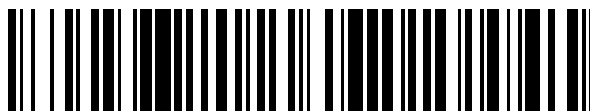


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 831 649**

51 Int. Cl.:

G02B 19/00 (2006.01)

F03G 6/06 (2006.01)

G02B 17/06 (2006.01)

F24S 23/75 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2011 PCT/GB2011/000836**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2011 WO11154685**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2011 E 11724706 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2020 EP 2580617**

54 Título: **Sistema de enfoque de bajo coste que permite altas concentraciones**

30 Prioridad:

11.06.2010 GB 201009852

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

09.06.2021

73 Titular/es:

**OXFORD UNIVERSITY INNOVATION LIMITED
(100.0%)**

**Buxton Court, 3 West Way, Botley
Oxford OX2 0JB, GB**

72 Inventor/es:

**BAILEY, PAUL, BRIAN;
DADD, MICHAEL, WILLIAM;
STONE, CHARLES, RICHARD y
JELLEY, NICHOLAS, ALFRED**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 831 649 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

Sistema de enfoque de bajo coste que permite altas concentraciones

5 La disminución de las reservas de combustible y los efectos del cambio climático han puesto de relieve la necesidad de hacer el mejor uso posible de todas las fuentes de energía disponibles. La energía solar es probablemente la fuente de energía renovable más importante; además tiene la ventaja de un impacto ambiental mínimo. El desarrollo de tecnología para aprovechar la energía solar es muy importante para la futura producción de energía.

10 La energía solar se puede utilizar de diversas maneras, pero para la producción de 5-500 kW de energía eléctrica en regiones secas y soleadas, donde el agua es escasa, son dos las posibilidades principales: los sistemas fotovoltaicos concentrados (CPV) y los motores Stirling calentados por energía solar que accionan generadores eléctricos.

15 Lo que se necesita para ambos son concentradores solares de bajo coste que puedan producir altas concentraciones con valores de al menos 500 y preferentemente hasta valores superiores a 1000. En cuanto a los sistemas fotovoltaicos, los materiales fotovoltaicos de alta eficiencia son costosos y las altas concentraciones permiten que sean utilizados de forma más rentable. En cuanto a los motores Stirling, la alta eficiencia requiere altas temperaturas del calentador y esto solo se puede lograr con altos niveles de concentración.

20 En la actualidad los concentradores solares utilizados para proporcionar estos altos niveles de concentración utilizan diseños que requieren superficies reflectantes totalmente tridimensionales. Por ejemplo, en el documento US2006266408 (Solfocus) se describe un concentrador de dos etapas que puede proporcionar altas concentraciones para dispositivos fotovoltaicos. Los dos espejos se fabrican con vidrio y se platean para obtener los revestimientos reflectantes necesarios. Los perfiles de los espejos presentan curvatura en dos direcciones.

25 En cuanto a aplicaciones de motores Stirling, los diseños se han centrado en reflectores parabólicos de una sola etapa que producen un foco puntual. También se han utilizado reflectores esféricos: con valores altos de f/D (longitud focal/diámetro del plato) se produce un foco puntual aproximado con un factor de concentración suficientemente alto para ser utilizado en estas aplicaciones. Como alternativa, se han utilizado conjuntos de reflectores esféricos que se aproximan a un reflector parabólico. De nuevo, los distintos perfiles del reflector presentan curvatura en dos direcciones.

30 Para formar con la precisión requerida perfiles de reflector que cuenten con curvatura en dos direcciones se requieren generalmente técnicas y materiales de fabricación relativamente costosos. De forma adicional, la manipulación y el transporte de los componentes reflectantes desde la fábrica hasta el lugar de instalación pueden resultar dificultosos debido a su volumen y posible fragilidad.

35 Además del diseño del sistema concentrador básico, otros aspectos de un sistema generador solar completo que es preciso abordar se refieren al diseño de los receptores de tipo cavidad o ventana para los generadores solares Stirling, aspectos tales como el ángulo de incidencia para los generadores fotovoltaicos y, más generalmente, los concentradores "secundarios" sin imágenes para ambos.

40 Los principios utilizados para el diseño de los receptores de cavidad y los concentradores sin imágenes, tales como los conos de Winston, están bien establecidos y son conocidos por los expertos en la materia. Véase, por ejemplo, lo siguiente: 1) Pitz-Paal Robert. High Temperature Solar Concentrators, in Solar Energy Conversion and Photoenergy Systems in Encyclopedia of Life Support Systems. Eolss Publishers, Oxford, Reino Unido 2007; y 2) Roland Winston, Juan C. Minano, Pablo Benitez, (con contribuciones de Narkis Shatz y John C. Bortz), Nonimaging Optics, Academic Press, 2004. (ISBN 0-12-759751-4). También existe software comercial que facilita enormemente el diseño de estos componentes. Véase, por ejemplo, ZEMAX, Optima Research Ltd, 8 Riverside Business Park, Stoney Common Road, Stansted, CM24 8PL, Reino Unido, por ejemplo, ZEMAX (ref 4). Estas herramientas son particularmente útiles para requisitos más detallados, tales como lograr una temperatura uniforme del conjunto del calentador o una iluminación uniforme de la celda fotovoltaica.

45 El documento DE 196 02 457 A1 da a conocer un sistema de enfoque de energía solar con un primer espejo cilíndrico elíptico y un segundo espejo cilíndrico parabólico.

50 Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema capaz de proporcionar los altos factores de concentración necesarios para una alta eficiencia en generadores fotovoltaicos/Stirling, que sea a la vez razonablemente compacto y/o capaz de una fabricación económica y un manejo/transporte cómodo.

55 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de energía solar de acuerdo con la reivindicación 1.

60 La parte de una superficie cónica puede describirse alternativamente como parte de la superficie de un cono y es una primera superficie esférica de primer orden definida por $z = ar$, donde z es el desplazamiento del punto en la superficie desde el vértice del cono a lo largo del eje del cono, r es la distancia radial desde el punto en la superficie hasta el eje

del cono, y a es una constante.

Preferentemente, el primer foco es un foco lineal (es decir, un foco que tiene una forma alargada que se aproxima a una porción de una línea). Como tal foco lineal está restringido sobre todo en las direcciones dentro de un plano horizontal (cuando el primer eje de alineación es vertical), este foco puede denominarse "foco horizontal".

Preferentemente, el segundo foco es un foco puntual (es decir, un foco que está restringido espacialmente en todas las direcciones, aproximándose por ello a un punto). Como tal foco está limitado espacialmente en las direcciones dentro de un plano vertical con respecto al primer foco, este foco puede denominarse "foco vertical".

El segundo elemento reflectante puede formarse a partir de un espejo parabólico con un eje de curvatura perpendicular al primer eje de alineación - un espejo tal tiene la forma de parte de un cilindro parabólico. Por lo tanto, esta disposición utiliza unos elementos reflectantes que se pueden formar fácilmente a partir de una lámina plana mediante un simple plegado; estas superficies se denominan desarrollables. En una superficie desarrollable, pueden elegirse tres planos mutuamente ortogonales en los que la curvatura de la superficie sea solo distinta de cero en uno de los planos: para la superficie de un cono, el plano xy, donde z es el eje del cono; para la superficie de un canal parabólico, el plano xy, donde z se encuentra a lo largo de la base del canal.

Las geometrías desarrollables de este tipo pueden denominarse "bidimensionales" y se caracterizan generalmente por geometrías de superficie construidas a partir de elementos lineales localmente planos (es decir, elementos que no tienen curvatura en una dirección paralela a su longitud). En el caso de los primeros elementos reflectantes, que comprenden una superficie reflectante correspondiente a una parte de un cono (una superficie esférica de primer orden), los elementos lineales irían de manera continua desde un extremo inferior del elemento hasta un extremo superior del elemento, y estarían alineados hacia la punta del cono. En el caso de los segundos elementos reflectantes, donde todas las partes de la superficie son planas a lo largo de la misma dirección de referencia, los elementos lineales son tiras paralelas (infinitesimalmente delgadas). Tales geometrías "bidimensionales" proporcionan diversas ventajas con relación a las geometrías "tridimensionales" alternativas (es decir, geometrías que tienen una curvatura local que no puede conseguirse por simple plegado) que se usaban en la técnica anterior en los contextos más similares.

En primer lugar, los procesos de fabricación y los materiales necesarios para formar las geometrías "tridimensionales" tienden a ser más costosos. En cambio, un diseño "bidimensional" puede fabricarse a partir de una lámina reflectante mediante el simple proceso de plegado. Un diseño "tridimensional" debe comenzar con un material que se pueda mecanizar o deformar, y se requiere un proceso de fabricación más complejo para lograr con precisión la geometría requerida. El vidrio es un material que se utiliza con frecuencia como base de un concentrador "tridimensional". La forma se puede lograr deformando una placa en un molde mediante un proceso llamado termoformado. La superficie reflectante se logra mediante el recubrimiento del vidrio con una fina capa reflectante; este proceso es familiar en el plateado de espejos de vidrio convencionales; sin embargo, el material no resulta robusto.

En segundo lugar, un inconveniente de los sistemas de enfoque basados en reflectores con curvaturas "tridimensionales" está asociado con la manipulación y el transporte de los componentes del concentrador. Con un diseño "bidimensional" es posible seguir un concepto de "paquete plano" en donde los elementos reflectantes y otros componentes se pueden transportar en una forma plana compacta y fácil de manipular. El sistema de enfoque se puede ensamblar en el sitio elegido y los elementos reflectantes se pueden formar con la geometría apropiada mediante procedimientos de plegado relativamente simples. Con diseños "tridimensionales" es poco probable que la geometría se pueda formar en el sitio, por lo que será necesario manipular y transportar los componentes ópticos "tridimensionales" terminados. Esta es claramente una tarea más difícil y costosa, particularmente si los componentes están fabricados con un material que se dañe fácilmente, como el vidrio. Los concentradores solares existentes, que tienen un diseño "bidimensional", tienden a poseer una concentración insuficiente para aplicaciones de alta eficiencia fotovoltaicas o con motores Stirling.

De manera más general, la provisión de elementos reflectantes separados proporciona una mayor flexibilidad en comparación con los sistemas que se basan en un solo elemento reflectante, a causa de la relativa libertad para orientar y/o colocar los elementos reflectantes para conseguir diferentes posiciones del foco.

Por ejemplo, el primer y segundo reflectores pueden configurarse de modo que el segundo foco esté por encima del segundo reflector, de modo que la radiación se acerque al foco desde abajo. Esta disposición puede ser útil cuando el objetivo de la radiación enfocada está dentro de una carcasa prevista para restringir el movimiento ascendente de gas en la región del objetivo (para reducir las pérdidas por convección). Por ejemplo, esta estrategia permite que las ventanas de radiación se abran hacia abajo y/o estén situadas en una parte inferior de la carcasa, lo que naturalmente restringe el escape de gases calientes en comparación con las disposiciones en las que este no sea el caso. Como ejemplo adicional, los elementos reflectantes pueden disponerse de modo que el segundo foco esté muy próximo a uno del primer o segundo elementos reflectantes, o a ambos, lo que hace más fácil proporcionar una estructura soporte ligera y de bajo coste. Dependiendo del contexto, el segundo foco puede disponerse con relación al primer eje de alineación de modo que esté radialmente fuera de uno del primer y segundo elementos reflectantes, o de ambos, o radialmente hacia adentro de uno del primer y segundo elementos reflectantes. Al mismo tiempo, el segundo foco puede disponerse para que esté longitudinalmente más cerca de la fuente de la radiación incidente que uno del primer

y segundo elementos reflectantes, o ambos, o puede estar longitudinalmente más lejos de la fuente que uno del primero y segundo elementos reflectantes, o ambos.

