

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 695 529**

51 Int. Cl.:

**F03G 6/06** (2006.01)

**F24S 50/20** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2016** **E 16173996 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018** **EP 3133355**

54 Título: **Dispositivo de refracción solar para calentamiento de materiales industriales**

30 Prioridad:

**18.08.2015 US 201514829553**

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

**08.01.2019**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**HECK, DAVID P. y  
ZOLNOWSKI, MICHAEL R.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 695 529 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

Dispositivo de refracción solar para calentamiento de materiales industriales

**Antecedentes****1. Campo**

- 5 La presente invención se refiere en general a sistemas solares y, en particular, a sistemas solares utilizados para fundir materiales industriales.

**2. Técnica relacionada**

- 10 Existe una necesidad en la mejora de la eficiencia energética asociada con calentamiento y/o fusión de materiales industriales a volúmenes industriales. Hasta el presente en los Estados Unidos ("US"), fundir materiales industriales implica una gran cantidad de energía siendo la fabricación del aluminio solamente la responsable de aproximadamente el 30 % de ese consumo de energía. Se requiere una cantidad de energía incluso mayor cuando se añade acero reciclado. De ese modo, la mayor parte de las industrias de los Estados Unidos, especialmente aquellas industrias relacionadas con el reciclado de metales y fabricación de materiales, ocupan una parte principal de todo el consumo energético de la nación. Por lo tanto, para casi cada industria implicada en el proceso de fabricación o reciclado de los materiales existentes, existe una necesidad de altas cantidades de energía para fundir los materiales, calentar los materiales, o para otras etapas, o fases, clave del proceso.

- 15 En general, los dos problemas principales con el calentamiento convencional (por ejemplo, los hornos conocidos (también conocidos como quemadores) que utilizan gas, inducción, altos hornos, y hornos eléctricos de arco ("EAF")) en su dependencia sobre los combustibles limitados y fósiles (por ejemplo, carbón, petróleo, y gas natural) así como las ineficiencias en cómo se transfiere la energía térmica generada para calentar el material. Se aprecia por los expertos en la materia que estos tipos de hornos tienen pérdidas energéticas significativas durante el proceso de transferencia de la energía térmica (es decir, el proceso de calentamiento del horno y utilización a continuación de ese calor para fundir o calentar el material), lo que da como resultado finalmente una eficiencia de aproximadamente del 30 al 40 %. Este es el resultado en general debido a que grandes cantidades de energía introducida en un horno no se trasladan directamente a energía térmica. Como ejemplo, un alto horno, requiere cantidades masivas de introducción de energía para elevar su temperatura hasta su temperatura de funcionamiento. En la fusión del aluminio, por ejemplo, solo aproximadamente el 40 % de la energía utilizada por el horno va realmente a fundir el aluminio.

- 20 Este problema es también similar para hornos que utilizan fusión por inducción, que se realiza típicamente al aire abierto. Los hornos eléctricos de resistencia ("ERT") que utilizan el principio de calentamiento indirecto son capaces de utilizar aproximadamente el 40 % de su energía de entrada para la fusión pero en la práctica tienen solo típicamente una eficiencia del 26 % debido a que los hornos ERT experimentan típicamente otras pérdidas de energía que incluyen el calentamiento del aire y a continuación perdida de aire caliente a través de la conducción de ventilación, del revestimiento aislante del horno y pérdidas de energía cuando se abre el horno de ERT. Como resultado, los hornos de EAF requieren grandes cantidades de energía eléctrica y pueden tener efectos medioambientales adversos. Adicionalmente, en muchos hornos de EAF se utilizan típicamente quemadores de gas adicionales para ayudar a calentar chatarra metálica a una temperatura en la que el metal conduzca la electricidad eficientemente de modo que permita al horno de EAF funcionar apropiadamente. Más aún, otro problema principal con estos tipos de hornos es el gran coste del carbón en el proceso por la cantidad de dióxido de carbono producido por estos sistemas. Desafortunadamente, su uso continuado es en gran medida debido al relativamente barato coste de las fuentes actuales de combustible.

