

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 794 777**

51 Int. Cl.:

F24S 40/55 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2015 PCT/US2015/030778**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15179203**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2015 E 15795991 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 3146275**

54 Título: **Receptor solar que comprende aberturas de luz y una camisa de agua para enfriar las aberturas de luz**

30 Prioridad:

19.05.2014 US 201462000517 P

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

19.11.2020

73 Titular/es:

**THE BABCOCK & WILCOX COMPANY (100.0%)
1200 E. Market Street, Suite 650
Akron, OH 44305, US**

72 Inventor/es:

WASYLUK, DAVID T.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 794 777 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

Receptor solar que comprende aberturas de luz y una camisa de agua para enfriar las aberturas de luz

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de solicitud de patente provisional de Estados Unidos n.º 62/000.517 presentada el 19 de mayo de 2014. El gobierno de los Estados Unidos podría tener determinados derechos sobre esta invención, de conformidad con el número de contrato DE-AC36-08GO28308 entre el Departamento de energía de Estados Unidos y Alliance For Sustainable Energy, LLC. Esta invención se desarrolló al amparo del subcontrato ZGJ-3-23315-01 entre Alliance For Sustainable Energy, LLC. y Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. con el número de contrato DE-AC36-08GO28308.

Antecedentes

15 Lo que sigue se refiere a las técnicas de generación de energía solar y a técnicas relacionadas. En un diseño de concentración solar conocido, un campo de heliostatos concentra la energía solar en un receptor solar (normalmente montado en una torre). Un medio fluido de transferencia térmica fluye a través del receptor solar. Este medio fluido de transferencia térmica absorbe la energía de la luz concentrada y, por lo tanto, se calienta. El medio fluido de transferencia térmica puede utilizarse de diversas maneras, por ejemplo, para alimentar una caldera de lecho fluidizado a fin de generar vapor para accionar un generador eléctrico de turbina.

20 Algunos de estos concentradores solares se describen, a modo de ejemplo ilustrativo, no limitativo, en la Publicación de EE. UU. n.º 2013/0257056 A1 de Ma, publicada el 3 de octubre de 2013, en la Publicación de EE. UU. n.º 2013/0255667 A1 de Ma *et al.*, publicada el 3 de octubre de 2013, y en el documento "Concentrated Solar Power Solids-Based System", con número de serie de EE. UU. 14/250.160 de Maryamchik *et al.*, presentado el 10 de abril de 2014 y publicado como publicación de EE. UU. n.º 2014/0311479 A1.

El documento US 2013/257056 A1 divulga métodos y sistemas de energía solar concentrada.

30 El documento CN 1 847 646 A divulga un método y un sistema de generación de energía solar con convergencia de energía múltiple.

El documento US 4 089 325 A divulga una caldera calentada por energía solar.

Breve resumen

35 En algunas enseñanzas divulgadas en el presente documento, un módulo para un receptor solar comprende: un panel de camisa de agua que tiene un lado receptor de luz y un lado trasero y una cámara impelente sellada y estanca al agua definida entre el lado receptor de luz y el lado trasero; unas aberturas de luz que pasan a través de la cámara impelente sellada y estanca al agua del panel de la camisa de agua para recibir luz desde el lado receptor de luz del panel de la camisa de agua; y unos tubos de canalización de luz acoplados ópticamente a las aberturas de luz y que se extienden alejándose del lado trasero del panel de la camisa de agua.

45 En algunas enseñanzas divulgadas en el presente documento, un receptor solar comprende: tubos de canalización de luz que tienen aberturas en los extremos receptores de luz y se extienden por dentro de un volumen a través del cual fluye un medio de transferencia térmica; y una camisa que contiene las aberturas y que define una cámara impelente a través de la cual fluye un líquido refrigerante distinto al medio de transferencia térmica.

50 De acuerdo con la invención tal y como se divulga en la reivindicación 1, un receptor solar comprende: un conjunto cilíndrico de paneles en donde cada panel incluye aberturas de luz y una cámara impelente estanca al agua dispuesta para enfriar las aberturas de luz, estando las aberturas de luz de cada panel dispuestas para recibir luz desde una cara receptora de luz del panel, estando las caras receptoras de luz de los paneles orientadas hacia afuera desde el conjunto cilíndrico de paneles; una placa trasera cilíndrica situada dentro del conjunto cilíndrico de paneles con un espacio anular, a través del cual está configurado para fluir un medio fluido de transferencia térmica, que está definido entre el conjunto cilíndrico de paneles y la placa trasera cilíndrica; y unos tubos de canalización de luz que tienen unos primeros extremos abiertos conectados a las aberturas de luz del conjunto cilíndrico de paneles y que se extienden por dentro del espacio anular definido entre el conjunto cilíndrico de paneles y la placa trasera cilíndrica y que tienen unos segundos extremos cerrados opuestos a los primeros extremos abiertos.

60 A continuación se describen, de manera más particular, estos y otros objetivos y/o enseñanzas no limitantes de la divulgación.

Los aspectos particulares de la invención se establecen en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

65 La invención puede materializarse en diversos componentes y disposiciones de componentes y en diversas

operaciones del proceso y disposiciones de operaciones del proceso. Los dibujos son tan solo a efectos ilustrativos de unas realizaciones preferidas y no deben considerarse como una limitación de la invención. Esta divulgación incluye los siguientes dibujos.

- 5 La FIGURA 1 muestra esquemáticamente un sistema ilustrativo de concentrador solar, con dibujos detallados ampliados del receptor solar que se muestran en insertos identificados con flechas de bloque.
La FIGURA 2 muestra esquemáticamente una vista lateral de un módulo de receptor solar del receptor solar de la FIGURA 1, con la trayectoria de flujo del medio fluido de transferencia térmica indicado esquemáticamente con una flecha de bloque sombreada.
- 10 Las FIGURAS 3-6 ilustran esquemáticamente aspectos de un conjunto adecuado de un módulo de receptor solar del receptor solar de la FIGURA 1.
La FIGURA 7 muestra una vista ampliada de un tubo de canalización de luz del receptor solar de la FIGURA 1.
La FIGURA 8 muestra una vista en perspectiva de la chapa tubular delantera del receptor solar de la FIGURA 1, con el perímetro interno de la parte estrechada de una abertura mostrada en un inserto.
- 15 La FIGURA 9 muestra esquemáticamente un receptor solar que incluye paneles de camisa de agua para enfriar las aberturas de luz del receptor solar según la invención.
La FIGURA 10 muestra esquemáticamente una vista lateral de un módulo de receptor solar del receptor solar de la FIGURA 9.
La FIGURA 11A muestra una vista lateral de una realización de la abertura de luz de las FIGURAS 9 y 10 que incluye una sección ensanchada y una recta; la FIGURA 11B muestra el extremo ensanchado de la sección ensanchada receptora de luz.
La FIGURA 12 muestra una vista ampliada en sección lateral de una parte del panel de la camisa de agua de las FIGURAS 9 y 10 que incluye dos conjuntos de tubo de abertura de luz/canalización de luz.
La FIGURA 13 muestra una vista ampliada de los bordes colindantes de dos paneles de la camisa de agua del
- 20
25

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

30 Se puede obtener una comprensión más completa de los procesos y aparatos divulgados en el presente documento haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Estas figuras son meras representaciones esquemáticas basadas en la comodidad y la facilidad para presentar la técnica existente y/o el avance actual, y, por lo tanto, no pretenden indicar el tamaño y las dimensiones relativas de los conjuntos o componentes de los mismos.

35 A pesar de que en la siguiente descripción se utilizan términos específicos en aras de una mayor claridad, estos términos tienen por objeto referirse únicamente a la estructura particular de las realizaciones seleccionadas para su ilustración en los dibujos y no pretenden definir o limitar el alcance de la divulgación. A continuación, en los dibujos y en la siguiente descripción, se ha de entender que las designaciones numéricas similares se refieren a componentes con una función similar.

40 Las formas en singular "un", "una" y "el/la" incluyen referentes en plural, a no ser que el contexto indique claramente lo contrario.

45 Un valor modificado por un término o términos, tal como "aproximadamente" y "sustancialmente", no puede limitarse al valor exacto especificado.

Debería apreciarse que muchos de los términos utilizados en el presente documento son términos relativos. Por ejemplo, los términos "interior", "exterior", "hacia adentro" y "hacia afuera" son relativos a un centro y no debería interpretarse que se requiera una orientación o ubicación particular de la estructura.

50 Los términos "horizontal" y "vertical" se utilizan para indicar una dirección relativa a una referencia absoluta, es decir, el nivel del suelo. Sin embargo, no debería interpretarse que estos términos requieran que las estructuras sean absolutamente paralelas o absolutamente perpendiculares entre sí. Por ejemplo, una primera estructura vertical y una segunda estructura vertical no son necesariamente paralelas entre sí.

55 El término "plano" se usa en el presente documento para referirse en general a un nivel común, y debería interpretarse que se refiere a un volumen y no a una superficie plana.

60 En la medida en la que puedan ser necesarias explicaciones de determinada terminología o principios del receptor solar, la caldera y/o el generador de vapor para entender la presente divulgación, el lector puede dirigirse a la obra "Steam: its generation and use", 40ª edición, Stultz y Kitto, Eds., Copyright 1992, The Babcock & Wilcox Company, y a "Steam: its generation and use", 41ª edición, Kitto y Stultz, Eds., Copyright 2005, The Babcock & Wilcox Company.

65 Con referencia a la FIGURA 1, una planta de generación de energía de concentración solar incluye un campo de heliostatos 10 dispuestos sobre un área 12 ocupada por la planta. Los heliostatos 10 están representados esquemáticamente en la FIGURA 1, y típicamente incluyen componentes adecuados (no mostrados) tales como ópticas de formación de haces que típicamente comprenden espejos u otros reflectores y aparatos de orientación de

haces, tales como un sistema motorizado multieje que coopera para capturar la radiación solar que incide sobre el heliostato y conformar la luz en haces de energía 14 que se dirigen hacia un receptor solar 16, funcionando los sistemas motorizados multieje de los heliostatos 10 para seguir el movimiento (aparente) del sol a través del cielo para mantener los haces de luz 14 orientados hacia el receptor solar 16 durante el transcurso del día. (Tal como se utilizan en el presente documento, los términos tales como "luz", "radiación solar" y "energía solar" se usan indistintamente y abarcan toda la energía del sol que es capturada y concentrada por los heliostatos 10 y/u otros componentes referenciados del sistema, independientemente de que dicha energía solar esté en forma de luz visible, luz infrarroja o luz ultravioleta. En el caso de componentes que se calientan por radiación solar, el término "energía" o "energía solar" abarca la energía en forma de calor así generado). En la configuración ilustrada, el receptor solar 16 está montado en una posición elevada en una torre 18 para proporcionar una línea de visión directa, sin obstáculos, entre cada heliostato 10 del campo y el receptor solar 16. Sin embargo, se contemplan otras disposiciones físicas, por ejemplo, una torre podría incluir un sistema de espejo montado en la parte superior que dirija la luz hacia abajo a un receptor solar situado a nivel (o incluso debajo) del suelo (variantes no ilustradas).

