

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 958 744**

51 Int. Cl.:

F24S 23/79 (2008.01)

F24S 23/75 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2019 PCT/GB2019/050482**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2019 WO19162679**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2019 E 19708631 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2023 EP 3755955**

54 Título: **Concentrador solar**

30 Prioridad:

22.02.2018 GB 201802849
07.08.2018 GB 201812844

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.02.2024

73 Titular/es:

CASSIOPEIA SOLAR LIMITED (100.0%)
10 Stadium Business Court Millennium Way Pride Park
Derby DE24 8HP, GB

72 Inventor/es:

CASH, IAN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 958 744 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

Concentrador solar

5 La presente invención se refiere a un concentrador solar y más particularmente, pero no necesariamente exclusivamente, a un concentrador solar para su uso en combinación con un colector solar. La invención también se refiere a una combinación de un concentrador solar y un colector solar.

10 Se sabe que proporciona ensamblajes de concentradores solares para concentrar la radiación de una fuente antes de que la radiación entre en contacto con un colector, como una disposición de celdas fotovoltaicas. Estos concentradores solares enfocan la luz de tal manera que el colector puede ser más pequeño y/o puede funcionar de manera más eficiente, mientras que todavía utiliza la misma fuente de radiación.

15 WO 2005/088209 A1 revela un ensamblaje de concentrador solar que comprende un espejo cóncavo para recoger la radiación de una fuente; y un espejo convexo; el espejo cóncavo está configurado para reflejar dicha radiación al espejo convexo.

20 Cuando se utiliza en una aplicación basada en el espacio, es importante mantener la masa total lo más baja posible para minimizar los costos de lanzamiento y despliegue. Si el concentrador se utiliza en una aplicación de haz de energía basada en el espacio (ya sea espacio a espacio o espacio a tierra, por ejemplo), una tecnología que ha estado en las etapas de diseño durante una cantidad significativa de tiempo es importante que un colector solar no solo sea de baja masa, pero también es capaz de recoger una gran cantidad de radiación del sol mientras opera dentro de sus limitaciones térmicas. Los diseños conocidos de concentradores solares utilizan un sistema de reflectores curvos y/o planos para concentrar la radiación incidente en una superficie dual contigua de energía fotovoltaica, generalmente en un bastidor de referencia giratoria diferente a la línea que se une al sol.

25 Una variación de este arte conocido reemplaza los paneles fotovoltaicos duales por reflectores secundarios, con el haz dual concentrado en una sola superficie fotovoltaica formando un aspecto de un "panel sándwich". El panel sándwich también comprende una capa de conversión/distribución de potencia y una capa de matriz en fases para la emisión de haces de potencia.

30 Ambas soluciones anteriores permiten una concentración solar limitada debido a la dificultad de eliminar y disipar el calor residual, siendo esto particularmente difícil en el vacío cercano del espacio, ya que este calor debe ser disipado principalmente por la radiación.

35 Un tercer tipo conocido de colector solar basado en el espacio rompe la superficie fotovoltaica contigua en una disposición escalonada. Aquí, los paneles fotovoltaicos están dispuestos en diferentes planos paralelos interconectados por paneles normales a los planos paralelos. Estos paneles escalonados pueden estar formados por un material capaz de irradiar el calor residual. Este método de colector requiere un haz algo colimado y uniformemente concentrado para que todas las capas reciban iluminación similar.

40 Si bien la luz incidente en un concentrador solar está sustancialmente colimada y distribuida uniformemente, proveniente de una fuente muy distante, puede ser un desafío proporcionar un haz concentrado que comparta estas características. Para algunos colectores, como los del tercer tipo que no tienen todos sus elementos recolectores en un solo plano, un haz no colimado y no distribuido uniformemente puede resultar en una cosecha de energía subóptima.

La presente invención tiene la intención de mejorar al menos parcialmente las cuestiones anteriores.

45 De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un ensamblaje de concentrador solar que comprende dos conjuntos de espejos cóncavos y espejos convexos dispuestos rotacionalmente y 180° alrededor de una dirección de una fuente de radiación, en donde la dirección de emisión está orientada aproximadamente a 90° desde la fuente hasta cada asiento de los espejos y en donde cada conjunto de espejos comprende:

50 un espejo cóncavo para recoger radiación que está colimada y tiene una distribución uniforme desde la fuente; y
 55 un espejo convexo;
 el espejo cóncavo que se está configurando para reflejar dicha radiación al espejo convexo;
 el espejo convexo que se está configurando para reflejar dicha radiación como un haz colimado concentrado en una dirección de emisión que se desvía angularmente de la fuente;
 60 el espejo cóncavo y el espejo convexo tienen cada uno una curvatura cónica por lo que cada espejo puede considerarse parte de una superficie con forma cónica para proporcionar una longitud focal que varía a lo largo de un eje de tal manera que la radiación recogida por el espejo cóncavo se transmite desde el espejo convexo con distribución uniforme.

65 Al variar las longitudes focales del espejo cóncavo y el espejo convexo a lo largo de uno de sus ejes, la radiación resultante haz después de ambas reflexiones puede asegurarse de tener una distribución y colimación uniformes. Por supuesto, este es solo el caso cuando la fuente en sí tiene una distribución y colimación uniformes. La persona experta entenderá que variar las longitudes focales del espejo cóncavo y el espejo convexo "a lo largo de uno de sus ejes" es lo mismo que

proporcionar a cada uno con curvatura cónica, es decir, cada espejo puede considerarse como una parte de una superficie cónica.

5 El término "colimado" está destinado a incluir la radiación que subtende un ángulo que es lo suficientemente pequeño para no hacer ninguna diferencia material a la operación del ensamble de concentrador solar. Esto pretende incluir ángulos subtendidos de entrada como el del sol desde la órbita de la Tierra a su alrededor, 0,53 grados, y todos esos ángulos subtendidos de salida de acuerdo con la instancia particular del factor de concentración solar y las leyes de conservación etendue. Habrá una desviación angular relacionada de manera similar a los haces colimados de entrada y salida de acuerdo con la precisión de apuntamiento del sistema hacia el sol. Dicha precisión puede ser de alrededor de 3 grados o
10 menos.

El término "distribución uniforme" quiere decir que la densidad de flujo de la radiación es uniforme a través del haz colimado. Sin embargo, este solo puede ser el caso en el que la radiación recibida de la fuente es también de una distribución uniforme. Debido a las limitaciones de fabricación y ensamble, incluidas las tolerancias, la persona cualificada se dará cuenta de que el término "distribución uniforme" no significa que la distribución debe ser exactamente uniforme.
15

Tanto el espejo convexo como el espejo cóncavo pueden estar en el mismo bastidor rotacional que el que une el sol - la línea del sol. Pueden estar mirando al sol en todo momento cuando se despliegan en órbita.

20 Las longitudes focales del espejo cóncavo y el espejo convexo pueden ser continuamente variables a lo largo de una línea focal.

Esto reduce la posibilidad de cualquier cambio en la distribución de la concentración de la radiación recogida y emitida por el concentrador solar.

25 La dirección de emisión está orientada a aproximadamente 90° de la fuente. Esto puede estar a 90° de la línea del sol y/o normal al plano eclíptico.

30 El ensamble consta de dos conjuntos de espejos convexos y cóncavos, dispuestos rotacionalmente simétricos y 180° sobre una dirección de la fuente, por ejemplo, sobre la línea del sol. Esto puede estabilizar el sistema y simplificar el control de la actitud que apunta al sol cuando está en órbita alrededor de la Tierra.

35 En una encarnación que no es parte de la presente invención, el eje uno del espejo cóncavo y el eje del espejo convexo pueden ser coplanares.

En una realización que no forma parte de la presente invención, el eje uno del espejo cóncavo y el eje del espejo convexo pueden ser coplanares con la dirección de emisión.

40 Un área del espejo convexo que refleja la radiación del espejo cóncavo puede ser más pequeña que un área del espejo cóncavo que refleja la radiación al espejo convexo.

La radiación puede incluir radiación del espectro visible.

45 El ensamble de concentrador solar se puede optimizar para minimizar una superficie total del espejo cóncavo y el espejo convexo.

50 Es posible que al espejo cóncavo y al espejo convexo le falten cuadrantes. Esto permite que el ensamble de concentrador solar tenga una masa reducida mientras sigue siendo adecuado para su uso con un colector solar con una disposición helicoidal escalonado. Con un colector de este tipo, se pueden utilizar dos ensambles de concentradores solares para iluminar por separado las partes superior e inferior de una matriz fotovoltaica en el colector solar escalonado helicoidal. La carga térmica también puede estar limitada por esta disposición.

55 El ensamble de concentrador solar puede comprender una estructura de soporte que limita el movimiento relativo del espejo cóncavo y el espejo convexo.

La estructura de soporte puede incluir un bastidor que interconecta el espejo cóncavo y el espejo convexo.

60 El espejo convexo y el espejo cóncavo pueden tener una curvatura continuamente variable a lo largo de un eje. Pueden ser moldeables a partir de material de hoja plana.

65 La curvatura del espejo cóncavo y el espejo convexo se puede configurar para causar la concentración de luz solo dentro de un conjunto de planos paralelos que contienen los rayos reflejados del espejo cóncavo que son incidentes con el espejo convexo, tales planos son normales a todos los planos que contienen rayos incidentes y reflejados del mismo espejo (cóncavo o convexo). Tales espejos que cumplen estos criterios tienen curvatura solo alrededor de un eje, pero el grado de curvatura puede variar linealmente a lo largo de este eje, es decir, pueden estar formados a partir de material plano continuo de película delgada sin remachar.