5 Tal como se mencionó anteriormente, los elementos reflectantes pueden formarse por simple plegado o laminación de tiras planas de material. Preferentemente, las tiras planas son rectangulares para facilitar la fabricación. Las tiras también se pueden formar a partir de aluminio, que se puede moldear eficazmente y es ligero y resistente.

10 El primer o segundo elementos reflectantes pueden formarse a partir de una pluralidad de elementos reflectantes. En ambos casos, los elementos reflectantes dentro de cada grupo pueden separarse para permitir que el aire circule entre los elementos individuales, reduciendo así la fuerza del viento y permitiendo una construcción más ligera y económica, sin por ello alterar el área colectora. Si los elementos individuales simplemente se desplazan verticalmente (paralelos al primer eje de alineación), con respecto a donde habrían estado si hubieran estado unidos integralmente, entonces la 'huella' o área colectora de cada elemento reflectante (es decir, de cada elemento formado a partir de una pluralidad de tiras) no se altera.

15 El uso de segundos elementos reflectantes múltiples hace que sea posible lograr una concentración mayor que la unidad de los rayos reflejados desde los segundos elementos reflectantes, incluso cuando los elementos reflectantes secundarios están formados a partir de espejos planos. Por lo tanto, es posible realizar altas concentraciones beneficiándose a la vez del ahorro de costes asociado a la relativa facilidad de fabricación, transporte e instalación in situ de los espejos planos, en comparación con los espejos que deben plegarse en la forma requerida.

20 Las formas de las superficies reflectantes de los elementos reflectantes se pueden adaptar a fin de producir una distribución de potencia uniforme en el segundo foco. Esto se puede lograr controlando la forma general de los elementos reflectantes o aplicando a los elementos reflectantes una máscara no reflectante de forma adecuada.

25 A los elementos reflectantes se les puede dar la forma requerida ya sea usando guías curvadas o apretando unas tiras/facetitas de material nominalmente planas para imponer las condiciones de contorno que las fuercen a plegarse según se desea. Por lo tanto, los elementos reflectantes pueden formarse en el lugar donde se vaya a desplegar el sistema de enfoque solar, evitando así un transporte cuidadoso (y por lo tanto caro) de los componentes preformados.

30 Los elementos reflectantes también se pueden afinar en el sitio, ajustando las condiciones de apriete, para lograr un enfoque óptimo, o afinarlos para corregir daños a los materiales inicialmente planos durante el transporte, o por desgaste general y/o fatiga.

35 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, puede proporcionarse un sistema de enfoque de objetivos múltiples, que consta de dos o más sistemas de enfoque, cada uno configurado para producir diferentes segundos focos. Los diferentes segundos focos pueden estar separados espacialmente entre sí, por ejemplo a lo largo de una dirección paralela al primer eje de alineación de uno o más de los sistemas de enfoque del sistema de enfoque de objetivos múltiples y/o a lo largo de una dirección perpendicular al primer eje de alineación de uno o más de los sistemas de enfoque del sistema de enfoque de objetivos múltiples. De esta manera, es posible concentrar la radiación simultáneamente en más de un objetivo de manera flexible.

40

La superficie del intercambiador de calor puede ser en forma de tubos calentadores dentro de una cavidad definida por una carcasa, por ejemplo.

45 Preferentemente, los elementos reflectantes están dispuestos de modo que la luz incida sobre el intercambiador de calor desde abajo, lo que hace más fácil controlar las pérdidas de calor por convección. Cuando este es el caso, el sistema de enfoque solar está configurado preferentemente para dirigir la radiación en una dirección ascendente hacia el foco secundario. Puede proporcionarse un concentrador y/o un homogeneizador para controlar adicionalmente el grado de enfoque y/o distribución de la radiación incidente sobre el intercambiador de calor.

50

El sistema de energía solar puede comprender adicionalmente una segunda superficie del intercambiador de calor, separada de la primera superficie del intercambiador de calor, para recibir una energía solar que accione una parte del motor impulsado por calor diferente de la que acciona la primera superficie del intercambiador de calor. En este caso, se puede proporcionar un sistema de enfoque de objetivos múltiples, de acuerdo con una realización de la invención, para enfocar la radiación solar independientemente sobre cada una de las superficies del intercambiador de calor.

55

Este acercamiento puede ser útil cuando el motor accionado por calor es un motor lineal Stirling multicilíndrico que comprenda, por ejemplo, una pluralidad de intercambiadores de calor espaciados longitudinalmente (por ejemplo, uno por cada cilindro). El uso de conjuntos de elementos reflectantes separados, en lugar de un reflector único, proporciona la flexibilidad necesaria para abordar de manera eficiente esta situación, incluso cuando el eje del motor lineal sea paralelo a la luz solar incidente.

60

Tal disposición también puede ser útil cuando se desea enfocar la luz sobre diferentes intercambiadores de calor que estén separados entre sí en una dirección perpendicular a los primeros ejes de alineación de los elementos reflectantes (y a la luz solar incidente). Por ejemplo, este acercamiento puede resultar útil cuando se deba orientar horizontalmente

65

un motor Stirling lineal de varios cilindros. Este acercamiento también podría ser útil cuando se utilicen diferentes conjuntos de elementos reflectantes para enfocar la luz sobre diferentes elementos de un único intercambiador de calor (por ejemplo, los tubos calentadores) en donde estos elementos se encuentran significativamente desplazados del eje del intercambiador de calor.

5 El sistema puede tener una carcasa para contener el generador fotovoltaico, con medios para disipar el calor rechazado y para proteger de daños al generador fotovoltaico. En realizaciones preferentes, la cara receptora del generador fotovoltaico está dirigida hacia abajo para evitar que se acumulen desechos no deseados sobre la superficie receptora. Tal como se describió anteriormente, el sistema de enfoque se puede adaptar para enfocar la luz hacia arriba sobre dicha superficie mediante una ubicación y orientación adecuadas de los reflectores. Puede proporcionarse un elemento secundario para ayudar a garantizar que el flujo solar se enfoque de manera óptima sobre la superficie de la fotocélula. Este elemento podría ser un concentrador o un homogeneizador.

10 Se describirán a continuación las realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que los símbolos de referencia correspondientes indican las partes correspondientes, y en los que:

20 La Figura 1 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque que comprende un primer elemento reflectante formado a partir de un sector de la superficie de un cono y un segundo elemento reflectante formado a partir de un espejo que tiene una curvatura a lo largo de una sola dirección, y muestra la posición de un foco lineal que corre a lo largo del primer eje de alineación;

25 La Figura 2 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque del tipo general mostrado en la Figura 1, en donde el primer y segundo elementos reflectantes están configurados para formar un foco puntual que está muy por encima de ambos elementos reflectantes, por lo que los rayos convergen casi verticalmente hacia el foco puntual, y más lejos del primer eje de alineación que el primer y segundo elementos reflectantes;

La Figura 3 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque similar al mostrado en la Figura 2, excepto que el foco puntual se forma más cerca del primer eje de alineación que el primer y segundo elementos reflectantes;

30 La Figura 4 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque del tipo general mostrado en la Figura 1, en donde el primer y segundo elementos reflectantes están configurados para formar un foco puntual que está solo un poco más alto que el primer elemento reflectante y más alejado del primer eje de alineación que el primer elemento reflectante;

La Figura 5a es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque en donde el foco puntual se forma en una posición entre el primer y segundo elementos reflectantes;

35 La Figura 5b es una vista esquemática en perspectiva del sistema de enfoque de acuerdo con la Figura 5a;

La Figura 6 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque en donde el primer y segundo elementos reflectantes están configurados para producir un foco puntual que está directamente debajo del segundo elemento reflectante;

La Figura 7 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque que comprende un tercer elemento reflectante configurado para redirigir el foco puntual directamente hacia arriba;

40 La Figura 8 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque que comprende un concentrador secundario para concentrar aún más la luz enfocada desde el segundo elemento reflectante;

La Figura 9 es una vista superior esquemática de un sistema de enfoque que comprende una pluralidad de pares de elementos reflectantes primero y segundo;

45 La Figura 10 es una vista lateral esquemática de una disposición que comprende dos primeros elementos reflectantes, separados entre sí por un espacio de aire y configurados de manera que los focos horizontales y los focos verticales que se originan en diferentes elementos reflectantes converjan respectivamente en la salida y la entrada de un concentrador secundario;

La Figura 11a es una vista ampliada del concentrador secundario y los rayos incidentes mostrados en la Figura 10;

50 La Figura 11b es una vista esquemática en perspectiva del concentrador secundario de la Figura 11a que muestra los focos horizontales y verticales;

La Figura 12 es una vista lateral esquemática de una variación similar a la representada en las Figuras 10, 11a excepto que se proporcionan dos segundos elementos reflectantes separados en lugar de dos primeros elementos reflectantes separados;

55 La Figura 13a es una vista esquemática en perspectiva que ilustra el uso de un sistema de enfoque del tipo mostrado en la Figura 2 configurado para enfocar la luz sobre un elemento calentador de un motor Stirling;

La Figura 13b es una vista lateral esquemática que ilustra el uso de tres sistemas de enfoque del tipo mostrado en la Figura 2, cada uno configurado para enfocar la luz sobre un elemento calentador diferente de un motor Stirling;

60 La Figura 14 es una vista lateral esquemática que ilustra el uso de un sistema de enfoque de acuerdo con el tipo mostrado en la Figura 4 con un generador fotovoltaico;

Las Figuras 15a a 15c ilustran un ejemplo específico de un sistema de enfoque sin aberraciones;

La Figura 16 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque de objetivos múltiples desplegado para enfocar la radiación sobre tres cilindros diferentes de un motor Stirling de cilindros múltiples alineado longitudinalmente con la dirección de incidencia de la radiación solar; y

65 La Figura 17 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque de múltiples objetivos desplegado para enfocar la radiación sobre tres cilindros diferentes de un motor Stirling de cilindros múltiples alineado

longitudinalmente en perpendicular a la dirección de incidencia de la radiación solar.

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de enfoque 110 de acuerdo con una realización de la invención. El sistema de enfoque 110 comprende un primer elemento reflectante 100 y un segundo elemento reflectante 102. El primer elemento reflectante 100 adopta la forma de una porción de la superficie de un cono (una superficie cónica) que tiene un primer eje de alineación 103. El primer elemento reflectante 100 refleja la luz hacia un foco lineal 105 a lo largo del primer eje de alineación cuando la luz plana 101 incide sobre el sistema de enfoque 110 en una dirección paralela al primer eje de alineación 103.

El foco lineal 105 puede representarse mejor observándolo en un plano horizontal (perpendicular al eje 103 del cono), y por lo tanto puede denominarse "foco horizontal".

El segundo elemento reflectante 102 comprende una superficie reflectante curvada que está situada entre el primer elemento reflectante 100 y su foco lineal 105. El segundo elemento reflectante 102 tiene la curvatura en una sola dirección y el eje de curvatura en un punto perpendicular al eje del cono.

