvas incluye una pluralidad de primeras partes curvas que tienen una primera rigidez y que conectan paneles de película delgada adyacentes, una pluralidad de segundas partes curvas que tienen una segunda rigidez mayor que la primera rigidez y que están intercaladas entre las primeras partes curvas y que conectan paneles de película delgada adyacentes. El receptor está suspendido de las segundas partes curvas. El sistema puede incluir además una pluralidad de terceras partes curvas que tienen una tercera rigidez mayor que la segunda rigidez y que conectan paneles de película delgada adyacentes. Los paneles de película delgada individuales pueden tener un borde longitudinal con un elemento de fijación longitudinal unido a lo largo del borde longitudinal, y un borde transversal con un elemento de fijación transversal unido a lo largo del borde transversal. Las partes curvas individuales pueden incluir al menos un canal de recepción de película transversal en el que se reciben los elementos de fijación transversales de los paneles de película delgada adyacentes, y el sistema puede incluir además un canalón unido a la pluralidad de partes curvas. El canalón puede tener un canal de recepción de película longitudinal en el que se reciben los elementos de fijación longitudinales de los paneles de película delgada adyacentes.

En otros ejemplos adicionales, una parte curva individual se alarga en una dirección transversal y tiene una longitud en la dirección transversal, con la película delgada fijada a la parte curva a lo largo de la totalidad de, o al menos la mayor parte de, la longitud. La película delgada tiene una forma anticlástica, con múltiples partes adyacentes conectadas mecánicamente entre sí con un sujetador. En instalaciones que incluyen un canalón que se extiende entre partes curvas, el canalón se puede colocar por debajo de al menos una parte del concentrador solar, p. ej., para reducir o evitar proteger el concentrador.

Un método representativo para ensamblar un espacio cerrado puede incluir erigir una estructura de soporte que incluya una pluralidad de partes curvas, fijar una película delgada y flexible con respecto a las partes curvas, con la película delgada colocada para transmitir la radiación solar a una región interior del espacio cerrado. El método incluye además colocar un receptor en la región interior y colocar un concentrador solar en la región interior para dirigir la radiación solar al receptor y calentar un fluido de trabajo en el receptor.

En otros ejemplos, el método puede incluir, antes de fijar la película delgada a las partes curvas, (a) tensar la película delgada para producir un estiramiento en la película delgada, y (b) liberar la tensión en la película delgada, conservando al menos una parte del estiramiento después de la liberación. El método puede incluir además, después de fijar la película delgada a las partes curvas, tratar la película delgada para aumentar la tensión en la película delgada. Por ejemplo, el tratamiento de la película delgada puede incluir calentar la película delgada. El calor también se puede utilizar en otros contextos. Por ejemplo, el método puede incluir calentar la película delgada después de estirar la película delgada y antes de liberar la tensión en la película delgada para preservar la parte del estiramiento. La parte conservada del tramo se puede conservar aún más controlando la temperatura de la película delgada para que esté por debajo de una temperatura umbral.

En otro ejemplo, la fijación de la película delgada puede incluir fijar la película delgada mientras la película delgada está floja entre al menos dos partes curvas, y el método puede incluir además volver a tensar al menos parcialmente la película delgada después de fijar la película delgada a las al menos dos partes curvas. Retensar al menos parcialmente puede incluir contraer la película en una dirección normal a al menos una de las dos partes curvas, p. ej., mediante la aplicación de calor.

Tal como se usa en la presente memoria, el término “aproximadamente” se refiere al valor específico, más o menos el 10 %, a menos que se especifique de otro modo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para recolectar energía solar, que comprende:
un espacio cerrado (135) que tiene una región interior, teniendo además el espacio cerrado (135):
una estructura (111) de soporte que incluye una pluralidad de partes curvas (112); y
una película flexible (110) transportada y fijada con respecto a las partes curvas (112), teniendo la película (110) una forma anticlástica entre las partes curvas (112) vecinas y colocada para transmitir la radiación solar a la región interior;
un receptor (120) colocado en la región interior, transportando el receptor (120) un fluido de trabajo y suspendido de las partes curvas (112);
un concentrador solar (115) colocado en la región interior para dirigir la radiación solar al receptor (120) para calentar el fluido de trabajo.
2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende, además
un controlador acoplado operativamente al concentrador solar (115) y configurado para ajustar una posición del concentrador solar (115) basado, al menos en parte, en la posición del sol.
3. El sistema de la reivindicación 1 o 2 en donde:
la pluralidad de partes curvas (112) incluye:
una pluralidad de primeras partes curvas (112) que tienen una primera rigidez y que conectan paneles de película adyacentes;
una pluralidad de segundas partes curvas (112) que tienen una segunda rigidez mayor que la primera rigidez, estando las segundas partes curvas (112) intercaladas entre las primeras partes curvas (112) y conectando paneles de película adyacentes, con el receptor (120) suspendido de las segundas partes curvas (112); y
opcionalmente, una pluralidad de terceras partes curvas (112) que tienen una tercera rigidez mayor que la segunda rigidez y que conectan paneles de película adyacentes;
y/o en donde:
los paneles de película individuales tienen un borde longitudinal con un elemento de fijación longitudinal unido a lo largo del borde longitudinal, y un borde transversal con un elemento de fijación transversal unido a lo largo del borde transversal; y
las partes curvas (112) individuales incluyen al menos un canal de recepción de película transversal (180) en el que se reciben los elementos de fijación transversales de los paneles de película adyacentes.
4. El sistema de la reivindicación 3, que comprende además una pieza (160) de esquina en la que se reciben un borde de un elemento de fijación longitudinal y un borde de un elemento de fijación transversal de un panel de película individual, estando la pieza (160) de esquina unida a un canalón (140) y a uno de los elementos curvos correspondientes.
5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde el receptor (120) está suspendido de las partes curvas (112); y/o
en donde el concentrador solar (115) está suspendido del receptor (120); y/o
en donde una parte curva individual se alarga en una dirección transversal y tiene una longitud en la dirección transversal, y en donde la película (110) está fijada a la parte curva a lo largo de la mayor parte o la totalidad de la longitud.
6. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde la película (110):
incluye una primera región que tiene una primera resistencia de película y una segunda región que tiene una segunda resistencia de película diferente de la primera resistencia de película; y/o

incluye una primera región que tiene una primera resistencia al calor y una segunda región que tiene una segunda resistencia al calor diferente de la primera resistencia al calor; y/o

5 incluye una fibra (505) de refuerzo, preferiblemente compuesta de un material transparente; o no incluye fibra (505) de refuerzo; y/o

incluye múltiples partes que se unen entre sí para formar la forma anticlástica, y en donde al menos dos de las partes tienen tamaños diferentes; o

10 está preacondicionada; y/o

está al menos parcialmente fluorada; y/o

15 incluye ETFE; y/o

está tensada entre múltiples partes curvas (112); y/o

20 tiene un grosor entre 50 y 250 μm .

7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la película (110) incluye múltiples partes adyacentes que están conectadas mecánicamente entre sí con un sujetador.

8. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde el receptor (120) se extiende a lo largo de un eje (120) de receptor, y en donde las partes adyacentes se colocan a lo largo del eje (120) de receptor, y en donde las juntas entre las partes adyacentes se extienden a lo largo de un eje de unión transversal al eje (120) de receptor y/o

30 en donde múltiples concentradores solares (115) están espaciados en una relación de llenado en un intervalo del 65 % al 75 %; y/o

en donde los concentradores solares (115) son espejos parabólicos.

9. El sistema de la reivindicación 7, que comprende, además:

35 un primer elemento de fijación alargado unido al borde de una primera parte adyacente; y

un segundo elemento de fijación alargado fijado al borde de la segunda parte adyacente, y en donde el primer y segundo elementos de fijación alargados se reciben en el canal receptor (880) alargado; y/o

40 en donde el elemento de fijación es alargado e incluye un canal receptor (880) alargado, y en donde los bordes de las partes adyacentes se reciben en el canal receptor (880) alargado; o en donde el sujetador incluye una abrazadera alargada y curva colocada adyacente al canal receptor (880) alargado para endurecer el canal receptor (880) alargado.

45 10. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un canalón (140) que se extiende entre las partes curvas (112), o

que comprende además un canalón (140) que se extiende entre las partes curvas (112) y:

50 el canalón (140) está unido a y soporta las partes curvas (112); y/o

el canalón (140) está colocado debajo de al menos una parte del concentrador solar (115), al menos una posición del concentrador solar (115); y/o

55 al menos una parte del concentrador solar (115) se coloca por encima del canalón (140) cuando el concentrador solar (115) está en al menos una de las múltiples posiciones dirigidas por un controlador; y/o

60 el canalón (140) está unido a la pluralidad de partes curvas (112) y tiene un canal de recepción longitudinal (162) en donde se reciben los elementos de fijación longitudinales de los paneles de película adyacentes.

11. El sistema de cualquier reivindicación anterior:

65 en donde una parte curva individual (112) incluye un canal receptor (880) alargado, y en donde un borde de la película (110) se recibe en el canal receptor (880) alargado; y/o

en donde las partes curvas (112) vecinas están separadas por lo menos 2,5 metros; y/o

en donde la estructura (111) de soporte incluye una pluralidad de partes (130) de montante, con partes (130) de montante individuales que soportan las correspondientes partes (112) curvas individuales, y en donde un plano de referencia se define mediante intersecciones entre las partes (130) de montante y las partes curvas (112), y en donde el concentrador solar (115) está posicionado para intersectar el plano de referencia, al menos una posición del concentrador solar (115); y/o

en donde al menos una de las partes (130) de montante tiene una configuración de marco en A.

12. Un método para ensamblar un espacio cerrado (135) para recolectar energía solar, que comprende:

erigir una estructura (111) de soporte que incluye una pluralidad de partes curvas (112);

fixar una película flexible (110) con respecto a las partes curvas (112), colocándose la película (110) para transmitir la radiación solar a una región interior del espacio cerrado (135),

la película (110) forma una forma anticlástica entre las partes curvas (112) vecinas, y

antes de fixar la película (110) a las partes curvas (112):

tensar la película (110) para producir un estiramiento en la película (110);

liberar la tensión en la película (110), conservando al menos una parte del estiramiento después de la liberación; y/o

después de fixar la película (110) a las partes curvas (112):

tratar la película (110) para aumentar la tensión en la película (110),

colocar un receptor (120) en la región interior; y

colocar un concentrador solar (115) en la región interior para dirigir la radiación solar al receptor (120) y calentar un fluido de trabajo en el receptor (120).

13. El método de la reivindicación 12, en donde el tratamiento de la película (110) incluye calentar la película (110); y/o

que comprende además calentar la película (110) después de estirar la película (110) y antes de liberar la tensión en la película (110) para preservar al menos una parte del estiramiento, preferiblemente preservar más al menos una parte del estiramiento controlando una temperatura de la película (110) para que esté por debajo de una temperatura umbral; y/o

en donde la película (110) tiene un primer y un segundo bordes opuestos, y un tercer y cuarto bordes opuestos, y en donde tensar la película (110) incluye tensar la película (110) en una dirección normal al primer y segundo bordes, comprendiendo preferiblemente no estirar la película (110) en una dirección normal al tercer y cuarto bordes; y/o producir un estiramiento de diferentes cantidades en diferentes posiciones a lo largo de al menos uno del primer o segundo bordes.

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en donde la fijación de la película (110) incluye fixar la película (110) mientras la película (110) está holgada entre al menos dos partes curvas (112), y en donde el método comprende además volver a tensar al menos parcialmente la película (110) después de fixar la película (110) a las al menos dos partes curvas (112), preferiblemente en donde el retensado al menos parcial incluye el encogimiento de la película (110) en una dirección normal a al menos una de las al menos dos partes curvas (112).

15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en donde:

la película (110) forma una superficie curva orientada hacia arriba; y/o

en donde la película (110) forma una superficie curva orientada hacia el exterior; y/o

el montaje de la estructura (111) de soporte incluye:

erigir un elemento de montante; y

soportar al menos una de las partes curvas (112) con el elemento de montante al acoplar el elemento de montante a la al menos una parte curva (112); y/o

5 erigir una primera parte curva (112) en una primera posición, teniendo la primera parte curva (112) una primera rigidez; y

10 erigir una segunda parte curva (112) en una segunda posición diferente a la primera posición, teniendo la segunda parte curva (112) una segunda rigidez diferente a la primera rigidez, y comprendiendo además preferiblemente primera y segunda partes curvas (112) alternas en una dirección alineada con un eje longitudinal del receptor (120).