- 25 Los intentos para acometer y resolver estos problemas utilizando "energía verde" (es decir fuentes de energía renovable) han de materializarse aún. Los usos conocidos de energía solar no son capaces de acometer o resolver estos problemas debido a que las tecnologías solares conocidas están limitadas en su capacidad, ventana de operación, y eficiencia global cuando capturan la energía solar y la transfieren a una forma utilizable. Específicamente, los sistemas solares conocidos tienen una cantidad de ineficiencias en cómo utilizan la energía solar tanto para calentar un objeto como para generar electricidad. Estas células solares colocadas sobre paneles solares utilizan células fotovoltaicas para convertir la energía solar que incide sobre la célula solar en electricidad. Las células solares comunes modernamente usadas producen aproximadamente un 18 % de conversión de energía debido a pérdidas de calor y de transferencia de electricidad entre células solares.

- 30 Además de las células solares, los sistemas solares modernos incluyen también sistemas que calientan objetos, tales como tuberías de agua por ejemplo, que transfieren la energía térmica resultante a otros objetos para calentamiento de esos objetos o generar electricidad a través del movimiento de, por ejemplo, agua a través de las tuberías hasta una turbina. Más aún, otro problema con la energía solar es que no se concentra suficientemente en cualquier área dada para usarla a escala industrial o requiere un sistema implementado para utilizar la energía en un

proceso que la convierta en electricidad utilizable.

Los intentos para resolver estos problemas incluyen el uso de sistemas de reflectores solares para intentar reflejar y enfocar la energía en un área pequeña que pueda ya sea generar energía con una célula solar, calentar agua para generar electricidad a través de una turbina, o calentar un pequeño crisol que contenga al material en un pequeño  
 5 horno. Sin embargo, incluso con el uso de reflectores, el sistema resultante no tiene aún alta eficiencia. Los que utilizan células solares aún solo tienen el 18 % de eficiencia. Los que calientan agua tienen las mismas pérdidas térmicas que los sistemas de calentamiento no reflectores solares. Adicionalmente, los pequeños hornos pierden energía al tener que calentar un crisol. Más aún, todos estos sistemas reflectores solares pierden energía por la transferencia de energía a componentes adicionales en el sistema y por pérdidas por el ángulo de reflexión.  
 10 Adicionalmente, algunos de estos sistemas son fijos de tal forma que no se les permite seguir al Sol y, por lo tanto, limitan la cantidad de tiempo en la que pueden funcionar.

Como resultado, sin un cambio a la capacidad de energía solar moderna, la energía solar no puede competir actualmente a escala comercial y cambiar a dicha tecnología no tendría beneficios en coste para la mayor parte de las industrias.

15 Esto es desafortunado debido a que la energía solar es un recurso libre que lo será durante largos periodos de tiempo, sería amortizable cualquier aplicación que pueda capturar apropiadamente y transferir la energía solar de una forma utilizable. De ese modo, existe una necesidad de un sistema de captura de energía solar que sea capaz de producir una cantidad de energía suficiente para su uso en procesos industriales modernos que incluyen calentamiento o fusión de materiales industriales.

20 La publicación de patente AU6852881A (publicada el 25 de junio de 1981) ya divulga sistemas de recolección de energía solar, que trata sobre mejoras en la recolección de energía solar en conductos alargados que contengan líneas de enfoque lineal localizadas en o a lo largo del colector. Los documentos CN 104583686 A, US 2013/0167832 A1, US 6225551 B1 y WO 2012/072331 también divulgan sistemas similares de recolección de energía solar.