Aún con referencia a la FIGURA 1, incluyendo sus insertos, y con referencia adicional a la FIGURA 2, el receptor solar 16, que no es conforme a la invención, comprende un conjunto de módulos tubulares 20 del receptor solar, uno de los cuales se muestra en una vista lateral en la FIGURA 2, donde se ve que el módulo tubular 20 del receptor solar incluye una chapa tubular delantera 22 definida por las aberturas de luz 24 colindantes, unos tubos de canalización de luz 26 conectados a las respectivas aberturas 24 y que se extienden por dentro del módulo tubular 20 del receptor y una placa trasera 28 a la que están conectados los extremos "traseros" de los tubos de canalización de luz 26. A modo de ilustración no limitativa, las aberturas 24 y los tubos de canalización de luz 26 pueden comprender componentes de chapa doblada (por ejemplo, una chapa de acero), tubos estirados, etcétera, y la placa trasera 28 puede comprender una placa metálica (por ejemplo, una placa de acero). Por ejemplo, los tubos de canalización de luz se pueden fabricar mediante un proceso de estirado o estampando dos mitades y uniéndolas con dos soldaduras de costura longitudinal. Tal como se utiliza en el presente documento, se usan los siguientes términos de orientación: el lado "delantero" del módulo 20 del receptor solar está orientado hacia la chapa tubular delantera 22 por donde entra la luz, mientras que el lado "trasero" del módulo 20 del receptor solar es el lado orientado hacia la placa trasera 28. Los tubos de canalización de luz 26 tienen una orientación aproximadamente horizontal, aunque se contempla cierta inclinación de los tubos de canalización de luz 26, por ejemplo, se contempla una inclinación hacia arriba de unos pocos grados, hasta aproximadamente 45°, para alinearse mejor con el ángulo ascendente de los haces de luz 14 que provienen de los heliostatos 10. Un poste de soporte 30 del módulo (por ejemplo, un tubo o varilla de metal) se conecta con la placa trasera 28 y se extiende hacia atrás. Opcionalmente, se proporciona aislamiento y protección 32 en el lado trasero del módulo 20, por ejemplo, en contacto con la placa trasera 28, para reducir la pérdida de calor por el lado trasero del módulo 20.

De nuevo con referencia a los insertos de la FIGURA 1, los módulos 20 del receptor solar se ensamblan para formar el receptor solar 16 como una estructura cilíndrica hueca que tiene una superficie cilíndrica 42 orientada hacia afuera definida por las chapas tubulares delanteras planas 22 colindantes con los módulos 20 del receptor solar colindantes y una superficie cilíndrica 48 orientada hacia dentro definida por las placas traseras curvas 28 colindantes de los módulos 20 colindantes del receptor solar. Las dos superficies cilíndricas 42, 48 definen un espacio anular 50, estando también indicado el espacio 50 para el único módulo 20 del receptor solar que se ha representado en la FIGURA 2. A partir de la FIGURA 2, se apreciará que los tubos de canalización de luz 26 de los módulos del receptor solar se extienden a través del espacio anular 50 entre las dos superficies cilíndricas 42, 48 y que los haces de luz 14 introducen adecuadamente la luz en los tubos de canalización de luz 26 a través de las aberturas 24 en la superficie cilíndrica 42 orientada hacia afuera. Los módulos 20 del receptor solar están soportados adecuadamente por sus respectivos postes de soporte 30 del módulo en un armazón u otra estructura de soporte 52 fijada a la torre 18.

Aún con referencia a las FIGURAS 1 y 2, un medio fluido de transferencia térmica 56 (indicado esquemáticamente en la FIGURA 2 mediante una flecha de bloque sombreada que apunta hacia abajo) fluye generalmente hacia abajo a través del espacio 50 por la fuerza de gravedad. El medio fluido de transferencia térmica 56 fluye así sobre las superficies exteriores de los tubos de canalización de luz 26. Preferentemente, estos tubos 26 están contruidos para absorber la mayor parte de la luz canalizada, por ejemplo, incluyendo revestimientos absorbentes adecuados en sus superficies internas, con un facetado opcional para hacer que la luz se disperse dentro de los tubos de canalización de luz 26 para aumentar el número de oportunidades de absorción, o así sucesivamente. Por lo tanto, la energía solar canalizada a través de los tubos de canalización de luz 26 calienta los tubos 26 y el calor se transfiere entonces al medio fluido de transferencia térmica 56. De esta manera, la energía solar contenida en los haces de luz 14 se convierte en energía calorífica contenida en el medio fluido de transferencia térmica 56 y así la energía solar está contenida en forma de calor en el medio fluido de transferencia térmica 56 que sale por la parte inferior del receptor solar 16.

De nuevo, con referencia particular a la FIGURA 1, el medio fluido de transferencia térmica 56 calentado que sale por la parte inferior del receptor solar 16 puede utilizarse de diversas maneras. En el ejemplo ilustrado, el medio fluido de transferencia térmica 56 calentado que sale por la parte inferior del receptor solar 16 alimenta un silo de almacenamiento 57 y la caldera de lecho fluidizado o intercambiador de calor 58 que se muestra esquemáticamente en la FIGURA 1. El silo de almacenamiento 57 proporciona capacidad de almacenamiento térmico, ya que las

partículas calientes se almacenan en el silo 57 y se pueden utilizar, por ejemplo, para proporcionar energía térmica durante los días nublados o por la noche. El almacenamiento térmico a través del silo 57 desacopla la recolección de energía y la producción de energía, lo que permite una producción de energía continua y gestionable. La caldera de lecho fluidizado o el intercambiador de calor 58 pueden, por ejemplo, comprender una caldera de lecho fluidizado burbujeante (BFB, por sus siglas en inglés de "bubbling fluidized bed") o de lecho fluidizado circulante (CFB, por sus siglas en inglés de "circulating fluidized bed") o un intercambiador de calor, etcétera, en el que el medio fluido de transferencia térmica 56 calentado se dispersa sobre el lecho fluidizado para calentar agua (para formar vapor) u otros fluidos de trabajo tales como aire o CO₂ supercrítico para accionar un ciclo de energía y un generador de turbina (no mostrado) para producir energía eléctrica o realizar otro trabajo útil.

El medio fluido de transferencia térmica 56 es típicamente un medio fluido en partículas, tal como arena de sílice o arcilla de pedernal calcinada (por ejemplo, con un tamaño medio de partícula del orden de unos pocos cientos de micras), aunque no está limitado a las mismas (por ejemplo, se contempla emplear aire como medio fluido de transferencia térmica). En realizaciones típicas en las que el medio fluido de transferencia térmica 56 es un medio fluido en partículas, debe entenderse que este medio fluido en partículas sirve como "fluido" caliente que se dispersa sobre el lecho fluidizado de la caldera de lecho fluidizado o el intercambiador de calor 58. Dicho de otra manera, el término "fluido", tal y como se usa en el presente documento con referencia al medio fluido de transferencia térmica 56, abarca los medios fluidos en partículas.

Con referencia a la FIGURA 1, después de ceder su calor al intercambiador de calor, el medio fluido en partículas retorna adecuadamente a la parte superior del receptor solar 16 mediante cualquier estructura elevadora adecuada, por ejemplo, impulsado por motores, motores diésel, etcétera. El inserto superior de la FIGURA 1 muestra esquemáticamente una estructura de retorno 60 adecuada para este propósito que comprende elevadores de cangilones receptores y una tolva de distribución de sólidos.

Con referencia a la FIGURA 2, la chapa tubular delantera 22 y la placa trasera 28 definen el espacio 50 del módulo 20 del receptor solar a través del cual el medio fluido de transferencia térmica 56 fluye sobre las superficies exteriores de los tubos de canalización de luz 26. Por lo tanto, la chapa tubular delantera 22 y la placa trasera 28 deben sellarse para evitar fugas del medio fluido de transferencia térmica 56 por el exterior del módulo 20. Asimismo, las conexiones de los tubos de canalización de luz 26 a la chapa tubular delantera 22 también deben sellarse para evitar fugas del medio fluido de transferencia térmica 56 hacia el interior de las aberturas 24 o de los tubos de canalización de luz 26, dado que cualquier fuga de este tipo producirá un bloqueo en los tubos de canalización de luz 26 y/o tendrá como resultado un escape del medio fluido de transferencia térmica 56 al exterior del módulo 20 del receptor solar. Asimismo, se apreciará que las interfaces entre los módulos 20 colindantes deben sellarse de manera similar. En otras palabras, las interfaces entre las chapas tubulares delanteras 22 colindantes de la superficie cilíndrica 42 orientada hacia afuera y las interfaces entre las placas traseras 28 colindantes de la superficie cilíndrica 48 orientada hacia dentro deben sellarse para evitar fugas del medio fluido de transferencia térmica 56, para sellarse con el fin de evitar fugas desde el espacio anular 50 del receptor solar 16.

Otra consideración es que el receptor solar 16 experimenta unos ciclos térmicos considerables durante el arranque, apagado, transitorios de nubes y desconexiones de emergencia. En algunas realizaciones contempladas destinadas a operar una caldera de lecho fluidizado o un intercambiador de calor, el medio fluido de transferencia térmica 56 debe calentarse a una temperatura del orden de 800 °C (1470 °F). Por consiguiente, el receptor solar 16 debería ser resistente a los ciclos térmicos en un intervalo de 0 °C-800 °C en algunas realizaciones, y en intervalos de temperatura aún mayores en otras realizaciones contempladas.