El espejo cóncavo y el espejo cóncavo pueden incluir una apertura. Las aberturas pueden configurarse para que correspondan a partes de un colector solar que no están configuradas para la recogida de luz, por ejemplo, donde no se encuentran celdas fotovoltaicas.

5 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un ensamble de colector solar que comprende:

un concentrador solar según el primer aspecto; y
un colector solar;

10 el espejo convexo de cada conjunto de espejos del concentrador solar está configurado para reflejar el haz colimado concentrado hacia el colector solar, donde el colector solar está interpuesto entre los dos conjuntos de espejos cóncavos y espejos convexos.

15 El espejo cóncavo y el espejo convexo pueden ser transparentes en longitudes de onda inadecuadas para su uso por el colector solar. Las longitudes de onda inadecuadas pueden incluir aquellas que no son convertibles por paneles fotovoltaicos del colector solar. Por ejemplo, hacer que los espejos cóncavos y convexos sean transparentes a ciertas longitudes de onda infrarrojas puede reducir la carga de calor en el colector solar.

20 El colector solar puede interponerse entre los dos conjuntos de espejos cóncavos y espejos convexos.

El ensamble de colector solar puede comprender además un transmisor de haz de energía que está eléctricamente conectado al colector solar.

25 El colector solar puede incluir una pluralidad de elementos recolectores dispuestos en una configuración no plana.

La pluralidad de elementos colectores puede estar dispuesta en una disposición helicoidal.

30 Es posible que al espejo cóncavo y al espejo convexo le falten cuadrantes. Esto permite que el ensamble de concentrador solar tenga una masa reducida mientras sigue siendo adecuado para su uso con un colector solar con una disposición helicoidal escalonado. Con un colector de este tipo, se pueden utilizar dos ensambles de concentradores solares para iluminar por separado las partes superior e inferior de una matriz fotovoltaica en el colector solar escalonado helicoidal. La carga térmica también puede estar limitada por esta disposición.

35 De acuerdo con un tercer aspecto, que no forma parte de la presente invención, se proporciona un kit de piezas para la construcción de un ensamble de concentrador solar de acuerdo con el primer aspecto.

De acuerdo con un cuarto aspecto, que no forma parte de la presente invención, se proporciona un kit de piezas para la construcción de un ensamble de colector solar de acuerdo con el segundo aspecto.

40 A menos que se excluyan mutuamente, las características de todos los aspectos pueden utilizarse en combinación con las características de cualquier otro aspecto y la descripción de cualquier característica en particular en relación con cualquier aspecto singular no pretende limitar el uso de esta característica a solo este aspecto singular.

45 Ahora se describirá una realización no limitante con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista esquemática simplificada de un ensamble de colector solar de acuerdo con el segundo aspecto; La Figura 2 es una vista esquemática de una parte del ensamble de colector solar de la Figura 1, que representa la distribución de la concentración de la radiación y la concentración posterior por los espejos;

50 La Figura 3 es una vista en perspectiva de partes de una segunda realización de un ensamble de colector solar incluyendo un colector solar helicoidal;

La Figura 4 es una vista ampliada del colector solar helicoidal de la Figura 3;

La Figura 5 muestra una vista lateral y descendente de otro colector solar utilizable con el primer aspecto;

La Figura 6 es una vista parcial de un colector solar helicoidal con elementos concentradores adicionales;

55 La Figura 7 es una primera vista de una tercera realización de un ensamble de concentrador solar, que no forma parte de la presente invención, que muestra un conjunto de planos paralelos superpuestos donde la concentración ocurre entre los espejos;

La Figura 8 es una segunda vista ortogonal de la realización de la Figura 7, que muestra un conjunto de planos paralelos superpuestos donde no se produce ninguna concentración;

La Figura 9 es una vista en perspectiva de la realización de la Figura 7; y

60 La Figura 10 es una vista en perspectiva de una encarnación de un ensamble de colector solar de acuerdo con el segundo aspecto.

Refiriéndose en primer lugar a la Figura 1, se muestra un ensamble de colector solar 100. El ensamble de colector solar 100 incluye dos ensambles de concentradores solares 102 dispuestos como imágenes de espejo uno del otro, a ambos lados de un colector solar 104 que se interpone entre los ensambles de concentradores solares 100. Por lo tanto, el colector solar 104 puede recoger la radiación y convertirla en energía eléctrica utilizando una serie de elementos de

colector (no se muestran) que toman la forma de celdas fotovoltaicas. Un transmisor de haz de energía 106 está conectado eléctricamente con el colector solar 104 y puede transmitir la energía eléctrica a un receptor remoto (no se muestra). El funcionamiento general de un ensamble de colector solar 100 y el transmisor de potencia de haz 106 será conocido por la persona experta en el arte y, por lo tanto, se omite una descripción más detallada, para mayor brevedad.

Cada ensamble de concentrador solar 102 incluye un espejo cóncavo 108 y un espejo convexo 110. Para simplificar, la curvatura de los espejos 108, 110 no se muestra en la Figura 1. Cada espejo cóncavo 108 tiene forma y ángulo para dirigir la radiación sustancialmente colimada incidente sobre el espejo cóncavo 108 hacia el espejo convexo 110. Debido a la curvatura del espejo cóncavo 108, el haz se estrecha de ancho desde el espejo cóncavo 108 hasta el espejo convexo 110, como se muestra en las líneas de puntos.

El espejo convexo 110 tiene forma y ángulo para reflejar la radiación incidente sobre él desde el espejo cóncavo 108 en una dirección de emisión hacia el colector solar 104, que recoge la radiación en un ángulo de 90° al del incidente de radiación sobre el espejo cóncavo 108. Debido a la curvatura del espejo convexo 110, el haz de la radiación reflejada desde el espejo convexo 110 recupera su colimación de tal manera que es nuevamente sustancialmente colimado cuando cae incidente sobre el colector solar 104.

Una estructura de soporte en forma de bastidor 112 interconecta el espejo convexo 110 y el espejo cóncavo 108 para mantener sus posiciones y orientaciones relativas. El colector solar 104 y el transmisor de haz de energía 106 también están conectados al bastidor 112, asegurando que el ensamble de colector solar 100 sea dimensionalmente estable.

La Figura 2 muestra el espejo cóncavo 108 y el espejo convexo 110 de uno de los ensambles de concentradores solares 102. Junto con esto, se muestran las líneas de rayos 114, que muestran la dirección de la radiación incidente dependiendo de dónde cae la radiación en los espejos 108, 110. Además, y como lo indican las imágenes insertadas de círculos concéntricos, cada par de líneas de rayos 114 corresponden a un área igual de radiación. Como cada área de la radiación de una fuente distante tendrá el mismo flujo, la cantidad de radiación que cae en cada área es igual. Por lo tanto, las dos imágenes insertadas también muestran cómo la distribución de la radiación es conservada por el ensamble de concentrador solar 102.

La curvatura de los espejos 108, 110 necesaria para dar las características descritas se puede obtener mediante el modelado del sistema utilizando las siguientes restricciones:

radiación incidente colimada y radiación de emisión;
intensidad uniforme a través de la radiación incidente y la radiación de emisión;
reglas de reflexión; y
superficies de espejo lisas contiguas en el espejo cóncavo 108 y el espejo convexo 110.

Al proporcionar estas restricciones y utilizar el análisis de elementos finitos (FEA), es posible determinar la curvatura requerida, dependiendo de los ángulos de los espejos 108, 110 y el factor de concentración solar requerido C.

Como se puede ver, el centro del espejo cóncavo 108 de la Figura 2 está en un ángulo α con respecto a la radiación incidente, con el espejo convexo a 45° con respecto al ángulo del espejo cóncavo 110 en un ángulo β . Mientras que diferentes ángulos de espejo α , β puede trabajar con diferentes curvaturas de espejo para crear el efecto de la divulgación actual, los ángulos de espejo α , β se puede optimizar para minimizar el área total combinada del espejo cóncavo 108 y el espejo convexo 110 de acuerdo con el factor de concentración solar requerido C.

El factor de concentración solar C es idéntico a la diferencia de tamaño de los espejos 108, 110 requerido - incluyendo solo las partes activas de estos espejos 108, 110; las partes que reflejan la radiación incidente - para producir el factor de concentración solar C. El área del espejo cóncavo 108 debe aumentar en un factor de $1/\cos$ a medida que se inclina lejos de la dirección de la radiación incidente. Para producir una dirección de emisión de 90° a la radiación incidente, el espejo cóncavo 110 debe estar en un ángulo $\beta = \alpha + 45^\circ$. Por lo tanto, para un factor de concentración C, el área total del espejo A es proporcional de la siguiente manera:

$$A \propto C / \cos \alpha + 1 / \cos \beta; \text{ where } \beta = \alpha + 45^\circ$$

La minimización del área A proporciona los siguientes valores de ejemplo:

C = 2; $\alpha = -16,5^\circ$
C = 3; $\alpha = -13,25^\circ$
C = 4; $\alpha = -11,2^\circ$
C = 5; $\alpha = -9,7^\circ$

Los ángulos negativos muestran que para minimizar el área A de los espejos 108, 110, el espejo convexo 110 debe estar situado por encima de la radiación incidente, en la dirección opuesta a la dirección de emisión. Si bien sería posible colocar los espejos 108, 110 de forma diferente, por ejemplo, para colocar el espejo convexo 110 por debajo de la radiación

incidente en la dirección de emisión, esto daría lugar a que los espejos 108, 110 tuvieran que tener un área general más grande, aumentando la masa.