El segundo elemento reflectante 102 refleja la luz procedente del primer elemento reflectante y produce un nuevo foco 104 que tiene generalmente una concentración mayor que el foco horizontal 105. Este nuevo foco 104 se denomina en lo que sigue "segundo foco", pero como la acción de enfocar puede observarse mejor en el plano vertical (es decir, si se observa en un plano vertical, la extensión espacial del segundo foco es menor que la extensión espacial del foco horizontal), se puede considerar que el segundo foco es un foco vertical. El segundo foco 104 se encuentra en un plano que contiene el primer eje de alineación 103 y es normal al segundo elemento reflectante 102.

Si se coloca el segundo foco 104 detrás del primer elemento reflectante 100, o en la proximidad del mismo, entonces puede que sea preciso prever el paso de la luz enfocada a través del primer elemento reflectante 100, así como la instalación de componentes de receptor adecuado. Esto se puede hacer disponiendo una abertura adecuada en el primer elemento reflectante 100 o dividiendo en dos el primer elemento reflectante 100 con un espacio para el foco reflejado.

Las Figuras 2 a 6 muestran realizaciones preferidas que producen focos puntuales 104. En cada caso, el primer elemento reflectante 100 comprende un sector de la superficie de un cono en combinación con un segundo elemento reflectante 102, que consiste en un reflector parabólico "bidimensional" (es decir, un reflector que tiene una curvatura a lo largo de una sola dirección en forma de parábola).

En los casos preferidos en los que la superficie del cono está inclinada 45 grados, es posible lograr un enfoque libre de aberración, tal como se describe en detalle a continuación con referencia a las Figuras 15a a 15c. Si la superficie del cono está inclinada con un ángulo distinto a 45 grados con respecto al primer eje de alineación, el foco puntual es aproximado.

En la Figura 2, el sistema de enfoque 110 está dispuesto de manera que la luz ascienda hacia un segundo foco 104 colocado por encima y justo detrás del primer elemento reflectante 100 (radialmente hacia afuera desde el mismo). La disposición tiene dos características que la hacen particularmente atractiva para aplicaciones solares Stirling. En primer lugar, la dirección ascendente de la luz hacia el segundo foco 104 facilita su entrada en un receptor tipo cavidad en donde deben minimizarse las pérdidas por convección (la abertura para la luz estará en una parte inferior de la cavidad, mientras que los gases calientes tenderán subir por dentro de la cavidad). En segundo lugar, tener el segundo foco 104 cerca del primer elemento reflectante 100 permite colocar el motor/receptor cerca del primer elemento reflectante 100. Situar las masas de los componentes principales muy cercanas entre sí aumenta las posibilidades de diseñar una estructura soporte ligera y de bajo coste.

En la Figura 3 el segundo elemento reflectante 102 está ajustado para poner el segundo foco 104 por encima y justo más allá del segundo elemento reflectante 102 (es decir, el segundo foco 104 está más cerca del primer eje 103 de alineación que el segundo elemento reflectante 102 y por encima del segundo elemento reflectante 102). De nuevo, la dirección ascendente de los rayos de luz hasta un segundo foco 104 hace que esta disposición sea particularmente adecuada para aplicaciones solares Stirling.

En la Figura 4 el segundo elemento reflectante 102 está ajustado para poner el segundo foco 104 más atrás del primer elemento reflectante 100 (es decir, más lejos del primer eje de alineación 103), y a una altura más baja, con relación a la disposición de la Figura 2. Los rayos de luz que convergen en el segundo foco 104 en esta disposición estarán mucho más cerca de la horizontal que en la disposición de la Figura 2, por lo que es menos adecuada para las aplicaciones solares Stirling desde el punto de vista de minimizar las pérdidas por convección. Sin embargo, es más compacta y sería muy adecuada para aplicaciones fotovoltaicas, en donde las pérdidas por convección no son un problema.

Las Figuras 5a (vista lateral) y 5b (vista en perspectiva) muestran una disposición compacta en la que el segundo foco 104 está colocado entre el primer elemento reflectante 100 y el segundo elemento reflectante 102. Por las mismas razones que la disposición mostrada en la Figura 4, esta variación se adapta principalmente a aplicaciones fotovoltaicas. Téngase en cuenta que el objetivo del segundo foco 104 provocará una pequeña sombra en el segundo

elemento reflectante 102.

La Figura 6 muestra una realización en la que el segundo foco 104 está dispuesto por debajo del segundo elemento reflectante 102 (es decir, más lejos de la fuente de la radiación plana incidente 101 que el segundo elemento reflectante 102), ilustrando la flexibilidad del acercamiento general y la facilidad con la que puede adaptarse el sistema de enfoque 110 para que encaje en diferentes entornos y requisitos operativos.

Las realizaciones anteriormente descritas dan una considerable flexibilidad para la ubicación del segundo foco 104 en relación con el primer y segundo elementos reflectantes 100 y 102, pero el ángulo de incidencia de la radiación incidente 101 se fija generalmente para una posición particular del segundo foco 104.

La Figura 7 muestra una realización alternativa en la que se proporciona un tercer elemento reflectante 108, en este caso en forma de espejo plano. El tercer elemento reflectante 108 está configurado para hacer que los rayos que convergen hacia el segundo foco 104 sean redirigidos hacia un nuevo foco 109. En esta realización, la tercera superficie reflectante 108 se coloca directamente debajo del nuevo foco 109, por lo que la luz incidente converge hacia el nuevo foco 109 en una dirección vertical o casi vertical. Sería posible colocar el segundo foco 104 en el mismo punto sin el tercer elemento reflectante 108 adicional, pero en este caso se fijaría el ángulo de incidencia en un valor más cercano a la horizontal. Añadir la tercera superficie reflectante 108 proporciona por lo tanto una flexibilidad aún mayor al permitir una selección más independiente de la posición del foco puntual final 109 y de la dirección de incidencia de los rayos de luz que convergen hacia ese foco 109.

Aunque las concentraciones producidas en las disposiciones mostradas en las Figuras 2 a 7 serán suficientemente altas para las aplicaciones fotovoltaicas y de motor solar Stirling normales, también es posible un aumento adicional de la concentración mediante el uso de un concentrador secundario. La Figura 8 muestra una disposición de este tipo en donde se añade un concentrador 112 de tipo trompeta a la realización mostrada en la Figura 2. Esta disposición produce una concentración máxima superior a 10.000.

También se puede aumentar el flujo solar incidente mediante la combinación de dos o más sistemas de enfoque individuales. La Figura 9 es una vista superior esquemática de dicha disposición en la que, mirando hacia abajo, se ve un eje de alineación (el "segundo eje de alineación 114") que es paralelo a los tres primeros ejes de alineación (no mostrados) de los tres sistemas de enfoque 110A-C del ejemplo. Los tres sistemas de enfoque 110A-C del ejemplo están colocados según una matriz polar (definida con relación al segundo eje de alineación) con un único foco común. Cada sistema de enfoque 110A-C comprende un primer elemento reflectante 100A-C, convenientemente situado y orientado, y un segundo elemento reflectante 102A-C, convenientemente situado y orientado.

Las realizaciones anteriores describen unos concentradores en los que la radiación incidente se concentra en un solo foco puntual. También es posible dividir el segundo elemento reflectante 102 en dos o más espejos parabólicos "bidimensionales" más pequeños, cada uno de los cuales genera un foco puntual separado.

Aunque las concentraciones más altas se obtienen con realizaciones que utilizan espejos parabólicos "bidimensionales" como segundo elemento reflectante 102 (tal como se ha descrito anteriormente), también es posible obtener altas concentraciones con realizaciones que utilicen sólo espejos planos como segundo elemento reflectante 102. Estas tienen la ventaja de una construcción más sencilla.

Un solo espejo cuya superficie sea parte de un cono (como primer elemento reflectante) en combinación con un solo espejo plano (como segundo elemento reflectante) dará una concentración vertical (es decir, la concentración de los rayos que salen del segundo elemento reflectante) de una unidad, por lo que la concentración total es relativamente baja. Sin embargo, la concentración puede aumentarse combinando dos o más de tales conjuntos en un eje concentrador común. Los focos están dispuestos para solaparse (es decir, los focos verticales están dispuestos para coincidir entre sí y los focos horizontales están dispuestos para coincidir entre sí) de modo que, si hay dos conjuntos, entonces la concentración total aumenta en un factor de dos.

La construcción de esta realización se puede simplificar disponiendo los reflectores que usan superficies de cono/cónicas (asféricas de 1^{er} orden) para que tengan una inclinación común, lo que les permite fusionarse en un único reflector. Alternativamente, los espejos "bidimensionales" pueden tener la misma elevación, lo que les permite fusionarse en un único componente; entonces se requiere que las superficies de los conos tengan diferentes ángulos de inclinación.

Aunque el uso de elementos múltiples puede aumentar la concentración total, todavía puede ser insuficiente para algunas aplicaciones. En tales casos, puede aumentarse aún más la concentración mediante el uso de un concentrador secundario sin imágenes. El uso de tales concentradores secundarios para este propósito está bien establecido en el campo de los concentradores solares.

En dos realizaciones preferidas adicionales se usa una disposición de concentrador secundario para mejorar principalmente el foco vertical combinado en sistemas que comprenden un primer elemento reflectante, que está compuesto por una pluralidad de elementos reflectantes separados, o un segundo elemento reflectante que está

compuesto por una pluralidad de elementos reflectantes separados. El foco vertical combinado se origina a partir de la intersección de la radiación reflejada por la totalidad de los elementos reflectantes que componen el segundo elemento reflectante, o por la totalidad de los elementos reflectantes que componen el primer elemento reflectante, después de la reflexión por el segundo elemento reflectante; el foco en sí corresponde a la región del plano vertical (paralelo al primer eje de alineación y normal al primer elemento reflectante) en donde la radiación intersecante está más concentrada o "enfocada". También existe un foco horizontal combinado que forman los focos lineales originados por la radiación reflejada por la totalidad de los elementos reflectantes que componen el segundo elemento reflectante, o por la totalidad de los elementos reflectantes que componen el primer elemento reflectante, después de la reflexión por el segundo elemento reflectante.

La concentración preferente del foco vertical se consigue disponiendo que el foco vertical combinado esté situado a la entrada del concentrador secundario, mientras que el foco horizontal combinado esté situado a la salida del concentrador. Se verá que el concentrador secundario tiene una construcción particularmente simple, pero que aun así es capaz de producir grandes concentraciones totales a la salida del concentrador secundario.

La Figura 10 muestra una realización en la que un primer elemento reflectante formado por dos elementos reflectantes 1000A y 1000B separados, cada uno formado como sectores de las superficies de cono y separados por un espacio 1018 de aire, y un segundo elemento reflectante 1002 formado por un solo espejo plano están combinados con un concentrador secundario 1020 que está configurado para actuar principalmente sobre el foco vertical combinado 1004. El foco vertical combinado 1004 reflejado está dispuesto para ser ubicado a la entrada del concentrador secundario 1020 y el foco horizontal combinado 1005 reflejado está dispuesto para ser ubicado a la salida del concentrador secundario 1020.

Las Figuras 11a y 11b muestran detalles del concentrador secundario 1020 de la Figura 10, que presenta unas superficies reflectantes curvadas superior e inferior 1022 y 1024, respectivamente. Estos diagramas muestran más claramente cómo se coloca el foco vertical combinado 1004 a la entrada del concentrador secundario 1020 mientras que el foco horizontal combinado 1005 está ubicado a la salida del concentrador.