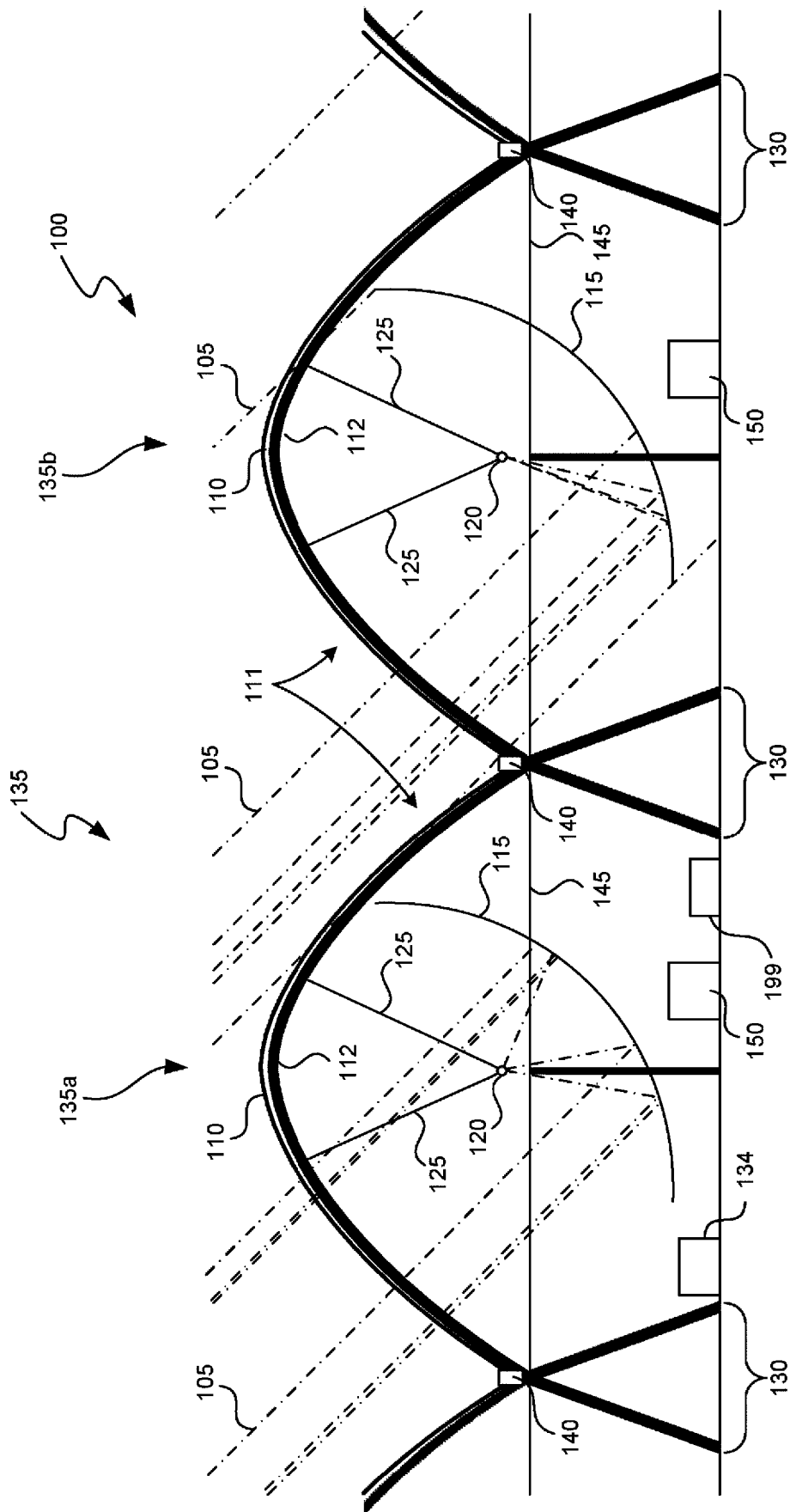


Figure 1

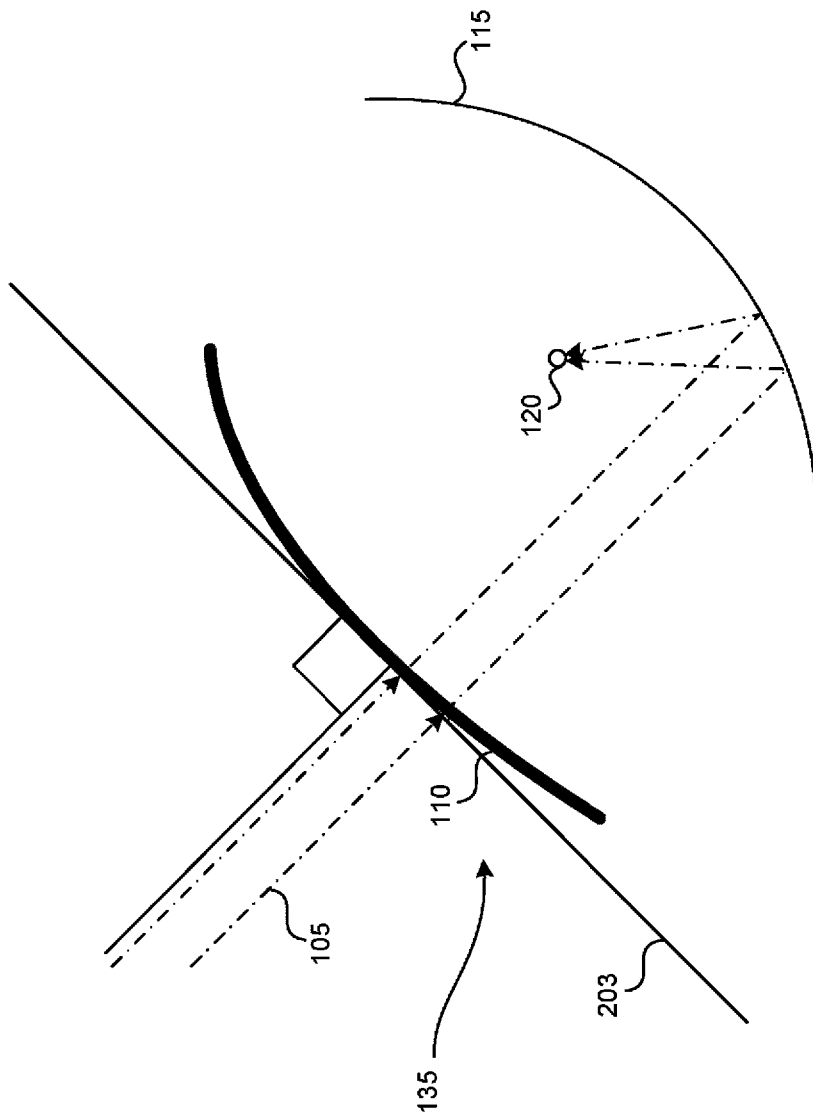


Figure 2

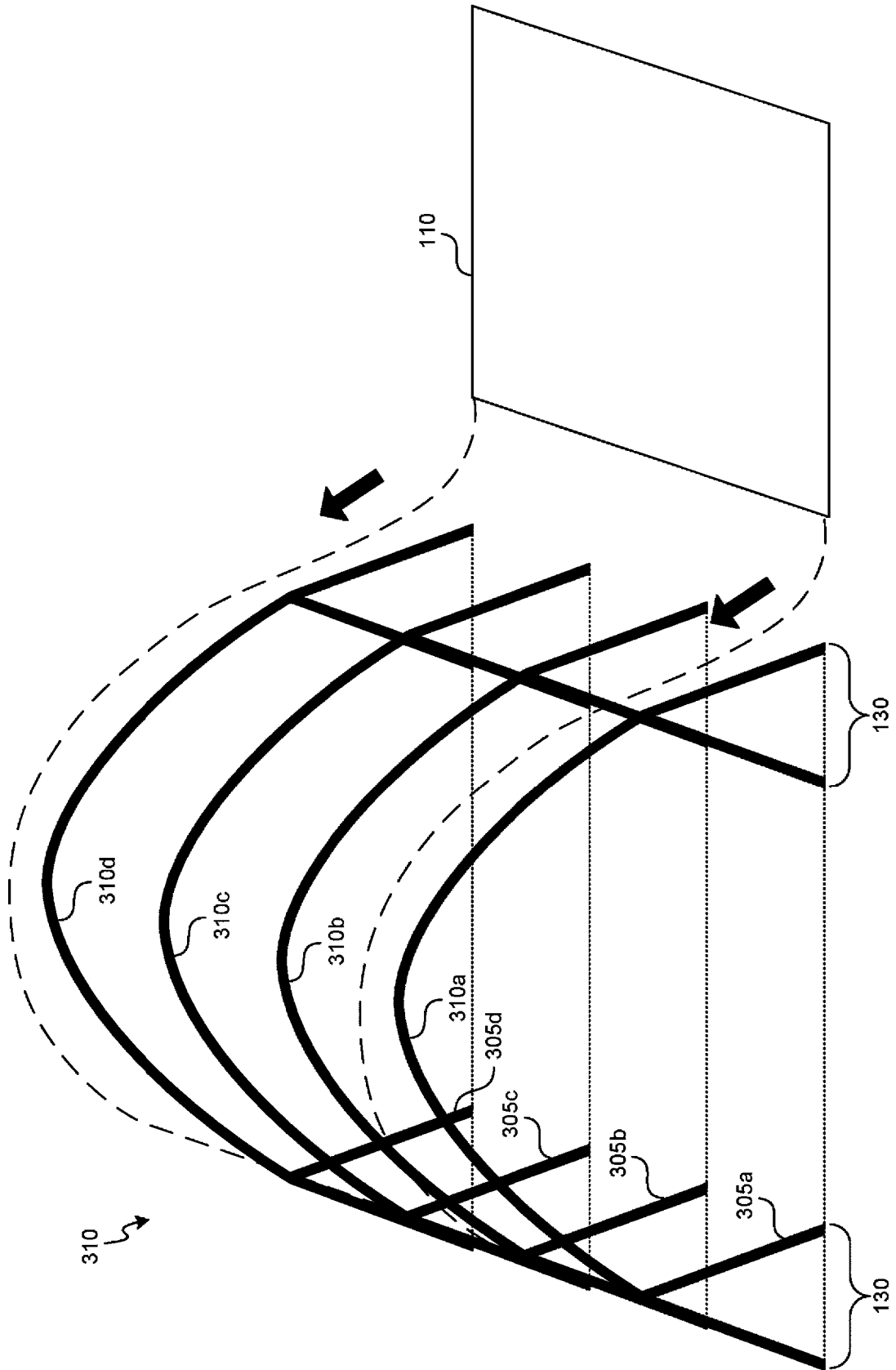


Figura 3

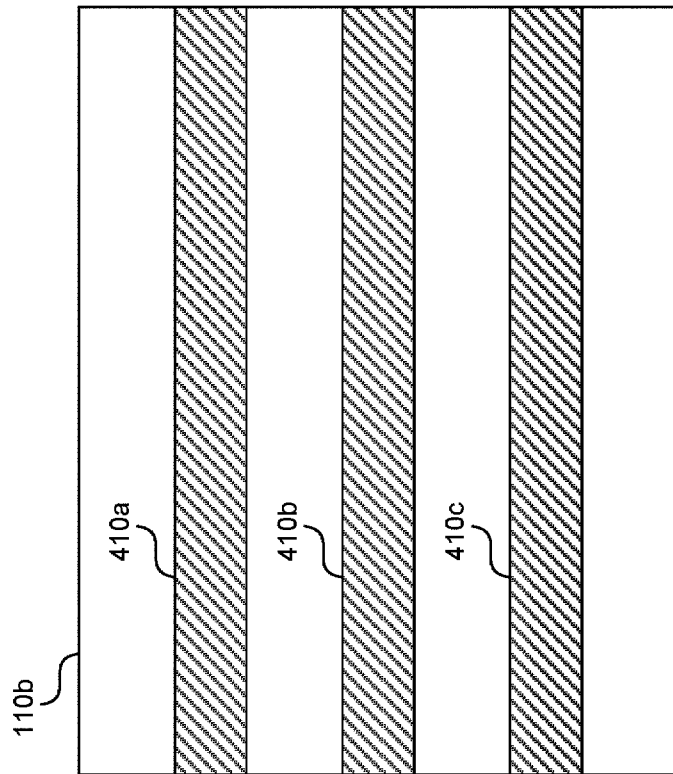


Figure 4A

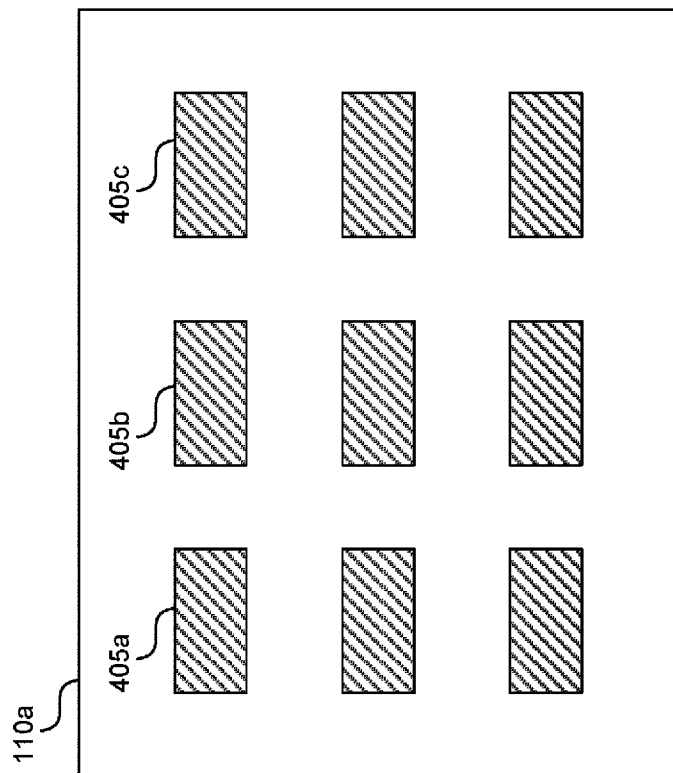


Figure 4B

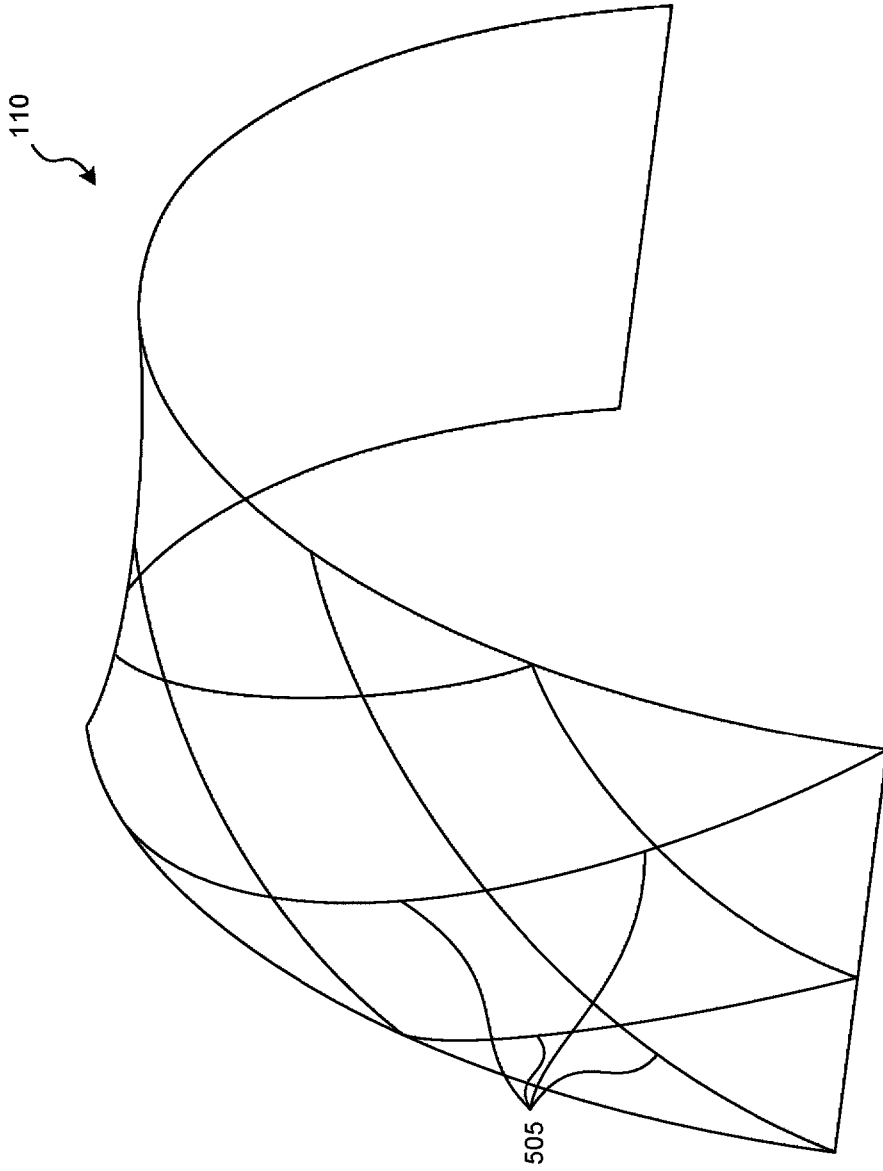
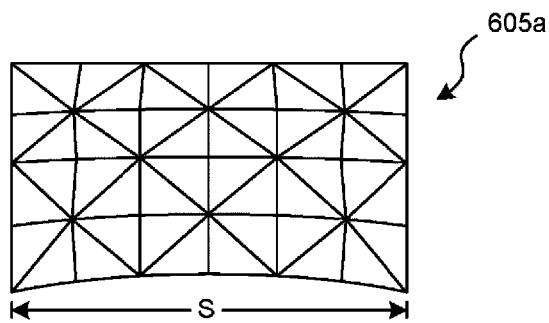
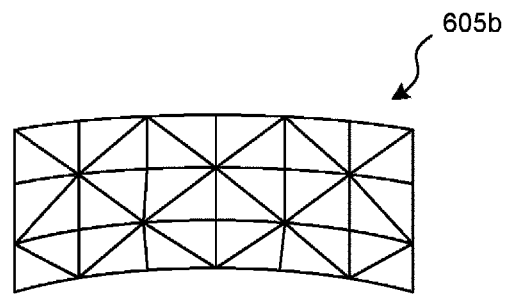
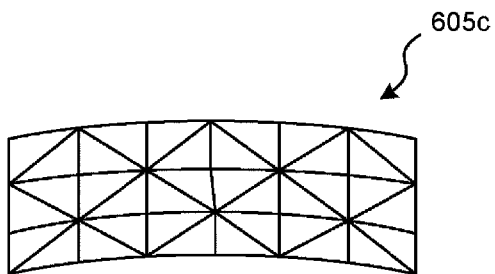
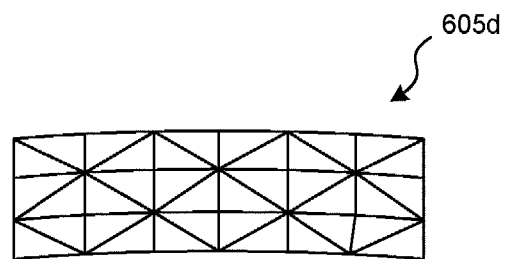
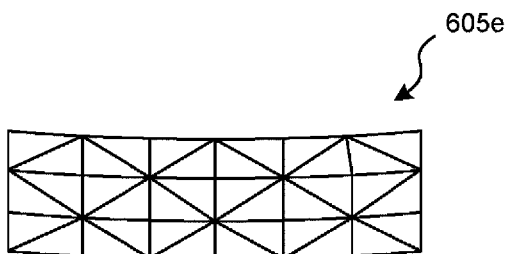
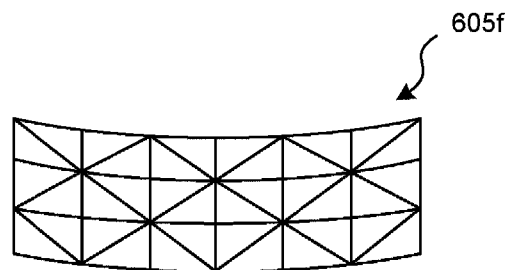
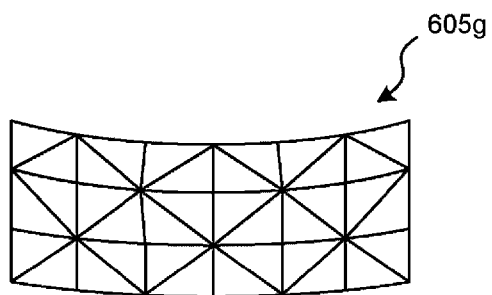
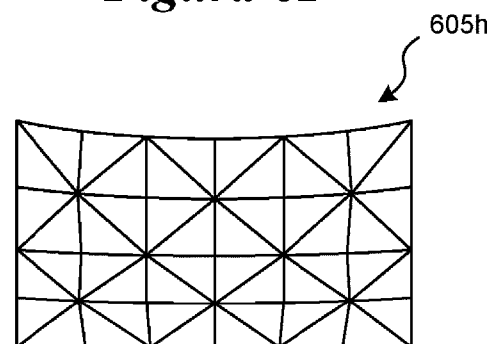