La Figura 2 muestra una disposición con un factor de concentración solar $C = 4$.

La Figura 3 muestra otra realización de un ensamble de colector solar 200, esta vez con una optimización adicional basada en el colector solar específico 204 que se está utilizando. En este caso, el colector solar 204 es un colector solar helicoidal 204, mostrado en detalle en la Figura 4. El colector solar helicoidal 204 incluye veinte filas de elementos colectores 216 en forma de celdas solares.

Interpuestos entre los elementos recolectores 216 del colector solar 204 de las Figuras 3 y 4 están los elementos transmisores 220 que forman un conjunto de fases. Los elementos transmisores 220 pueden transmitir energía en cualquier dirección de azimut para el haz de energía, eliminando la necesidad de cualquier unión rotacional en el colector solar 204. Esto también elimina la necesidad de un transmisor de haz de energía independiente.

La hélice gira 180° entre la fila superior y la fila inferior. Debido a esto, la mitad superior del colector solar 204 puede recoger la radiación del concentrador solar superior conjunto 202 y la mitad inferior del colector solar 204 puede recoger la radiación del ensamble de concentrador solar inferior 202. Sin embargo, esto significa que los elementos colector activos 216 para cada ensamble de concentrador solar 202 están dispuestos solo en dos cuadrantes o sectores de un círculo, cuando se ven desde arriba o abajo.

La disposición representada es para la claridad del dibujo. En la práctica, para el haz de energía de microondas, el espaciado entre filas puede ser menor que la longitud de onda de microondas, por ejemplo, menos de 100 mm, normalmente 14 mm. El diámetro total y la altura del colector solar pueden estar en el rango de cientos a miles de metros, dependiendo de la distancia de emisión y la longitud de onda particular de la radiación utilizada para la emisión de energía. Por lo tanto, se pueden utilizar muchos miles de filas.

Con el fin de minimizar aún más el área y, por lo tanto, la masa del ensamble de colector solar 200, cada espejo 208, 210 puede por lo tanto limitarse a incluir solo aquellos cuadrantes o sectores que corresponden a los elementos colectores disponibles 216. Así, como se puede ver en la Figura 3, cada uno de los espejos 208, 210 incluye dos cuadrantes o sectores 218. Estos cuadrantes o sectores 218 son del mismo perfil que se discutió anteriormente, dependiendo del ángulo requerido y del factor de concentración, pero tienen solo la mitad del área de la realización anterior. Los sectores 218 del espejo cóncavo 208 reflejan radiación a los sectores 218 del espejo convexo 210 con el fin de proporcionar un haz concentrado colimado en la dirección de emisión, este haz simplemente tiene una sección transversal que se compone de solo dos cuadrantes o sectores. Por lo tanto, la radiación se proporciona solo donde los elementos de colector respectivos 216 están colocados y no se utiliza ninguna radiación reflejada, lo que garantiza que no hay masa desperdiciada en el ensamble de colector solar 200.

El ensamble de concentrador solar inferior 202 actúa de la misma manera que el concentrador solar superior conjunto 202, pero solo proporciona radiación reflejada a los elementos del colector 216 en la mitad inferior del colector solar 204.

Una ventaja adicional de usar dos ensambles de concentradores solares en lados opuestos del colector solar es que, en uso, los efectos de la presión de fotones y el par de micro-gravedad debido a la distribución desigual de la masa alrededor del plano orbital pueden ser limitados o completamente eliminados. Además, como los elementos colectores solo se utilizan en un lado, el lado opuesto de cada elemento colector puede proporcionar refrigeración radiactiva. Este enfriamiento podría ser mejorado aún más por la adición de aletas, que podrían ser dispuestas ortogonales a la línea del sol con el fin de maximizar el enfriamiento. Cuando se proporciona un haz de energía, que es comúnmente en las frecuencias de microondas, puede ser beneficioso proporcionar las aletas de enfriamiento de una manera que las haga transparentes en las frecuencias de microondas, por ejemplo, mediante la selección de material.

Por supuesto, cuando se utilizan diferentes colectores solares, con una distribución diferente de elementos colectores, los espejos se pueden optimizar para proporcionar luz reflejada solo a estos elementos colectores. Sin embargo, la teoría general detrás de la invención sigue siendo la misma.

Un tipo diferente de colector solar 304 se muestra en la Figura 5 tanto en vista lateral como descendente. El colector solar consta de ocho elementos colectores que apuntan hacia arriba y ocho elementos colectores que apuntan hacia abajo. Los elementos colectores orientados hacia arriba forman una sección transversal totalmente circular, a diferencia del colector solar de la Figura 4. La interconexión de los elementos colectores son elementos transmisores. Estos son unidireccionales y, por lo tanto, requieren apuntar hacia una señal para el haz de energía. Los métodos para dirigir el colector solar serán conocidos por la persona experta, por ejemplo, mediante el uso de una articulación giratorio. Alternativamente, también se podrían utilizar elementos transmisores omnidireccionales.

En la Figura 6, un colector solar helicoidal adicional 404 se muestra parcialmente. Aquí, los elementos concentradores 422 se utilizan directamente encima de los elementos recolectores 416 para concentrar la luz en cada celda fotovoltaica de los elementos recolectores 416. Los elementos concentradores 422 se muestran como concentradores Fresnel-Kohler, cada uno de los cuales comprende una lente Fresnel 424 y una lente Kohler 426, pero pueden tomar cualquier otra forma,

5 cuyas posibilidades serán conocidas por la persona experta. En la realización representada, las lentes Kohler 426 y el elemento colector 416 en forma de celda fotovoltaica se sientan cada uno en un disco de esparcimiento térmico 428, que está hecho de cobre u otro material de esparcimiento térmico. La lente Kohler también ofrece cierta protección contra la radiación al elemento colector 416. Los elementos transmisores 420 son los mismos que los utilizados en la realización de la Figura 4.

10 Una realización adicional de un ensamble de concentrador solar 502 se muestra en las Figuras 7 a 9. En contraste con los ensambles de concentradores solares discutidos anteriormente, el ensamble de concentrador solar 502 incluye un espejo cóncavo 508 y un espejo convexo 510 que concentran la radiación solo a lo largo de un conjunto de planos paralelos, sin concentración a lo largo de otros planos que son ortogonales a este conjunto. Esto, por lo tanto, permite simplificar la construcción del ensamble de concentrador solar 502 en comparación con las realizaciones descritas anteriormente.

15 Mientras que representado en los dibujos simplificados de línea de las Figuras 7 a 9 como dibujos de línea de tres pares de espejos con curvatura diferente, en realidad el espejo convexo 510 y el espejo cóncavo 508 son cada uno un solo espejo con curvatura continuamente variable alrededor de un eje, es decir, el punto focal de cada uno de los espejos 508, 510 varía continua y linealmente con el movimiento a lo largo de este eje, de modo que hay una curvatura mayor en un extremo que en el otro. Al proporcionar la curvatura alrededor de un eje, cada uno de los dos espejos 508, 510 se puede fabricar y ensamblar de manera más simple que los espejos correspondientes que tienen curvatura alrededor de dos ejes. Por ejemplo, los espejos grandes se pueden formar a partir de material de lámina plana de gran área sin deformación elasticidad.

20 Como se puede ver en la Figura 8, el espejo cóncavo 508 y el espejo convexo 510 están cada uno inclinados a 22,5° con respecto a los rayos de luz entrantes y salientes 514a, 514b, respectivamente. Esta inclinación significa que, para retener la colimación de la luz entrante 510, los espejos 508 deben tener una mayor curvatura en los puntos donde están más cerca. El espejo convexo 510 y el espejo cóncavo 508 están colocados de manera que se evite la sombra automática, pero están lo más cerca posible para minimizar el volumen total del ensamble 502.

25 La realización representada proporciona rayos de luz salientes 514b dirigidos a 360° a los rayos de luz entrantes 90. La curvatura del espejo cóncavo 508 y el espejo convexo 510 causa la concentración de estos rayos de luz entre los espejos a lo largo de un conjunto de planos paralelos que son normales al conjunto de planos que contienen ambos rayos 514a y 514b.

30 Aunque se proporciona una inclinación de 22,5° de cada espejo 508, 510 en la realización representada, también es posible proporcionar diferentes combinaciones de ángulos para proporcionar el mismo resultado. El espaciado del espejo cóncavo 508 y el espejo convexo 510 también se puede variar desde la distancia mínima, dependiendo de los parámetros de diseño. Tales variaciones serán computadas por aquellos expertos en el arte sin carga indebida, y por lo tanto se omite una discusión más detallada.

35 La construcción simplificada de esta realización, donde la concentración es solo a lo largo de un conjunto de planos paralelos, significa que la uniformidad de torcido ya no es un problema y los espejos 508, 510 pueden formarse de manera más simple. La forma de concentración puede verse en la Figura 9, donde queda claro que la dispersión de los rayos de luz en una dirección A no cambia, aunque la dirección de A cambia en 90° entre los rayos de luz entrantes 514a y los rayos de luz salientes 514b, mientras que la dispersión de los rayos de luz en una segunda dirección B se comprime. En la realización representada, la compresión es por un factor de aproximadamente dos, aunque se pueden proporcionar otros factores de concentración dependiendo del diseño específico del espejo cóncavo 508 y el espejo convexo 510.

40 Un ligero refinamiento del ensamble de concentrador solar 502 de las Figuras 7 a 9 se representa en la Figura 10 como un ensamble de concentrador solar 602 junto con un colector solar 604, formando un ensamble de colector solar 600. Aquí, el espejo convexo 610 y el espejo cóncavo 608 permanecen configurados para concentrarse en un solo conjunto de planos paralelos, pero los espejos mismos no son rectangulares. Además, cada uno de los espejos 608, 610 incluye una apertura 624. El colector solar 604 es sustancialmente idéntico al colector solar 204.