La Figura 12 muestra una disposición similar a la de la Figura 10, excepto que existe un primer elemento reflectante 1200 único, formado a partir de un sector de la superficie de un cono, con un segundo elemento reflectante formado por dos espejos planos 1202 separados. Obsérvese que los focos combinados vertical 1204 y horizontal 1205, que se originan en los diferentes espejos planos 1202, están ubicados en diferentes posiciones a la entrada y a la salida del concentrador secundario 1220, respectivamente.

Las Figuras 13a y 13b muestran unas realizaciones en las que uno o más sistemas de enfoque 1310, que consisten cada uno en un primer y segundo elementos reflectantes 1300 y 1302, respectivamente, se utilizan como parte de un generador de ciclo Stirling. En la Figura 13a, se utiliza un único sistema de enfoque 1310 del tipo que se muestra en la Figura 2, para proporcionar la entrada al calentador de un solo motor Stirling 1330 a través de la ventana 1329. En la Figura 13b, el motor Stirling 1330 tiene tres conjuntos de calentadores separados y cada uno tiene su propio sistema de enfoque 1310A, 1310B y 1310C configurado para dirigir la radiación a través de una ventana 1329 correspondiente.

La Figura 14 muestra cómo podría integrarse un generador fotovoltaico en la realización mostrada en la Figura 4.

Las realizaciones descritas anteriormente muestran cómo es capaz la invención de enfocar luz paralela con altos niveles de concentración. Se apreciará que las realizaciones que producen focos puntuales libres de aberraciones también pueden utilizarse como base de telescopios astronómicos ligeros y de bajo coste capaces de un gran aumento, en los que actuarían como espejo primario. También se apreciará que la acción de enfoque es reversible y que también pueden usarse diversas realizaciones de la invención para producir luz sustancialmente paralela desde una fuente de luz puntual.

Ciertas realizaciones son capaces de focos puntuales libres de aberración y por lo tanto de niveles de concentración extremadamente altos.

Las Figuras 15a a 15c ilustran un ejemplo específico de un sistema de enfoque libre de aberraciones.

La Figura 15a muestra un primer elemento reflectante 100 formado a partir de un sector de 60 grados de la superficie de un cono con una inclinación de 45 grados. El primer elemento reflectante 100 es tal que cuando la radiación plana 101 incide a lo largo del primer eje de alineación 103 del cono (desde "arriba"), se formará un foco a lo largo de una parte del primer eje de alineación en ausencia de obstáculos. En la presente disposición, se proporciona un segundo elemento reflectante 102 para reflejar hacia un segundo foco 104 los rayos reflejados por el primer elemento reflectante 100. El segundo elemento reflectante 102 está formado a partir de un espejo parabólico plano en una única dirección perpendicular al primer eje de alineación.

La geometría aparece con mayor detalle en las Figuras 15b y 15c.

La radiación incidente es reflejada horizontalmente por el primer elemento reflectante 100 sobre el segundo elemento

reflectante 102. Un rayo incidente a una altura vertical x y con un ángulo incidente α es reflejado con un ángulo Φ en el plano horizontal y con un ángulo 2θ en el plano vertical, tal y como se muestra. El rayo intercepta el plano horizontal central (es decir, el plano horizontal que contiene el eje de simetría de la parábola que define la curvatura del segundo elemento reflectante y que cruza una porción verticalmente central del segundo elemento reflectante 102, ilustrado en la Figura 15) a una distancia f , y el plano vertical central (es decir, el plano vertical que contiene el primer eje de alineación y es perpendicular a la dirección en la que el segundo elemento reflectante es plano, y que interseca una porción horizontalmente central del segundo elemento reflectante 102, ilustrado en la Figura 15) a una distancia s desde el segundo elemento reflectante 102.

10 Un rayo incidente en el plano horizontal central, con un ángulo de incidencia α y que impacta sobre el segundo elemento reflectante 102 a una distancia t del plano vertical central, se refleja con un ángulo α e intercepta el plano vertical central a una distancia f del segundo elemento reflectante 102. Este rayo incide en el mismo plano vertical que el rayo incidente a una altura x y con un ángulo α .

15 En un espejo parabólico definido por

$$y = ax^2, f=1/4a, \quad (1,2)$$

el ángulo Φ viene dado por

20
$$\tan\Phi = \tan\alpha/\cos 2\theta, \quad (3)$$

y la distancia s por

25
$$s = y + (t + y\tan\alpha)\cot \Phi. \quad (4)$$

La distancia t viene dada por

30
$$t = f \tan\alpha = \tan\alpha/4a. \quad (5)$$

El ángulo θ está relacionado con a y x por

$$dy/dx = 2ax = \tan\theta. \quad (6)$$

35 La distancia s es igual a usar las ecuaciones (1) y (3)

40
$$\begin{aligned} s &= y + (1/4a + y)\tan\alpha \cot\Phi \\ &= ax^2 + (1/4a + ax^2)\cos 2\theta \\ &= ax^2 + [(1 + 4a^2x^2)\cos 2\theta]/4a. \end{aligned} \quad (7)$$

El uso de la identidad y la ecuación (6) lleva a

45
$$\begin{aligned} \cos 2\theta &= (1 - \tan^2\theta)/(1 + \tan^2\theta), \\ &= (1 - 4a^2x^2)/(1 + 4a^2x^2). \end{aligned} \quad (8)$$

sustituyendo la ecuación (8) en la ecuación (7)

50
$$\begin{aligned} s &= ax^2 + (1 + 4a^2x^2)(\cos 2\theta)/4a \\ &= ax^2 + (1 - 4a^2x^2)/4a \\ 55 &= 1/4a \\ &= f. \end{aligned}$$

60 La combinación de un primer elemento reflectante 100, que consta de un sector de la superficie de un cono a 45 grados de inclinación, con un segundo elemento reflectante 102 que consta de un espejo parabólico réflex, da por lo tanto un foco libre de aberraciones. La superficie del cono tiene que estar a 45 grados con respecto al primer eje de alineación para que se mantenga el análisis anterior, de modo que la luz reflejada por la superficie del cono sea perpendicular al primer eje de alineación.

65 Para un sector de 60 grados de la superficie de un cono de radio medio (R) 2000 mm y una anchura horizontal (W) 600 mm, el área colectora es $\pi RW/3 \approx 1250,000 \text{ mm}^2$. La anchura vertical de la superficie del cono es igual a su

anchura horizontal, es decir, 600 mm, por lo que para un valor máximo de $2\theta = 30$ grados, $f \approx 600$ mm. Tomando el diámetro angular del sol como δ (0,0093 radianes), el tamaño de la imagen es $S \approx (f\delta)^2 / \cos^2 30 \approx 140$ mm², lo que da una concentración de ~ 9000 . Esto se puede comparar con el máximo teórico para una aceptación de 6α grados de $\sin^2(\alpha) / \sin^2(\delta/2) \approx 11500$.

5 En general, en un elemento reflectante que comprenda un sector de la superficie de un cono inclinado a 45 grados cuyo punto medio esté a una distancia x del primer eje de alineación (el eje del cono), el segundo foco 104 puede ser posicionado por el segundo elemento reflectante 102 dentro de un plano cuadrado de $2x$ de lado, limitado en un lado por el primer eje y que pasa por el punto medio de la superficie del cono del primer elemento reflectante 100.

10 Las Figuras 16 y 17 ilustran unos sistemas de enfoque de múltiples objetivos para concentrar la radiación en una pluralidad de objetivos simultáneamente. En ambos ejemplos se muestran tres objetivos diferentes, pero se podrían lograr otros múltiples tales como dos o un número superior a tres.

15 La Figura 16 es una vista lateral esquemática de un sistema de enfoque de múltiples objetivos que tiene tres sistemas de enfoque independientes 1610A-C, cada uno configurado para enfocar la radiación incidente 101 sobre un respectivo cilindro 1630A-C de un motor Stirling multicilíndrico. En el ejemplo mostrado, cada uno de los tres sistemas de enfoque 1610A-C está alineado longitudinalmente con el mismo segundo eje de alineación (es decir, los conos teóricos con respecto a los cuales los primeros elementos reflectantes de los sistemas de enfoque 1610A-C forman una matriz polar), y los tres cilindros del motor Stirling también están alineados con el mismo segundo eje de alineación.

20 La Figura 17 es una vista superior esquemática (es decir, mirando hacia abajo en la dirección de la radiación incidente, que por lo tanto no se muestra) de un sistema de enfoque de múltiples objetivos que tiene tres sistemas de enfoque 1710A-C separados que están configurados para enfocar la radiación sobre un respectivo cilindro 1730A-C de un motor Stirling multicilíndrico. En contraste con el ejemplo mostrado en la Figura 16, los cilindros del motor Stirling de la Figura 17 están alineados con respecto a un eje horizontal (o un eje perpendicular a la dirección de la radiación incidente). Los tres sistemas de enfoque 1710A-C tienen unos ejes de alineación que son paralelos entre sí y están separados en una dirección perpendicular a la dirección de la radiación incidente, y que están configurados para concentrar la radiación en los tres cilindros 1730A-C, cada uno en uno diferente. Los segundos focos de cada uno de los tres sistemas de enfoque 1710A-C están pues separados entre sí en una dirección perpendicular a la dirección de la radiación incidente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de energía solar, que comprende:

5 una superficie de intercambiador de calor o un generador fotovoltaico; y
un sistema de enfoque (110), configurado para concentrar la radiación solar sobre la superficie del intercambiador de calor o el generador fotovoltaico, que comprende:

10 un primer elemento reflectante (100), que forma parte de la superficie de un cono alineado axialmente a lo largo de un primer eje de alineación, en donde la superficie del cono está definida de manera que cada punto de la superficie satisfaga $z = ar$, donde z es el desplazamiento del punto de la superficie desde el vértice del cono a lo largo del eje del cono, r es la distancia radial desde el punto de la superficie hasta el eje del cono, y a es una constante, estando situado el primer elemento reflectante (100) de modo que, cuando la radiación plana incide sobre el primer elemento reflectante (100) en una dirección paralela al primer eje de alineación, la radiación plana se enfoca hacia un primer foco (105) situado a lo largo del primer eje de alineación, en donde dicha parte de la superficie del cono está contenida dentro de un sector que tiene un ángulo incluido inferior a 180 grados; y
15 un segundo elemento reflectante (102) que tiene una superficie reflectante que no tiene curvatura en una dirección paralela a una única dirección de referencia, estando el segundo elemento reflectante (102) situado entre el primer elemento reflectante (100) y el primer foco (105) de tal modo que, cuando la radiación plana incide sobre el primer elemento reflectante (100) en una dirección paralela al primer eje de alineación, la radiación reflejada desde el primer elemento reflectante (100) sobre el segundo elemento reflectante (102) se enfoca hacia un segundo foco (104), en donde:
20 el primer foco (105) es un foco lineal y el segundo foco (104) es un foco puntual.

25 2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el segundo elemento reflectante (102) está curvado en todos los puntos en todas las direcciones no paralelas a la única dirección de referencia.

30 3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la curvatura del segundo elemento reflectante (102) es parabólica y perpendicular a la única dirección de referencia.

4. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer elemento reflectante (100) está formado por un sector de la superficie de un cono con una inclinación de 45 grados con respecto al primer eje de alineación.