25 **Sumario**

Se divulga un dispositivo de refracción solar ("SRD") para calentamiento de materiales industriales en un recipiente de calentamiento, que tenga un fondo, con energía solar difusa que incide sobre una superficie exterior del SRD y se refracta a través del SRD. El SRD puede incluir un conjunto de matriz de lentes y una pluralidad de cristales de lente  
 30 fijados al conjunto de matriz de lentes. El conjunto de matriz de lentes puede incluir una superficie exterior correspondiente a la superficie exterior del SRD, una superficie interior, y una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. Una sub-pluralidad de cristales de lente de la pluralidad de cristales de lente puede fijarse a un subconjunto de matriz de lentes correspondiente de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. Más aún, cada subconjunto de matriz de lentes tiene una forma convexa y puede configurarse para tener una longitud focal correspondiente al subconjunto de matriz de lentes lo que da como resultado que el conjunto de matriz de lentes  
 35 tenga una pluralidad de longitudes focales, en el que los múltiples subconjuntos de matriz de lentes tienen cada uno una longitud focal diferente, en el que el conjunto de matriz de lentes y la pluralidad de cristales de lente se configuran para refractar y enfocar la energía solar difusa sobre la superficie de la superficie exterior del conjunto de matriz de lentes sobre un área de calentamiento dentro del recipiente de calentamiento, estando definida dicha área de calentamiento por los puntos focales de los subconjuntos de matriz de lentes. Como un ejemplo de funcionamiento, el SRD se configura para realizar un método que incluye la refracción de la energía solar incidente sobre el SRD a través del conjunto de matriz de lentes que tiene la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes.  
 40 La energía solar refractada se enfoca entonces sobre una pluralidad de puntos focales, en el que cada punto focal corresponde a un subconjunto de matriz de lentes de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. Utilizando la pluralidad de puntos locales, el proceso crea entonces un área de calentamiento dentro del recipiente de calentamiento.  
 45 El proceso calienta entonces el material industrial dentro del recipiente de calentamiento en el área de calentamiento utilizando la energía solar refractada enfocada.

También se divulga un método para fabricar el SRD. El método incluye determinar el tipo y cantidad de material industrial a ser fundido y determinar una cantidad de energía necesaria para fundir el material industrial. Se determina entonces un tamaño de matriz de un conjunto de matriz de lentes para producir la cantidad de energía  
 50 previamente determinada, en el que el conjunto de matriz de lentes se configura para refractar la luz solar que incide sobre el conjunto de matriz de lentes al material industrial. El método incluye entonces determinar una longitud focal del conjunto de matriz de lentes, ensamblar un bastidor de soporte para soportar el conjunto de matriz de lentes, ensamblar una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes y fijar la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes en el conjunto de matriz de lentes, en el que el método comprende además proporcionar a cada subconjunto  
 55 de matriz de lentes su propia longitud focal diferente, en el que cada subconjunto de matriz de lentes tiene una forma convexa, y configurar el conjunto de matriz de lentes y la pluralidad de cristales de lente para refractar y enfocar la energía solar difusa de la superficie exterior del conjunto de matriz de lentes sobre un área de calentamiento dentro del recipiente de calentamiento, estando definida dicha área de calentamiento por los puntos focales de los

subconjuntos de matriz de lentes. Otros dispositivos, aparatos, sistemas, métodos, características y ventajas de la invención serán o se convertirán en evidentes para un experto en la materia tras el examen de las siguientes figuras y descripción detallada. Se pretende que todos los dichos sistemas, métodos, características y ventajas adicionales estén incluidos dentro de esta descripción, estén dentro del alcance de la invención, y estén protegidos por las reivindicaciones adjuntas.

**Breve descripción de las figuras**

La invención puede entenderse mejor por referencia a las figuras siguientes. Los componentes en las figuras no están necesariamente a escala, poniéndose énfasis en su lugar en la ilustración de los principios de la invención. En las figuras, números de referencia iguales designan partes correspondientes a todo lo largo de las diferentes vistas.

10 La FIG. 1 es una vista posterior en perspectiva de un ejemplo de una implementación de un conjunto de matriz de lentes de un dispositivo de refracción solar ("SRD") de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 2 es una vista posterior del conjunto de matriz de lentes mostrado en la FIG. 1 de acuerdo con la presente divulgación.

15 La FIG. 3 es una vista posterior en perspectiva de un ejemplo de una implementación de un subconjunto de matriz de lentes del conjunto de matriz de lentes mostrado en las FIGS. 1 y 2 de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 4 es una vista posterior en perspectiva de un ejemplo de una implementación de una matriz de cristales de lente de columna única de los subconjuntos de matriz de lentes mostrados en las FIGS. 1, 2 y 3 de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 5A es una vista del sistema de un ejemplo de implementación de una lente convexa de difracción.

20 La FIG. 5B es una vista del sistema de una matriz de cristales de lente de columna única mostrada en la FIG. 4 de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 6 es una vista lateral en perspectiva del subconjunto de matriz de lentes mostrado en la FIG. 3 de acuerdo con la presente divulgación.