45 De manera útil, las aberturas 624 proporcionan puntos de anclaje para el bastidor 612 que mantiene unidas las partes del ensamble 600. Sin embargo, en un sentido más práctico, las aberturas 624 se proporcionan simplemente debido al hecho de que el colector solar representado 604 no incluye celdas fotovoltaicas en el 10% central de su superficie. Por central 10%, se refiere al 10% interno del área del colector solar 604 cuando se ve desde una dirección de los rayos de luz incidente colimados. Por lo tanto, si las aberturas 624 fueran espejos, la luz reflejada se desperdiciaría. En el presente caso, la presencia de las aberturas 624 por lo tanto elimina la masa innecesaria del ensamble.

50 Por lo tanto, cada apertura 624 tiene un radio $\frac{R}{\sqrt{10}}$, donde R es el radio de los 624 espejos respectivos de cada apertura 608, 610, que corresponde al 10 % central de la superficie del colector solar 604. Debido a la falta de celdas fotovoltaicas en esta porción del colector solar representado 604, estas aberturas 624 se proporcionan tanto para reducir la masa como para evitar el calentamiento innecesario de la estructura del colector solar 604. Por supuesto, si un diseño diferente del colector solar 604 se usará en el ensamble 600, las aberturas 624 pueden ser removidas o adaptadas para corresponder

al diseño específico del colector solar 604. Por ejemplo, se podría proporcionar un área más pequeña que carezca de celdas fotovoltaicas y las aberturas 624 se hicieron correspondientemente más pequeñas.

5 La forma del espejo cóncavo 608 y el espejo cóncavo 610 está configurado de tal manera que la salida del espejo convexo 610 coincide con la entrada del colector solar 604. Con el fin de igualar la salida sin tener una masa innecesariamente grande para el conjunto, el espejo cóncavo 608 está configurado de tal manera que toda la luz reflejada desde el espejo cóncavo 608 se dirige hacia el espejo convexo 610. Para lograr esto, tanto el espejo cóncavo 608 como el espejo convexo 610 tienen una forma sustancialmente elíptica, con diferentes tamaños. Estas formas coinciden con la sección transversal sustancialmente circular del colector de tal manera que toda la luz incidente en el espejo cóncavo 608 cae sobre el colector 10 604 después de la concentración.

Aunque se describe en esta realización como espejos ovoides y un colector circular, los espejos y el colector pueden, por supuesto, tener cualquier forma. Con el fin de minimizar la masa, sin embargo, la forma de los espejos y el colector se elegirá de tal manera que la mayoría de la luz reflejada desde el espejo convexo es incidente sobre el colector, y que la mayor parte de la luz incidente en el espejo cóncavo es incidente en el espejo convexo. Preferiblemente, se cumplirán 15 ambos criterios.

Una ventaja de la concentración de un solo plano es que se puede minimizar la posición relativa del espejo cóncavo 508, 608 y el espejo convexo 510, 610. Por ejemplo, comparando el conjunto de la Figura 10 con el ensamble de la Figura 3, se puede ver que el ensamble de concentrador solar 602 está mucho más cerca del eje de rotación del colector solar 604 20 en la Figura 10. Cuando se coloca en el espacio y sujeto a la presión de radiación solar, esta alineación ayuda a minimizar el par que se ejerce en el ensamble 600 debido a esta presión de radiación solar.

El ensamble de colector solar 600 que se muestra en la Figura 10 incluye dos ensambles de concentradores solares 602, uno a cada lado del colector solar 604. Cada ensamble de concentrador solar 602 proporciona una concentración de x2, 25 para un total de x4 insolación en el colector solar 604. Por supuesto, otras concentraciones son posibles, y solo pueden estar limitadas por consideraciones térmicas.

Una ventaja adicional de tener un incidente de luz colimada sobre el colector solar, como lo proporciona cada en la presente de realización, es que es posible utilizar energía fotovoltaica de alta concentración, de modo que se puede proporcionar concentración local, en la región de hasta X625, para una alta eficiencia fotovoltaica. Por el contrario, las 30 soluciones alternativas que no producen una salida colimada están restringidas al requerir un alto ángulo de aceptación para cada célula fotovoltaica.

35 Cuando el uso de características no sea mutuamente excluyente, cualquier característica de la primera realización podrá utilizarse con cualquier característica de la segunda realización, y las combinaciones de características podrán utilizarse para producir realizaciones adicionales. Por ejemplo, aunque no se muestra un transmisor de haz de energía en relación con la realización de la Figura 3, se puede utilizar si es necesario. El transmisor de potencia podría amalgamarse con el colector solar. Adicionalmente, las estructuras de soporte pueden tomar cualquier forma que ubique y oriente los 40 componentes de los ensamblajes, las opciones potenciales son bien conocidas por los expertos en la técnica

Aunque se describe como un ensamble de concentrador solar y un ensamble de colector solar, la presente invención es igualmente aplicable a cualquier otro tipo de conjunto que se requiere para concentrar la radiación incidente mientras se mantiene la colimación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) que comprende dos conjuntos de espejos cóncavos (108, 208, 608) y espejos convexos (110, 210, 610) dispuestos rotacionalmente simétricos y 180° alrededor de una dirección de una fuente de radiación, en donde la dirección de emisión está orientada a aproximadamente 90° desde la fuente a cada conjunto de espejos y en donde cada conjunto de espejos comprende
- 10 un espejo cóncavo (108, 208, 608) para recoger la radiación que está colimada y tiene una distribución uniforme desde la fuente; y
un espejo convexo (110, 210, 610); el espejo cóncavo (108, 208, 608) está configurado para reflejar dicha radiación al espejo convexo (110, 210, 610);
15 el espejo convexo (110, 210, 610) que se está configurando para reflejar dicha radiación como un haz colimado concentrado en una dirección de emisión que se desvía angularmente de la fuente; el espejo cóncavo (108, 208, 608) y el espejo convexo (110, 210, 610) cada uno tiene una curvatura cónica por la que cada espejo puede considerarse parte de una superficie con forma cónica para proporcionar una longitud focal que varía a lo largo de un eje de tal manera que la radiación recogida por el espejo cóncavo (108, 208, 608) se transmite desde el espejo convexo (110, 210, 610) con distribución uniforme.
- 20 2. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las longitudes focales del espejo cóncavo (108, 208, 608) y el espejo convexo (110, 210, 610) son continuamente variables a lo largo de una línea focal.
- 25 3. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde un área del espejo convexo (110, 210, 610) que refleja la radiación del espejo cóncavo (108, 208, 608) es más pequeña que un área del espejo cóncavo (108, 208, 608) eso refleja la radiación al espejo convexo (110, 210, 610).
- 30 4. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la radiación incluye la radiación del espectro visible.
5. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el espejo cóncavo (208) y el espejo convexo (210) carecen de cuadrantes
- 35 6. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además una estructura de soporte que limita el movimiento relativo del espejo cóncavo (108, 208, 608) y espejo convexo (110, 210, 610), opcionalmente en donde la estructura de soporte incluye un bastidor (112) que interconecta el espejo cóncavo (108, 208, 608) y el espejo convexo (110, 210, 610).
- 40 7. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el espejo convexo (110, 210, 610) y el espejo cóncavo (108, 208, 608) tienen una curvatura continuamente variable alrededor y a lo largo de un eje.
- 45 8. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el espejo cóncavo (108, 208, 608) y el espejo convexo (110, 210, 610) están configurados para causar la concentración de luz a lo largo de planos paralelos normales a otros planos dentro de los cuales la luz es redirigida.
9. Un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el espejo cóncavo (108, 208, 608) y el espejo convexo (110, 210, 610) incluyen cada uno una apertura (624).
- 50 10. Un ensamble de colector solar (100, 200, 600) que comprende:
- un ensamble de concentrador solar (102, 202, 602) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior; y
un colector solar (104, 204, 304, 404, 604) el espejo convexo (110, 210, 610) de cada conjunto de espejos del ensamble de concentrador solar se configura para reflejar el haz colimado concentrado hacia el colector solar (104, 604, 304, 404, 204), donde el colector solar (104, 204, 304, 404, 604) está interpuesto entre los dos conjuntos de espejos cóncavos (108, 208, 608) y espejos convexos (110, 210, 610).
- 55 11. Un ensamble de colector solar (100, 200, 600) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10, que comprende además un transmisor de potencia radiante (106) que está conectado eléctricamente al colector solar (104, 204, 304, 404, 604).
- 60 12. Un ensamble de colector solar (100, 200, 600) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 o 11, en donde el colector solar (104, 204, 304, 404, 604) incluye una pluralidad de elementos recolectores (216, 416) dispuestos en un arreglo helicoidal.