35 5. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer y segundo elementos reflectantes (100, 102) están dispuestos de manera que, cuando la radiación plana incide en el sistema de enfoque (110) paralela al primer eje de alineación, el segundo foco (104) está situado para estar más cerca o más lejos de la fuente de radiación plana que el segundo elemento reflectante (102).

40 6. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde:
el primer elemento reflectante (100) comprende una pluralidad de elementos reflectantes separados, cada uno formando parte de la superficie de un cono alineado axialmente a lo largo del primer eje de alineación, siendo la pluralidad de elementos reflectantes tal que, cuando la radiación plana incide sobre la pluralidad de elementos reflectantes paralela al primer eje de alineación, la radiación plana se enfoca hacia un foco vertical combinado (1004), que representa la región donde el flujo de radiación intersecante procedente de todos los elementos reflectantes está más concentrado en un plano paralelo al primer eje de alineación y normal a los primeros elementos reflectantes, y hacia un foco horizontal combinado (1005) formado a partir de los focos lineales solapados de cada uno de la pluralidad de elementos reflectantes que constituyen el primer elemento reflectante.

50 7. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde uno o más de los elementos reflectantes está formado a partir de una lámina plana que se ha plegado o enrollado en la forma requerida.

8. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer o segundo elemento reflectante (100, 102) consiste en una lámina nominalmente plana y el sistema comprende adicionalmente: unas guías curvas o un sistema de apriete para sujetar la lámina nominalmente plana en una parte periférica para provocar que la lámina nominalmente plana se pliegue y adopte la forma requerida.

55 9. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:
un tercer elemento reflectante situado para interceptar la radiación reflejada desde el segundo elemento reflectante (102) y repositonar así el segundo foco (104).

60 10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende: dos de los sistemas de enfoque, en donde:

65 ambos sistemas de enfoque están alineados a lo largo de un segundo eje de alineación que es paralelo a los primeros ejes de alineación de los sistemas de enfoque, y los segundos focos de los sistemas de enfoque están

separados entre sí a lo largo del segundo eje de alineación; o
un primer sistema de enfoque está alineado a lo largo de un primer eje de alineación y un segundo sistema de enfoque está alineado a lo largo de un segundo eje de alineación, siendo el primer eje de alineación paralelo al segundo eje de alineación y estando separado del mismo, estando los segundos focos de los sistemas de enfoque separados entre sí en una dirección perpendicular al primer y segundo ejes de alineación.

- 5
11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende:
- 10 un motor accionado por calor;
una primera superficie de intercambiador de calor para recibir energía solar para accionar una primera parte del motor accionado por calor;
una segunda superficie de intercambiador de calor para recibir energía solar para accionar una segunda parte del motor accionado por calor, diferente de la primera parte, en donde:
- 15 el segundo foco de uno de los sistemas de enfoque se dirige sobre la primera superficie del intercambiador de calor; y
el segundo foco del otro de los sistemas de enfoque se dirige sobre la segunda superficie del intercambiador de calor.
- 20 12. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un motor accionado por calor configurado para ser accionado por la energía solar recibida por la superficie del intercambiador de calor y que comprende adicionalmente:
- 25 una carcasa que rodea la superficie del intercambiador de calor y está configurada para inhibir el movimiento ascendente de gas en uso desde la región de la superficie del intercambiador de calor, comprendiendo la carcasa una abertura para permitir que la radiación solar procedente del sistema de enfoque (11) alcance la superficie del intercambiador de calor.
13. Un kit para montar un sistema de enfoque (110) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