25 La FIG. 7 es una vista posterior en perspectiva de otro ejemplo de una implementación de un conjunto de matriz de lentes del SRD y un recipiente de calentamiento de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 8 es una vista del sistema del SRD mostrado en la FIG. 7 de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 9 es una vista posterior en perspectiva de una pluralidad de SRD, como se muestra en las FIGS. 7 y 8, utilizados para fundir un material industrial de acuerdo con la presente divulgación.

30 La FIG. 10 es un diagrama de flujo de un ejemplo de la implementación del proceso realizado por el SRD ilustrado en las FIGS. 1-9 de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 11 es un diagrama de flujo de un ejemplo de una implementación del proceso realizado en la fabricación del SRD de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 12 es un diagrama del sistema de un ejemplo de una implementación del SRD utilizado para alimentar una turbina de acuerdo con la presente divulgación.

35 **Descripción detallada**

Un dispositivo de refracción solar ("SRD") para calentamiento de materiales industriales en un recipiente de calentamiento, que tiene un fondo, con energía solar difusa que incide sobre una superficie exterior del SRD y se refracta a través del SRD de acuerdo con la presente divulgación. El SRD puede incluir un conjunto de matriz de lentes y una pluralidad de cristales de lente fijados al conjunto de matriz de lentes. El conjunto de matriz de lentes puede incluir una superficie exterior correspondiente a la superficie exterior del SRD, una superficie interior, y una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. Una sub-pluralidad de cristales de lente de la pluralidad de cristales de lente puede fijarse a un subconjunto de matriz de lentes correspondiente de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. Más aún, cada subconjunto de matriz de lentes tiene una forma convexa y puede configurarse para tener una longitud focal correspondiente al subconjunto de matriz de lentes lo que da como resultado que el conjunto de matriz de lentes tenga una pluralidad de longitudes focales.

Como un ejemplo de funcionamiento de acuerdo con la presente divulgación, el SRD se configura para realizar un

método que incluye refractar la energía solar incidente (es decir, la energía solar que da directamente y/o ilumina el SRD que puede difundirse (es decir dispersarse) a lo largo de una superficie exterior del SRD) sobre el SRD a través del conjunto de matriz de lentes que tiene la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. La energía solar refractada se enfoca entonces sobre una pluralidad de puntos focales, en el que cada punto focal corresponde a un subconjunto de matriz de lentes de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. Utilizando la pluralidad de puntos focales, el proceso crea entonces un área de calentamiento dentro del recipiente de calentamiento. El proceso calienta entonces el material industrial dentro del recipiente de calentamiento en el área de calentamiento utilizando la energía solar refractada enfocada.

También se divulga un método para fabricar el SRD de acuerdo con la presente divulgación. El método incluye determinar el tipo y cantidad de material industrial a ser fundido y determinar una cantidad de energía necesaria para fundir el material industrial. Se determina entonces un tamaño de matriz de un conjunto de matriz de lentes para producir la cantidad de energía previamente determinada, en el que el conjunto de matriz de lentes se configura para refractar la luz solar que incide sobre el conjunto de matriz de lentes al material industrial. El método incluye entonces determinar una longitud focal del conjunto de matriz de lentes, ensamblar una estructura de soporte para soportar el conjunto de matriz de lentes, y ensamblar el conjunto de matriz de lentes. En la presente divulgación el material industrial pueden incluir cualquier tipo de material utilizado en un proceso industrial, de calentamiento o fusión. Ejemplos de material industrial incluyen materiales industriales metálicos tales como, por ejemplo, aluminio, acero, hierro u otros metales o aleaciones, materiales industriales no metálicos tales como, por ejemplo, plásticos u otros no metales reciclables, gases, o líquidos (tal como, por ejemplo, agua).