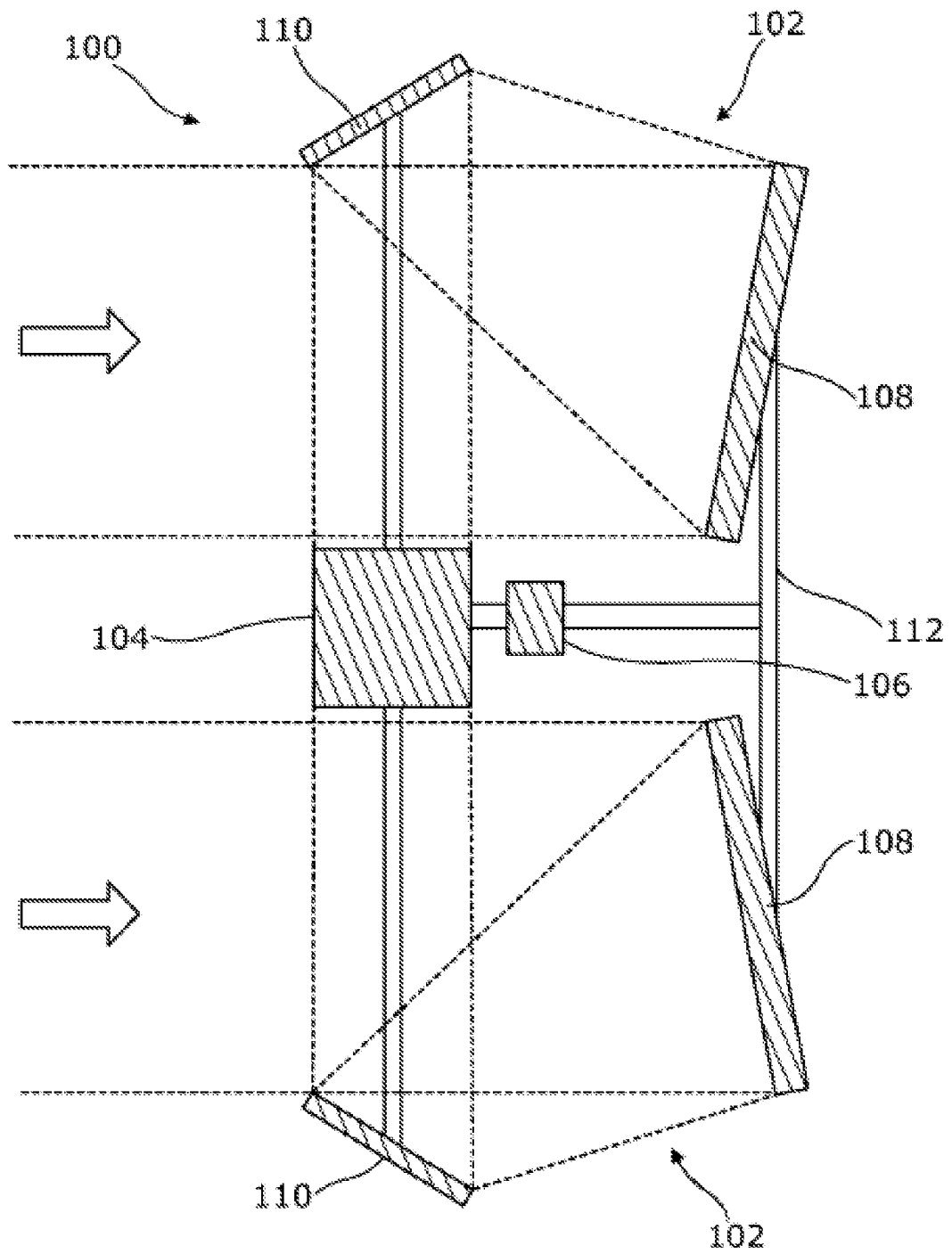


Figura 1

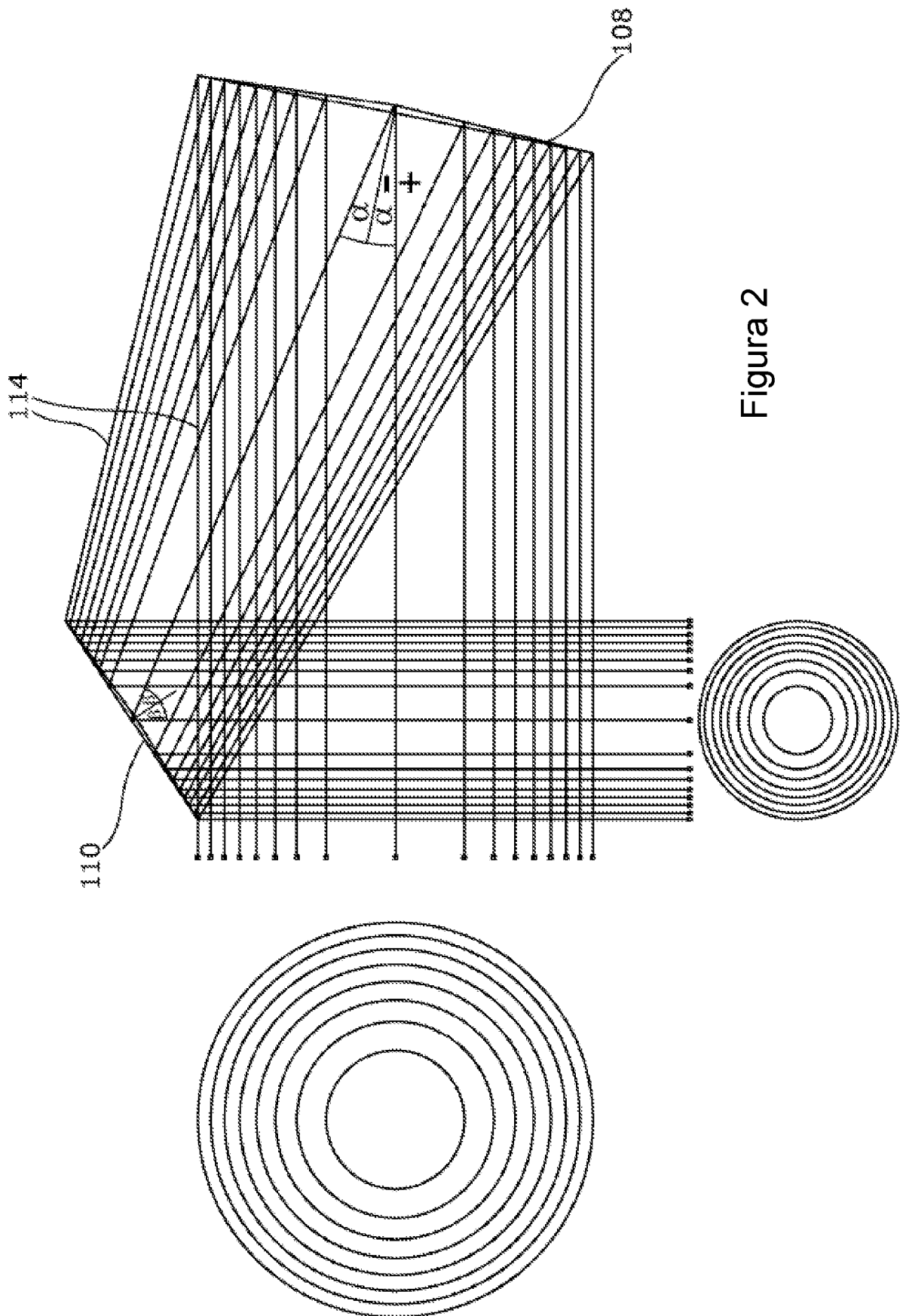


Figura 2

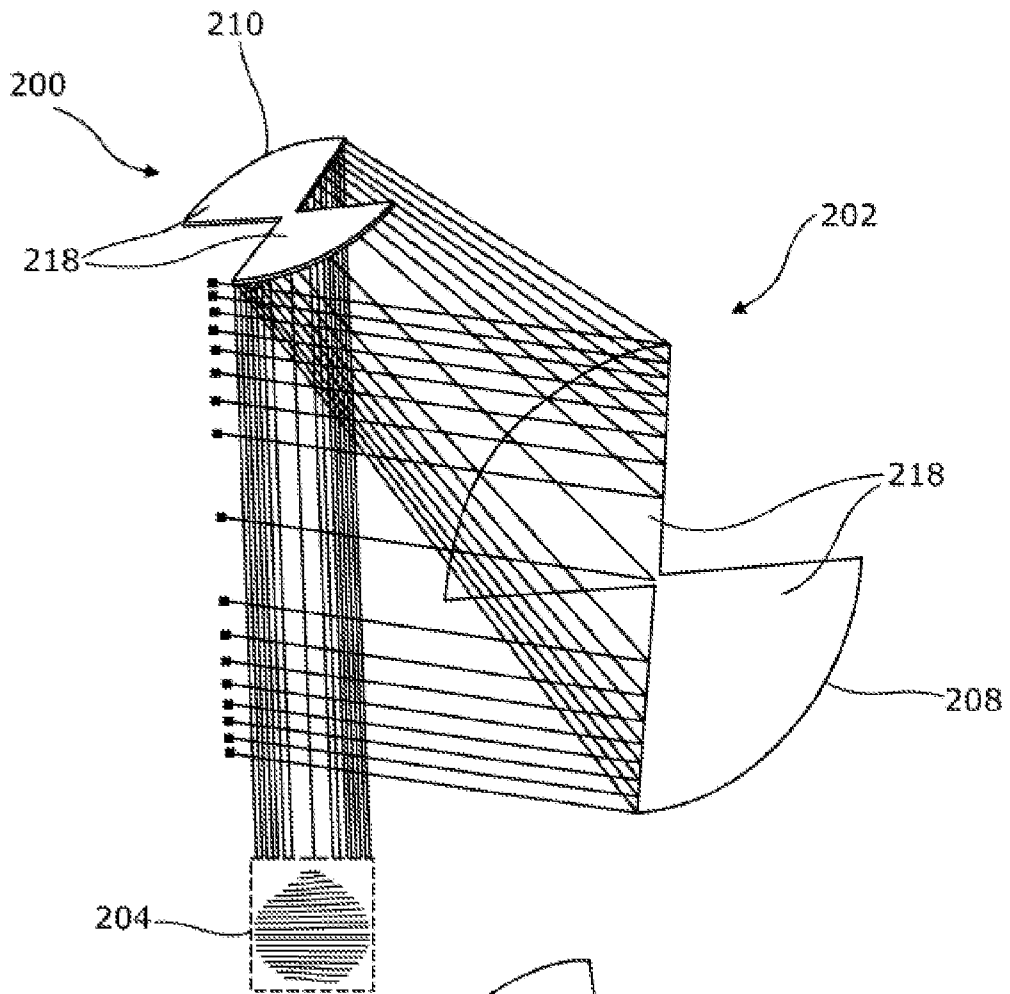
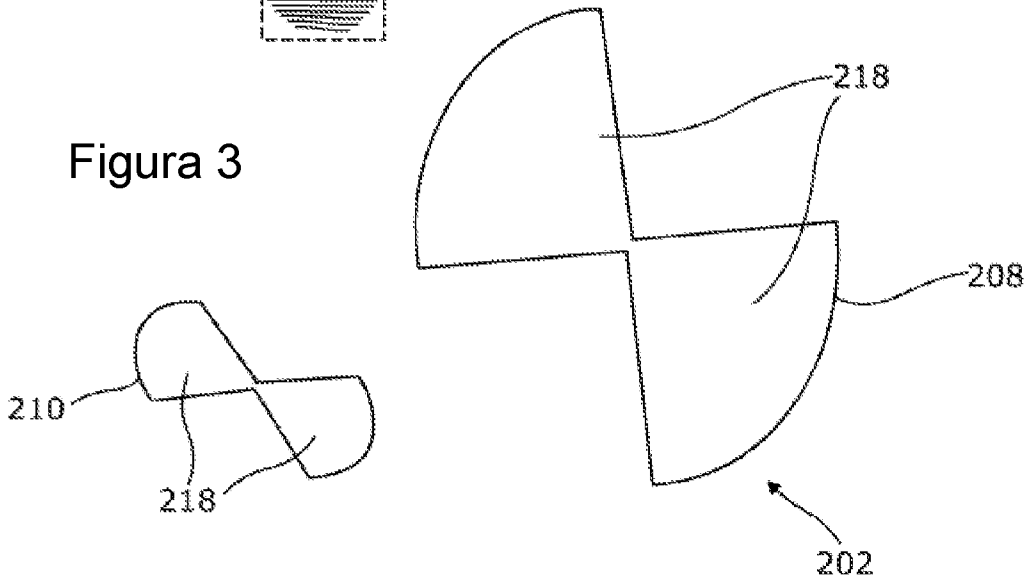