Figura 1

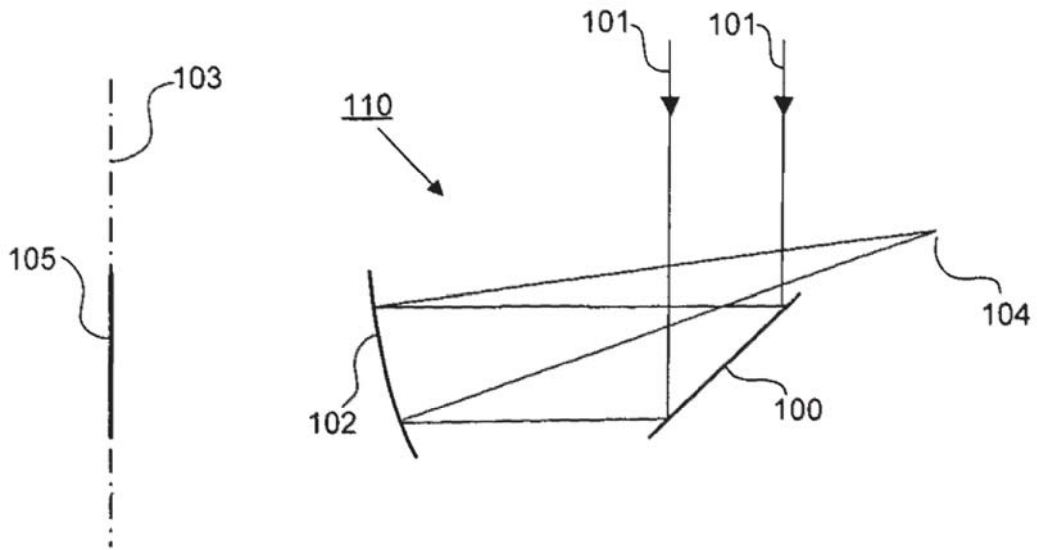


Figura 2

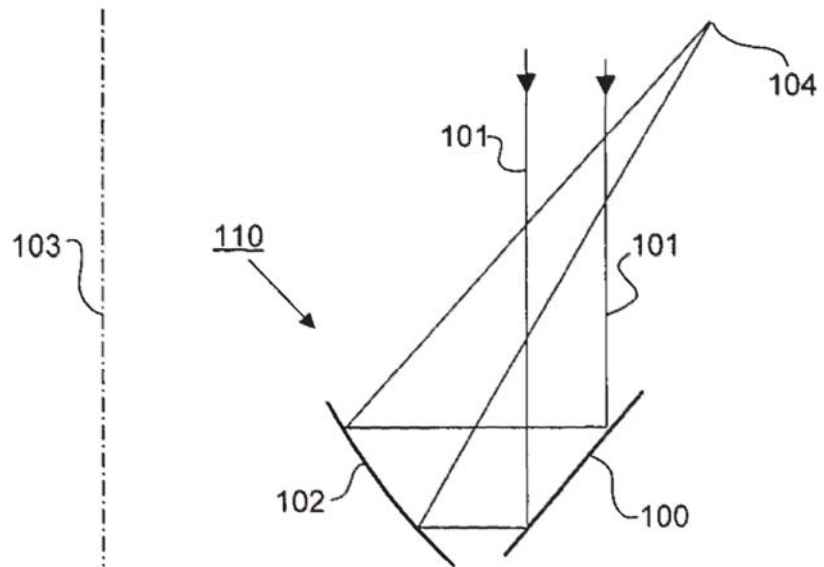


Figura 3

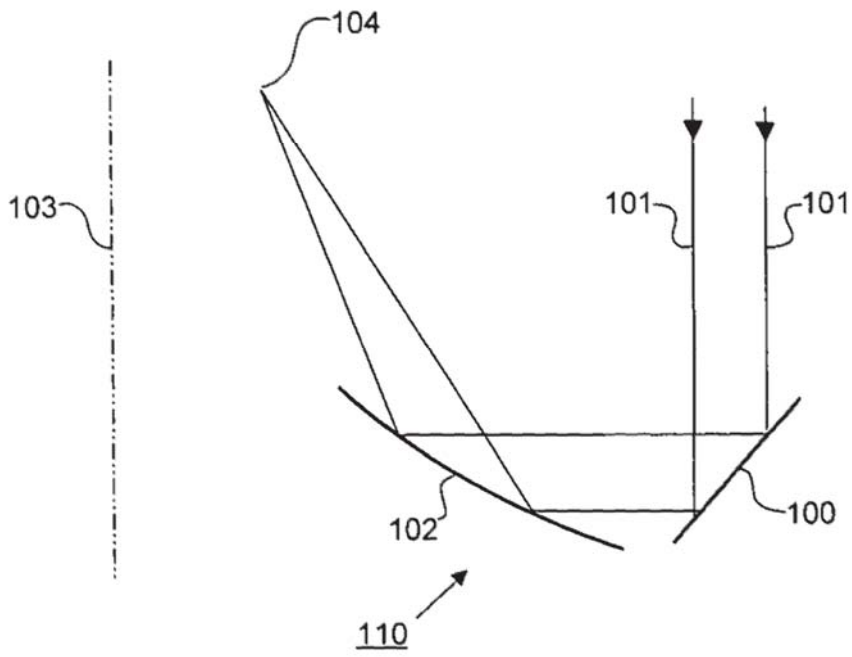


Figura 4

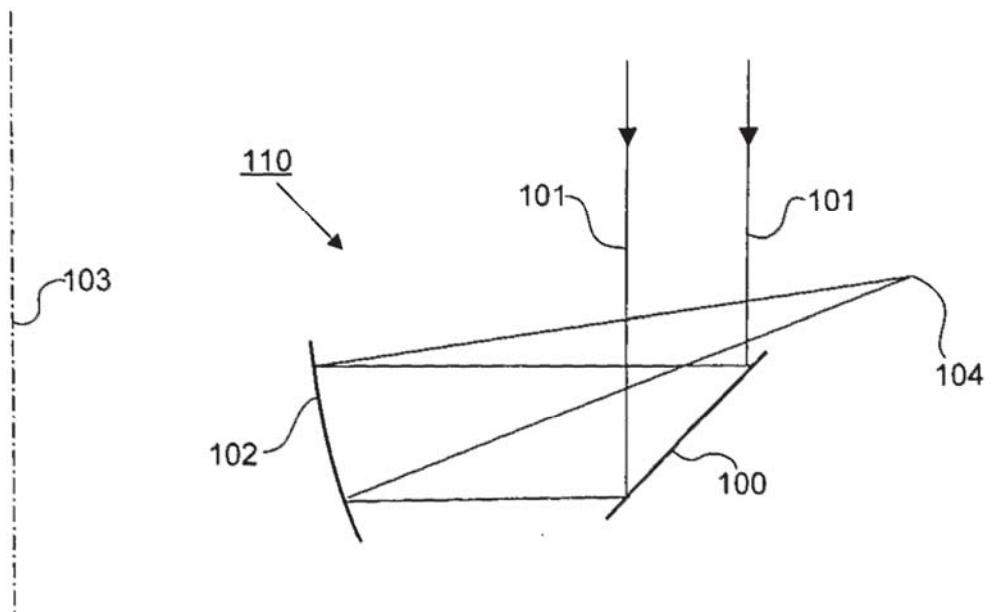


Figura 5a

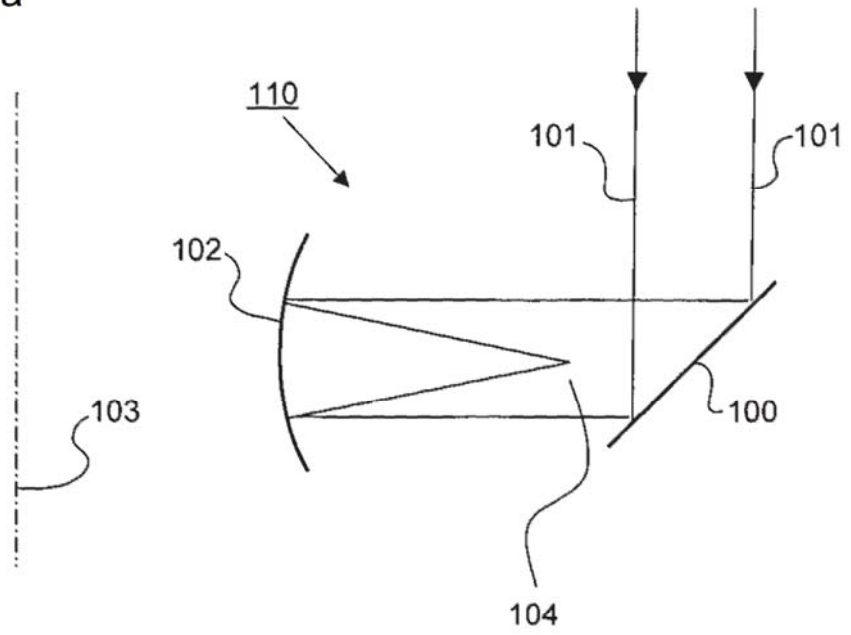


Figura 5b

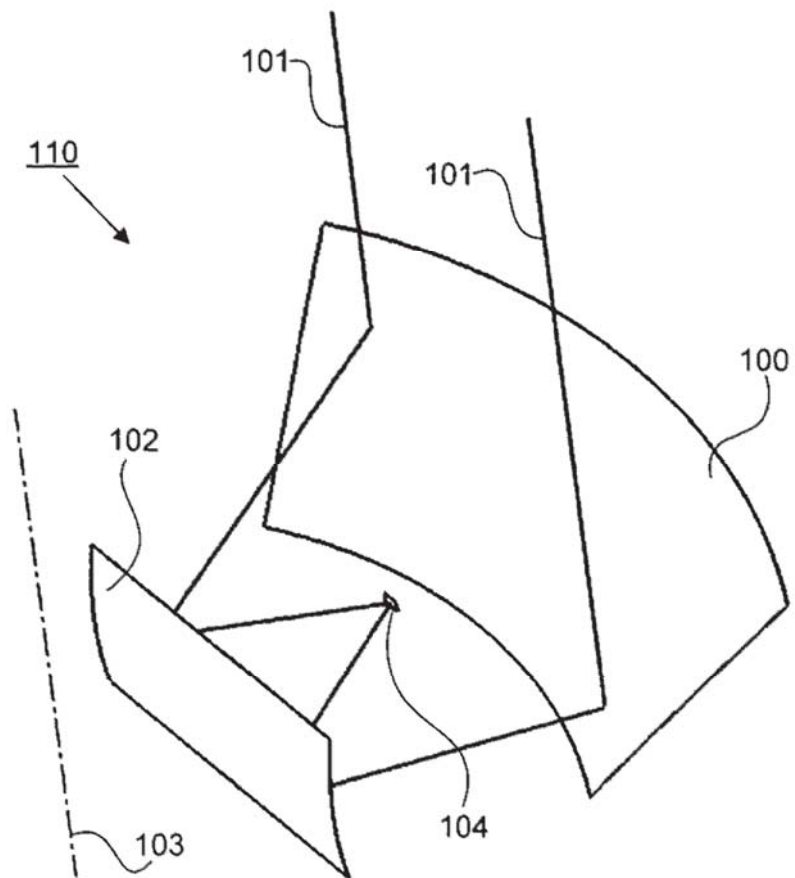


Figura 6

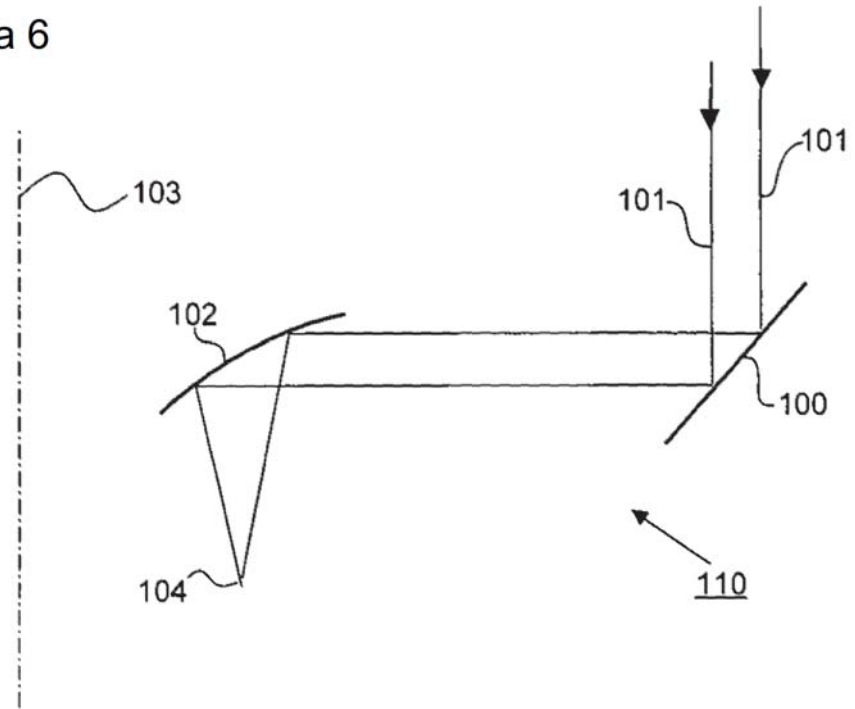


Figura 7