Con referencia a las FIGURAS 3-8, se describe un enfoque adecuado para ensamblar el módulo 20 del receptor solar para abordar estos factores de diseño (proporcionar una dilatación térmica de bajas tensiones). Las FIGURAS 3, 5 y 6 ilustran unas vistas esquemáticas en perspectiva de las operaciones de ensamblaje. La FIGURA 4 muestra esquemáticamente unas soldaduras adecuadas utilizadas en la operación representada en la FIGURA 3. La FIGURA 7 muestra una vista en sección lateral esquemática ampliada de un tubo de canalización de luz 26 del módulo receptor solar ensamblado. La FIGURA 8 muestra una vista esquemática en perspectiva de la chapa tubular delantera 22, con el perímetro interno de la parte estrechada de una abertura mostrada en un inserto.

La FIGURA 3 muestra una vista esquemática en perspectiva de una primera operación de ensamblaje en la que un número pequeño (cuatro ilustrativos) de tubos de canalización de luz 26 están soldados a sus respectivas aberturas 24 correspondientes de la chapa tubular delantera 22. Los tubos de canalización de luz 26 soldados se eligen opcionalmente para situarse de manera central y colindante con el fin de minimizar el diferencial de dilatación térmica entre los tubos de canalización de luz 26 soldados, aunque también son adecuadas otras selecciones de los tubos de canalización de luz 26 que se van a soldar. La FIGURA 4 ilustra un enfoque de soldadura adecuado para la operación representada en la FIGURA 3. En este enfoque, cada tubo que se va a soldar se encaja a presión sobre o dentro de la abertura de acoplamiento de la chapa tubular delantera 22 y se forman unos cordones de soldadura 70 mediante un proceso de soldadura adecuado. Algunas superficies interiores 72 pueden no ser accesibles para soldarse en el caso de tubos soldados inmediatamente adyacentes como se muestra en las FIGURAS 3 y 4 (aunque algunas de estas superficies podrían ser accesibles para soldarse si la soldadura se realiza antes de insertar los tubos colindantes). En un enfoque alternativo, se opta por que los tubos soldados estén separados en la matriz, de

modo que se puedan realizar soldaduras simétricas y/o adicionales en cada tubo para proporcionar soporte/rigidez adicional de la chapa tubular delantera, por ejemplo, para resistir ráfagas de viento.

La FIGURA 5 representa una vista en perspectiva esquemática de la siguiente operación en la que los tubos de canalización de luz 26 restantes se insertan en sus aberturas 24 correspondientes, pero no están soldados. Con este fin, como se ve en las FIGURAS 7 y 8, el lado trasero de cada abertura 24 de la chapa tubular delantera 22 incluye una parte estrechada 74 que define un perímetro interior 76 orientado hacia el extremo del tubo de canalización de luz 26. Como se observa en la FIGURA 7, el perímetro externo del tubo de canalización de luz 26 tiene un tamaño ligeramente menor que el perímetro interior 76 complementario de una parte estrechada 74 de la abertura 24, y la inserción del extremo del tubo en la parte estrechada 74 de la abertura 24 forma una junta deslizante 80 (etiquetada en la FIGURA 7) entre el extremo del tubo 26 y la abertura 24. Se contemplan otras configuraciones de junta deslizante. Por ejemplo, el tubo puede tener un diámetro mayor que la parte estrechada de la abertura, en cuyo caso la parte estrechada de la abertura encaja dentro del extremo del tubo. Con respecto a este punto, cabe destacar que los tubos de canalización de luz 26 pueden tener varias formas perimetrales, tales como triangular, circular, cuadrada o romboide, hexagonal regular o ensanchada, etcétera. En el ejemplo ilustrativo de las FIGURAS 3-8, los tubos de canalización de la luz 26 tienen perímetros hexagonales regulares y, por consiguiente, el perímetro interno 76 de la parte estrechada 74 de la abertura 24 es consecuentemente hexagonal, como se ve en el inserto de la FIGURA 8.

En el ejemplo ilustrativo de la FIGURA 8, las aberturas 24 también tienen perímetros hexagonales en el lado delantero de la chapa tubular delantera 22, llevando el estrechamiento de cada abertura 24 al lado de entrada de luz (es decir, delantero) de la abertura 24 que está ensanchada hacia afuera o expandiéndose de una manera aproximadamente cónica. Esto mejora la eficiencia de recolección de luz por la abertura 24. Adicionalmente, al hacer las aberturas 24 con perímetros hexagonales en el lado delantero de la chapa tubular delantera 22, estas pueden formar una estructura de panal como se observa en la FIGURA 8, lo que maximiza el área de recolección de la chapa tubular delantera 22 que recoge la luz en los tubos de canalización de luz 26. Se pueden usar otras geometrías, tales como aberturas circulares, pero tales geometrías resultarán en una "zona muerta" añadida entre las aberturas circulares que no lleva a los tubos de canalización de luz, reduciendo la eficiencia del receptor.

La FIGURA 6 representa la siguiente operación en la que la placa trasera 28 se une a los extremos traseros de los tubos de canalización de luz 26 mediante unas fijaciones 82, que pueden ser, a modo de ejemplo ilustrativo, fijaciones de arandela/tuerca que se conectan con pernos roscados 84 que se extienden desde los extremos traseros de los tubos de canalización de luz 26 (véase la FIGURA 5). Con particular referencia a la FIGURA 7, en una configuración, una tapa de extremo 86 que incluye el muñón roscado 84 se suelda al extremo trasero de los tubos de canalización de luz 26.

En el módulo 20 del receptor solar fabricado de acuerdo con el proceso descrito con referencia a las FIGURAS 3-8, cada tubo de canalización de luz 26 se soporta en voladizo desde la placa trasera 28 por medio de la fijación 82, 84. El extremo delantero del tubo de canalización de luz 26 está restringido lateralmente por la junta deslizante 80, pero es libre de dilatarse o contraerse en dirección axial (es decir, en la dirección del eje del tubo). Esto permite una dilatación térmica independiente para acomodar los tubos que funcionan a diferentes temperaturas y, por lo tanto, se dilatan a diferentes longitudes. En el caso de los tubos de canalización de luz 26 soldados (los de las FIGURAS 3-4), la dilatación térmica de los tubos no se acomoda mediante una junta deslizante, sino que tiene el efecto de mover la chapa tubular delantera 22 hacia afuera (durante la dilatación térmica) o hacia adentro (durante la contracción térmica) en respuesta al calentamiento o enfriamiento, respectivamente, del módulo 20 del receptor solar. Las juntas deslizantes del resto (gran mayoría) de los tubos de canalización de luz dan cabida a cualquier diferencia de dilatación térmica en la matriz de tubos de canalización de luz 26. La chapa tubular delantera 22 está soportada por todos los tubos de canalización de luz 26, pero está sujeta en la dirección axial del tubo solo por los tubos soldados de las FIGURAS 3-4.

En una realización alternativa, se contempla emplear unos tirantes designados separados, (no mostrados) soldados entre la placa trasera 28 y la chapa tubular delantera 22, para proporcionar el soporte direccional axial del tubo, en lugar de obtener este soporte axial soldando los tubos de canalización de luz 26 designados como en la operación de las FIGURAS 3-4. Este enfoque alternativo que emplea tirantes tiene la ventaja de emplear las juntas deslizantes 74 para todos los tubos de canalización de luz 26 (ya que ninguno está soldado a la chapa tubular delantera 22 en esta realización alternativa), pero quizás a costa de que se pierda una zona receptora de luz (es decir, se retiran algunos tubos seleccionados para dejar sitio para los tirantes) para alojar los tirantes designados. Adicionalmente, se debe tener en cuenta el impacto de los tirantes en las trayectorias de flujo del medio fluido de transferencia térmica 56 al realizar análisis térmicos numéricos.

Con referencia particular a las FIGURAS 7 y 8, la chapa tubular delantera 22 proporciona el sello delantero entre los tubos de dentro de un módulo para el espacio 50 (véase la FIGURA 2). Con este fin, se unen los perímetros de abertura hexagonal en el lado delantero de la chapa tubular delantera 22 que forman la estructura de panal que se ve en la FIGURA 8 para crear el sello. En un enfoque contemplado, la chapa tubular delantera 22 se forma perforando aberturas hexagonales correspondientes a las aberturas 24 en una única chapa de metal (por ejemplo, una única chapa de acero) y luego trabajando las aberturas usando herramientas de formación de chapas de metal

para definir la parte estrechada 74.

Con referencia a la FIGURA 7, en otro enfoque contemplado, cada abertura hexagonal 24 está formada por separado a partir de una chapa metálica, siendo los seis lados del perímetro hexagonal unos lados planos 87. Los lados planos 87 de cada par de aberturas colindantes se sueldan luego entre sí para ensamblar la chapa tubular delantera 22. Se contemplan otros enfoques. Por ejemplo, en una variante del enfoque, los lados de uno a cuatro de los segmentos del perímetro hexagonal alrededor del perímetro del módulo son planos y rectos en los segmentos restantes donde colindan dos aberturas. En este caso, solo se sueldan los bordes de cada abertura colindante entre sí para ensamblar la chapa tubular delantera 22. Como otra variante más, se contempla emplear piezas de tapa de tubo separadas o integrales que se sueldan al extremo trasero del tubo o que forman parte del tubo para facilitar la realización de un buen sellado.

En diseños de receptores solares de partículas sólidas, como los de las FIGURAS 1-8, las aberturas ensanchadas 24 (aperturas) de los tubos en la cara exterior del módulo 20 del receptor solar donde la luz entra en los tubos de canalización de luz 26 emplean adecuadamente un recubrimiento reflectante en la superficie interior de las aberturas 24 y las partículas sólidas fluyen sobre el exterior para mantenerlas frescas. Estas aberturas 24 están expuestas a altos niveles de flujo de calor solar concentrado desde el campo de heliostatos 10. El área de flujo de partículas entre las aberturas 24 colindantes consiste en pequeños pasos en forma de V debido a los extremos ensanchados donde se unen entre sí. La capacidad de las partículas para enfriar de manera efectiva las aberturas 24 en esta área es limitada.

En otras realizaciones, en lugar de enfriar las aberturas con partículas sólidas, un método más eficaz divulgado en el presente documento consiste en enfriarlas con agua. La refrigeración por agua puede reducir las temperaturas de funcionamiento del metal y aumentar la vida útil (típicamente 30 años) del receptor. Con temperaturas de funcionamiento del metal más bajas, también se pueden utilizar aleaciones de un grado inferior para las aberturas. Estas ventajas pueden reducir potencialmente los costes de fabricación y mantenimiento y mejorar la fiabilidad.