Figura 3



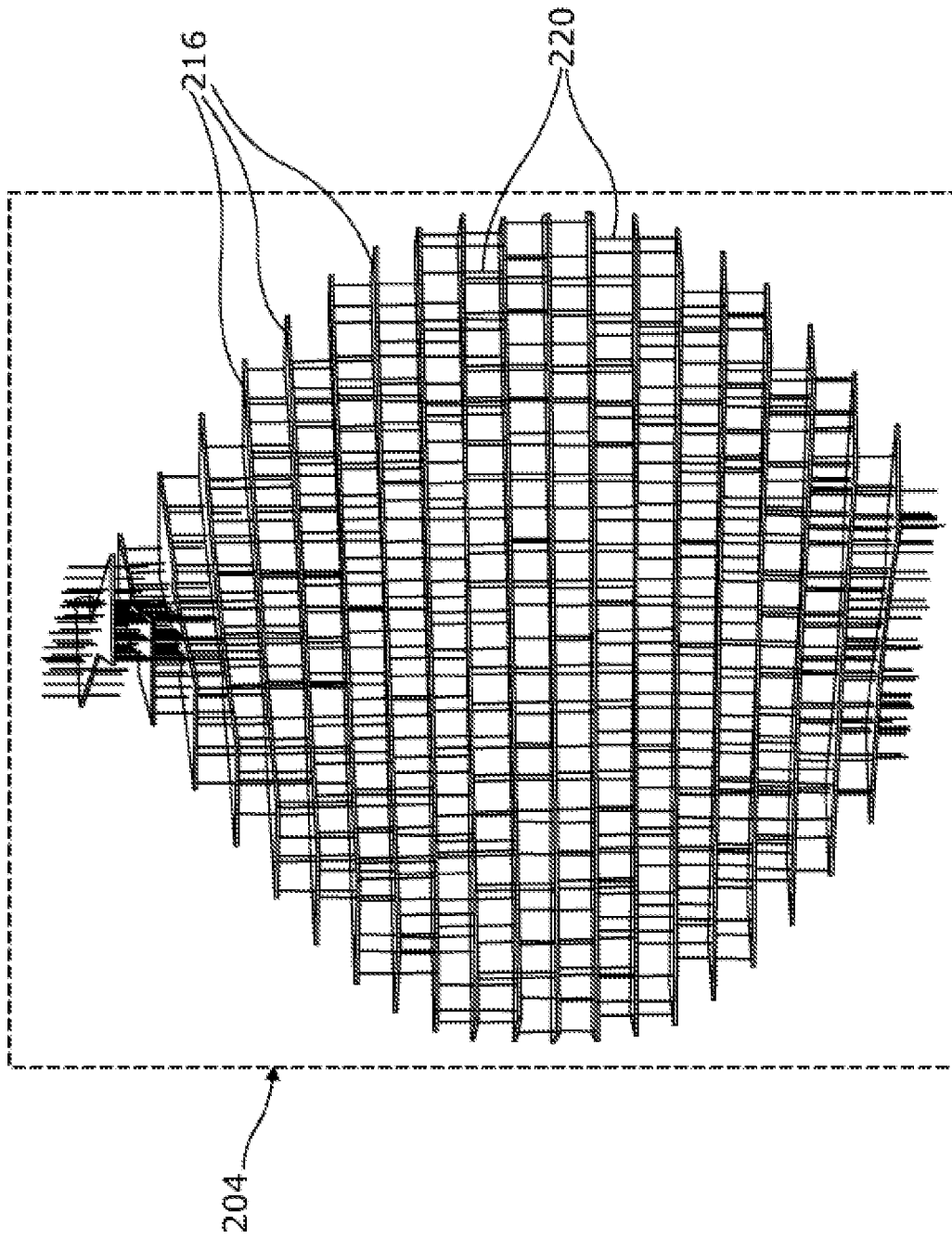


Figura 4

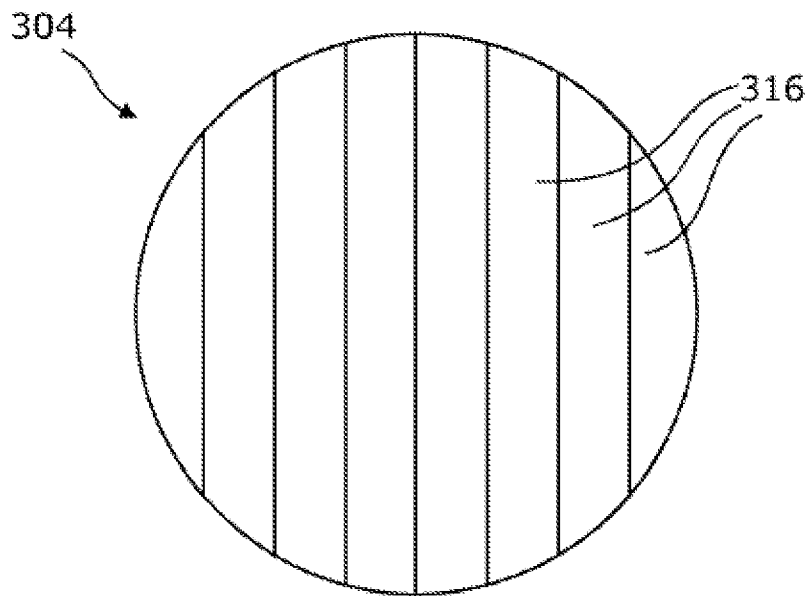
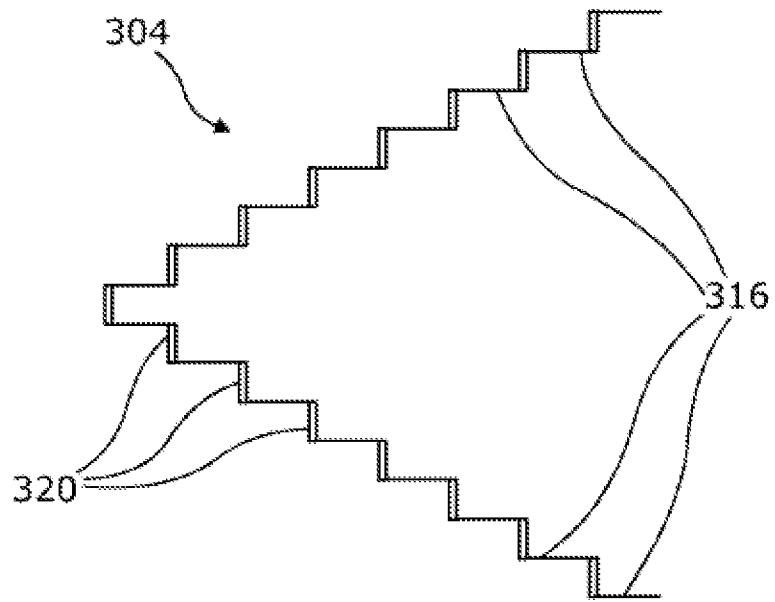