Figure 5



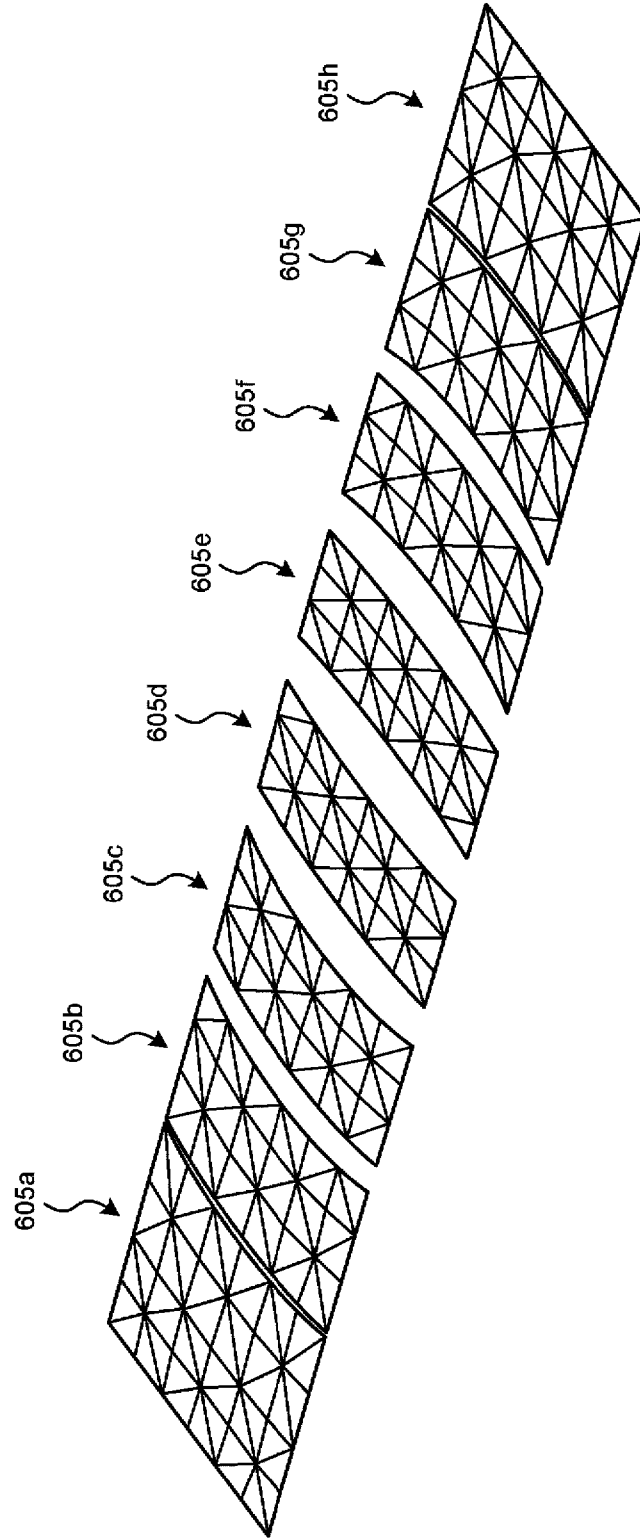


Figure 6I

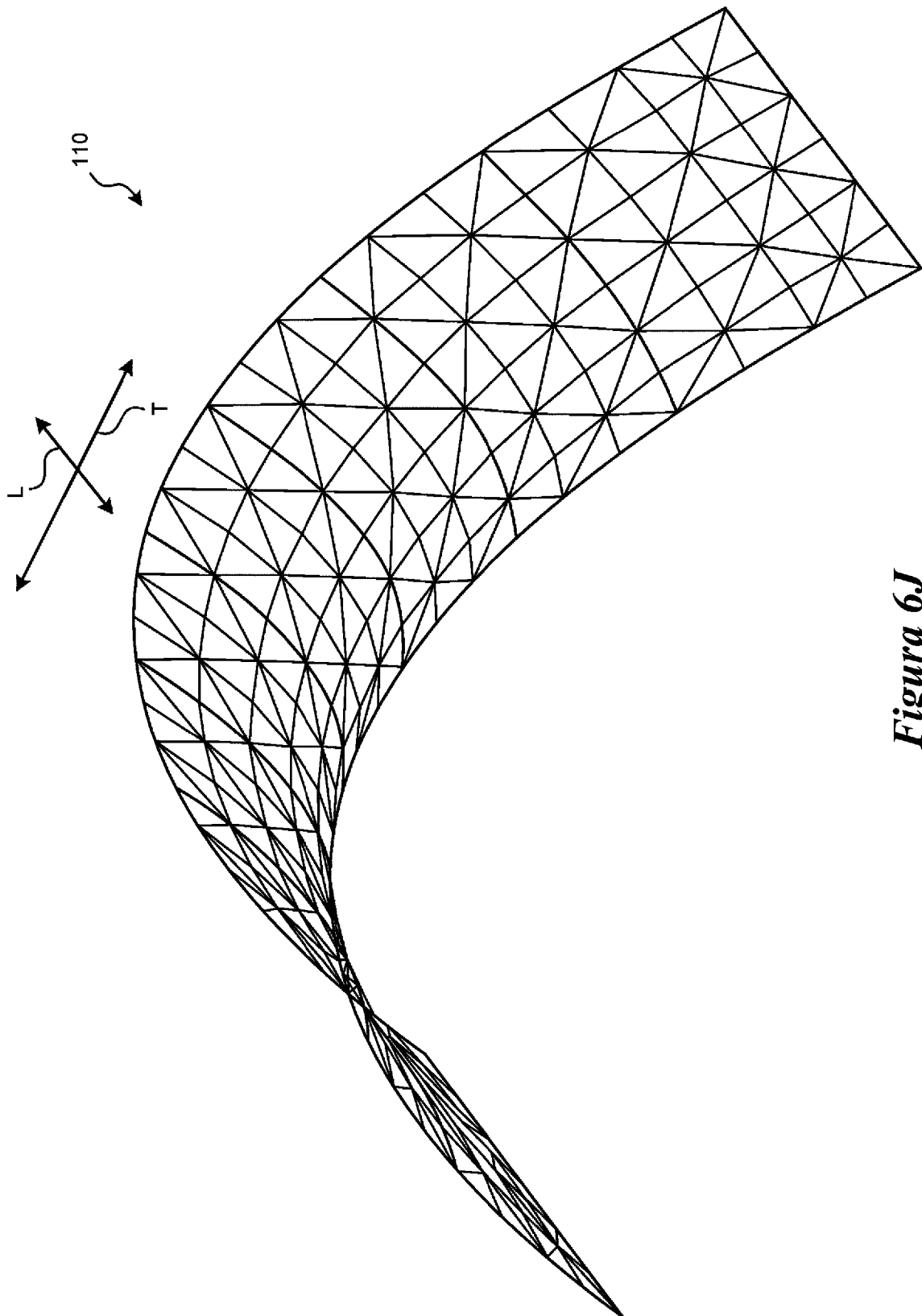


Figura 6J

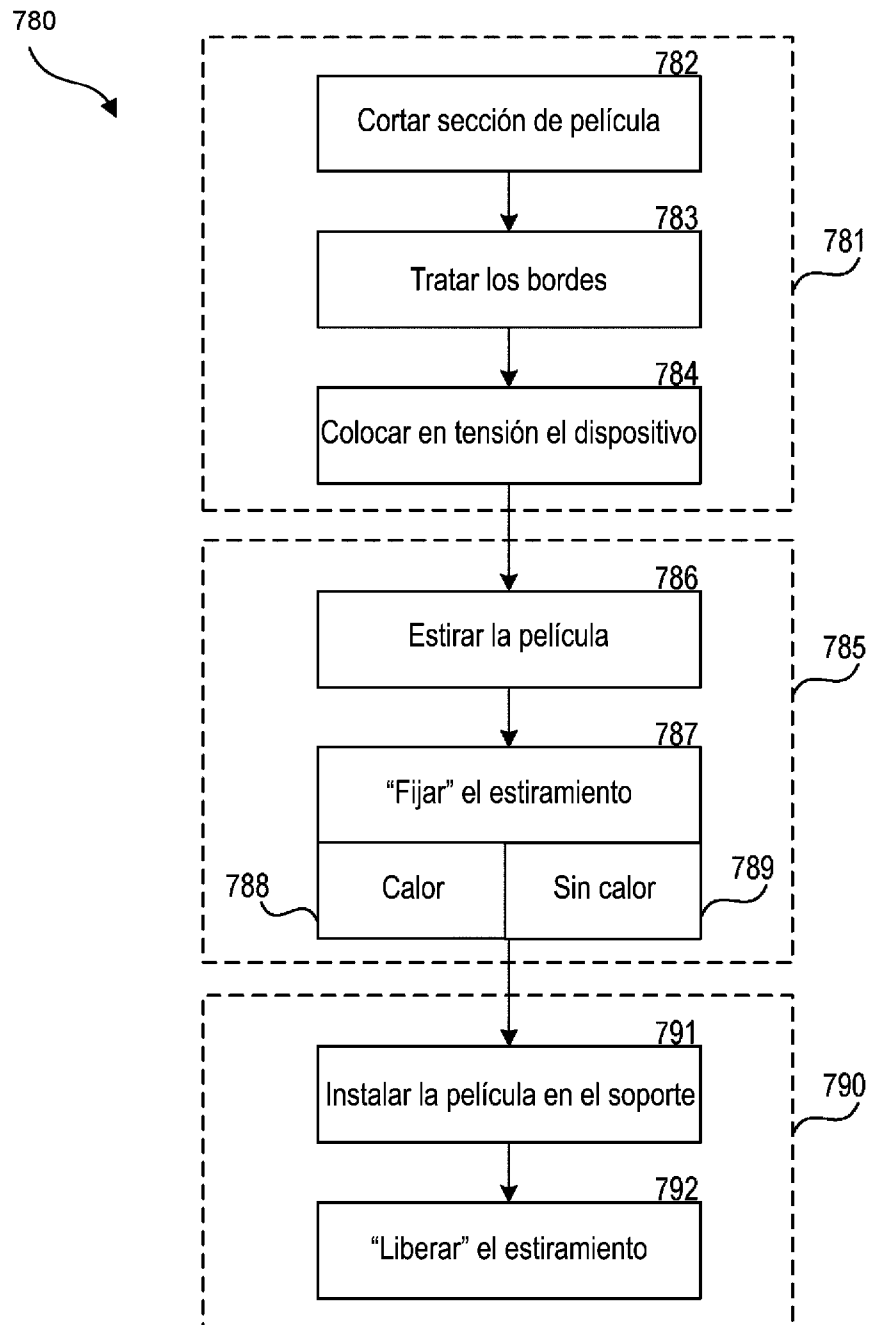


Figura 7A

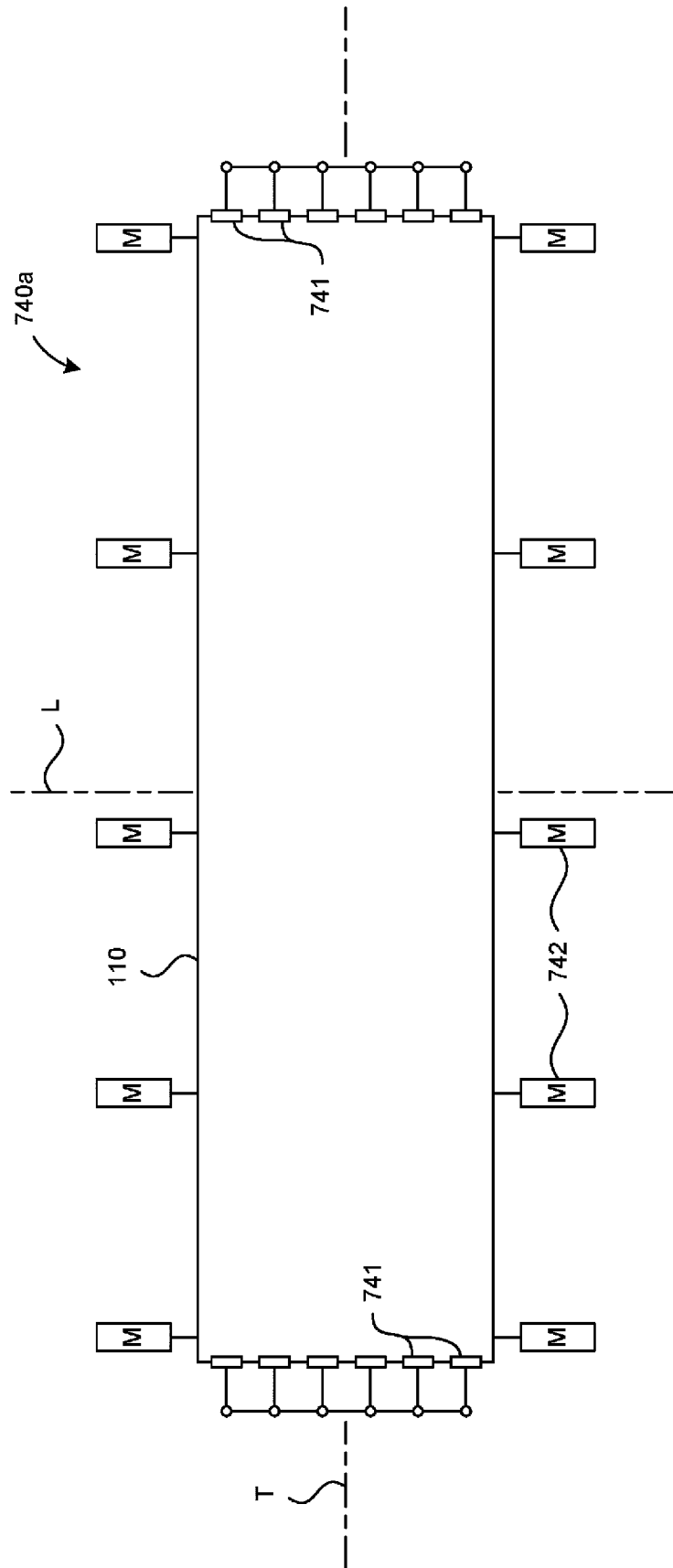


Figura 7B

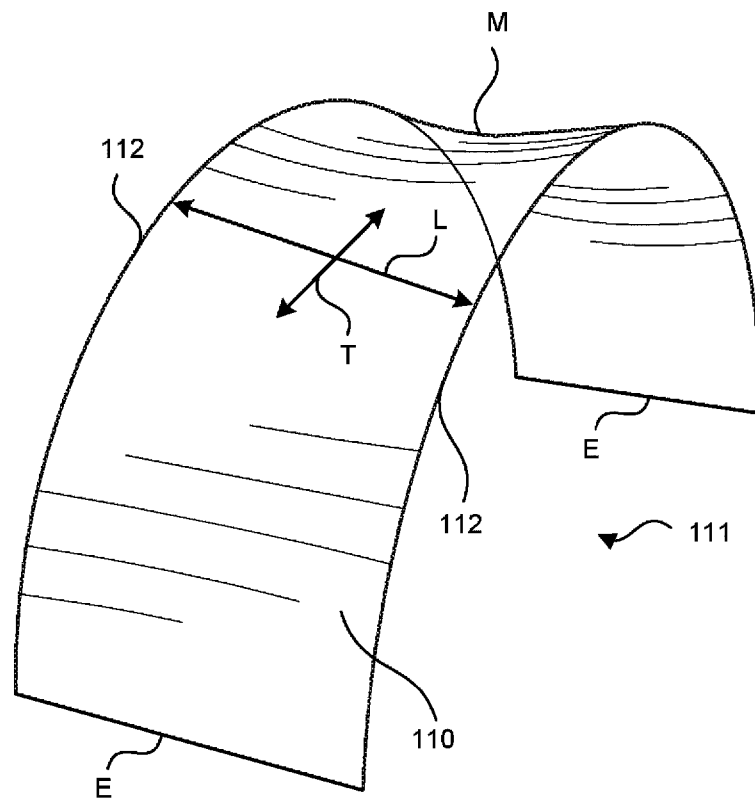


Figura 7C

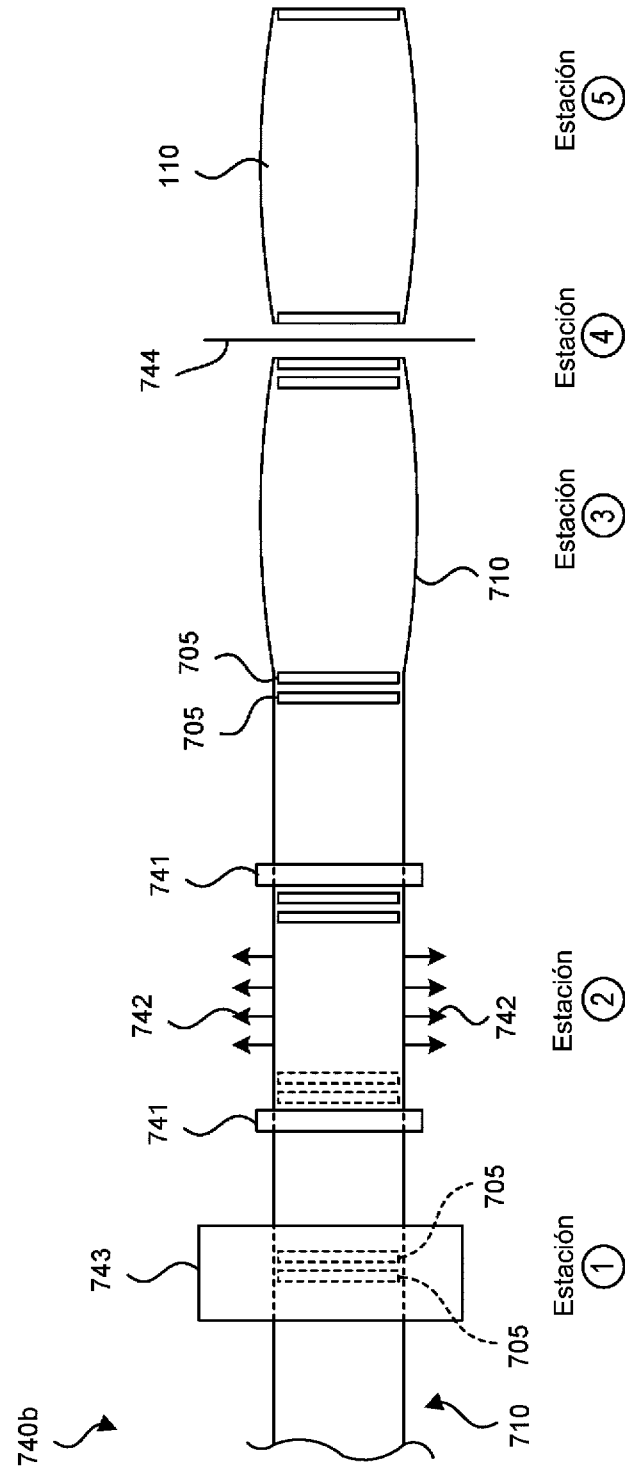


Figura 7D

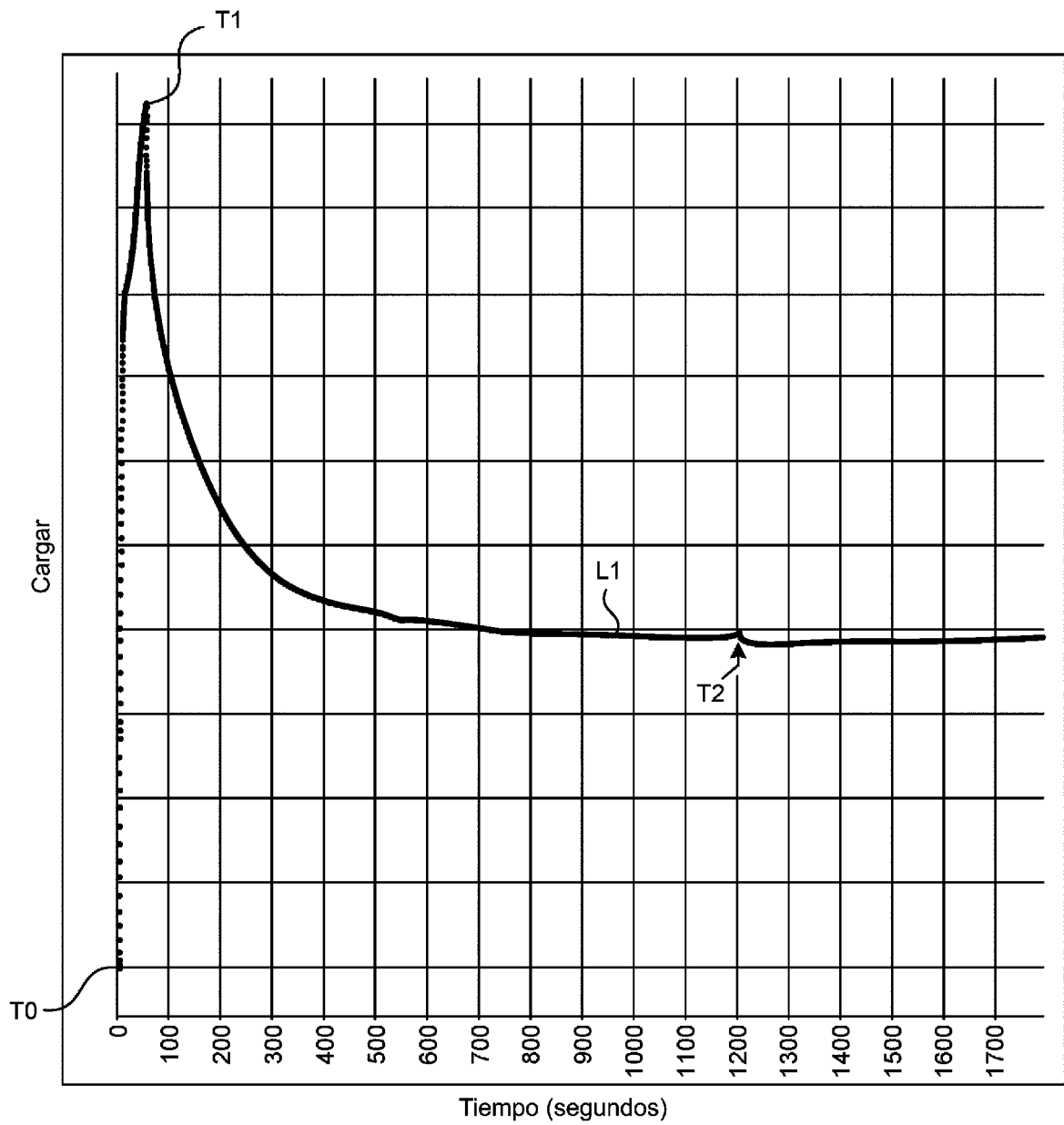


Figura 7E

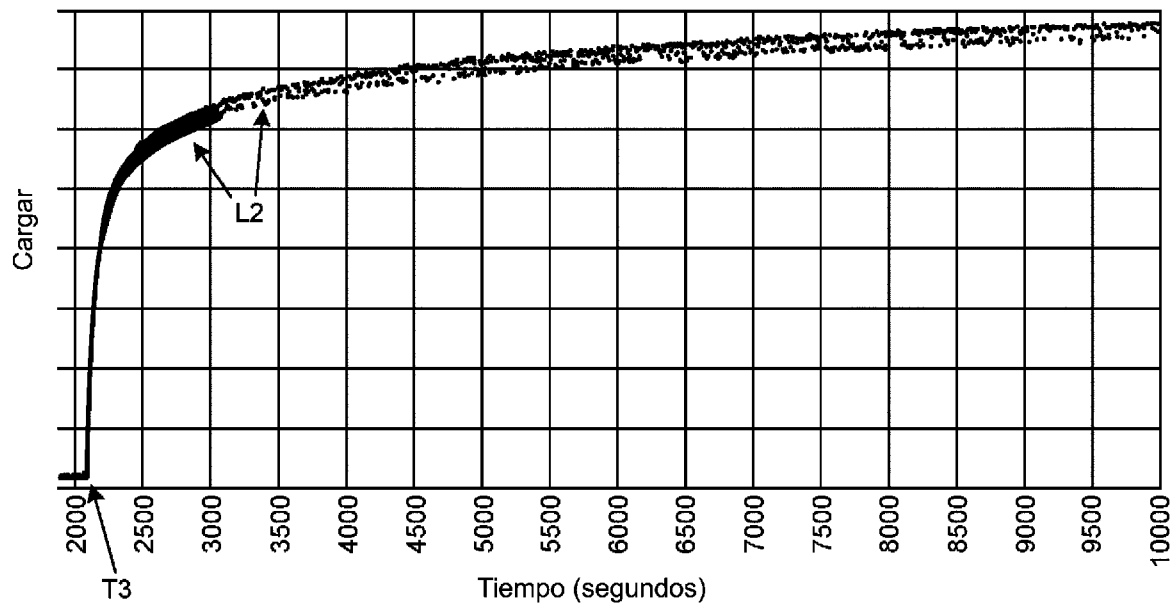


Figura 7F

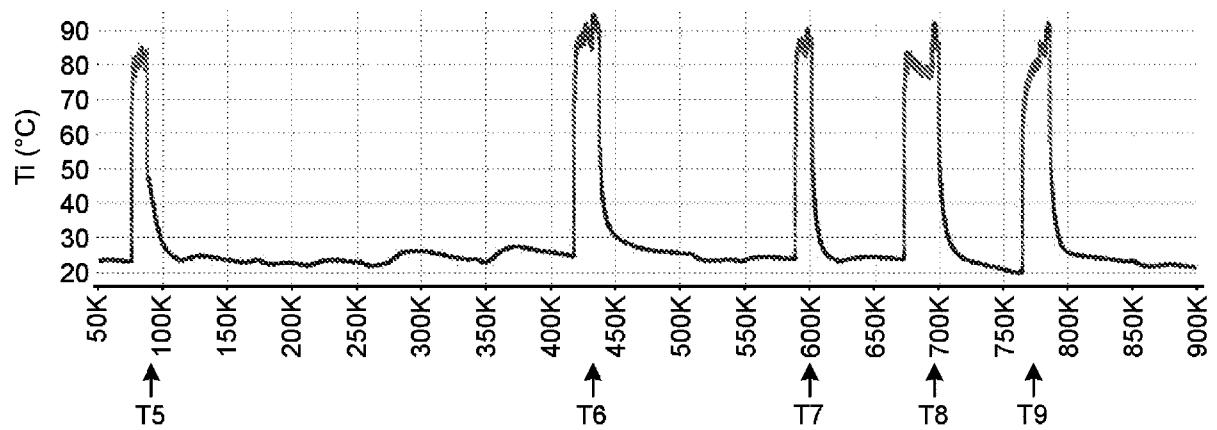


Figura 7G

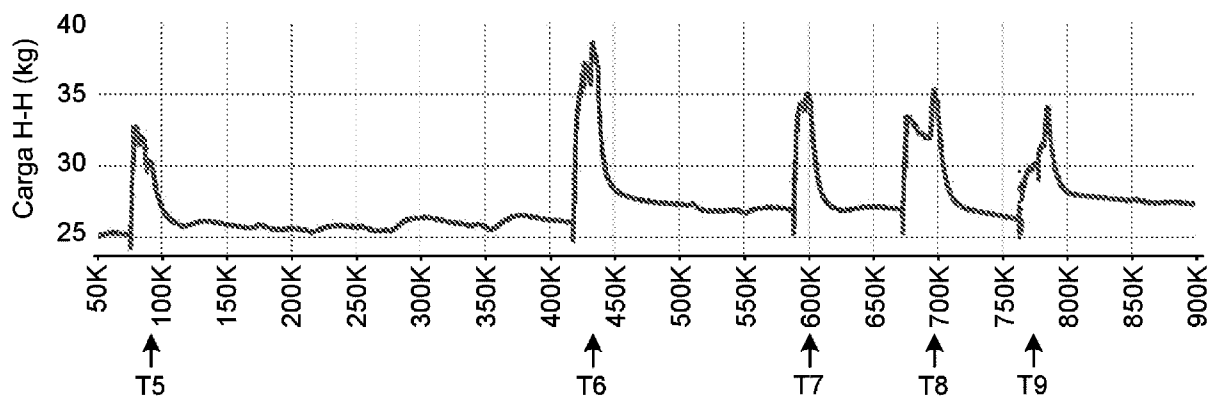