El receptor solar de la invención se describe con referencia a las FIGURAS 9 y 10. Un receptor solar 120 incluye una cara exterior receptora de luz con aberturas 124 conectadas a unos tubos de canalización de luz 126. El interior de las aberturas es altamente reflectante, por ejemplo, está recubierto con un recubrimiento reflectante especular (preferentemente no difuso) para maximizar la transmisión de luz hacia los tubos. El interior de los tubos debe ser, al menos parcialmente, ópticamente absorbente para transferir la energía luminosa recolectada, y puede estar recubierto, por ejemplo, con diversos recubrimientos absorbentes para controlar la dispersión de la luz a lo largo de toda la longitud del tubo y maximizar la transferencia térmica a las partículas que fluyen alrededor de los tubos por el exterior. De manera más particular, la cara exterior receptora de luz del receptor solar 120 comprende un conjunto de paneles de camisa de agua 130 que forman la circunferencia externa del receptor solar 120. La FIGURA 9 muestra una vista en perspectiva del receptor solar 120 mientras que la FIGURA 10 muestra una vista en sección lateral. En una realización contemplada, cada panel de camisa de agua 130 tiene aproximadamente 3,66 m (12 pies) de anchura y 18,29 m (60 pies) de longitud, lo que permite transportarlos en camiones apilando tales paneles de camisa de agua, aunque se contemplan otras dimensiones. En este ejemplo ilustrativo, doce paneles separados de camisa de agua 130 darían para un receptor de 14,02 m (46 pies) de diámetro; de manera más general, se contempla otro número de paneles. Cada panel de camisa de agua 130 incluye una cara exterior receptora de luz 122 que forma una parte de la cara circunferencial exterior receptora de luz del receptor solar 120. Las aberturas 124 están soldadas entre sí en la cara exterior receptora de luz de la camisa de agua o, como en la realización ilustrada en las FIGURAS 9 y 10, la cara exterior receptora de luz 122 está definida por aberturas 124 soldadas mutuamente que definen así la cara receptora de luz 122. El panel de camisa de agua 130 además incluye una cara interior 132 paralela a (o a lo largo de) la cara exterior receptora de luz 122 y unas paredes de conexión (por ejemplo, las placas laterales 134, la placa superior 136 y una placa inferior 138 ilustradas) que conectan los perímetros externos de la cara exterior receptora de luz 122 y la cara interior 132 para definir una cámara impelente 140 del panel de camisa de agua 130. La cara interior 132 está situada entre la cara exterior receptora de luz 122 y una placa trasera cilíndrica o curvada 128 del receptor solar 120. (La placa trasera 128 es equivalente a la placa trasera 28 de la realización de las FIGURAS 2, 6 y 7). La cara interior 132 del panel de camisa de agua 130 típicamente está relativamente más cerca de la cara exterior receptora de luz 122 en comparación con la placa trasera 128 del receptor solar para definir la cámara impelente 140 de la camisa de agua 130 como una cámara impelente relativamente fina (o espacio anular externo 140 en un receptor solar cilíndrico ensamblado) próxima a (o que abarca) las aberturas 124. En comparación, se forma un espacio sellado 150 relativamente más grueso (o espacio anular interno en un receptor solar cilíndrico ensamblado 120) entre la cara interior 132 de la camisa de agua 130 y la placa trasera cilíndrica o curvada 128 a través del cual fluyen las partículas de transferencia térmica (o de manera más general, el medio fluido de transferencia térmica 56). El espacio 150 corresponde al espacio 50 del receptor solar de la realización de las FIGURAS 1-2, mientras que el medio fluido de transferencia térmica 56 corresponde al medio fluido de transferencia térmica 56 de la realización de la FIGURA 2. El agua 151 se bombea a través de cada uno de los doce paneles ilustrativos de la camisa de agua 130 en paralelo (debe entenderse que el número de paneles puede ser distinto a los doce paneles del ejemplo ilustrativo), entra por la parte inferior a través de las entradas de agua 152, fluye a través de la cámara impelente 140 definida entre la cara exterior receptora de luz 122 y la cara interior 132, y sale por la parte superior a través de las salidas de agua 154 como agua caliente 155 libre de vapor (aunque también se contemplan diseños que proporcionan cierta conversión al vapor). El flujo de agua de

abajo hacia arriba, como se ilustra, aplica ventajosamente un enfriamiento máximo en la parte inferior del receptor solar 120, donde el medio fluido de transferencia térmica 56 hacia abajo está más caliente debido a que ha adquirido calor en el tránsito a través del receptor solar 120, y menos frío cerca de la parte superior del receptor solar 120 donde el medio de transferencia de calor 56 está más frío. También se contempla el flujo de agua a través de los paneles de la camisa de agua 130 mediante una circulación natural (sin bombas). El agua calentada 155 se utiliza opcionalmente como agua de alimentación precalentada en el ciclo de generación de energía para aumentar la eficiencia de la planta.

Con referencia a las FIGURAS 11-12, en un proceso de fabricación adecuado, cada abertura 124 incluye un extremo receptor de luz ensanchado 160 con sección transversal hexagonal y un extremo recto 162 también con una sección transversal hexagonal. La FIGURA 11A muestra una vista lateral de la abertura 124 que incluye secciones tanto rectas 162 como ensanchadas 160, mientras que la FIGURA 11B muestra el extremo ensanchado 160E de la sección de recepción de luz ensanchada 160. En un enfoque, las aberturas 124 se estampan individualmente a partir de una chapa metálica, como se muestra en las FIGURAS 11A y 11B. Tal como se muestra en la FIGURA 12, el extremo recto 162 de cada abertura 124 está unido por una soldadura autógena o una soldadura fuerte a la placa interior curvada 132 con orificios hexagonales para proporcionar un sello estanco al agua. El extremo recto 162 de la abertura 124 sobresale a través de la placa interior 132 y soporta el tubo de canalización de luz hexagonal 126 que se encaja a presión en la abertura del extremo recto 162. En la FIGURA 12, el extremo abierto del tubo de canalización de luz 126 encaja dentro del extremo recto 162. Este diseño es ventajoso porque el calentamiento del tubo de canalización de luz 126 hace que se dilate térmicamente más que la abertura 124 más fría, haciendo que el ajuste se apriete más y reduciendo la posibilidad de que se afloje. En el ejemplo ilustrativo de las FIGURAS 10 y 12, los tubos 126 no están soportados por, o conectados a, la placa trasera 128, sino que tienen extremos libres, como se muestra en las FIGURAS 10 y 12. La camisa de agua 130 lleva los tubos 126 y se dilata hacia abajo mucho menos que la placa trasera 128 debido al enfriamiento de agua. La camisa de agua 130 funciona a una temperatura más baja debido al enfriamiento de agua en comparación con la placa trasera 128 que opera aproximadamente a la temperatura de las partículas calientes 56. Al estar los tubos 126 soportados en voladizo desde los primeros extremos conectados a la camisa de agua 130, en lugar de tener sus segundos extremos (es decir, "traseros") conectados a la placa trasera, ventajosamente se puede dar cabida a la diferencia de dilatación térmica de la camisa de agua 130 con respecto a la placa trasera 128. Los extremos 160E de las secciones ensanchadas receptoras de luz de las aberturas 124 colindantes están unidos mediante una soldadura autógena o una soldadura fuerte para formar un sello estanco al agua en la cara exterior de la camisa de agua (es decir, para formar la cara exterior receptora de luz 122). Pueden formarse unas pestañas 160r (mostradas en las FIGURAS 11A y 12) u otras características de unión en los extremos ensanchados 160E de las secciones de recepción de luz 160 para facilitar la soldadura y aumentar el tamaño del paso de flujo en forma de V en el lado del agua para una mejor refrigeración. La cara receptora de luz 122 además incluye una placa de cierre del perímetro exterior 164 (véase la FIGURA 9 y la vista ampliada de la FIGURA 13) que define el perímetro rectangular de la cara exterior receptora de luz 122 de cada panel de la camisa de agua 130. Tal como se muestra en la FIGURA 9, cada panel de la camisa de agua 130 tiene también dos placas laterales 134, una placa superior 136 y una placa inferior 138 para completar el cerramiento. La placa de cierre del perímetro exterior 164 alrededor del perímetro del panel de la camisa de agua 130 está recubierta con un recubrimiento reflectante (que puede ser el mismo recubrimiento reflectante que se aplica en el interior de la abertura 124) para reducir la potencial producción de vapor y puntos calientes. Los lados exteriores de las placas superior, inferior, lateral e interior no están recubiertos.

De nuevo con referencia a la FIGURA 9, en una disposición de montaje adecuada, cada panel de la camisa de agua 130 está soportado por arriba por unas barras de soporte 182 desde el marco de soporte del receptor (por ejemplo, el armazón u otra estructura de soporte 52 fijada a la torre 18, como se muestra en la FIGURA 1) y unos topes contra los lados verticales de los paneles colindantes de la camisa de agua, como se muestra en la FIGURA 9 para formar el receptor solar cilíndrico 120. En una realización contemplada, los paneles de la camisa de agua 130 no están soldados entre sí en las placas adyacentes de cierre del perímetro exterior 164 para no dañar el revestimiento, sino que se sueldan unos a otros por la cara interior 132 de la camisa de agua en las placas laterales 134 colindantes usando una tira de sellado 170. En un enfoque, la tira de sellado 170 se suelda en fábrica a un panel y se suelda sobre el terreno al panel adyacente durante el montaje sobre el terreno, evitando así que se filtren partículas sólidas fuera del receptor 120 a los espacios entre los paneles adyacentes de la camisa de agua 130. Ventajosamente, los paneles de la camisa de agua 130 pueden cubrir toda la altura sin riesgo de distorsión térmica y arqueamiento porque están diseñados para funcionar a temperaturas bajas y uniformes (debido al enfriamiento con agua). Las temperaturas superficiales más bajas también reducen las pérdidas térmicas y aumentan la eficiencia del receptor solar 120.