Figura 5

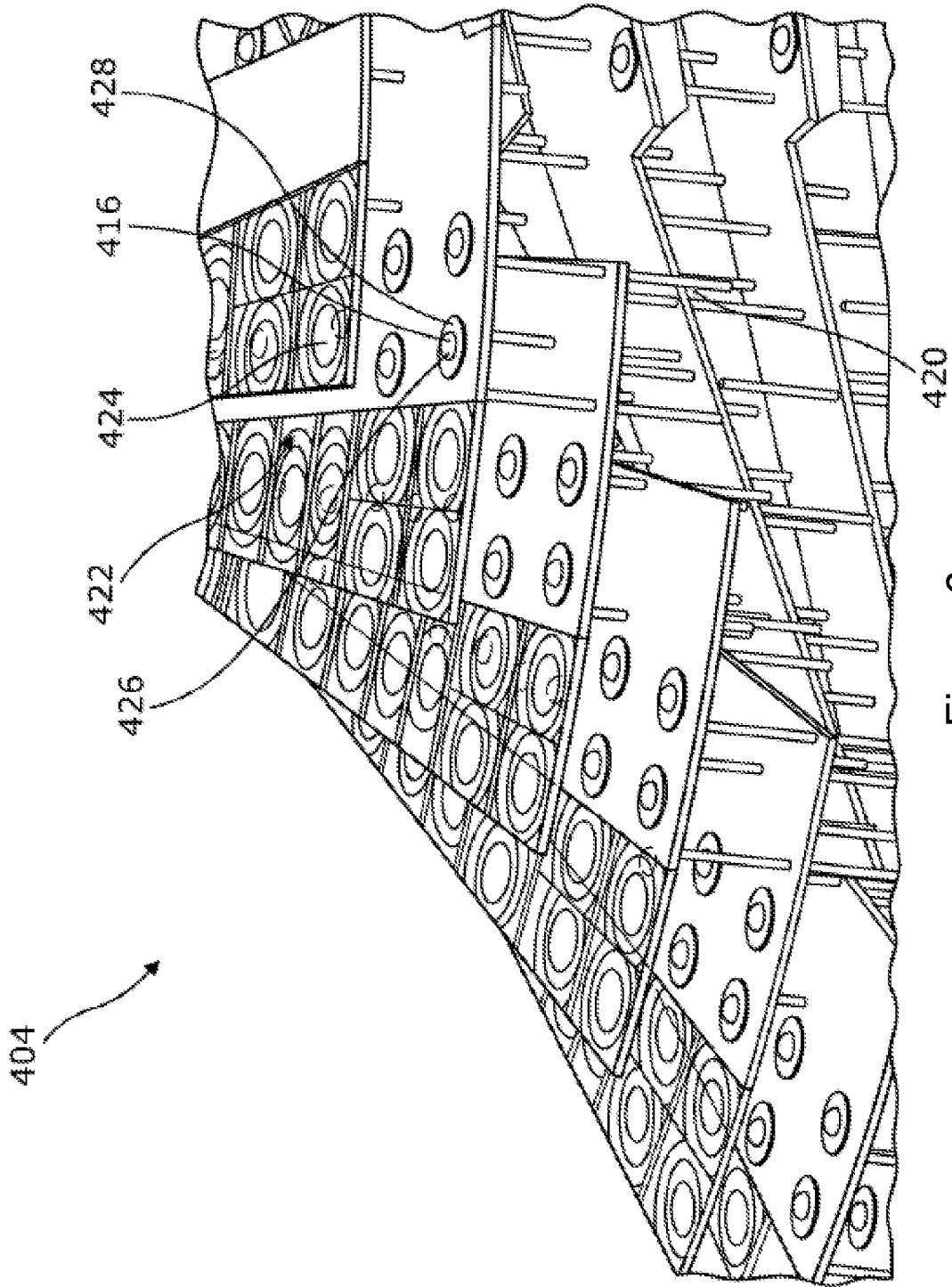


Figura 6

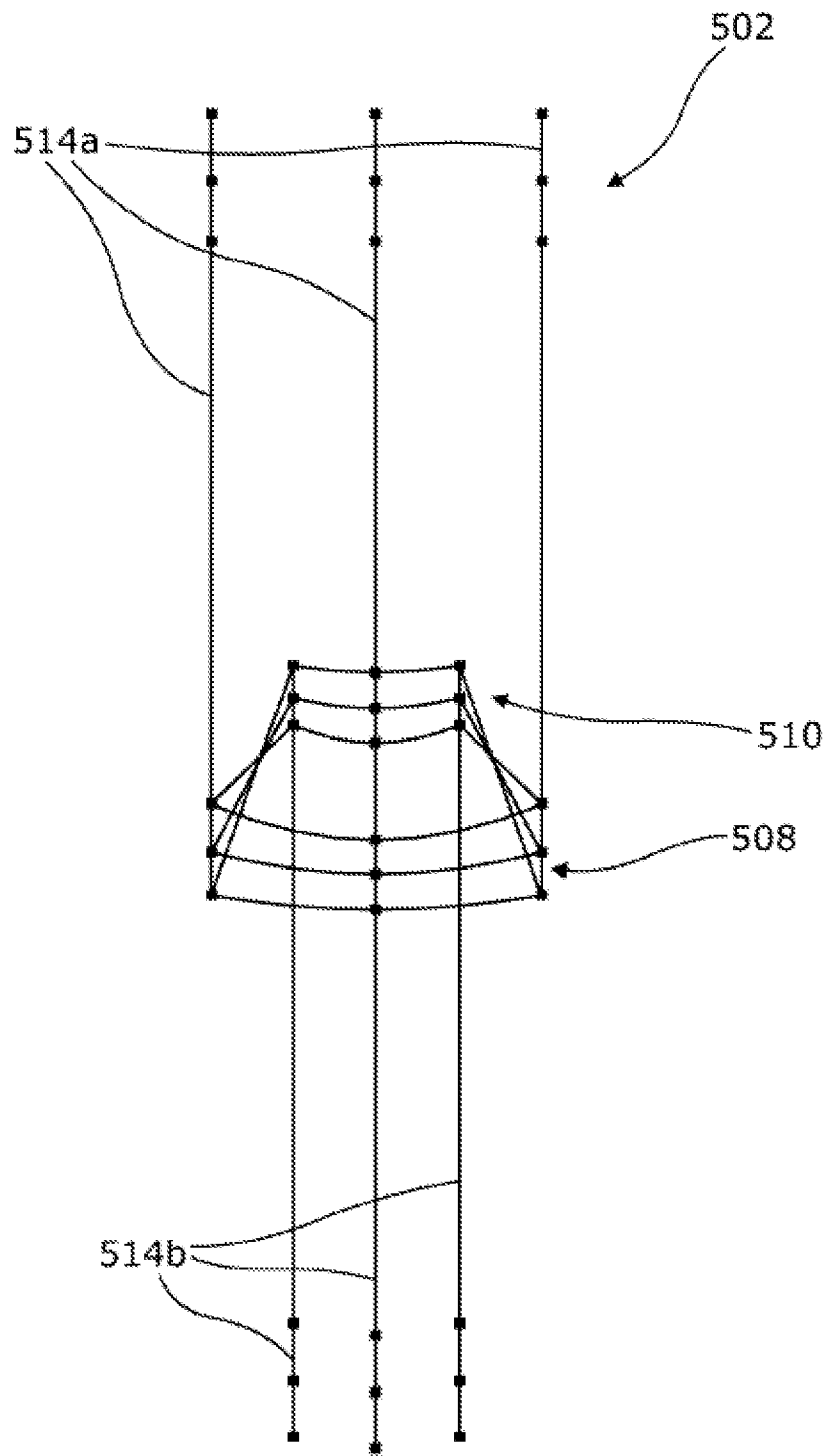


Figura 7

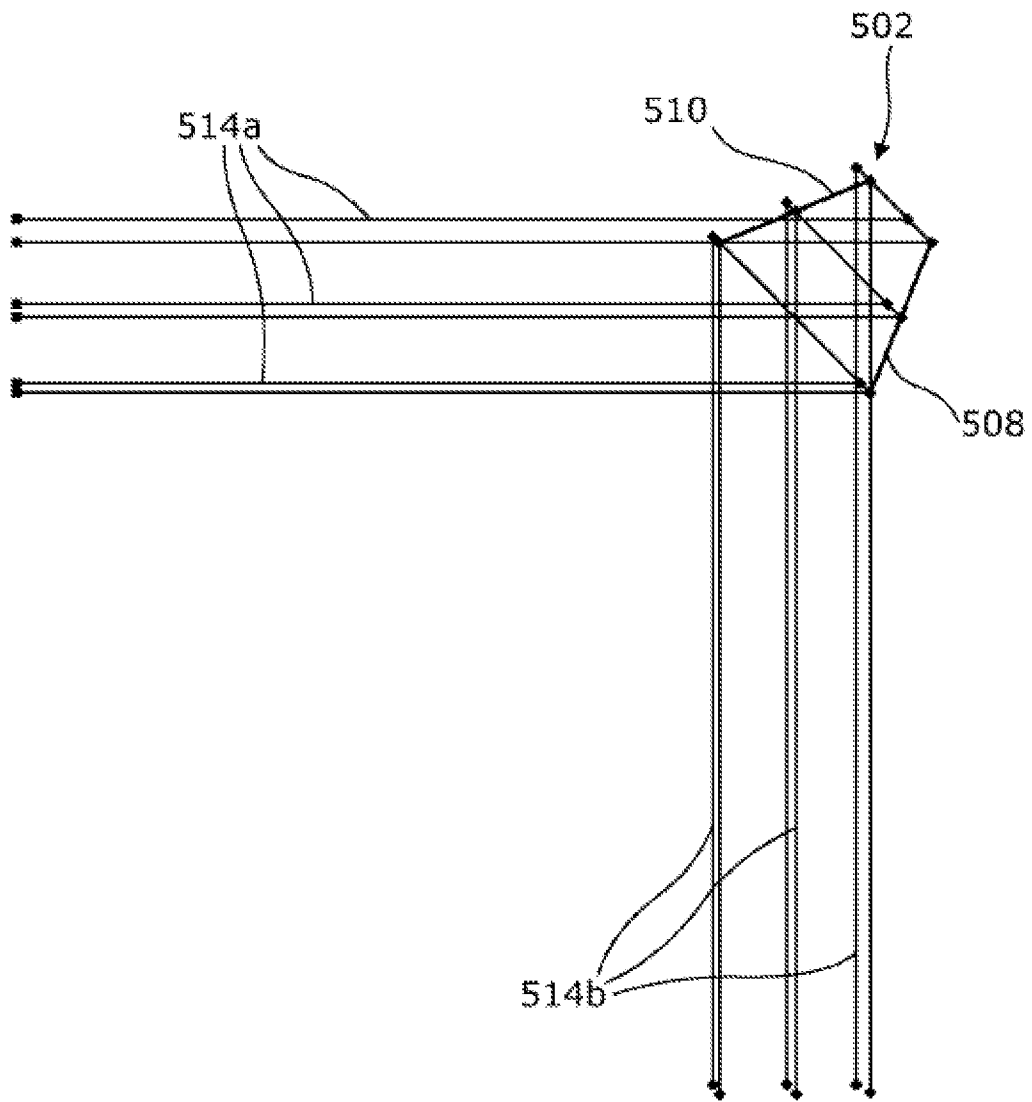