Figura 7H

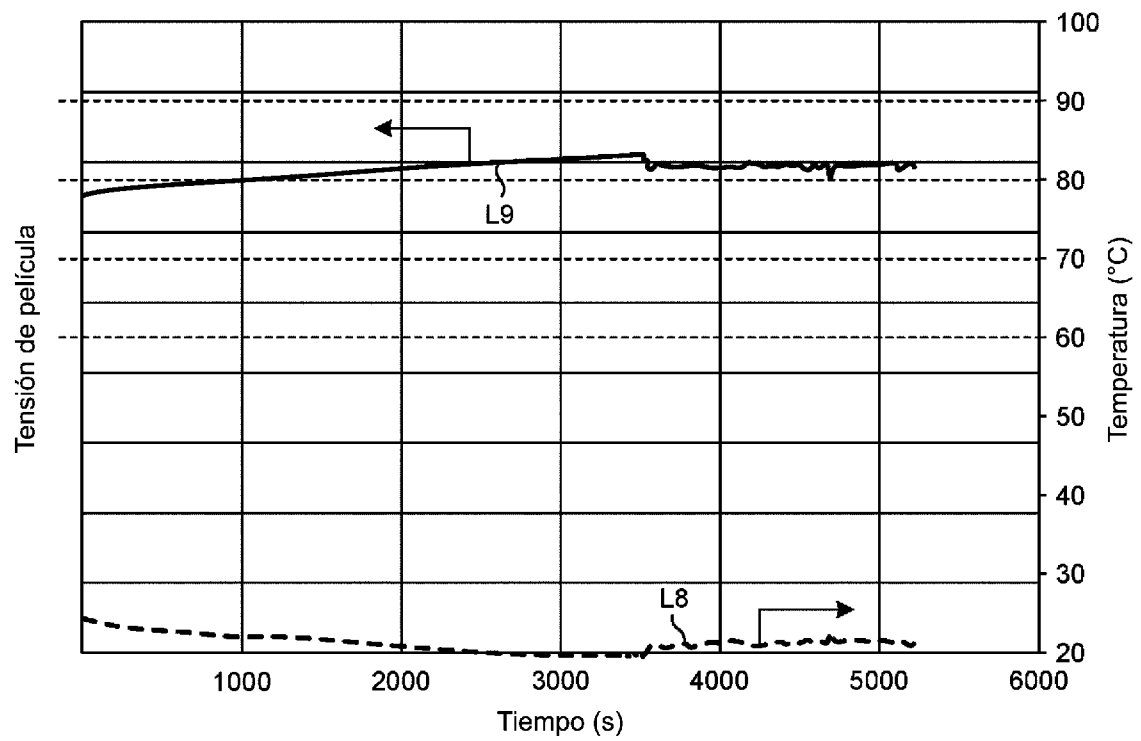


Figura 7I

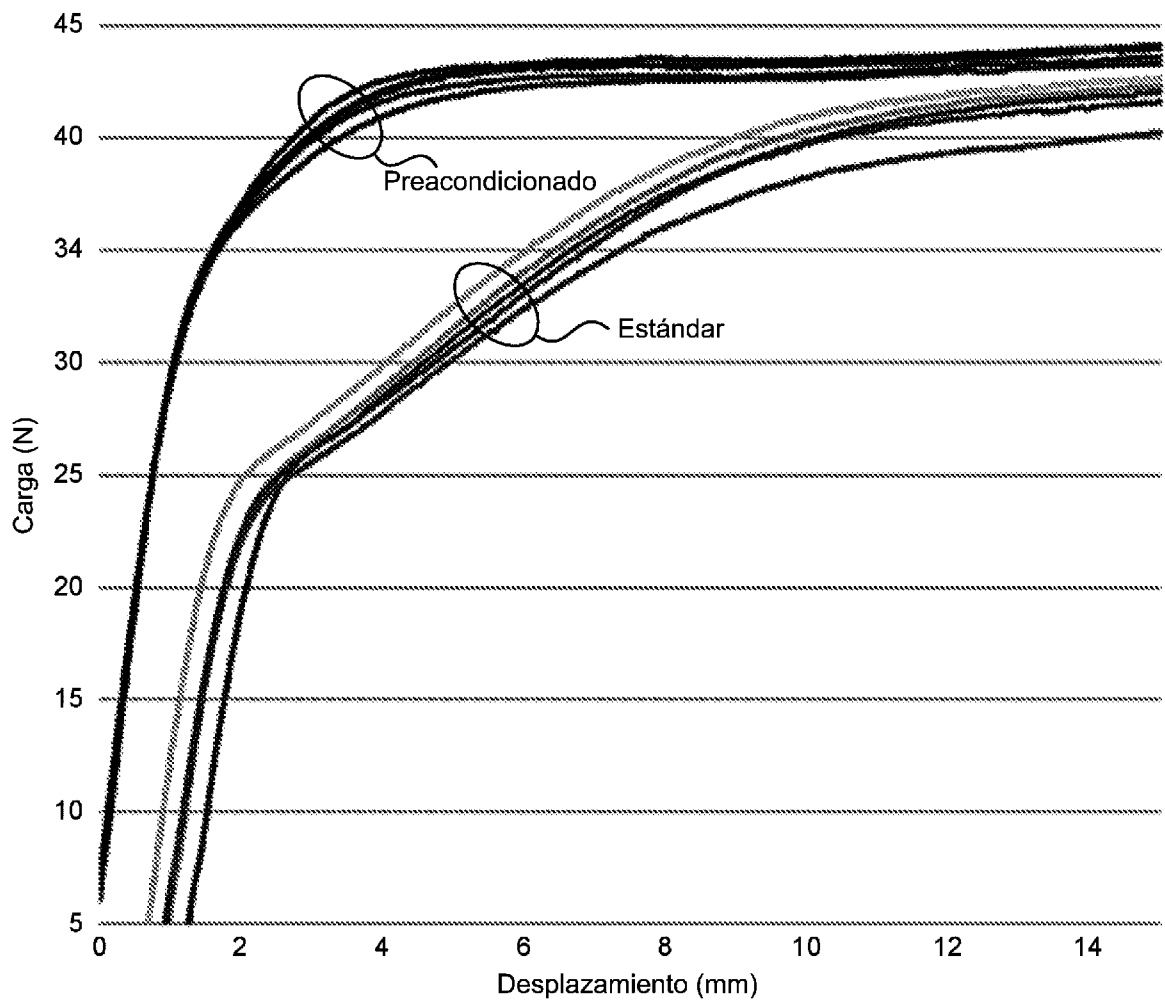


Figura 7J

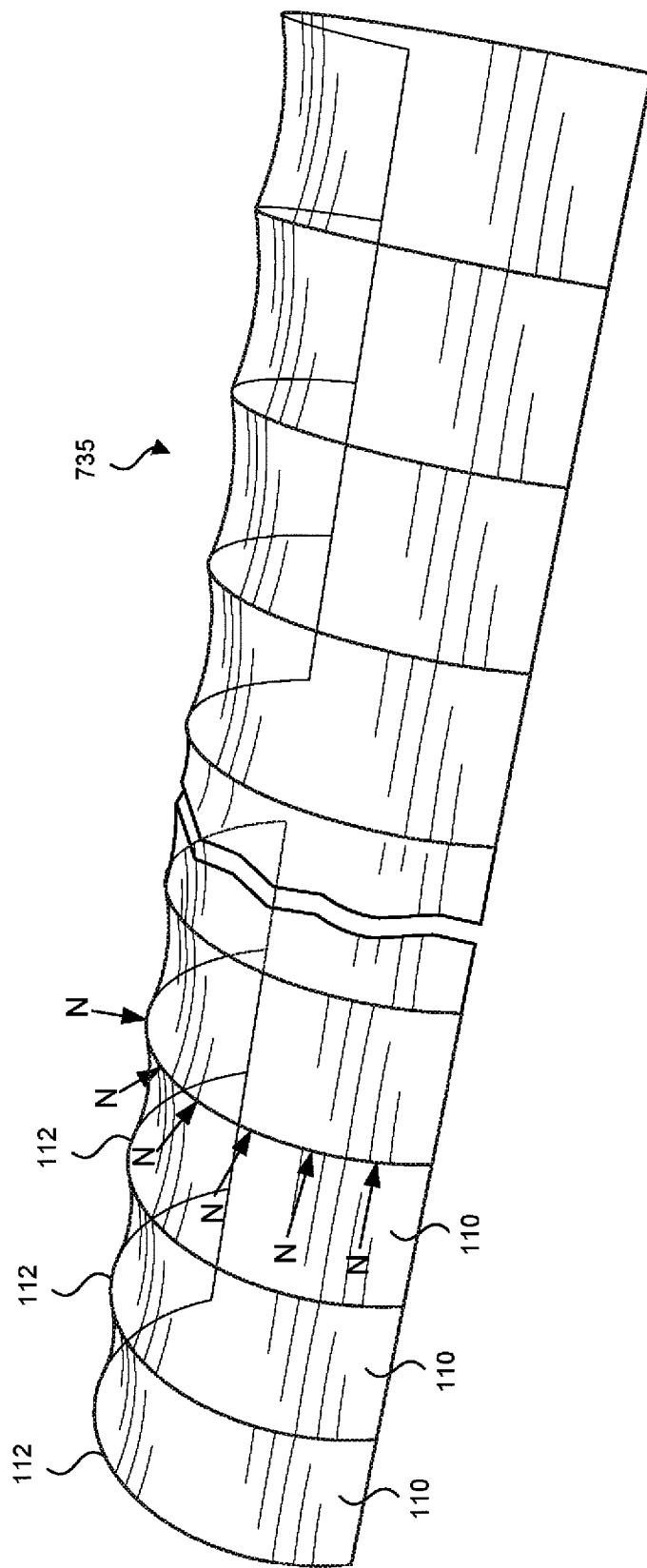


Figura 7K

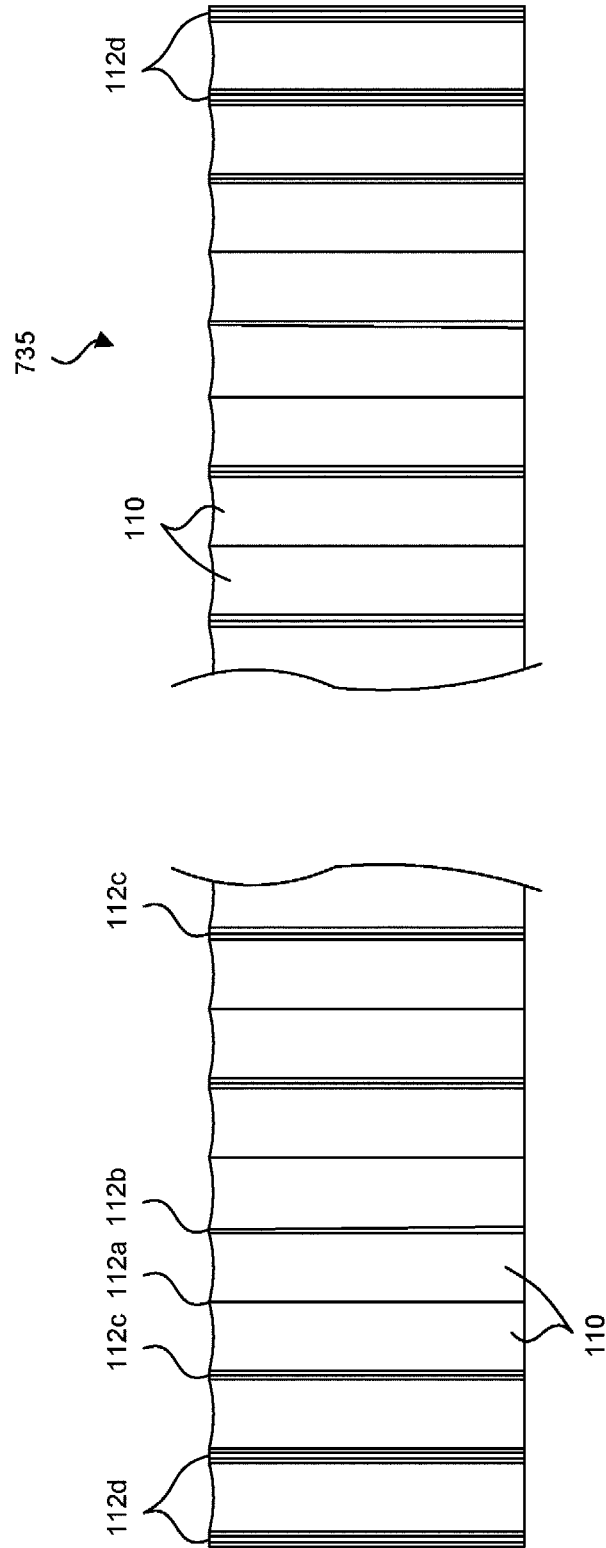


Figure 7L

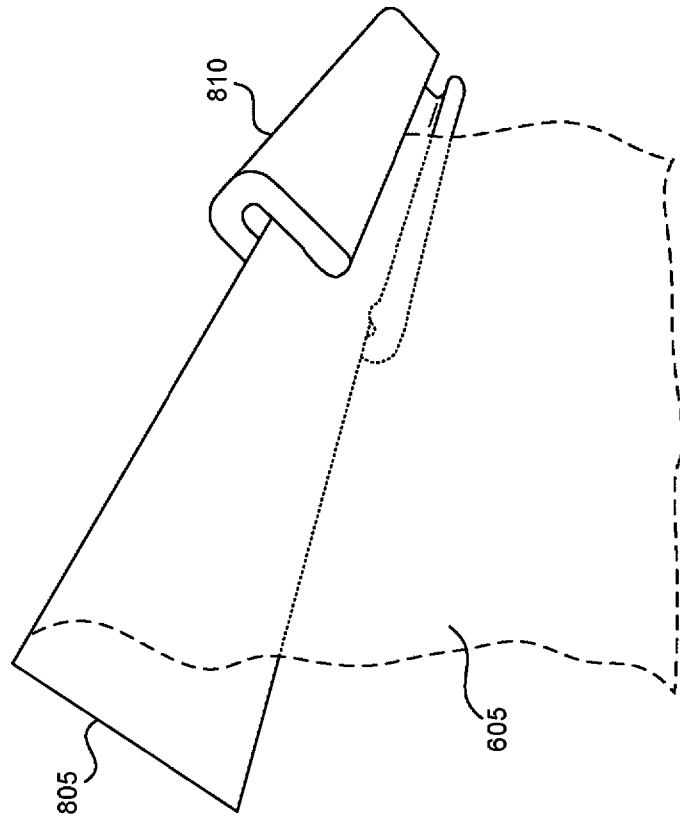


Figure 8B

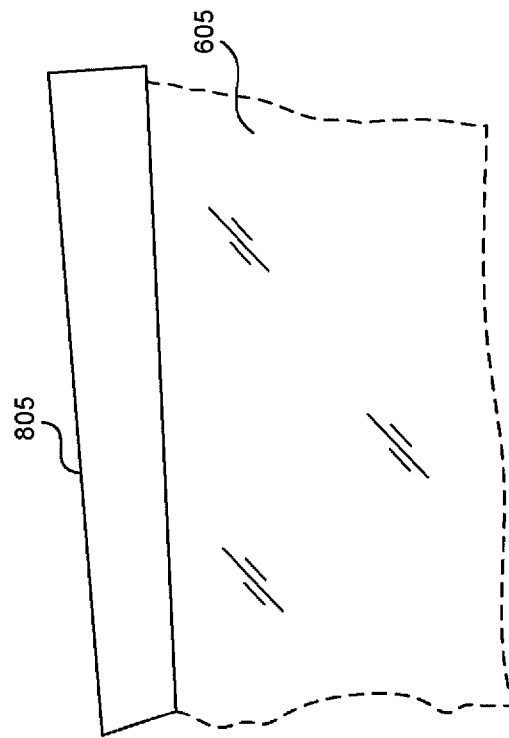


Figure 8A

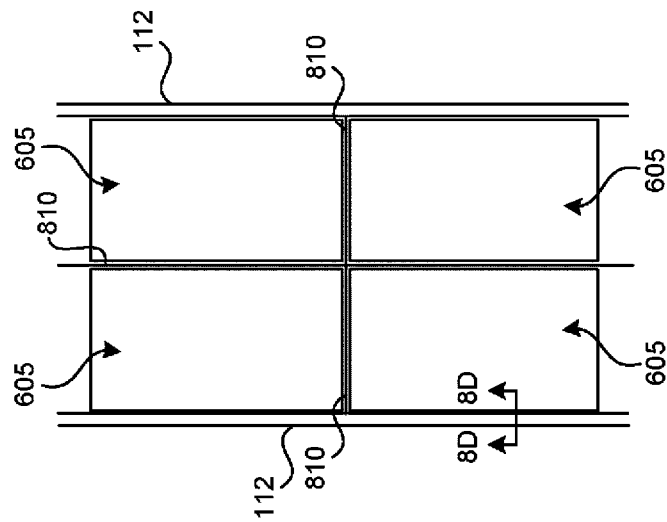


Figure 8C

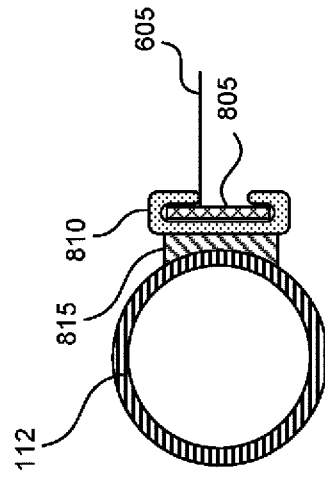


Figure 8D

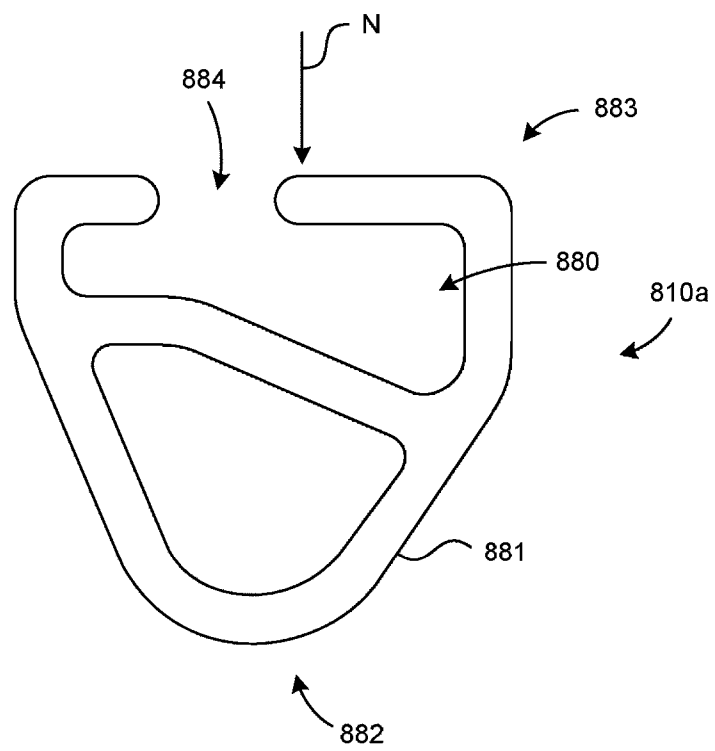


Figura 8E

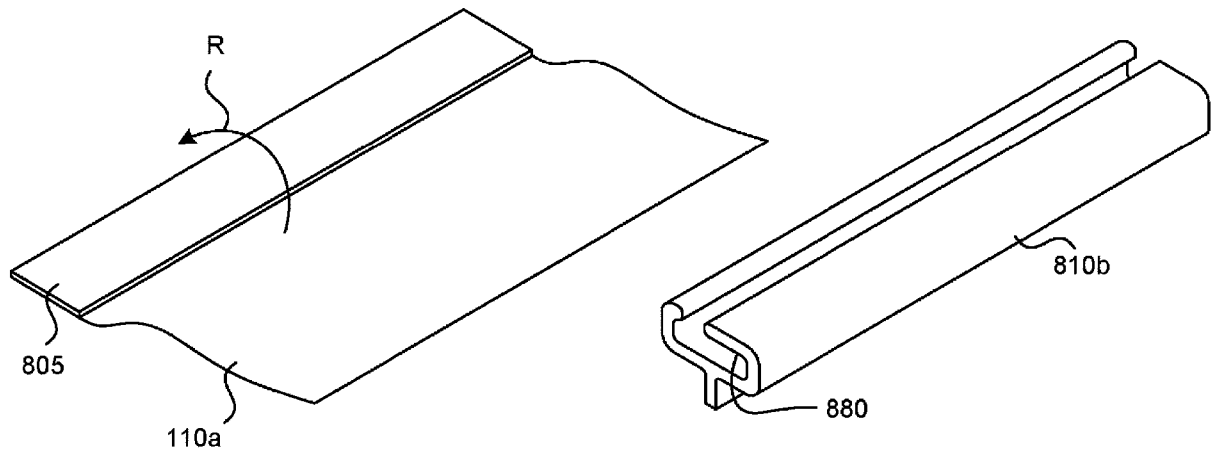