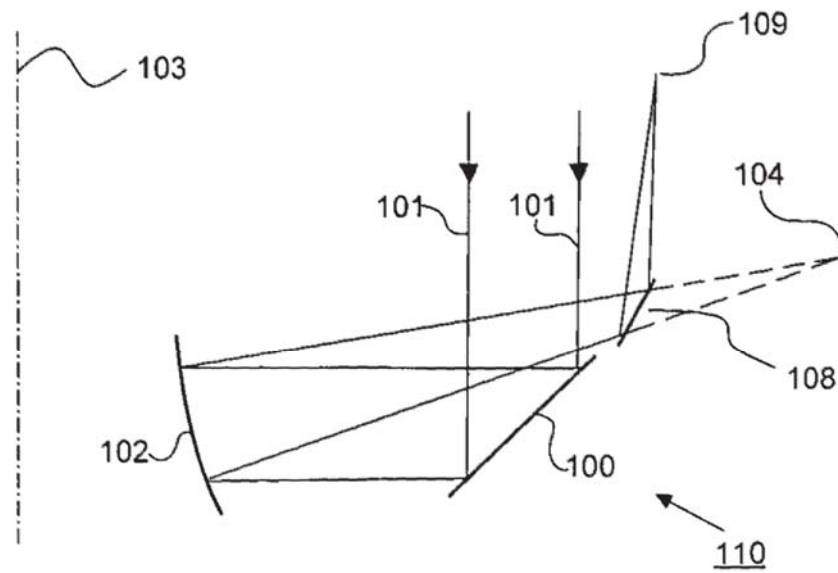


Figura 8

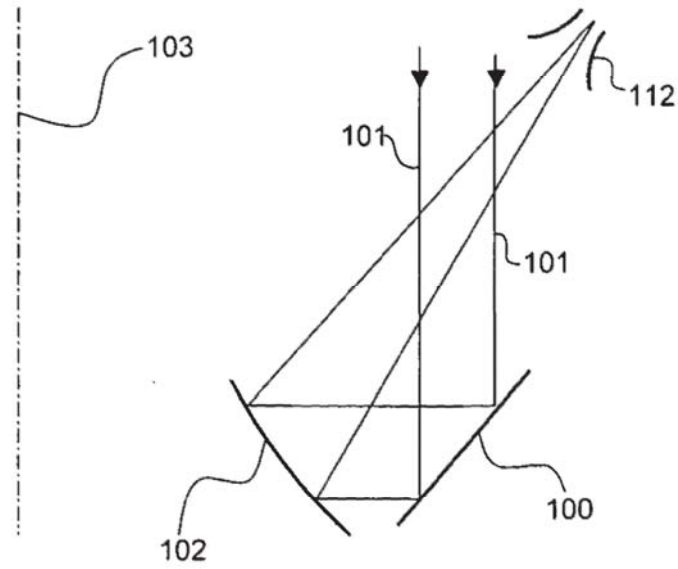


Figura 9

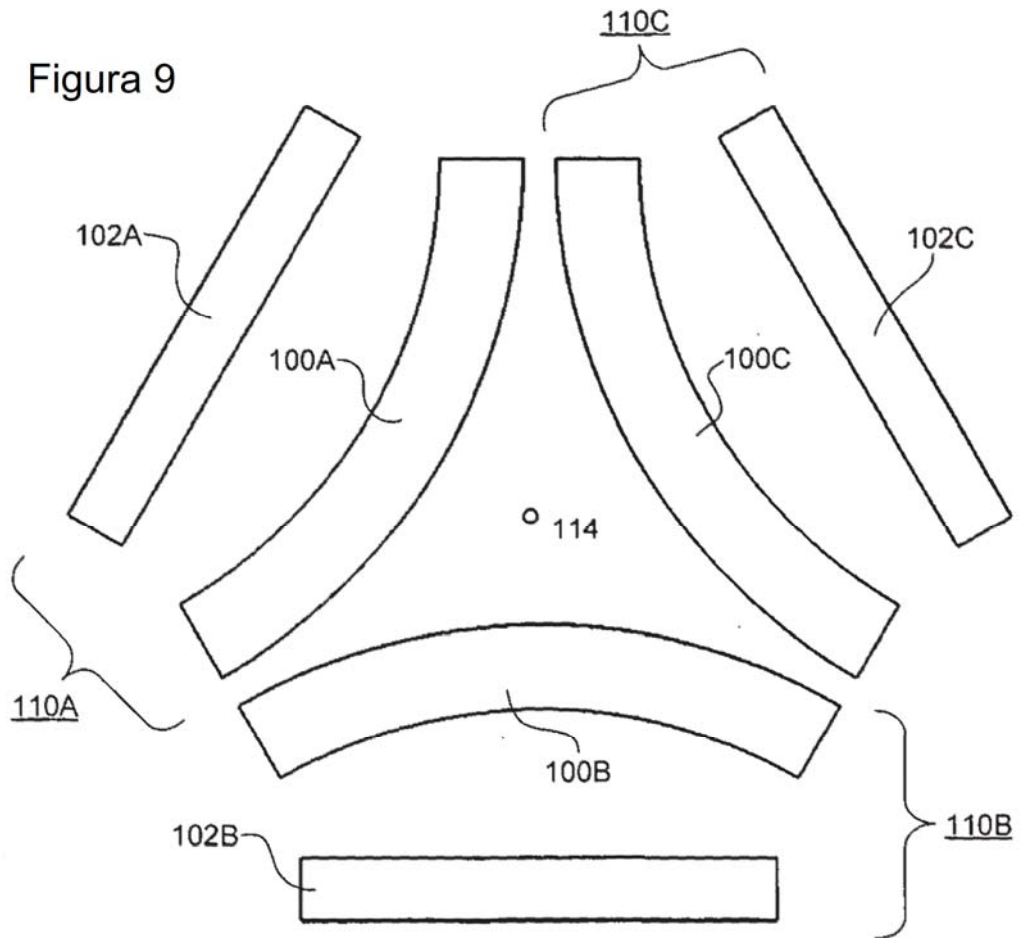


Figura 10

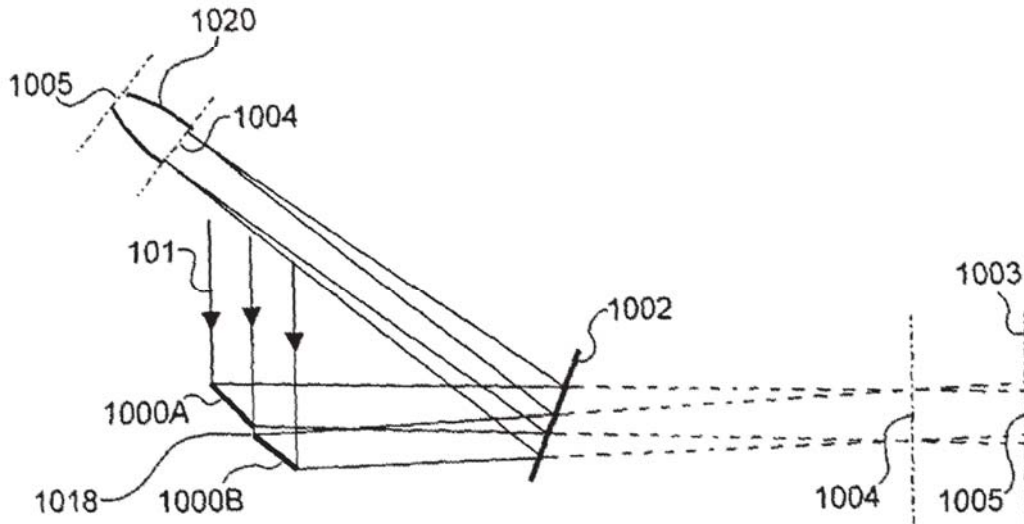


Figura 11a

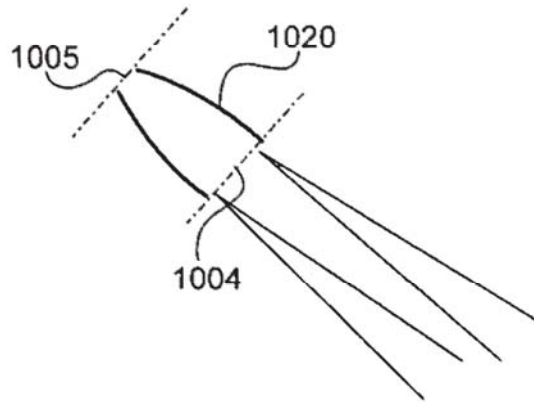


Figura 11b

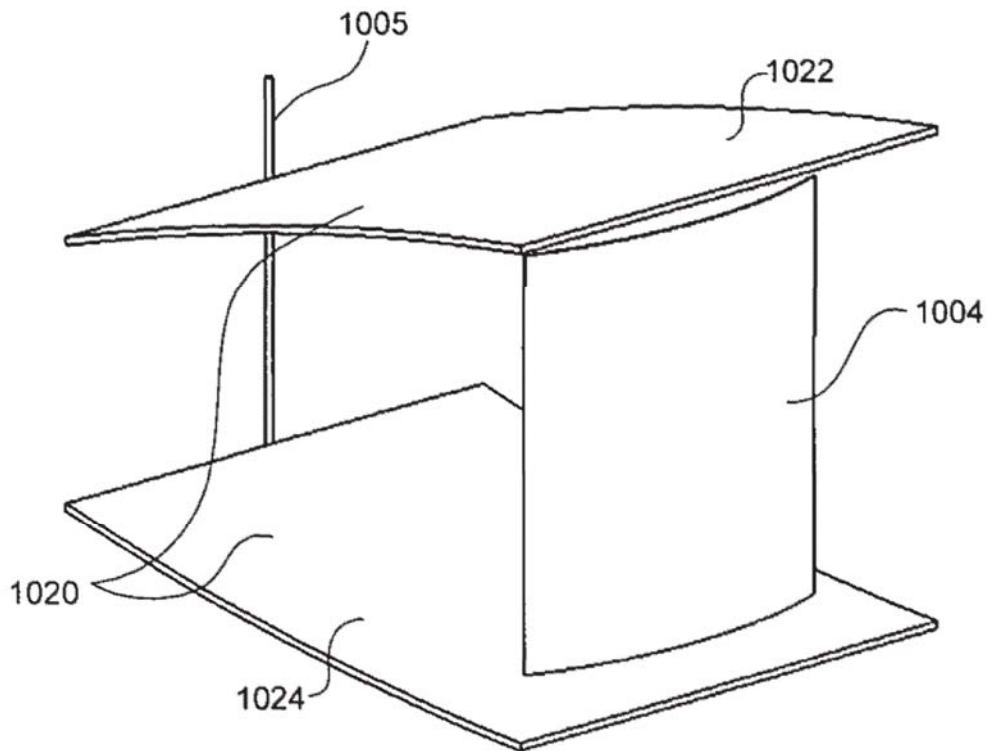


Figura 12

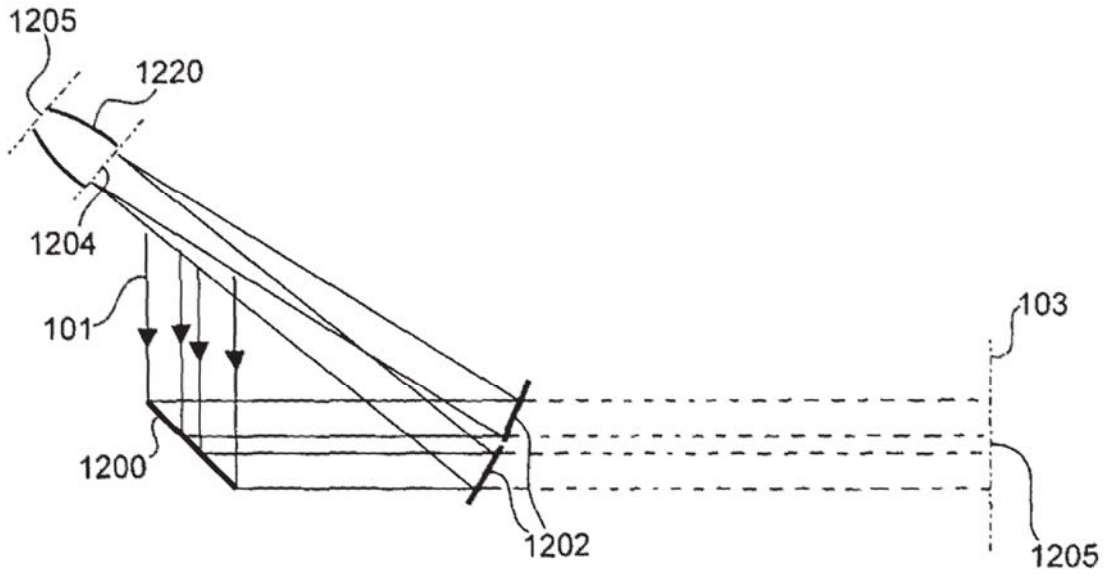


Figura 13a