En la FIG. 1, se muestra una vista posterior en perspectiva de un ejemplo de la implementación de un conjunto de matriz de lentes 100 de un dispositivo de refracción solar ("SRD") 102 de acuerdo con la presente divulgación. El SRD 102 incluye un conjunto de matriz de lentes 100 y una pluralidad de cristales de lente 104 fijados al conjunto de matriz de lentes 100. En este ejemplo, el conjunto de matriz de lentes 100 puede incluir un bastidor de soporte 106 construido de un material rígido tal como, por ejemplo, un metal tal como acero o aluminio u otros materiales no metálicos rígidos. El bastidor de soporte 106 puede incluir una pluralidad de aberturas que se configuran para aceptar la pluralidad de cristales de lente 104, en la que cada uno se configura para fijarse al conjunto de matriz de lentes 100. El bastidor de soporte 106 se construye de un material rígido que sea suficientemente fuerte para soportar el peso de, y las tensiones causadas por, la pluralidad de cristales de lente 104 colocados dentro de la pluralidad de aberturas en el bastidor de soporte 106. El conjunto de matriz de lentes 100 incluye una superficie exterior 108 que también corresponde a la superficie exterior del SRD, una superficie interior (no mostrada), y una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. En general, cada subconjunto de matriz de lentes es un panel discreto de un conjunto de matriz de lentes 100. En este ejemplo, el conjunto de matriz de lentes 100 se muestra con nueve (9) subconjuntos de matriz de lentes 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124 y 126. Cada subconjunto de matriz de lentes se muestra con una sub-pluralidad de cristales de lente (entre la pluralidad total de cristales de lente 104) fijados al subconjunto de matriz de lentes correspondiente. Como un ejemplo, parte de una estructura de soporte 128 también se muestra fijada a un lateral del conjunto de matriz de lentes 100. La estructura de soporte 128 puede fijarse al bastidor de soporte 106 de tal forma que permita a la estructura de soporte 128 mantener el conjunto de matriz de lentes 100 a la distancia predeterminada del recipiente de calentamiento (no mostrado pero descrito a continuación) en el que la distancia predeterminada es una distancia que se basa en las múltiples longitudes focales del conjunto de matriz de lentes 100 (descritas con mayor detalle a continuación). De modo similar al bastidor de soporte 106, la estructura de soporte 128 puede construirse también de un material rígido que sea suficientemente fuerte para soportar el peso de, y las tensiones producidas por, el conjunto de matriz de lentes 100 y puede incluir materiales rígidos metálicos y no metálicos. Adicionalmente, en este ejemplo, el conjunto de matriz de lentes 100 se muestra con una forma convexa tridimensional siendo también convexo cada subconjunto de matriz de lentes correspondiente 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124 y 126. La forma convexa es aproximadamente parabólica a lo largo del eje x 130 y eje z 132 y también a lo largo del eje y 134 y eje z 132. En un ejemplo de funcionamiento el SRD 102 refractaría la energía solar difusa 136 (es decir, la energía solar incidente) que incide sobre la superficie exterior 108 (de tanto el SRD 102 como del conjunto de matriz de lentes 100) a través del SRD 102 dando como resultado un haz enfocado de la energía solar refractada 138 que se enfoca en una dirección a lo largo del eje z 132 separándose de la superficie interior del conjunto de matriz de lentes 100.

En este ejemplo, se aprecia por los expertos en la materia que solo se han mostrado en la FIG. 1 nueve (9) subconjuntos de matriz de lentes 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124 y 126, con finalidades de ilustración. Sin embargo, el conjunto de matriz de lentes 100 puede incluir más o menos subconjuntos de matriz de lentes basándose en el diseño y aplicación del SRD 102. Como se describirá a continuación, en general cada subconjunto de matriz de lentes producirá un haz enfocado correspondiente de energía solar refractada que tendrá una longitud focal que corresponde al subconjunto de matriz de lentes específico. Las longitudes focales resultantes de los diferentes subconjuntos de matriz de lentes pueden ser diferentes entre sí de modo que los haces enfocados combinados de energía solar refractada (para cada subconjunto de matriz de lentes) se combinan para formar el haz enfocado de energía solar refractada 138 que produce un área de calentamiento (descrita a continuación) que no está enfocada en un punto aproximado separado (es decir, un único punto caliente) del conjunto de matriz de lentes 100 (descrito con más detalle a continuación).