Al igual que en las realizaciones ilustrativas de las FIGURAS 1-8, los tubos hexagonales 126 están dispuestos en una disposición cilíndrica de tubos hexagonales 126 orientados radialmente donde la energía solar concentrada entra por los extremos ensanchados 160E y se refleja en el interior de cada tubo de canalización de luz 126. Las partículas sólidas frías 56 entran por la parte superior del receptor solar 120 y fluyen hacia abajo a través del anillo de partículas 150 (es decir, al espacio anular 150 a través del cual fluyen las partículas de transferencia térmica 56 u otro medio de transferencia térmica) sobre los tubos hexagonales 126 para absorber la energía solar y salen por la parte inferior del receptor solar 120 como partículas calientes para almacenarse posteriormente y utilizarse como fuente de calor para el ciclo de generación de energía, por ejemplo, como ya se ha descrito con referencia a la

FIGURA 1.

De nuevo con referencia a las FIGURAS 9 y 10, la pared externa del anillo de partículas 150 está formada adecuadamente por la cara interior 132 del panel de la camisa de agua 130, como se muestra en la FIGURA 10. Las realizaciones adecuadas de la pared interna (es decir, la placa trasera 128) del anillo de partículas 150 son como las que se describe en las realizaciones de las FIGURAS 1-8, y la pared interna 128 es básicamente un gran cilindro hueco, que en una realización también está soportado por las barras de soporte superior 180 y en un enfoque adecuado puede fabricarse a partir de una placa laminada con una soldadura de costura longitudinal. En algunas realizaciones, la pared interna 128 del anillo de partículas 150 es una pieza separada, no conectada a la camisa de agua o tubos hexagonales, porque opera a temperaturas significativamente más altas (aproximadamente iguales a las temperaturas de las partículas) y, por lo tanto, se dilata hacia abajo más que la camisa de agua 130. En este enfoque, las camisas de agua 130 están suspendidas por separado por las barras de soporte superiores 182. Tanto la camisa de agua 130 como el diámetro interno (DI) del anillo de partículas 150 (es decir, la placa trasera 128 suspendida por separado) pueden estar apuntalados lateralmente a la estructura de soporte 52 en la parte inferior para resistir ráfagas de viento y cargas sísmicas, por ejemplo, utilizando un sistema amortiguador 190, mostrado en la FIGURA 10, que permite una dilatación térmica descendente independiente, guiada, pero libre, de la camisa de agua 130 y la pared interna 128.

La camisa de agua 130 de las realizaciones de las FIGURAS 9-13 ofrece diversas ventajas y beneficios, incluyendo (pero sin limitación): reducción significativa de las temperaturas operativas del metal de las aberturas 124, reduciendo así el riesgo y aumentando la fiabilidad; utilización de recubrimientos reflectantes, convencionales, probados y listos para su uso dentro de las aberturas 124, lo que reduce los costes de desarrollo y de materiales y reduce riesgos en el rendimiento y la durabilidad; eliminación del sello de partículas entre módulos en la cara exterior; reducción de las pérdidas térmicas del receptor solar debido a que el diámetro exterior (DE) del receptor opera a temperaturas superficiales significativamente más bajas, lo que resulta en una mayor eficiencia del receptor, lo que permite un campo de heliostatos más pequeño y de menor coste; posibilidad de utilizar el calor absorbido por el agua en el ciclo de generación de energía para aumentar la eficiencia de la planta; temperaturas operativas más bajas del metal de las aberturas que facilitan la utilización de materiales de baja aleación o acero al carbono, lo que resulta en una mayor factibilidad de fabricación y reducción de costes; y temperaturas más bajas de las aberturas que pueden facilitar la utilización de juntas unidas con soldadura fuerte, lo que puede reducir significativamente los costes de fabricación en comparación con la soldadura autógena.

Si bien en los ejemplos ilustrativos se emplea agua como fluido refrigerante de la camisa, se contempla el empleo de otros fluidos refrigerantes (distintos al medio de transferencia térmica) tales como mezclas bifásicas de agua y vapor, flujo de aire forzado, etc.

Se han descrito realizaciones ilustrativas que incluyen las realizaciones preferidas. Si bien se han mostrado y descrito en detalle realizaciones específicas para ilustrar la aplicación y los principios de la invención, así como los métodos, se entenderá que no se pretende que la presente invención se limite a las mismas y que la invención puede realizarse de otra manera sin apartarse de tales principios. Por consiguiente, todos los cambios y realizaciones de este tipo quedan debidamente incluidas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Obviamente, a aquellos que lean y entiendan la descripción detallada anterior, se les podrán ocurrir modificaciones y alteraciones de la misma. Se pretende que se interprete que la presente divulgación incluye todas estas modificaciones y alteraciones en la medida en que estén incluidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un receptor solar (120) que comprende:

5 un conjunto cilíndrico de paneles (130) en donde cada panel incluye aberturas de luz (124) y una cámara impelente estanca al agua (140) dispuesta para enfriar las aberturas de luz, estando las aberturas de luz de cada panel dispuestas para recibir luz desde una cara receptora de luz (122) del panel, estando las caras receptoras de luz de los paneles orientadas hacia afuera desde el conjunto cilíndrico de paneles;
10 una placa trasera cilíndrica (128) situada dentro del conjunto cilíndrico de paneles con un espacio anular (150) a través del cual está configurado para fluir un medio fluido de transferencia térmica, que está definido entre el conjunto cilíndrico de paneles y la placa trasera cilíndrica; y
unos tubos de canalización de luz (126) que tienen unos primeros extremos abiertos conectados a las aberturas de luz del conjunto cilíndrico de paneles y que se extienden por dentro del espacio anular definido entre el conjunto cilíndrico de paneles y la placa trasera cilíndrica y que tienen unos segundos extremos cerrados opuestos a los primeros extremos abiertos.

2. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde las aberturas de luz (124) de cada panel (130) están soldadas entre sí para formar al menos una parte de la cara receptora de luz del panel.

20 3. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde cada panel (130) del conjunto cilíndrico de paneles además incluye unas placas trasera, lateral, superior e inferior, cuyos perímetros están conectados para definir la cámara impelente estanca al agua (140).

25 4. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde los segundos extremos cerrados de los tubos de canalización de luz (126) no están conectados a la placa trasera cilíndrica (128).

30 5. El receptor solar de la reivindicación 4, en donde el conjunto cilíndrico de paneles (130) y la placa trasera cilíndrica (128) están soportados por separado y en donde el receptor solar opcionalmente comprende amortiguadores dispuestos entre el conjunto cilíndrico de paneles y la placa trasera cilíndrica para mantener el espacio anular (150) definido entre el conjunto cilíndrico de paneles y la placa trasera cilíndrica.

6. El receptor solar de la reivindicación 1, en donde los paneles adyacentes (130) del conjunto cilíndrico de paneles están soldados entre sí por sus bordes colindantes.

35 7. Un método para operar un receptor solar como el que se ha indicado en la reivindicación 1, comprendiendo el método hacer fluir un medio de transferencia de calor hacia abajo a través del espacio anular (150) y uno de:

40 (1) bombear un fluido refrigerante que comprende agua hacia arriba a través de la cámara impelente (140), y
(2) proporcionar un flujo de circulación natural de fluido refrigerante que comprende un flujo de agua ascendente a través de la cámara impelente (140).