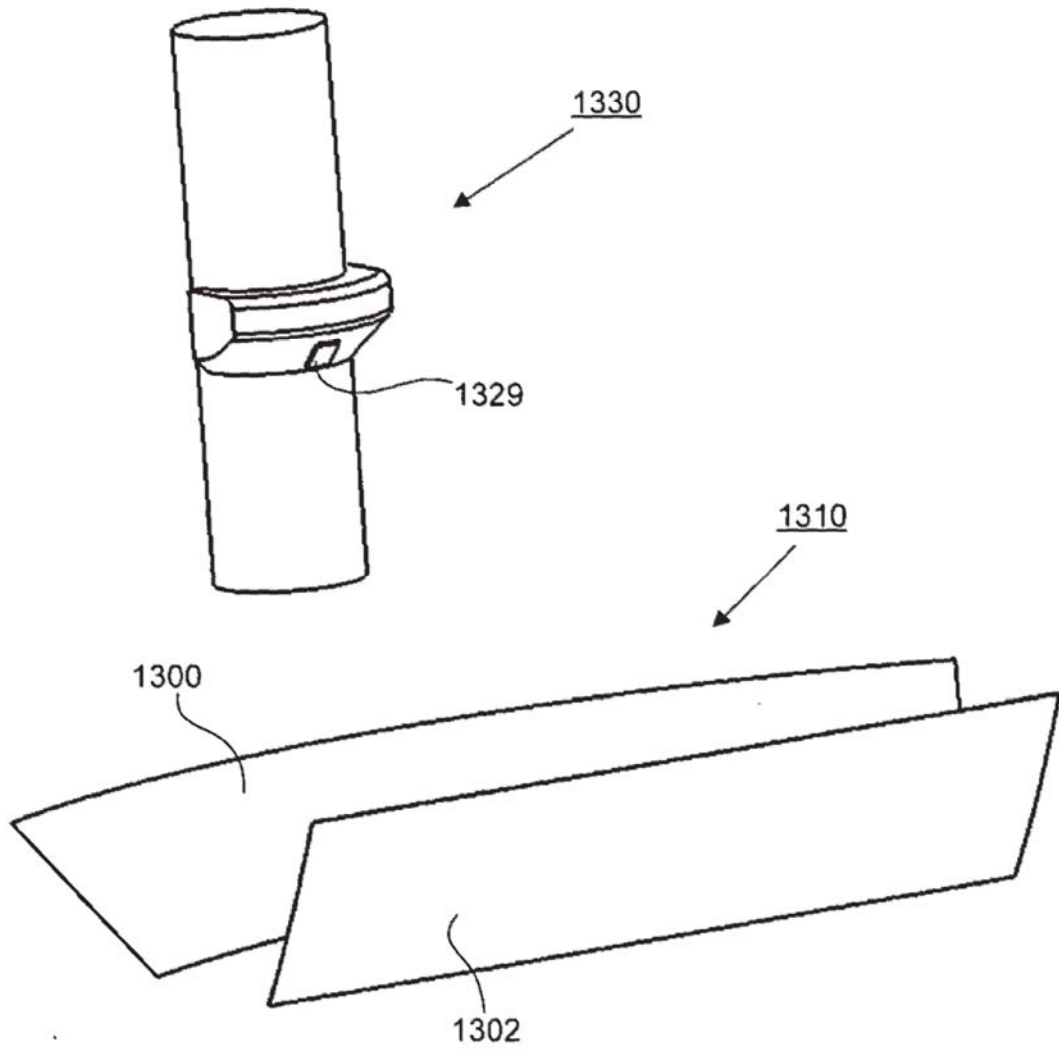


Figura 13b

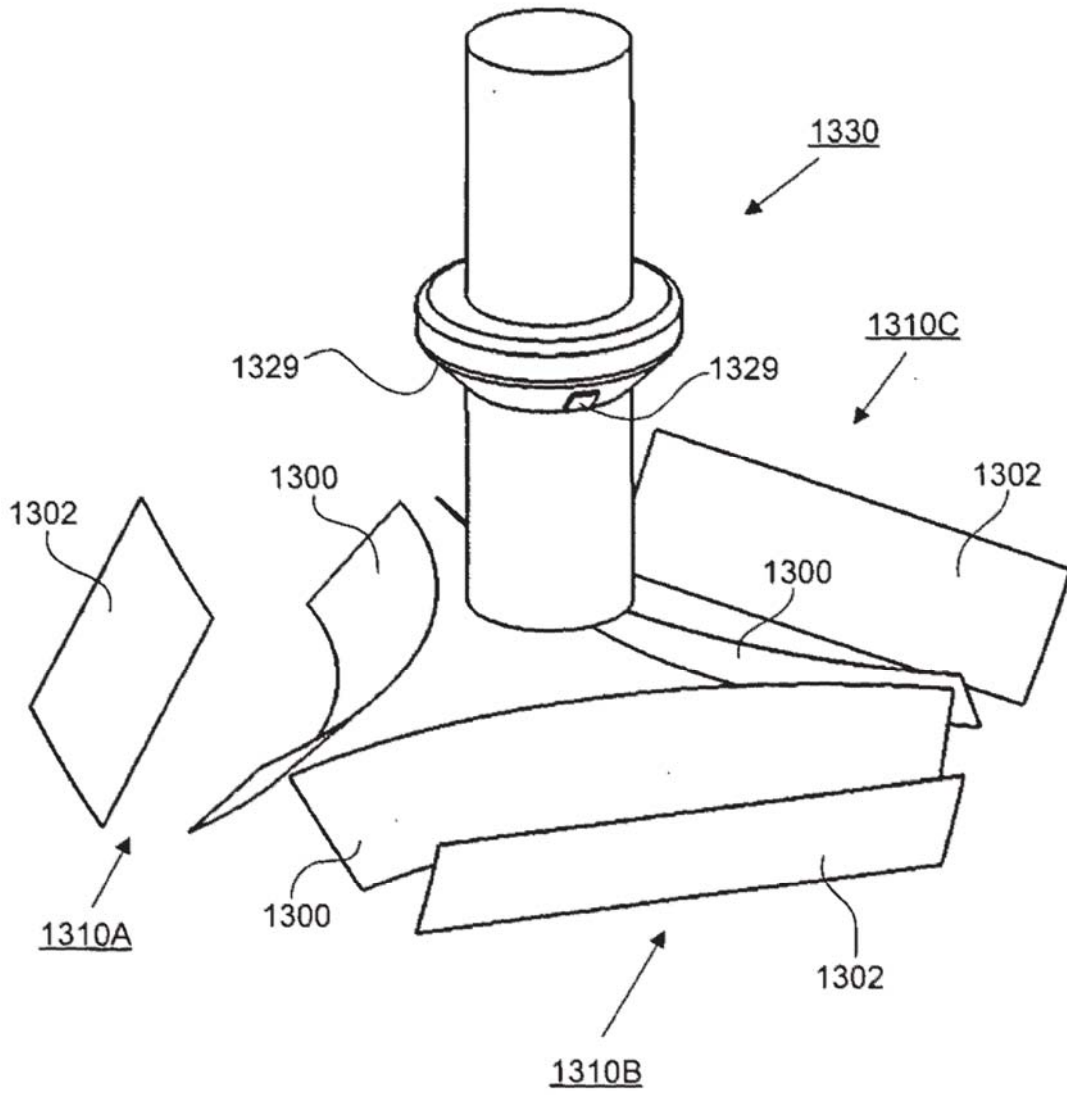


Figura 14

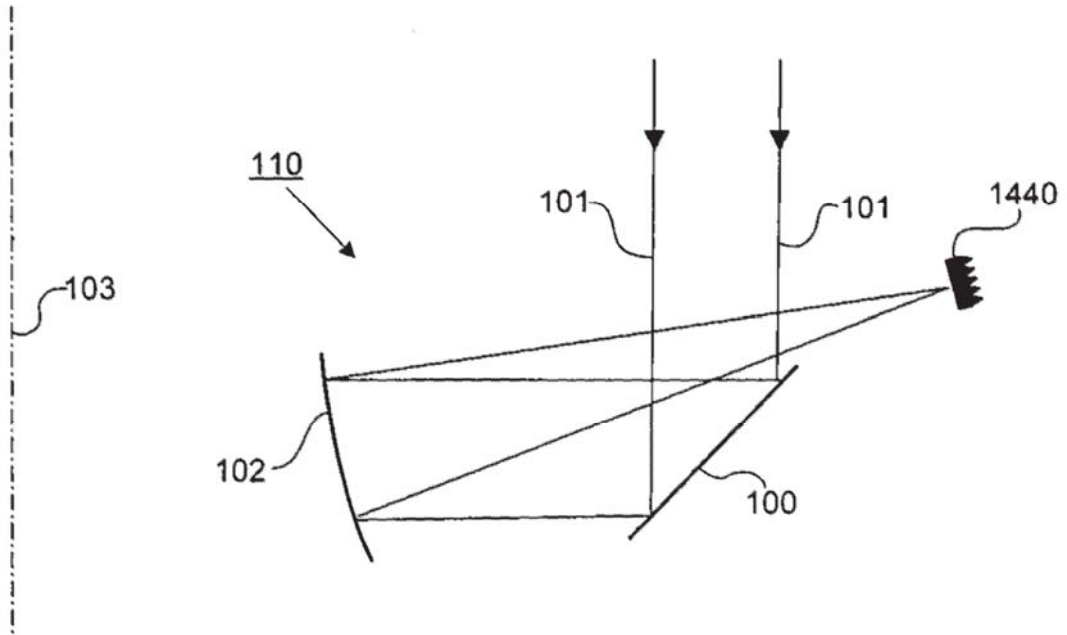


Figura 15a

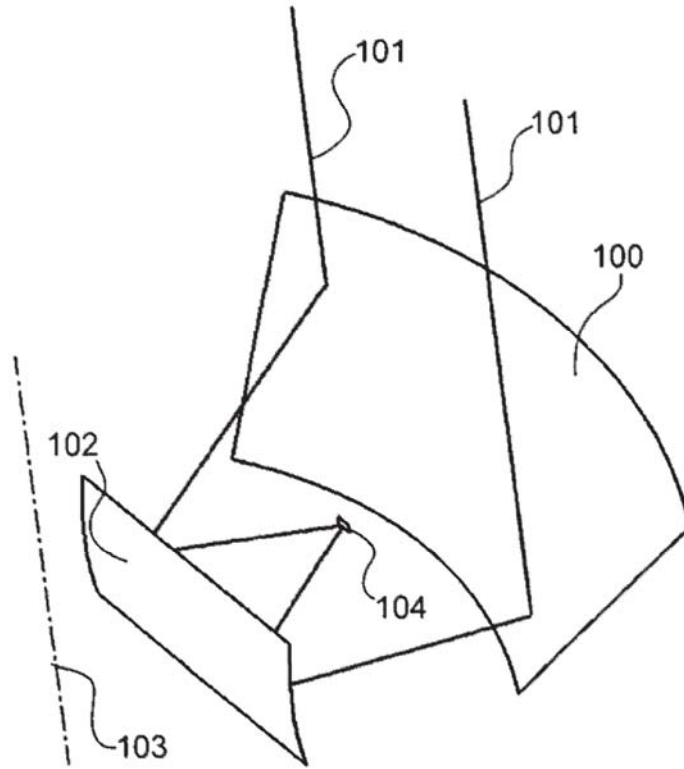


Figura 15b

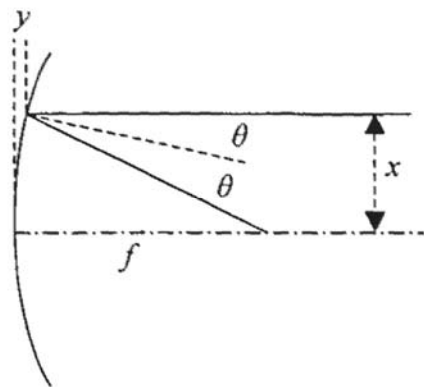


Figura 15c

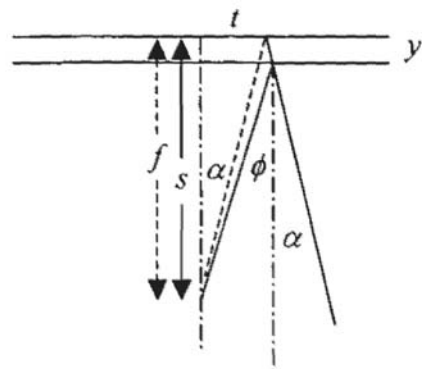


Figura 16

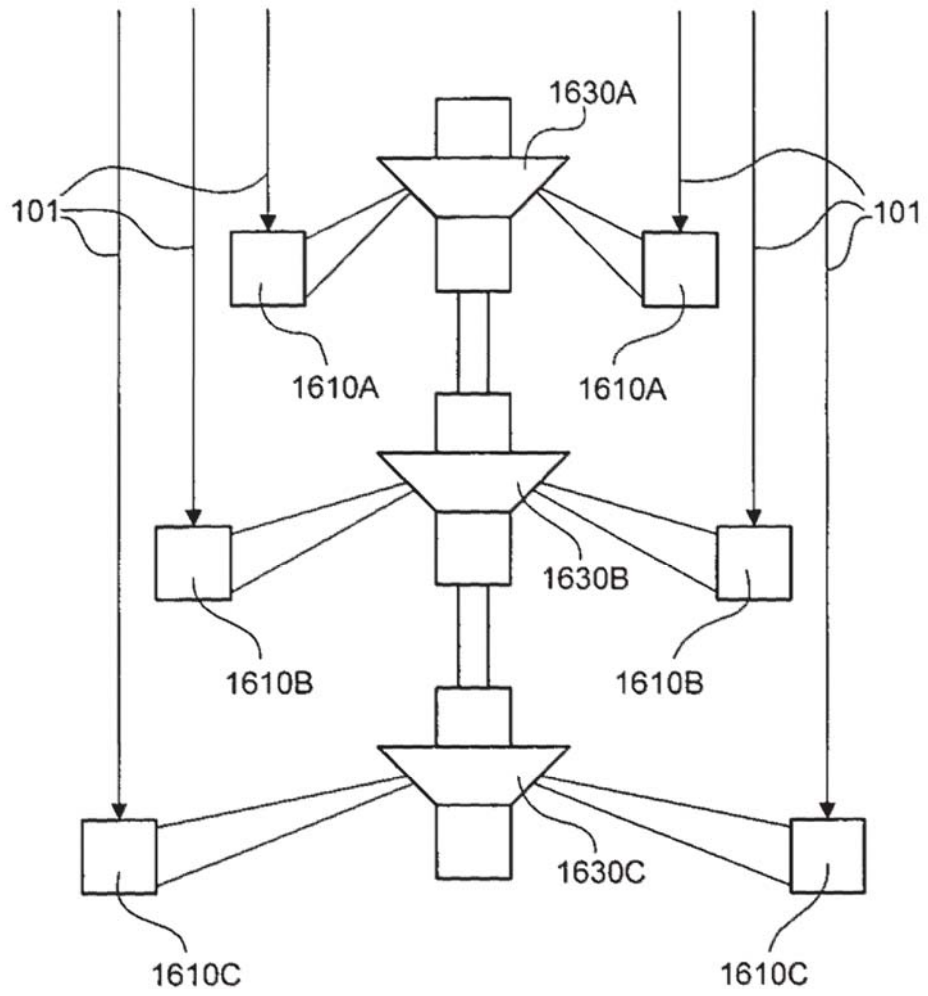


Figura 17