Figura 8F

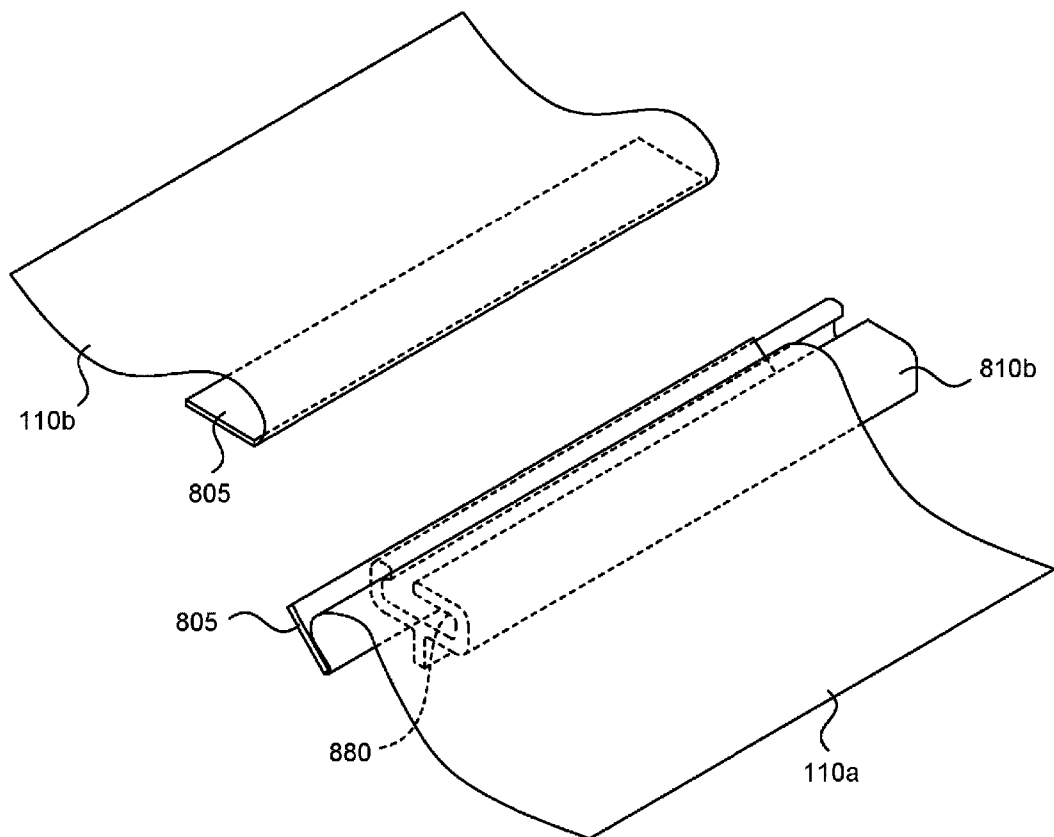


Figura 8G

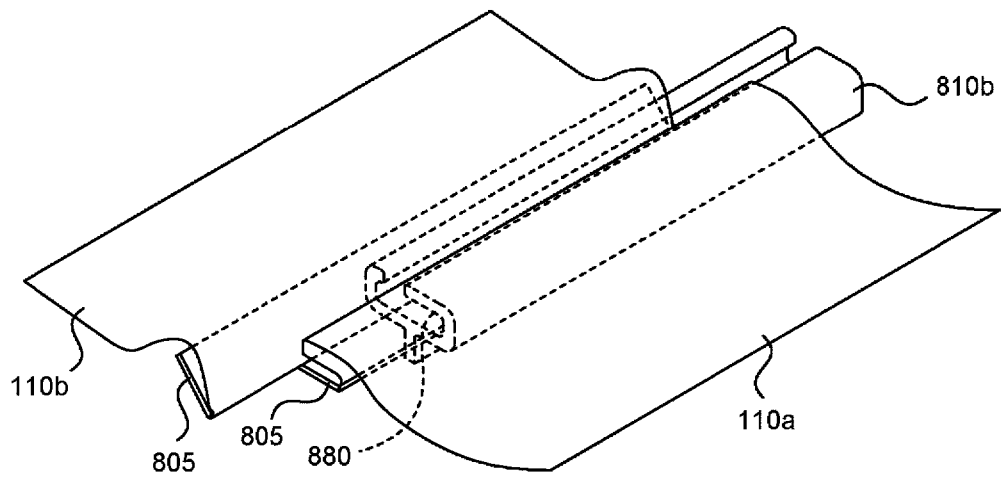


Figura 8H

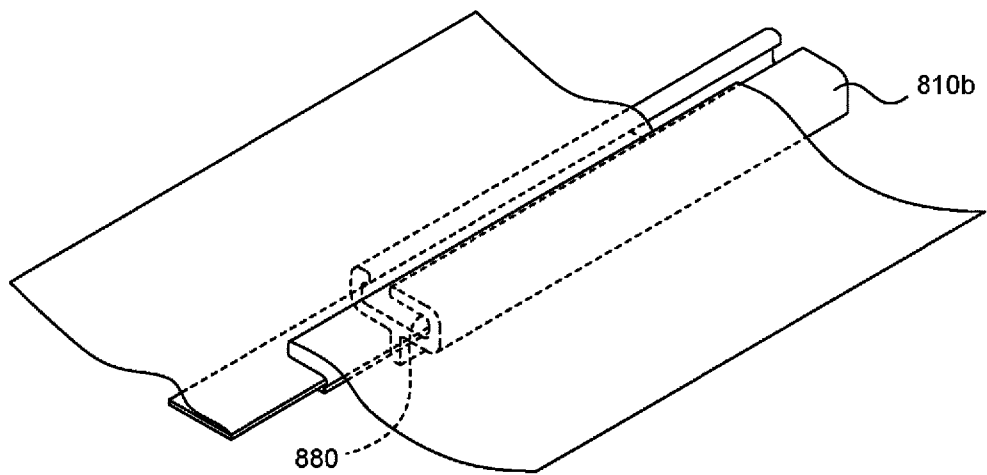


Figura 8I

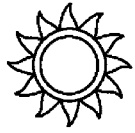
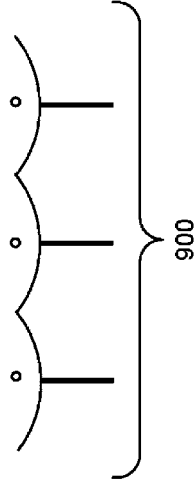


Figura 9B

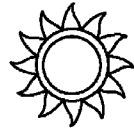
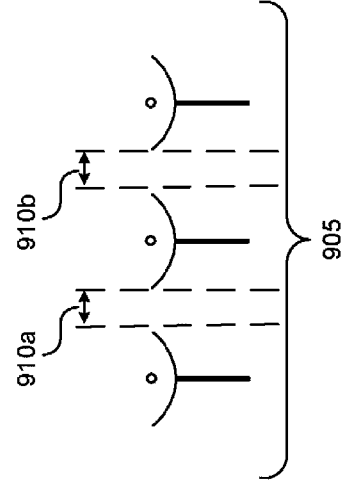


Figura 9D

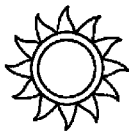
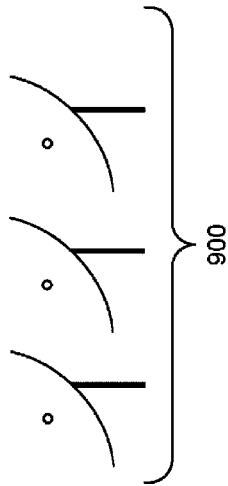


Figura 9A

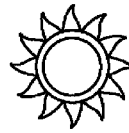
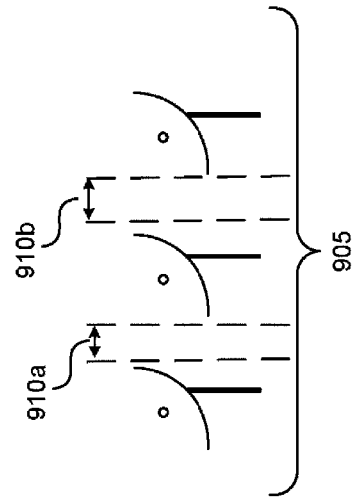