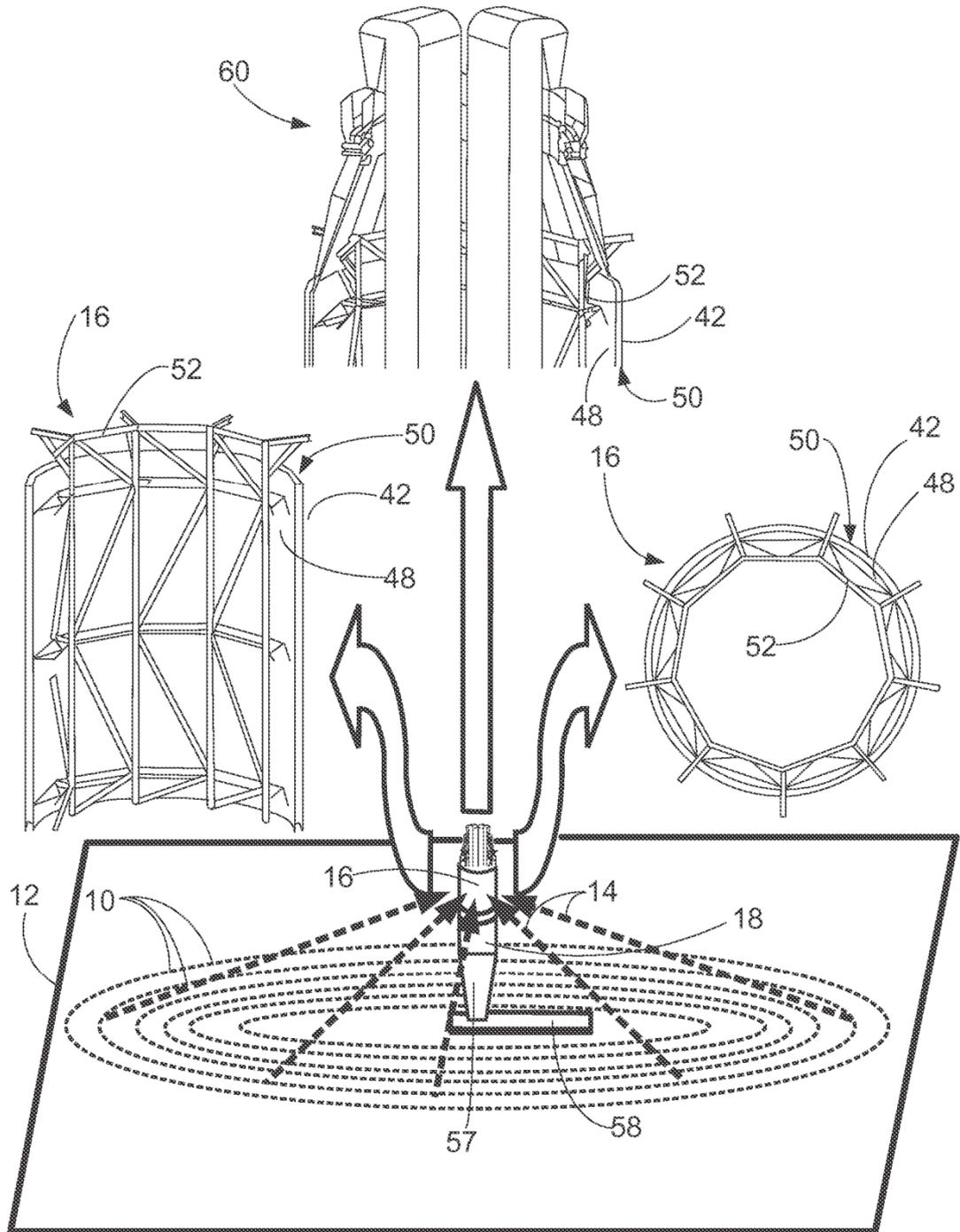


FIG. 1

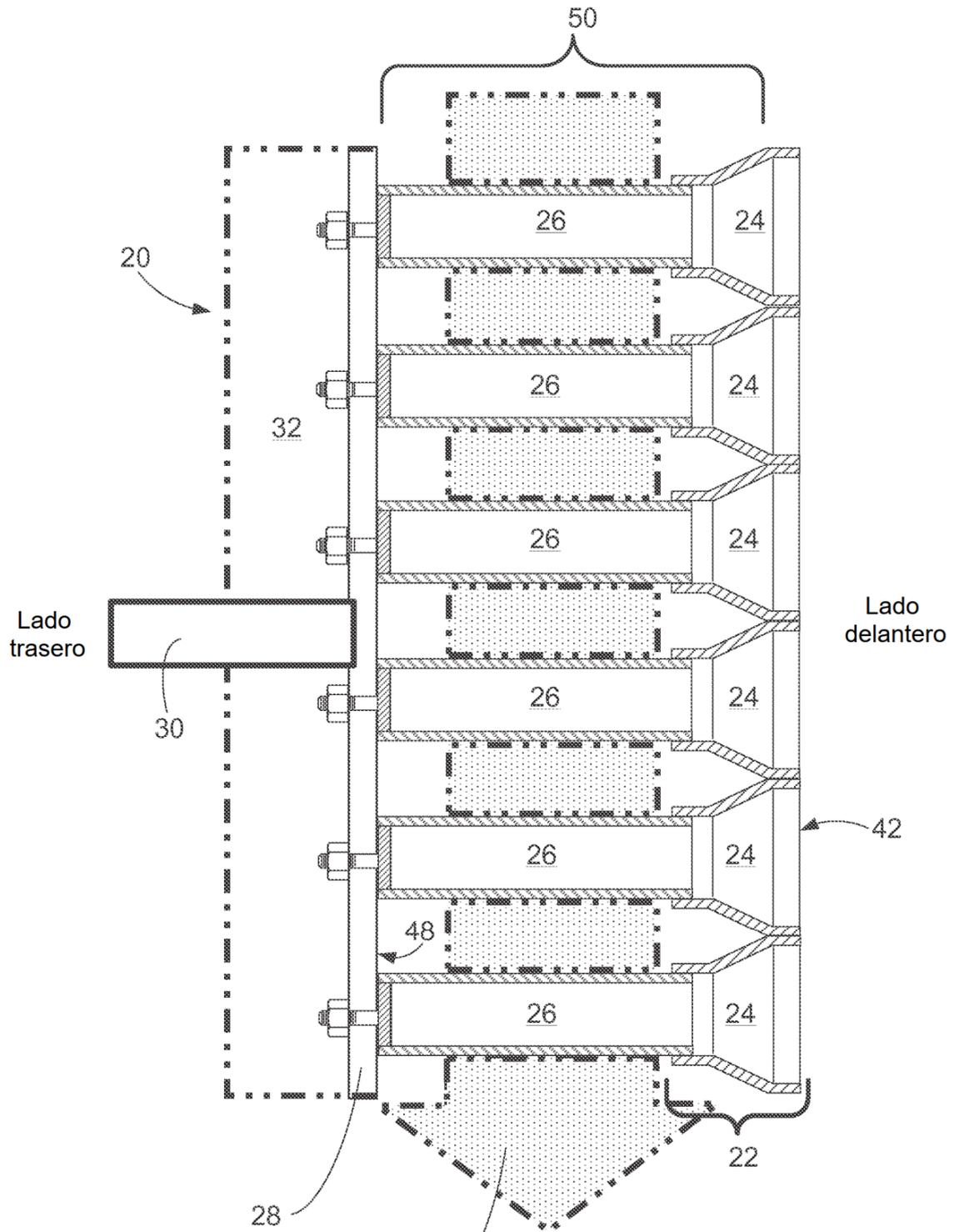


FIG. 2

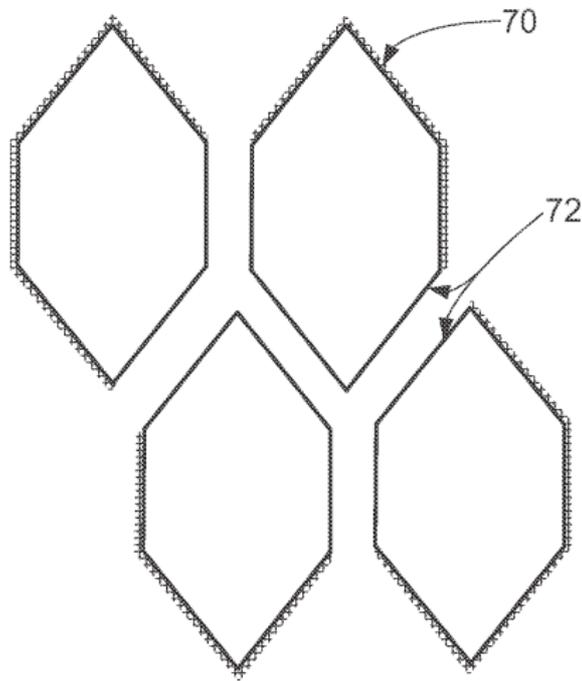
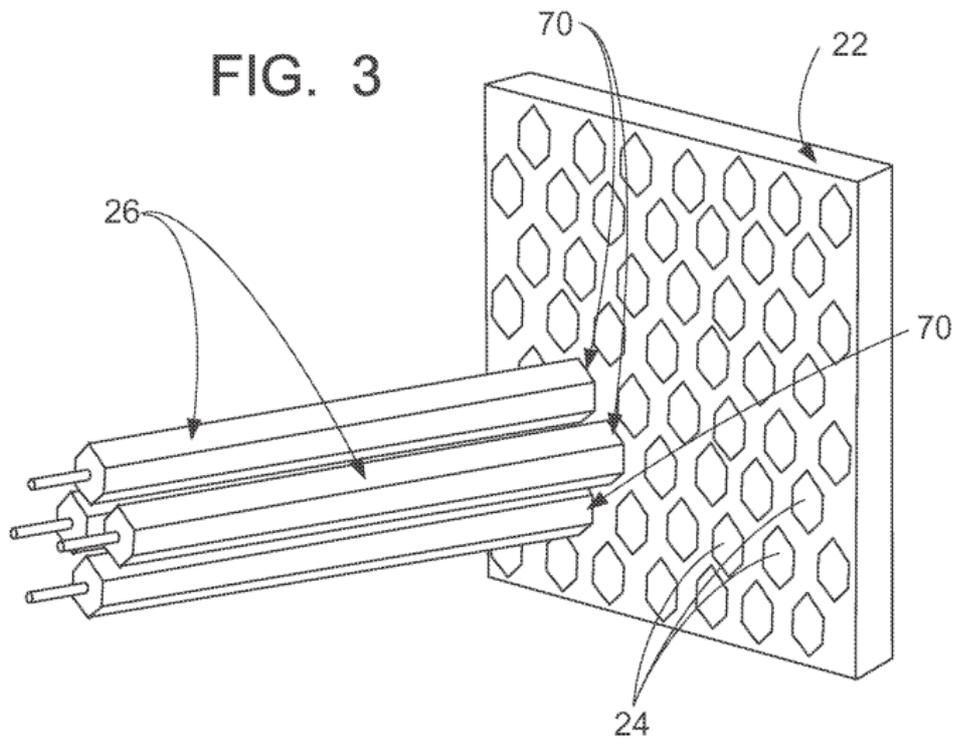