Figura 8

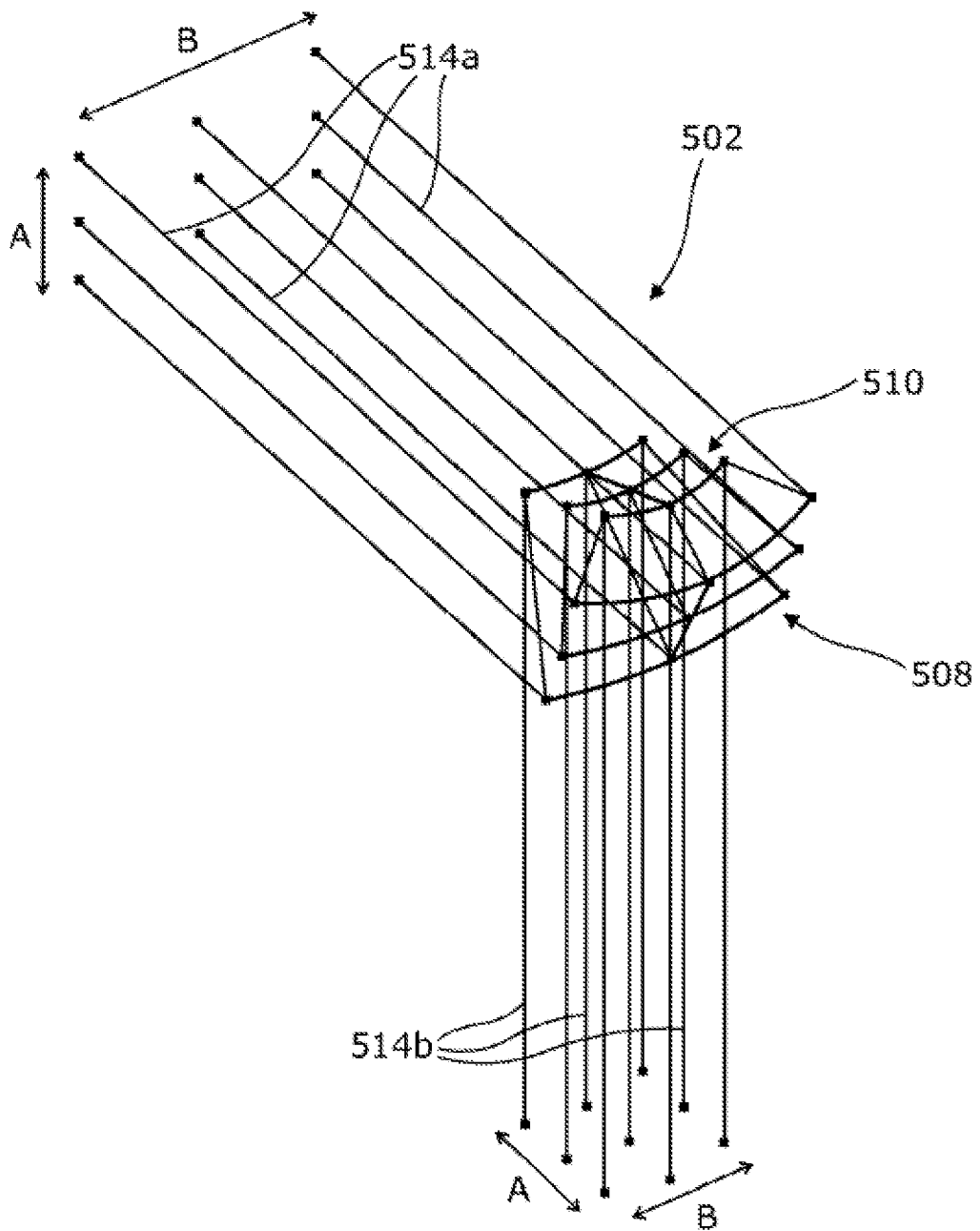


Figura 9

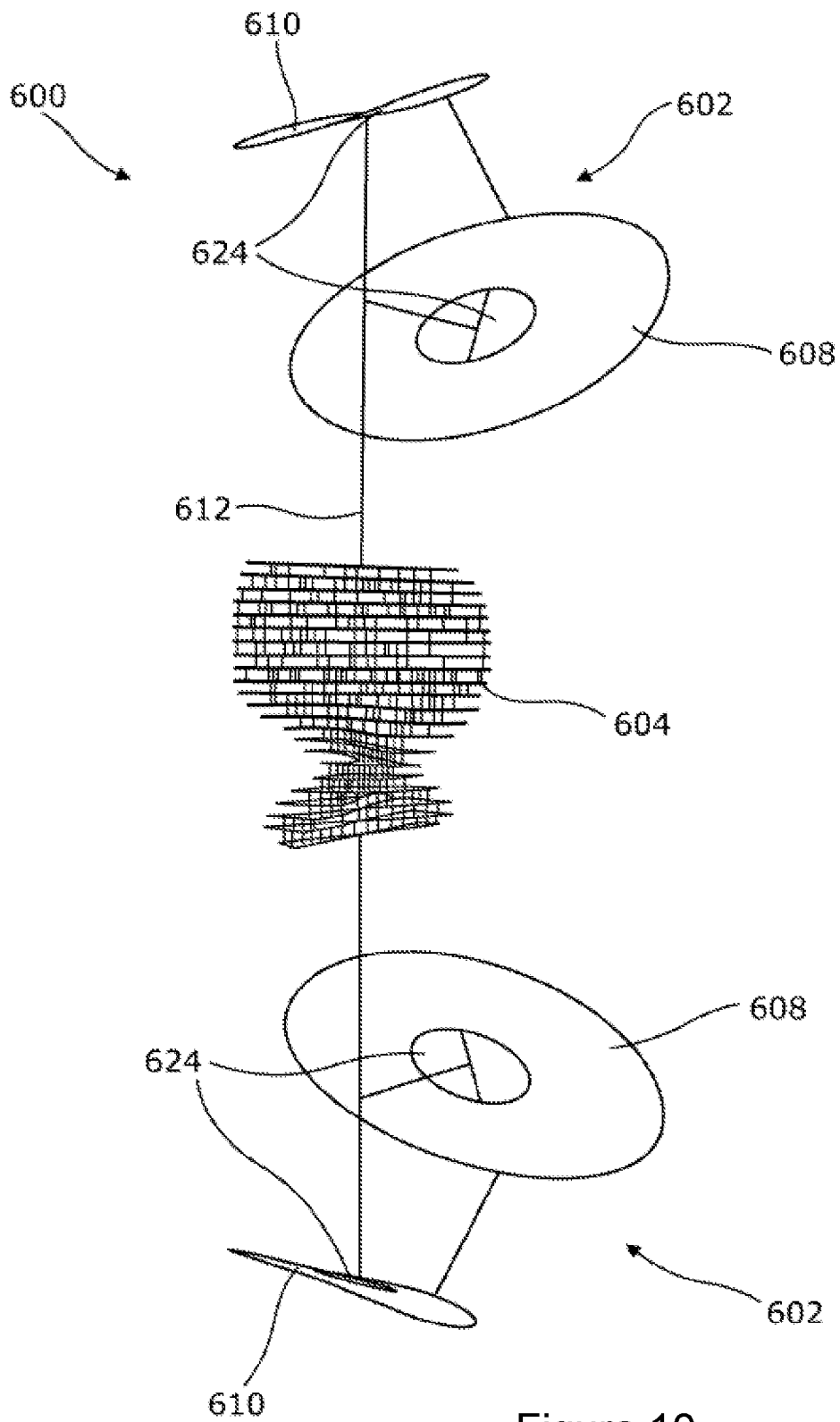


Figura 10