Figura 9C

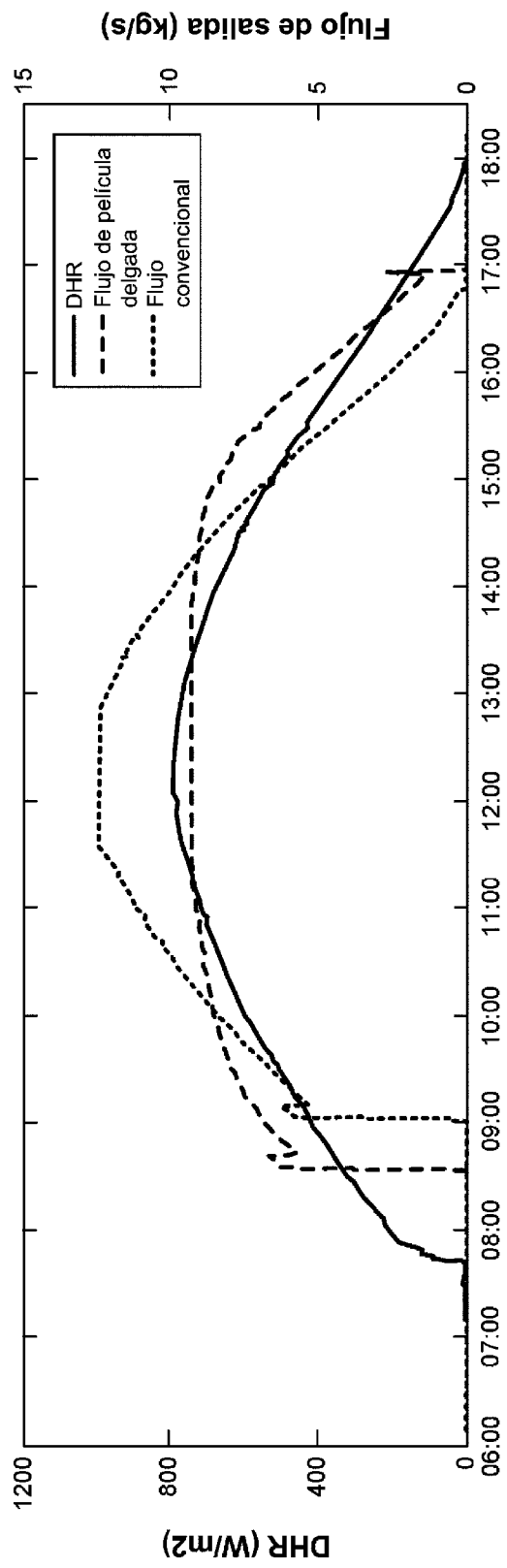


Figura 10

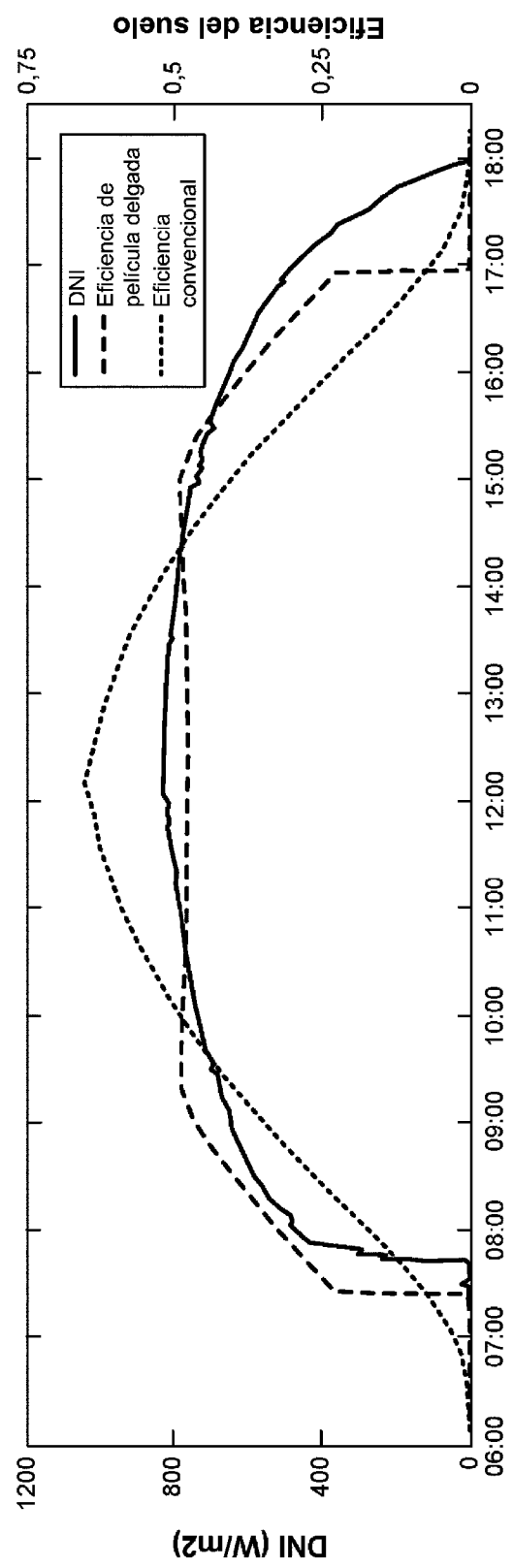


Figura 11

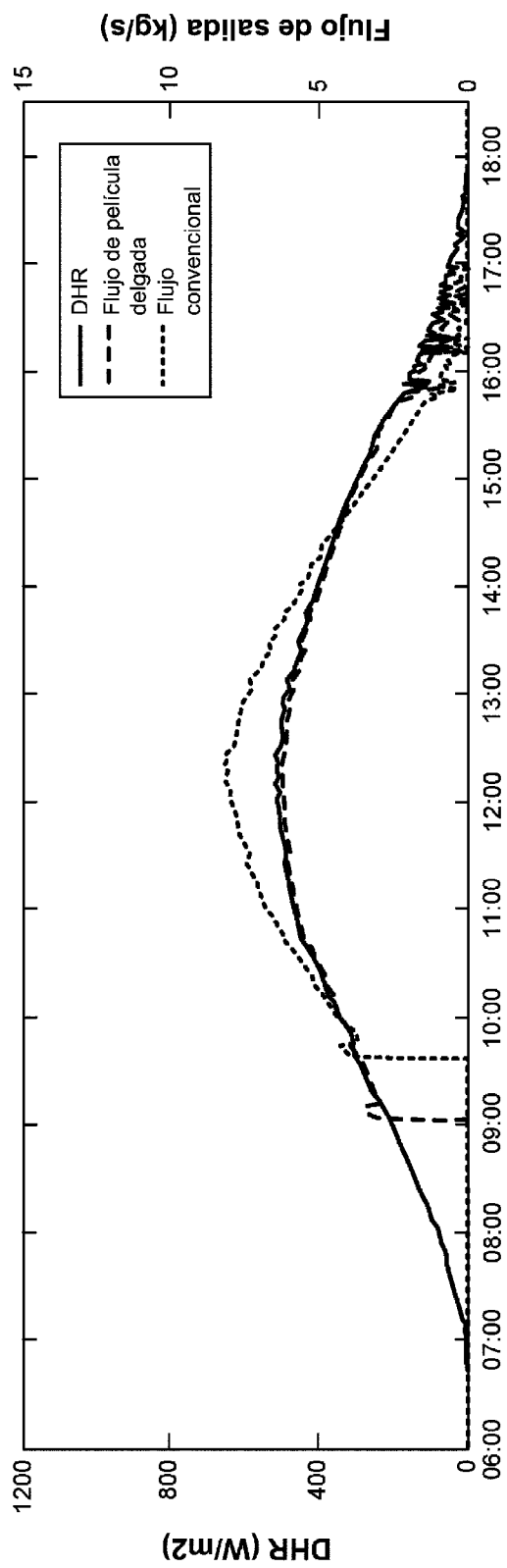


Figura 12

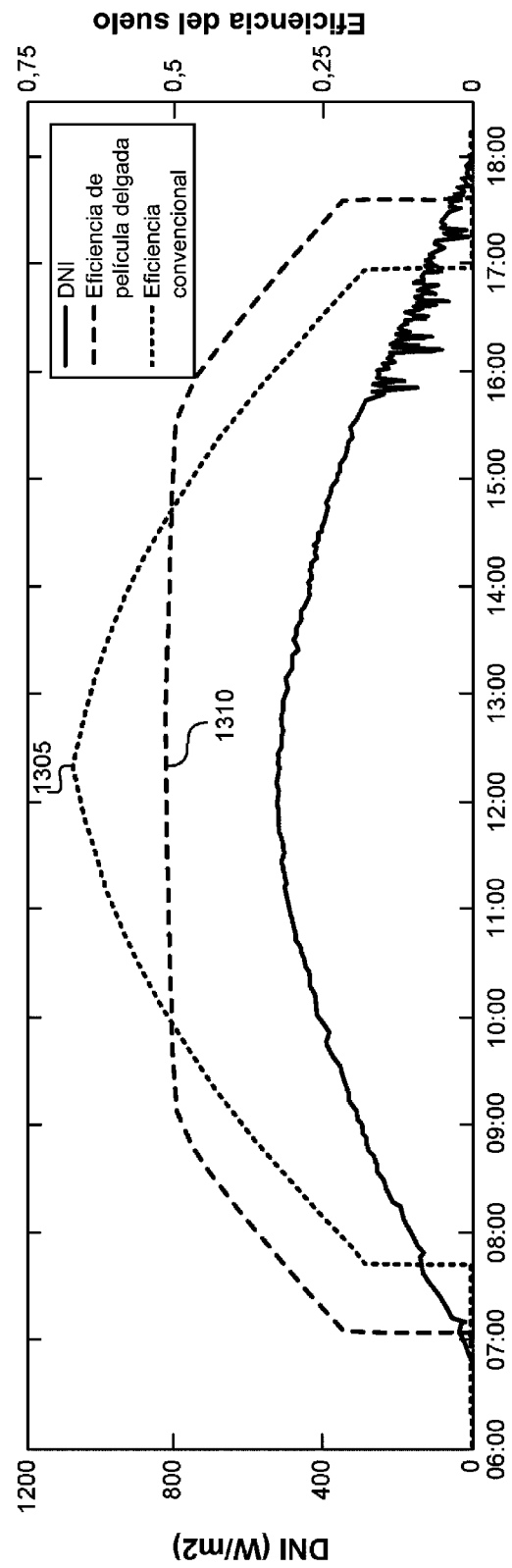


Figura 13

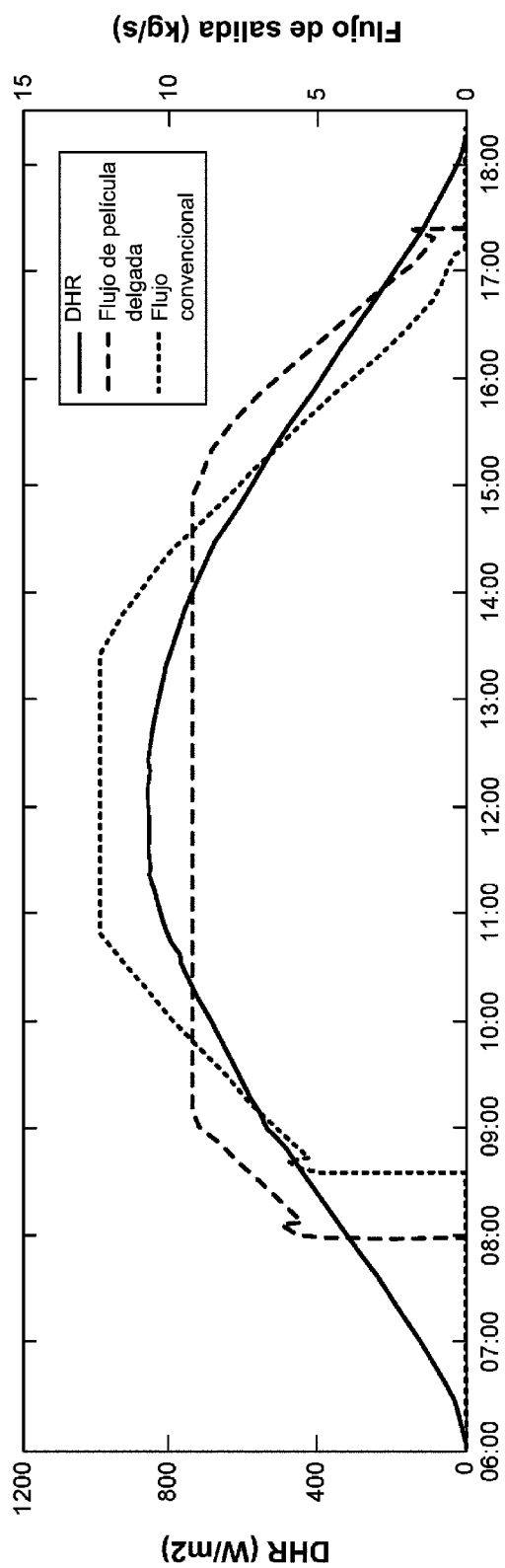


Figura 14

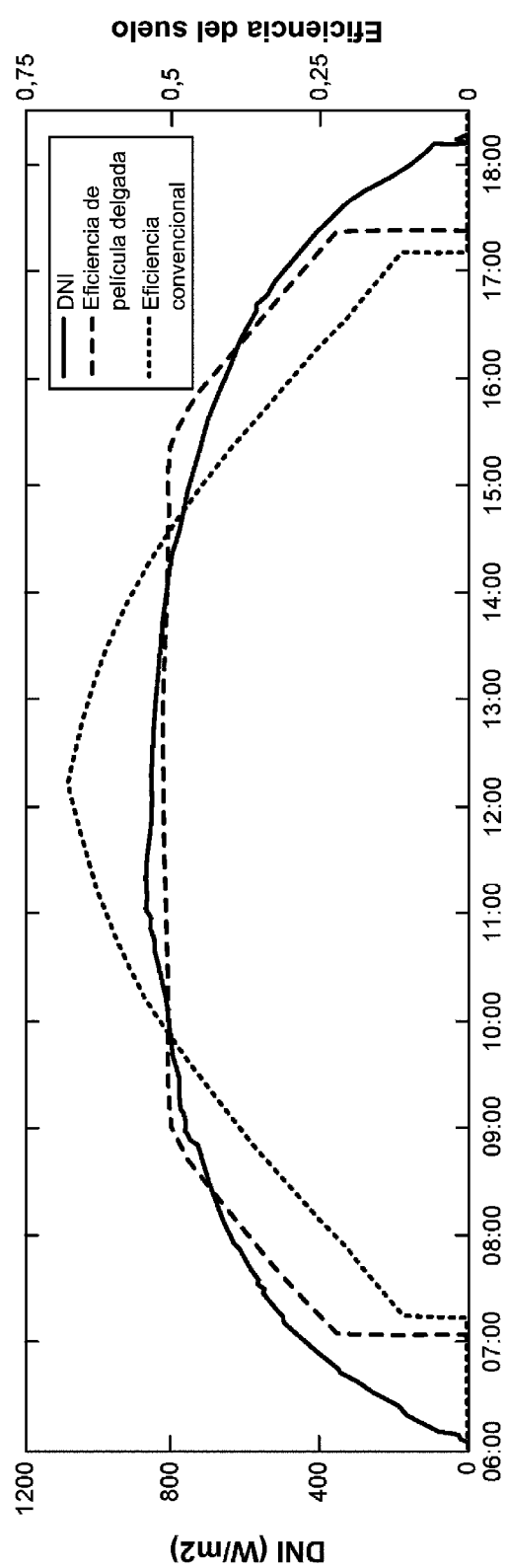


Figura 15

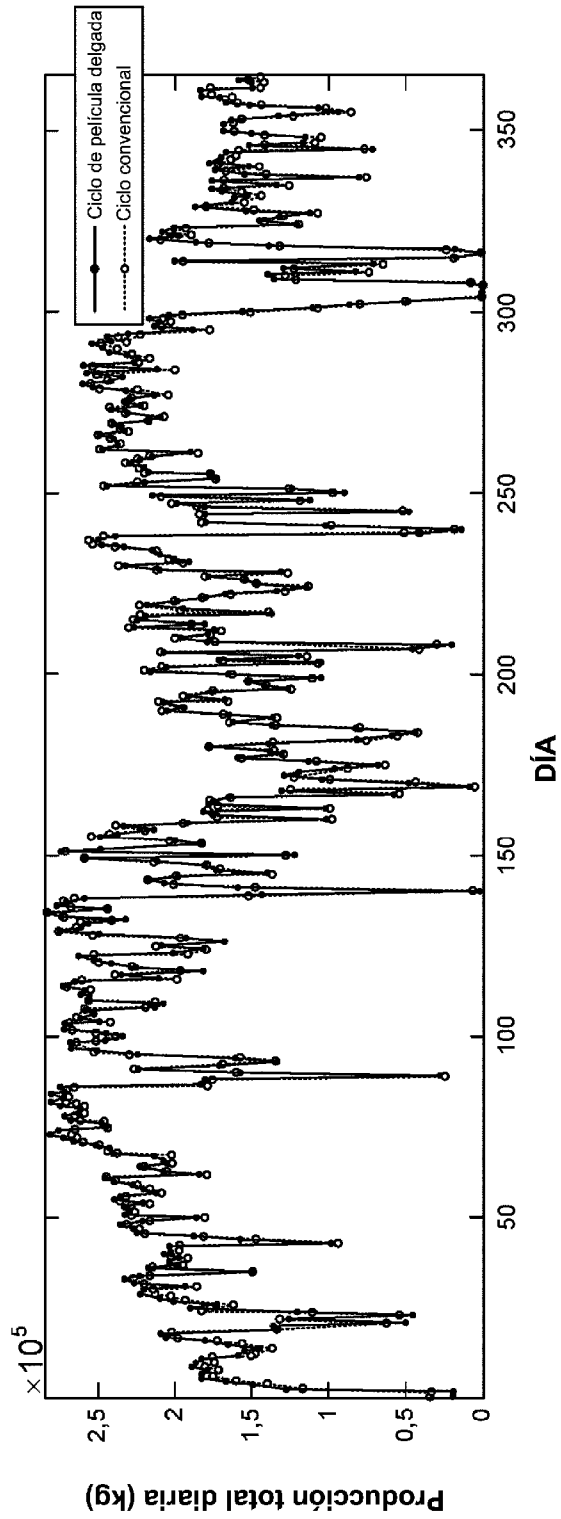


Figura 16

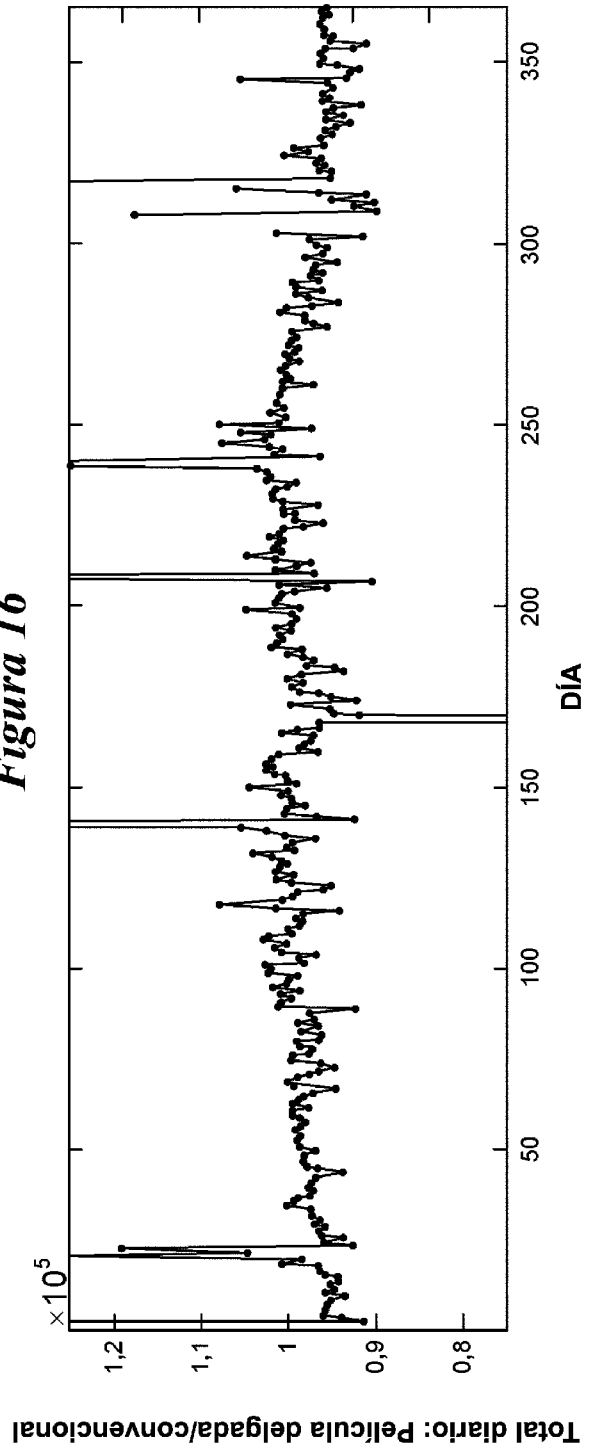


Figura 17

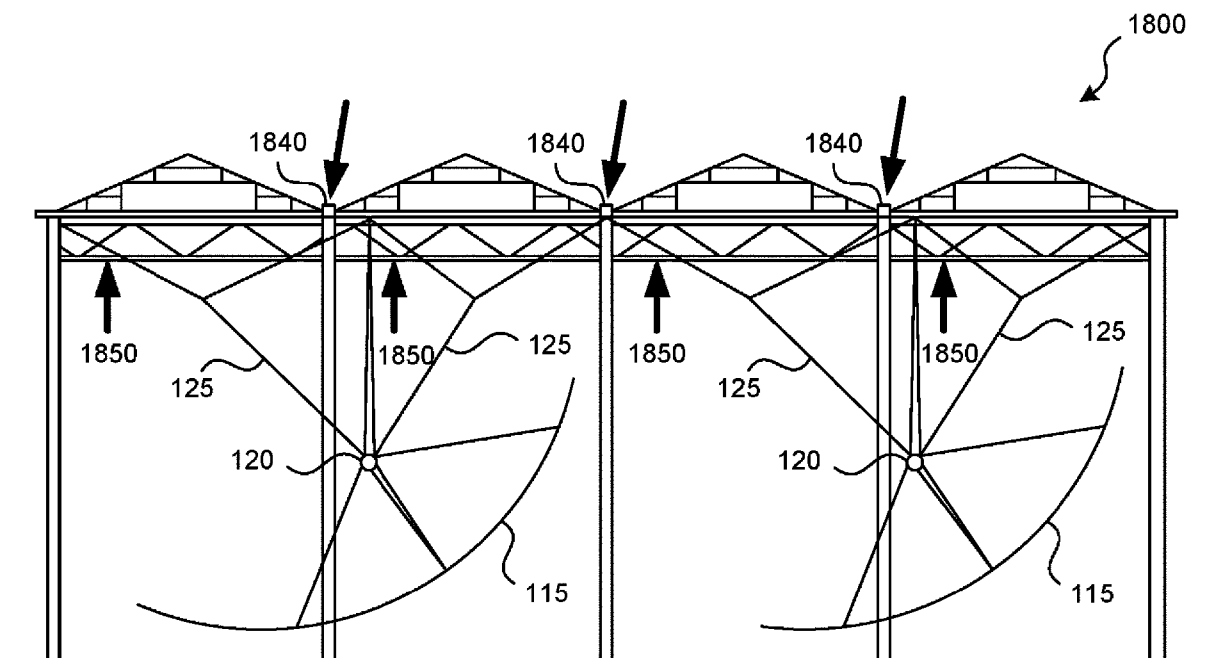


Figura 18
(técnica anterior)

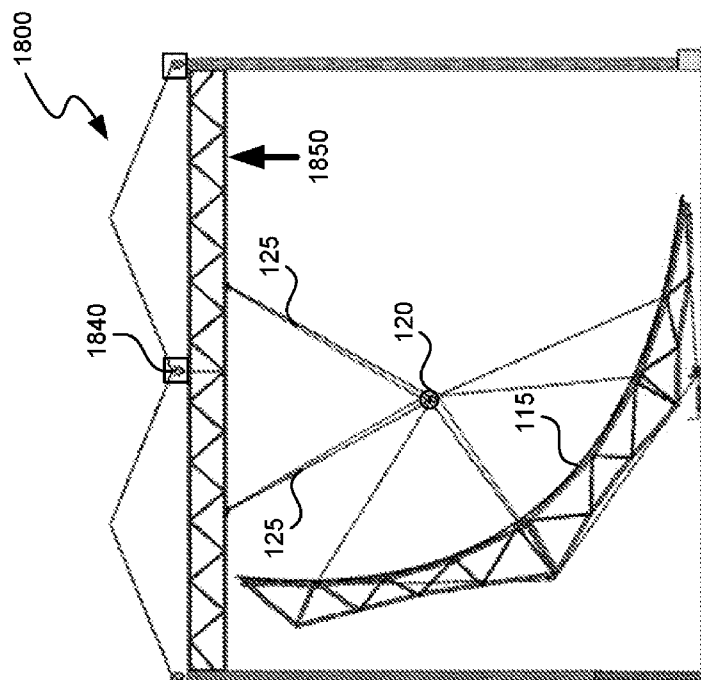


Figura 19A (técnica anterior)

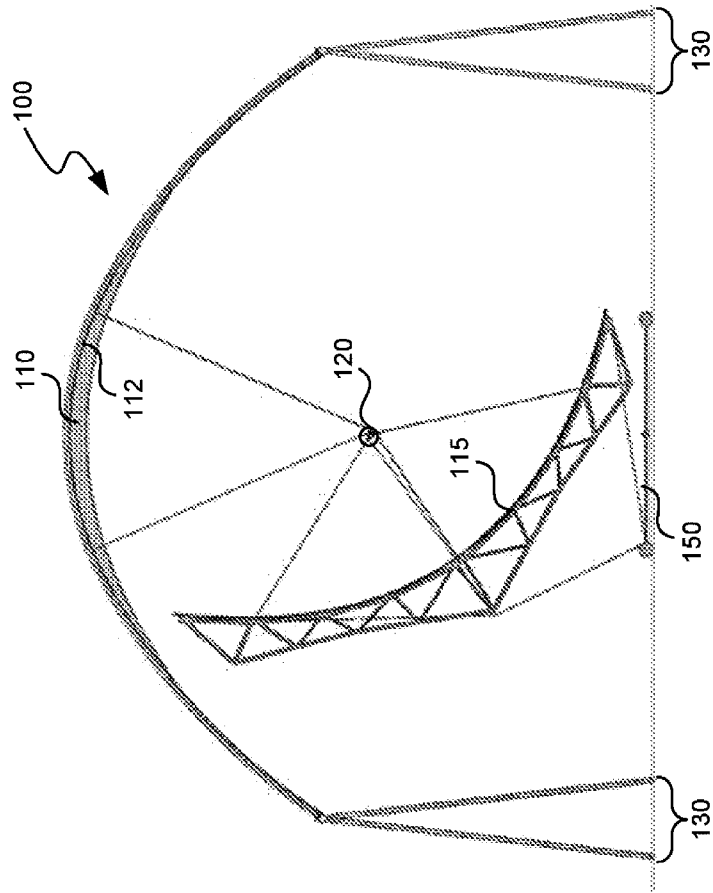


Figura 19B

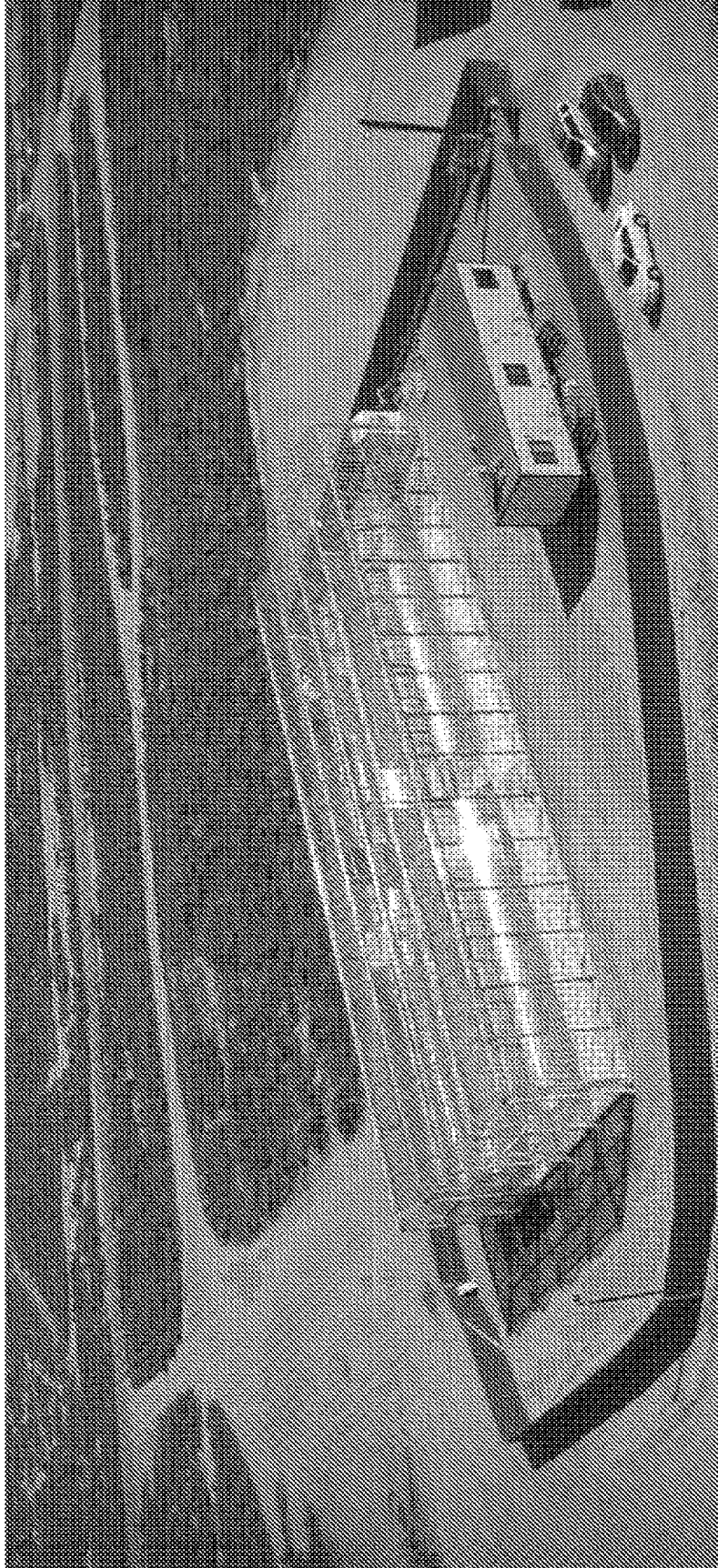


Figura 20A (técnica anterior)