FIG. 4

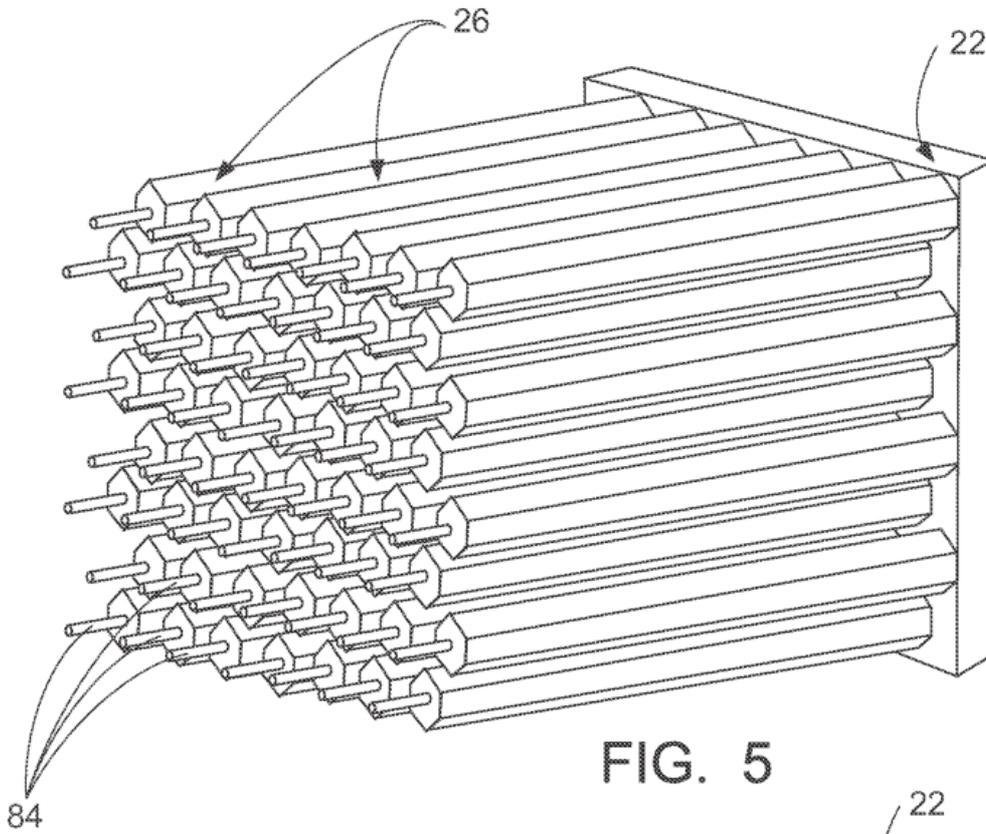


FIG. 5

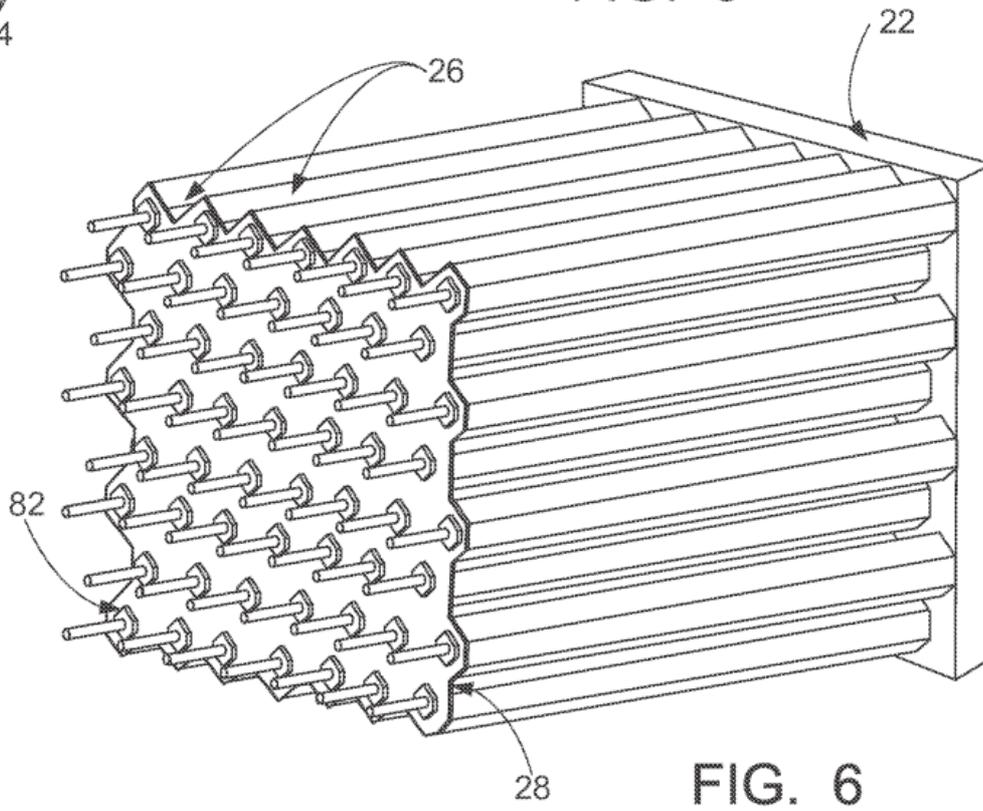


FIG. 6

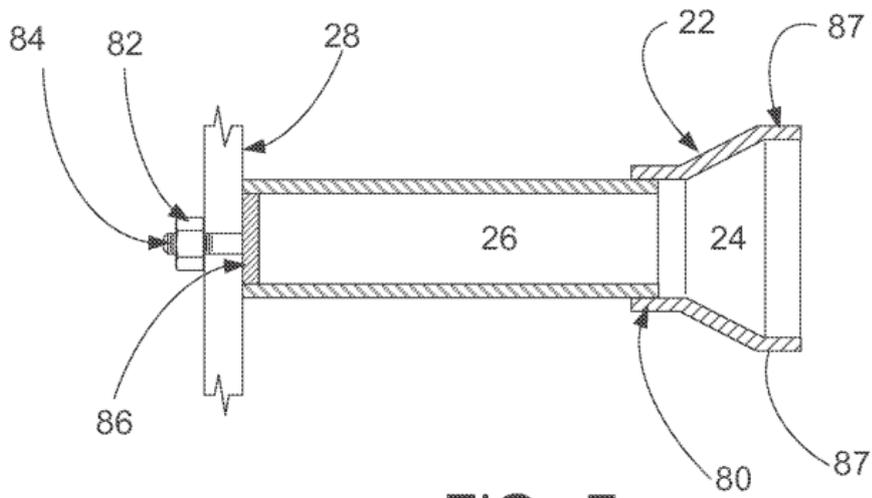


FIG. 7

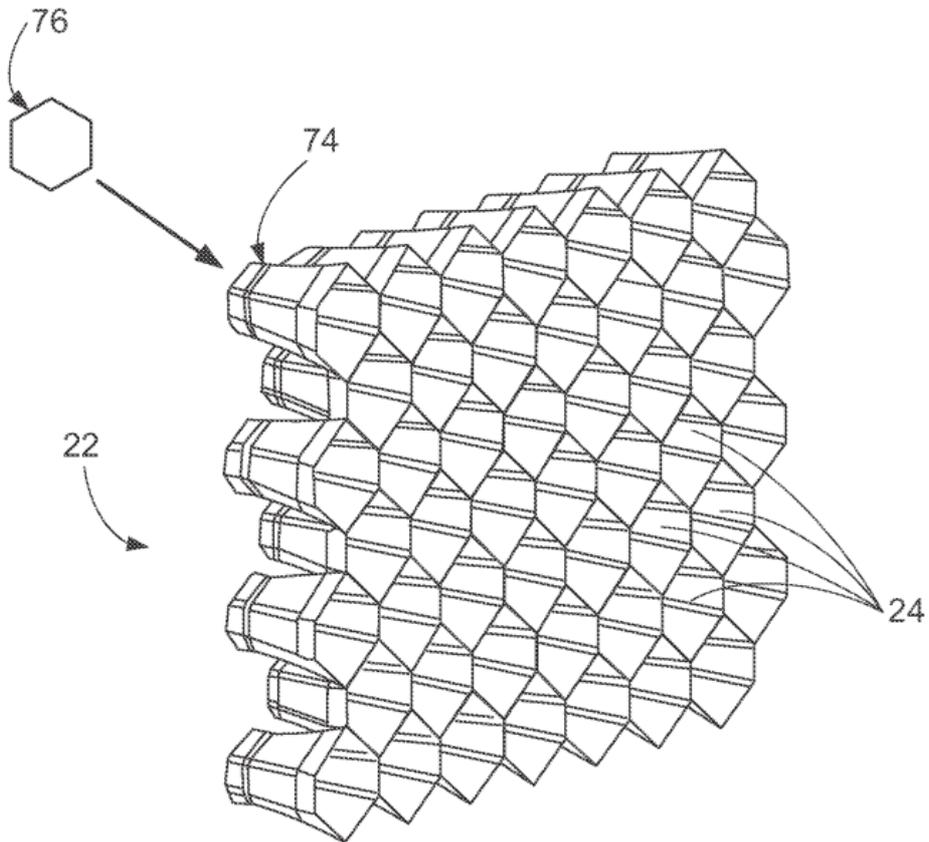


FIG. 8

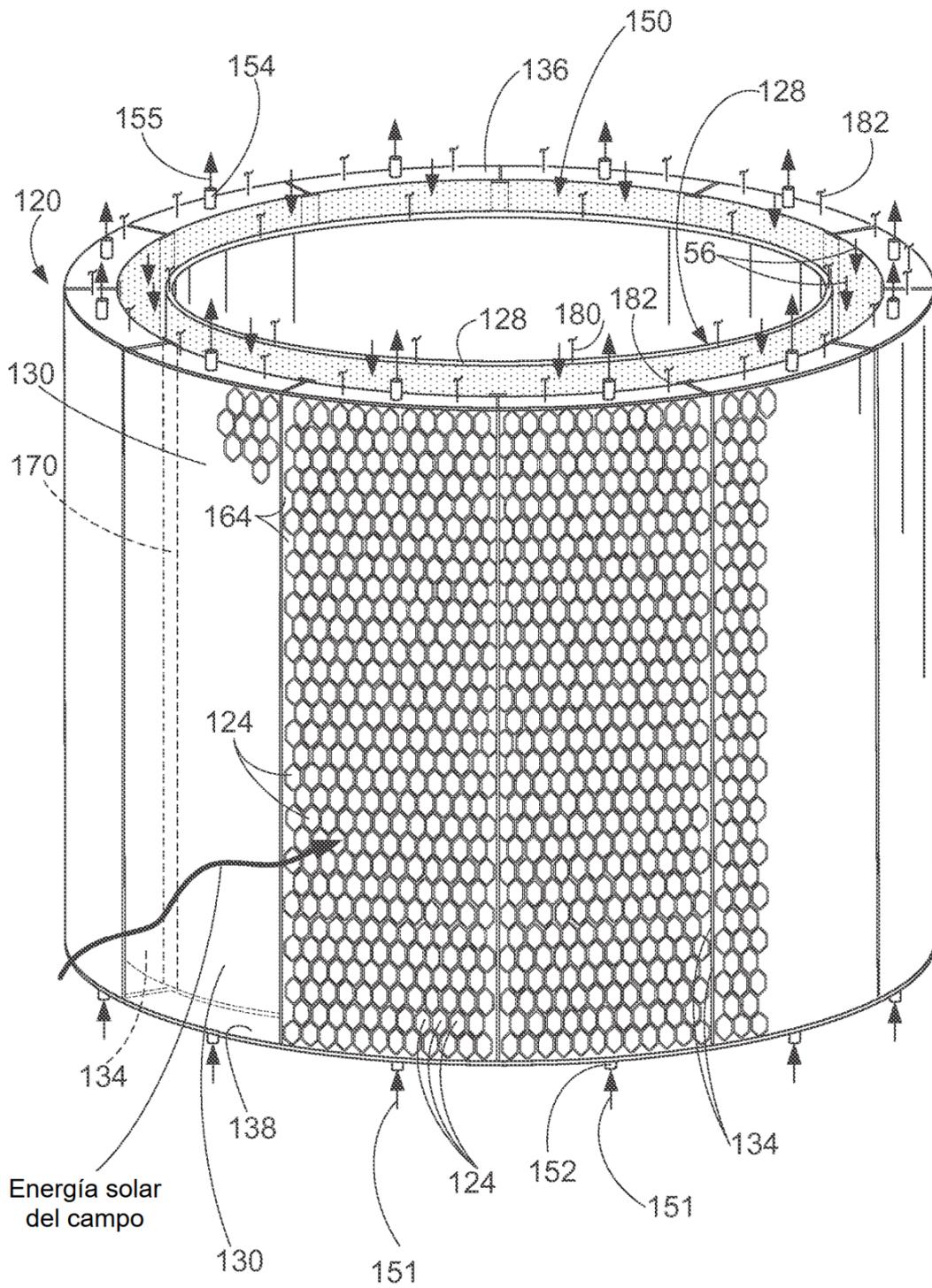


FIG. 9