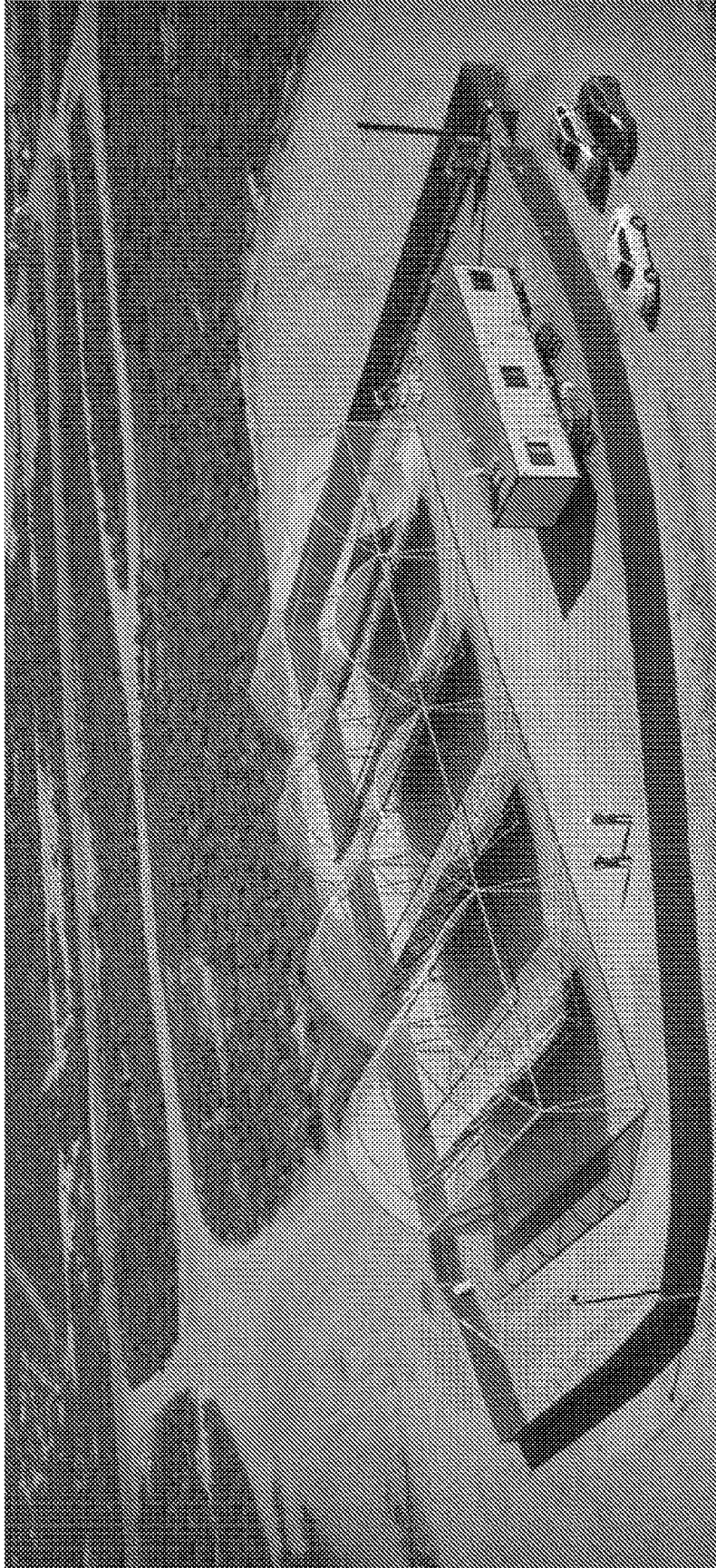


Figura 20B

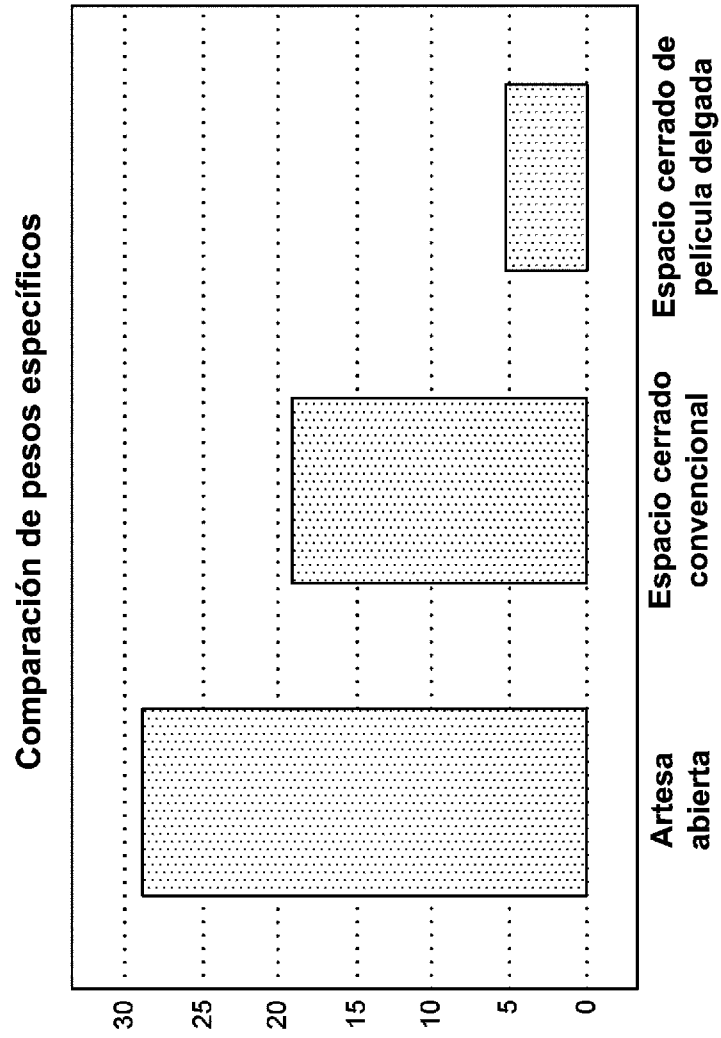


Figura 21

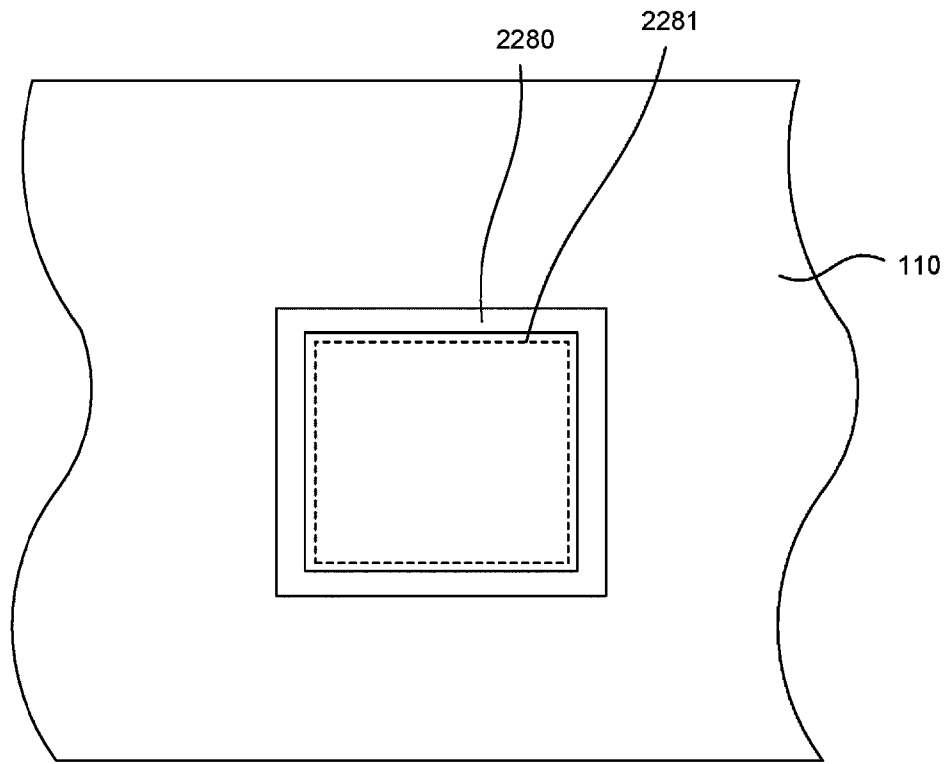


Figura 22A

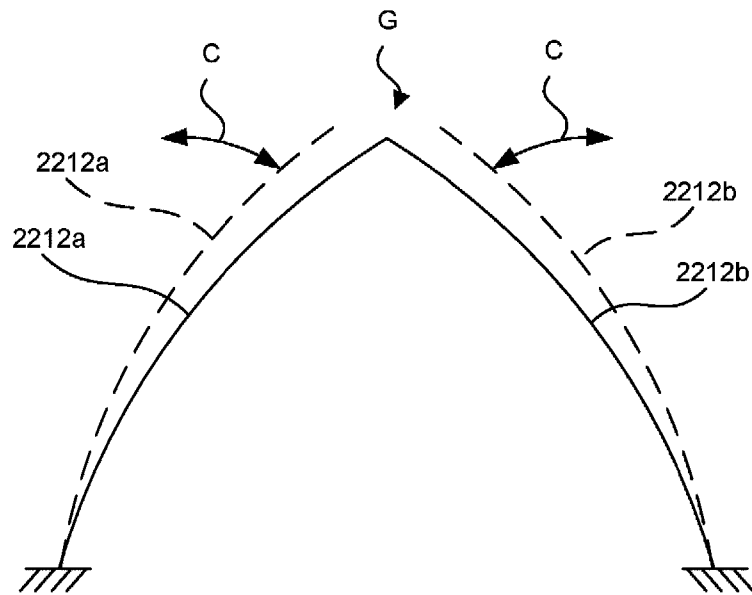


Figura 22B

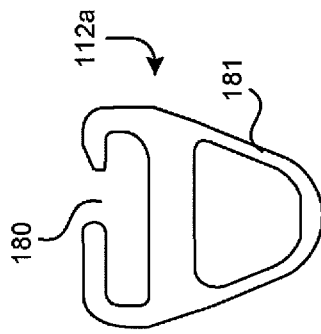


Figure 23A

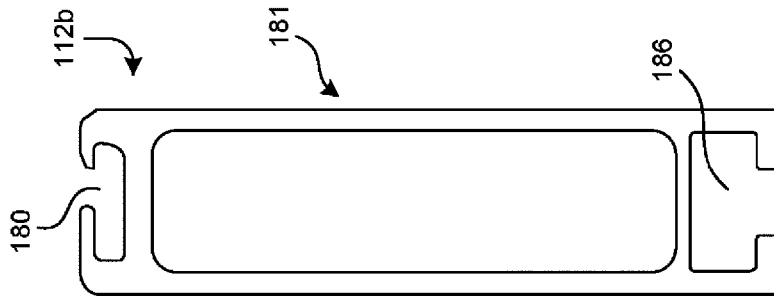


Figure 23B

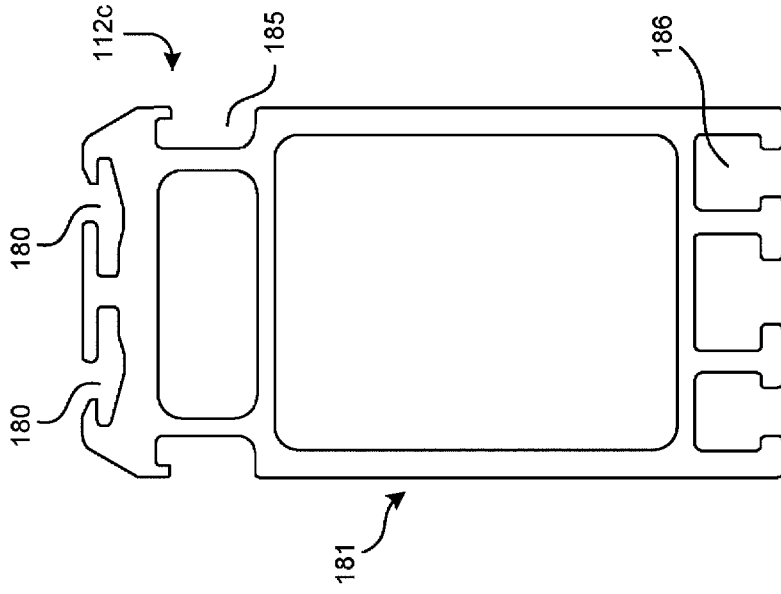


Figure 23C

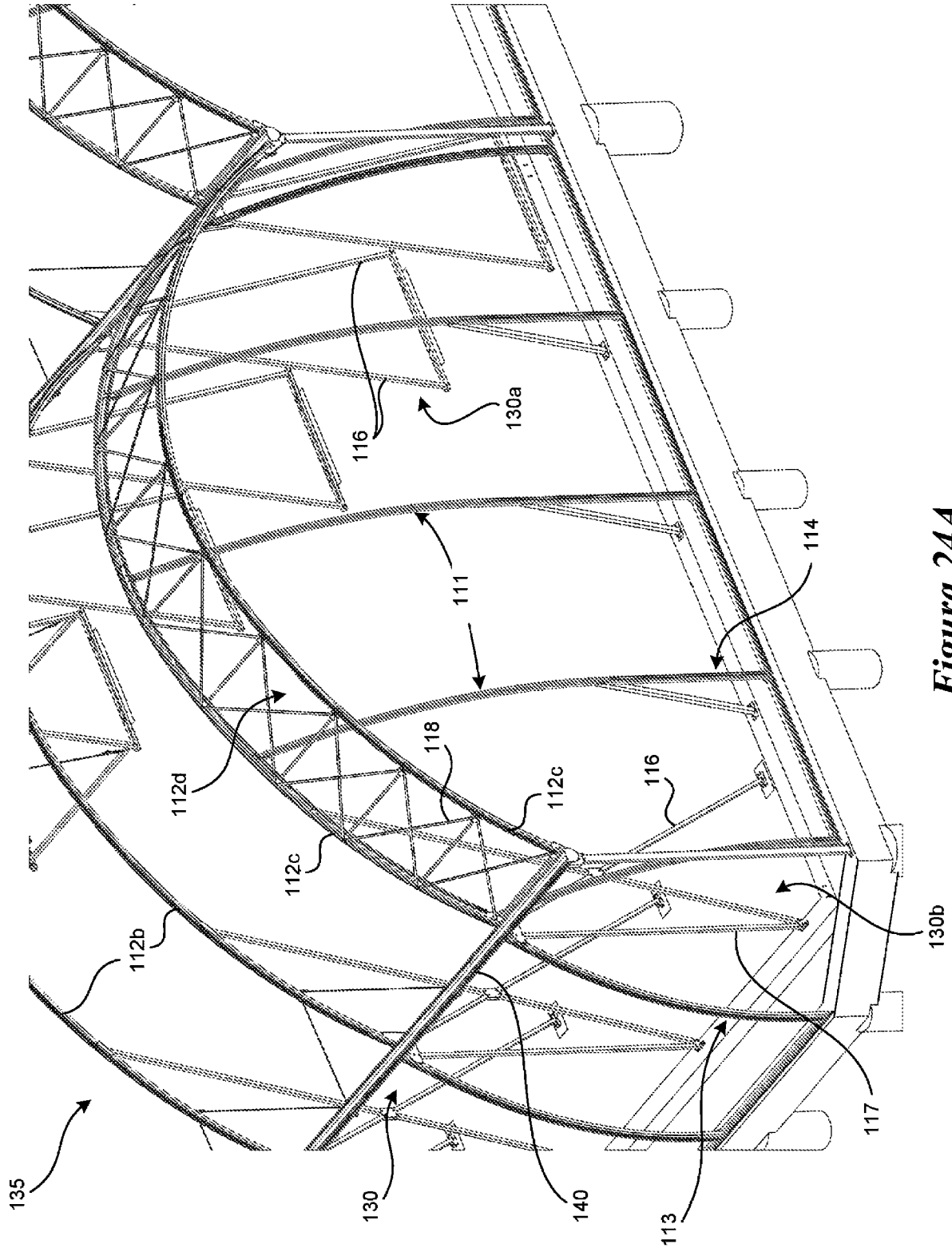


Figura 24A

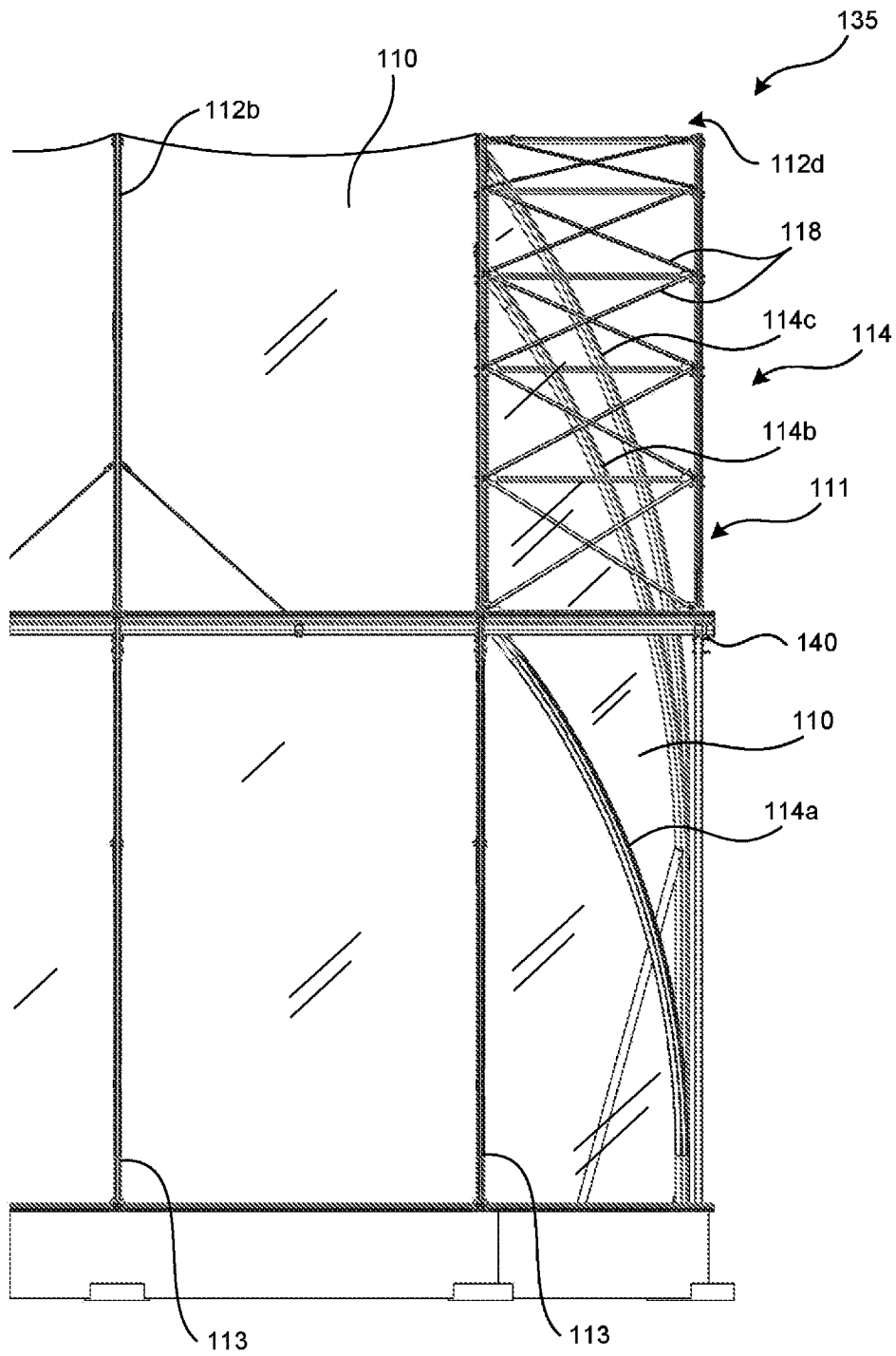


Figura 24B

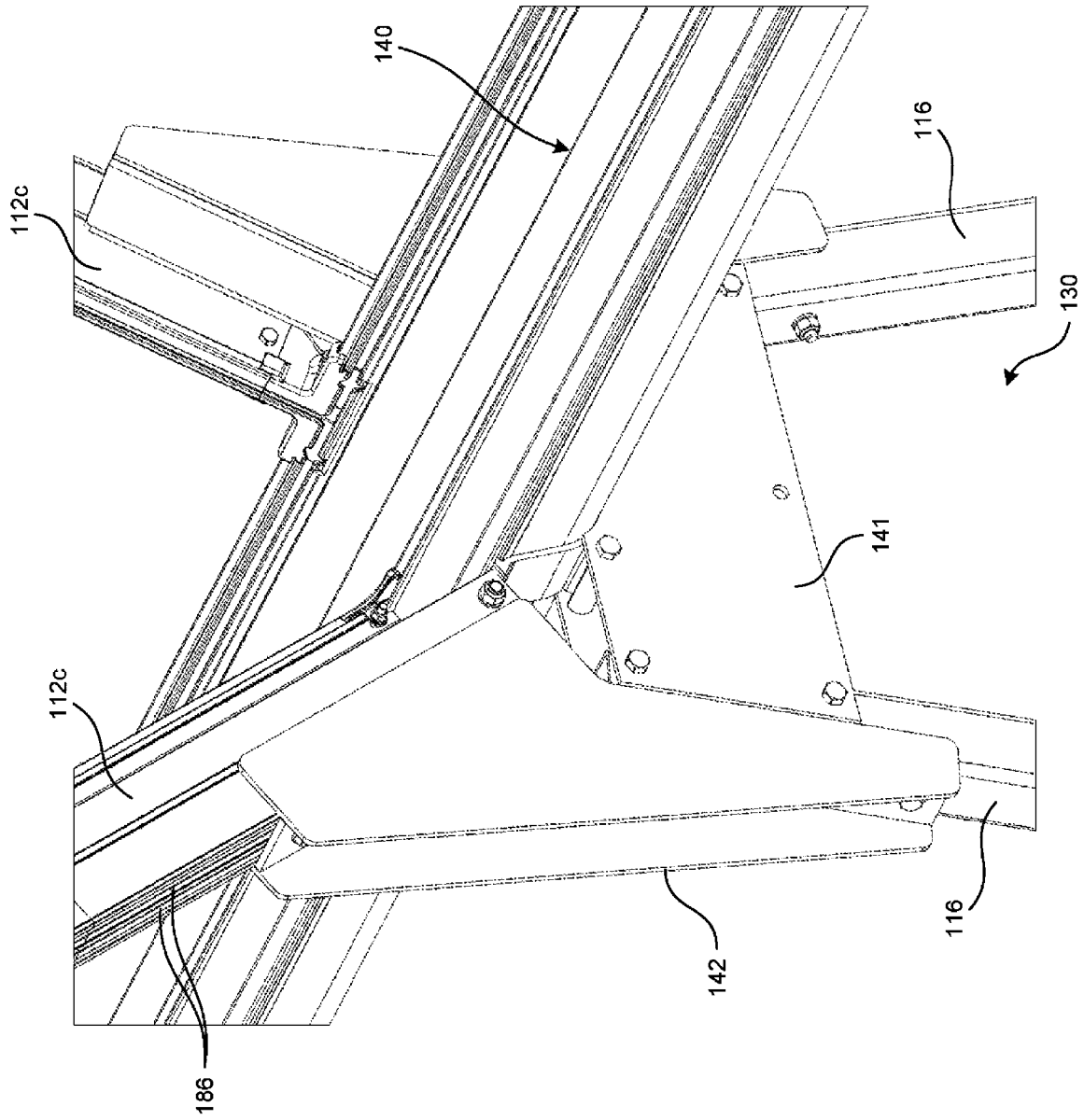


Figure 25A

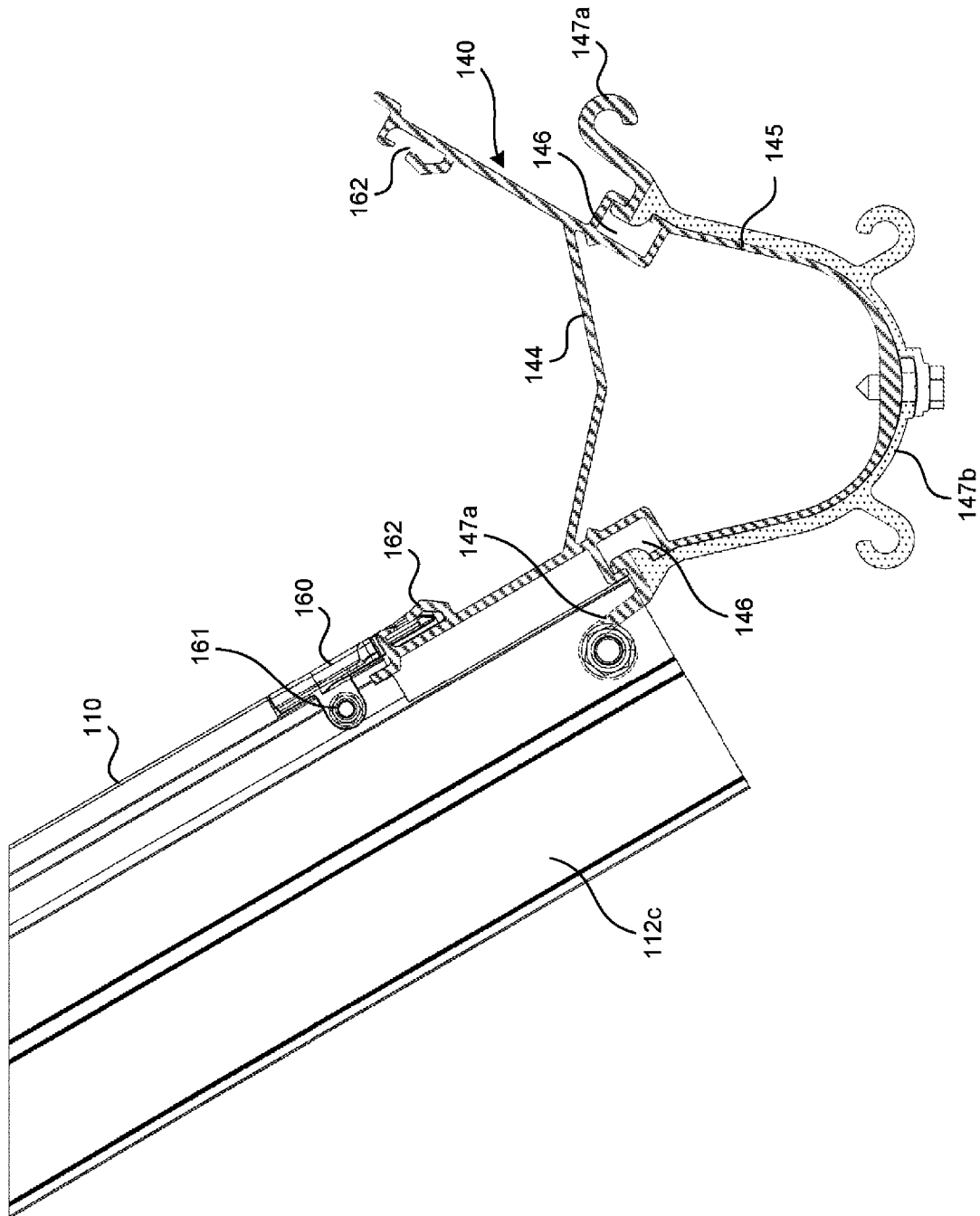


Figura 25B

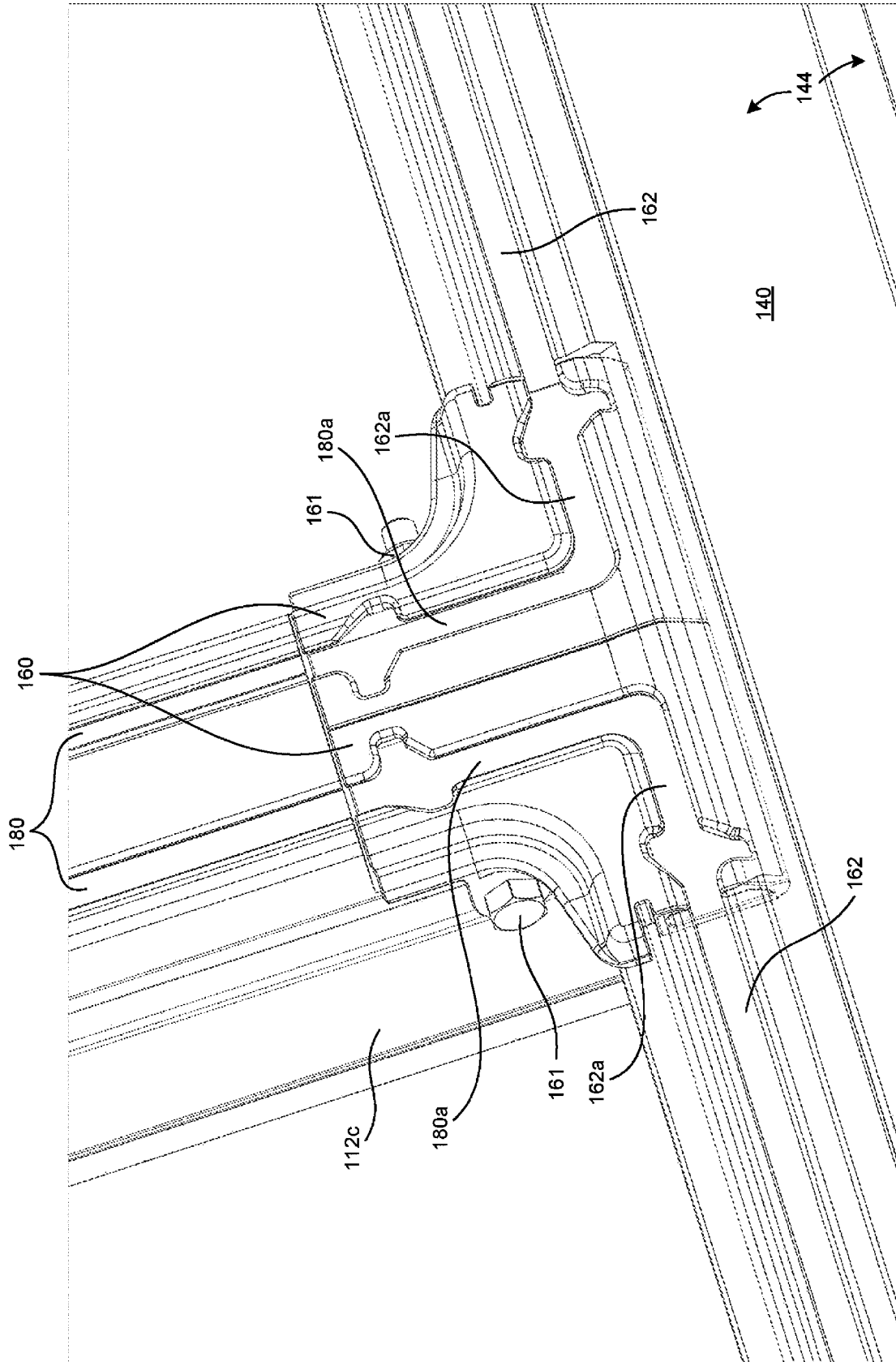


Figura 25C

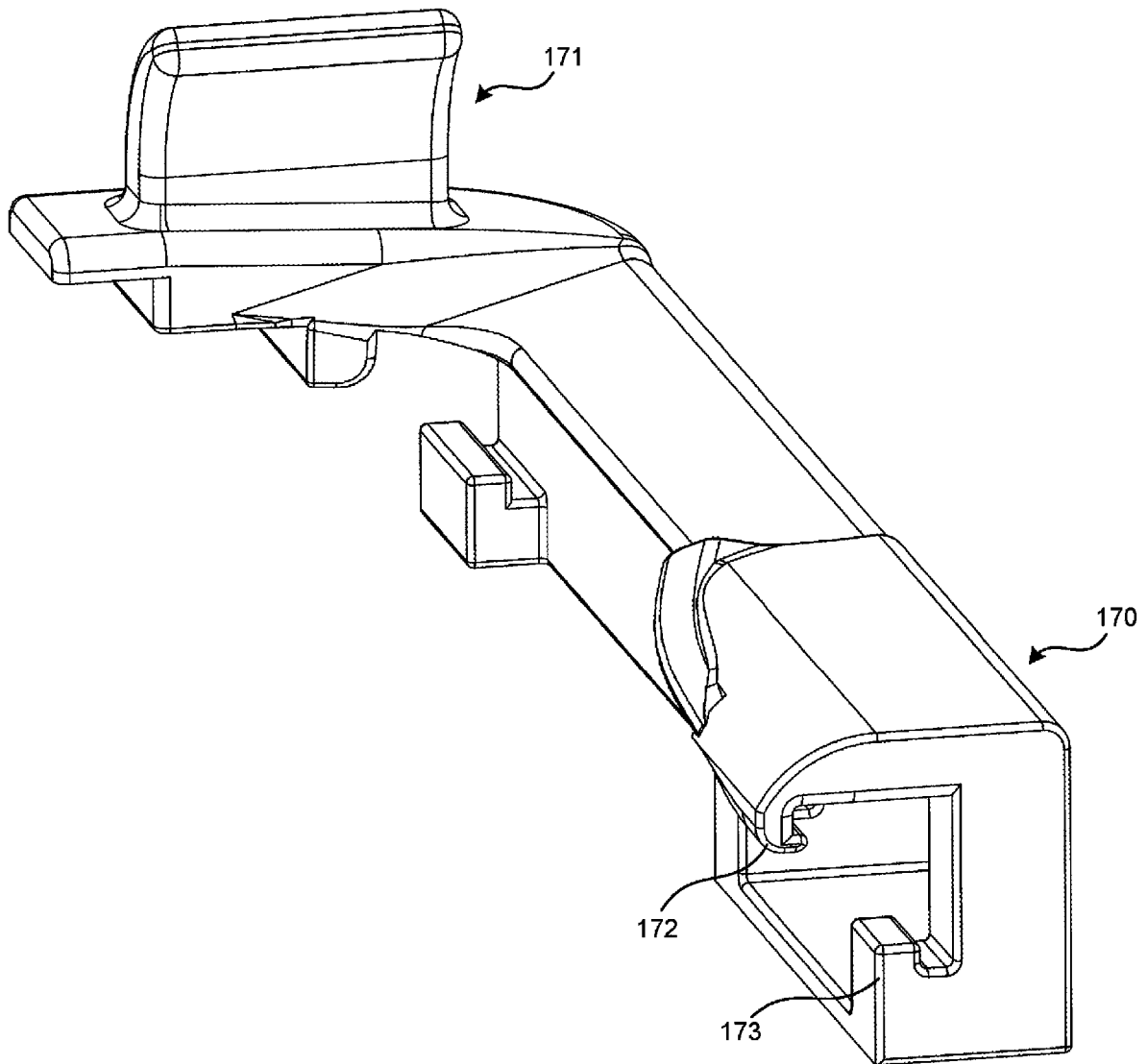


Figura 26A

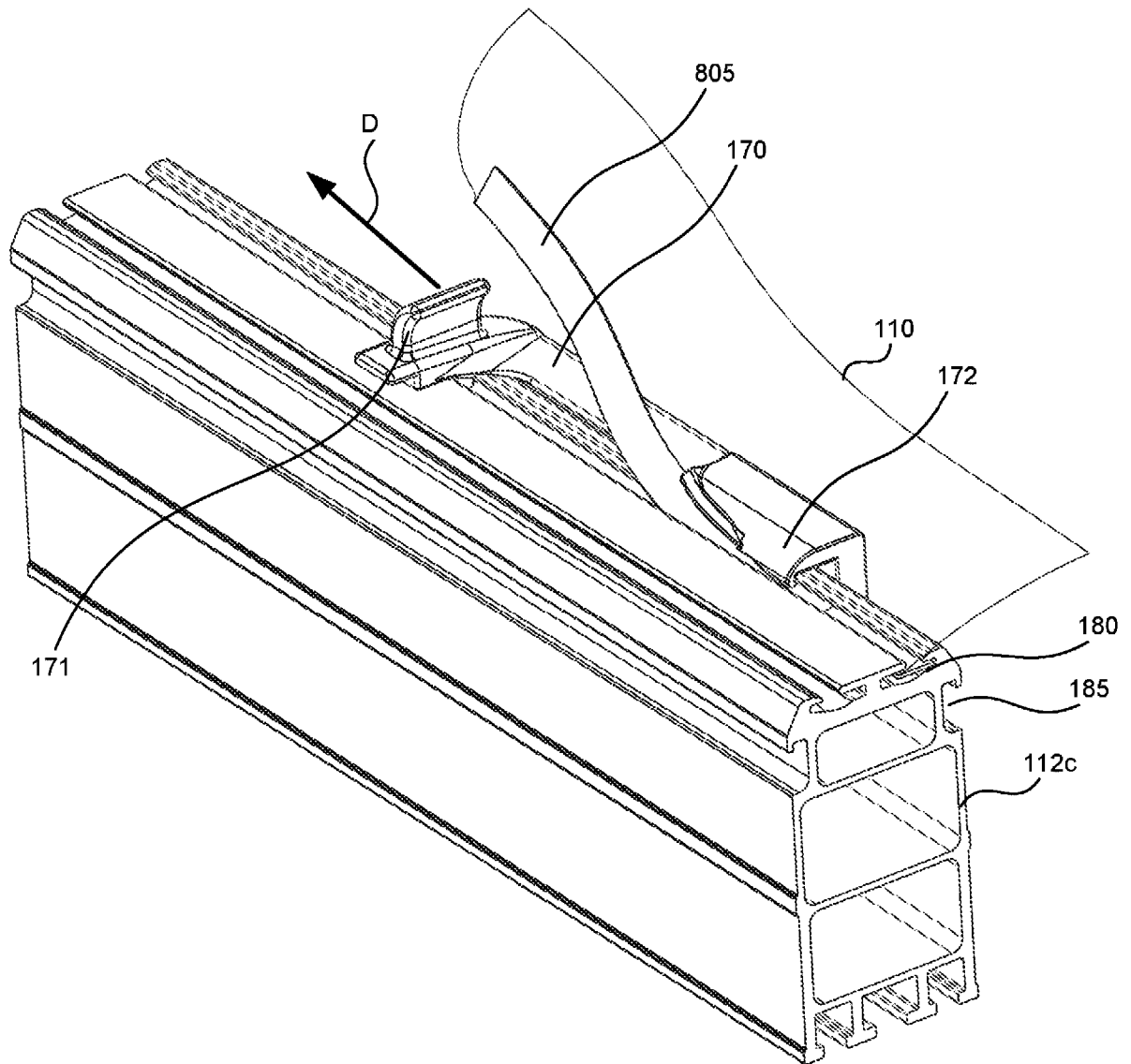


Figura 26B