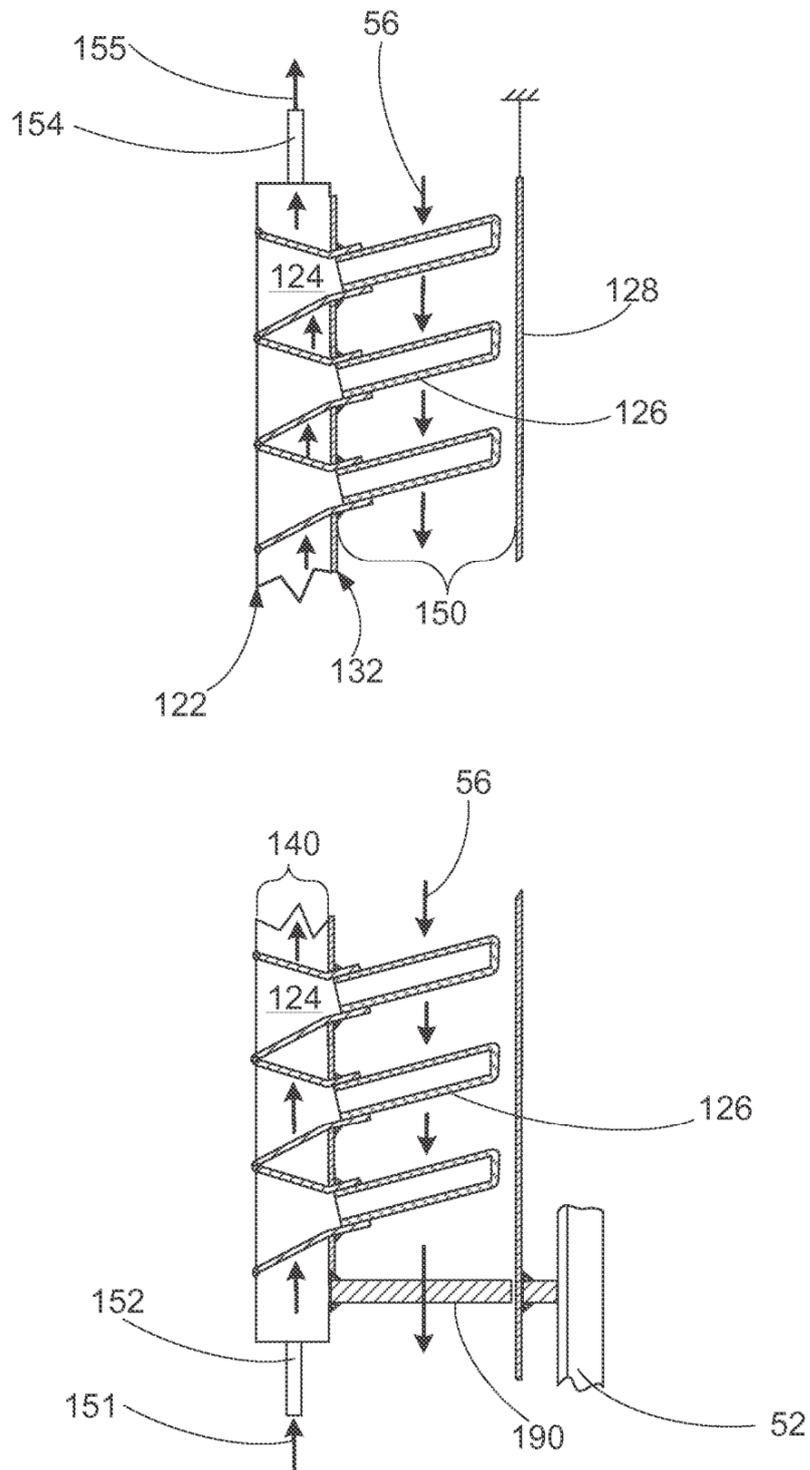


FIG. 10

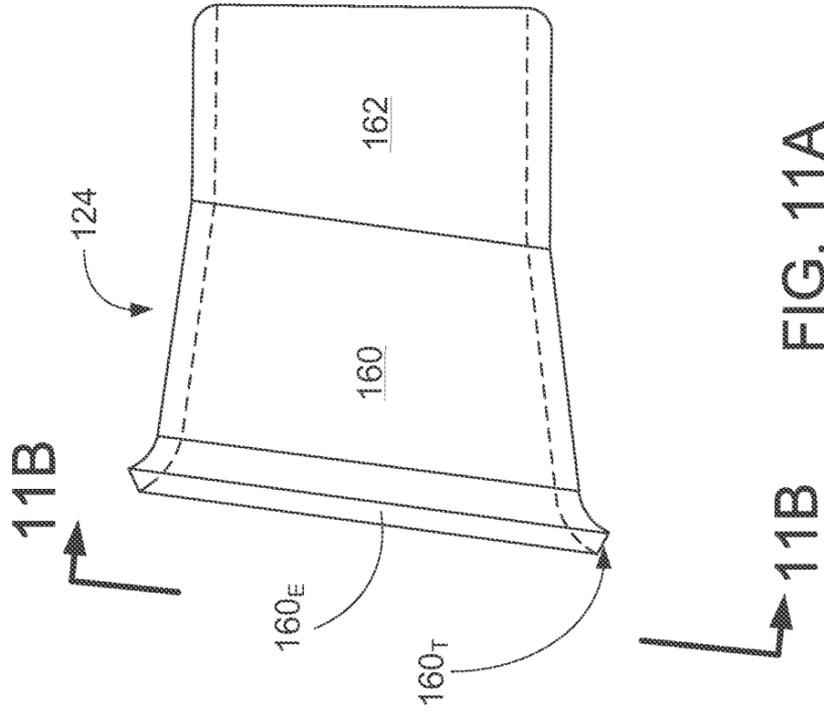


FIG. 11A

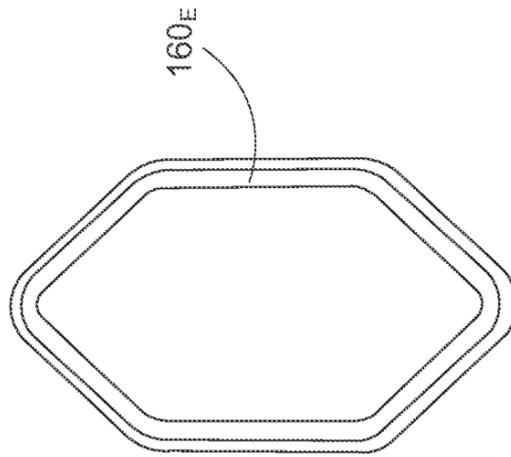


FIG. 11B

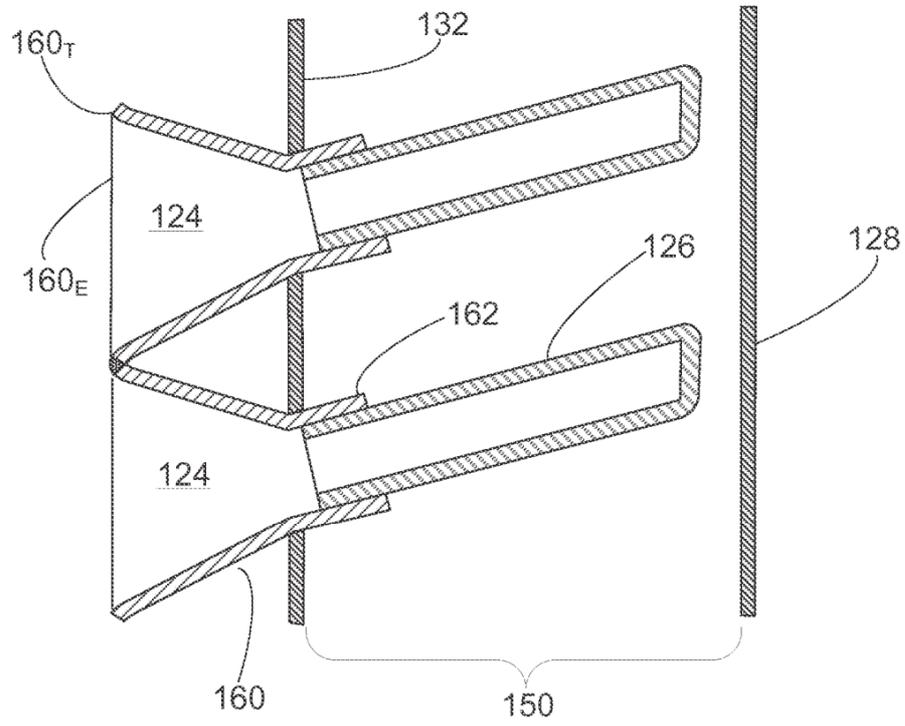


FIG. 12

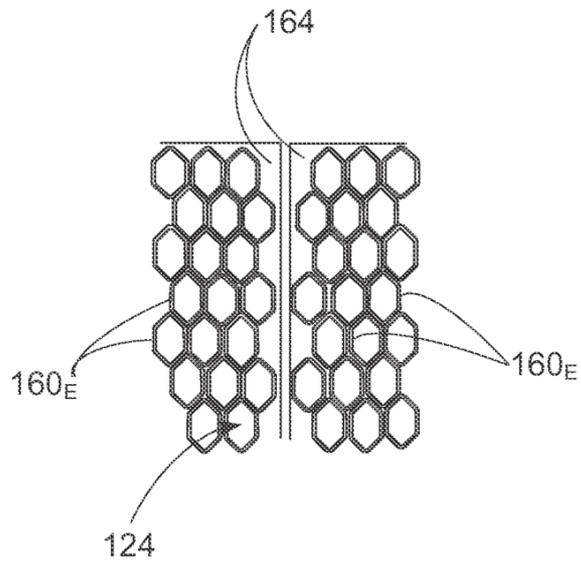


FIG. 13