A partir del detalle de la FIG. 1, en este ejemplo, el SRD 102 se muestra con un conjunto de matriz de lentes 100

con forma de octógono bidimensional convexo. Adicionalmente, el conjunto de matriz de lentes 100 se muestra con cinco (5) subconjuntos de matriz de lentes convexas 110, 112, 114, 116 y 118 con forma rectangular bidimensional convexa y cuatro (4) subconjuntos de matriz de lentes 120, 122, 124 y 126 con forma triangular bidimensional convexa. Más aún, cada subconjunto de matriz de lentes 110, 112, 114, 116 y 118 con forma rectangular bidimensional convexa se muestra teniendo 8 por 8 (es decir 64) cristales de lente (o pluralidad de aberturas para 64 cristales de lente) y cada subconjunto de matriz de lentes 120, 122, 124 y 126 de forma triangular bidimensional convexa se muestra teniendo 28 cristales de lente (o una pluralidad de oberturas para 28 cristales de lente) y ocho (8) cristales de lente de dimensión mitad (o una pluralidad de oberturas para 8 cristales de lente de dimensión mitad). Esto da como resultado el SRD 102 que tiene, en este ejemplo, un total de 432 cristales de lente y 32 cristales de lente de tamaño mitad. Cada uno de los cristales de lente de la pluralidad de cristales de lente 104 puede ser cristales de lente planos que se aproximan a una forma parabólica en el subconjunto de matriz de lentes correspondientes basándose en el tamaño y número de los cristales de lente planos discretos en el subconjunto de matriz de lentes o cristales de lente con forma convexa real. Adicionalmente, cada cristal de lente puede fabricarse o bien de vidrio, acrílico, o de otro medio similar. Más aún, cada cristal de lente puede ser un cristal de lente plano o en pendiente o una lente Fresnel de modo que el SRD 102 pueda ensamblarse a partir de una combinación de cristales de lente planos, cristales en pendiente, y lentes Fresnel. En general, los cristales de lente pueden ser extraíbles e intercambiables dentro del conjunto de matriz de lentes 100. Adicionalmente, para hacer al SRD 102 más dinámico, pueden instalarse controles individuales (no mostrados) en secciones del conjunto de matriz de lentes 100 o en cada abertura que se configura para recibir un cristal de lente en el conjunto de matriz de lentes 100 de modo que los controles pueden tener la capacidad de ajustar la posición de los cristales individuales para ajustar el enfoque del SRD 102. De nuevo, la forma de octógono bidimensional convexa del conjunto de matriz de lentes 100 es un ejemplo con finalidades de ilustración y puede ser de forma diferente basándose en el diseño del conjunto de matriz de lentes 100.

Pasando a la FIG. 2, se muestra una vista posterior del conjunto de matriz de lentes 100, mostrado en la FIG. 1 a lo largo del plano de división A-A' 140, de acuerdo con la presente divulgación. La FIG. 2 ilustra mejor la relación de la pluralidad de subconjuntos 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124 y 126 y pluralidad de cristales de lente 104 en relación con el conjunto de matriz de lentes 100. Como se ha descrito anteriormente, en este ejemplo, el conjunto de matriz de lentes 100 tiene una forma de octógono e incluye cinco subconjuntos de matriz de lentes 110, 112, 114, 116 y 118 de forma rectangular, respectivamente, y cuatro subconjuntos de lentes 120, 122, 124 y 126 de forma triangular, respectivamente. En este ejemplo, como se ha descrito anteriormente, los cinco subconjuntos de matriz de lentes 110, 112, 114, 116 y 118 de forma rectangular incluyen 64 cristales de lente designados por 200, 202, 204, 206 y 208, respectivamente. De modo similar, los cuatro subconjuntos de matriz de lentes 120, 122, 124 y 126 de forma triangular incluyen 28 cristales de lente designados por 210, 212, 214, y 216, respectivamente, y 8 cristales de lente de dimensión parcial 218, 220, 222 y 224, respectivamente. Si los cuatro subconjuntos de matriz de lentes 120, 122, 124 y 126 de forma triangular son generalmente equivalentes a la mitad de un subconjunto de matriz de lentes de forma rectangular, entonces los cuatro subconjuntos de matriz de lentes 120, 122, 124 y 126 con forma triangular actúan como el equivalente a dos subconjuntos de matriz de lentes de forma rectangular. En este caso, el conjunto de matriz de lentes 100 puede describirse teniendo un total de siete (7) subconjuntos de matriz de lentes de forma rectangular en lugar de nueve (9). Como resultado, el SRD 100 tendrá un total equivalente de 448 cristales de lente fijados al conjunto de matriz de lentes 100.

En general, la cantidad de energía producida por el SRD 102 se relaciona directamente con la localización en la que se utilizará el SRD 102 y el tamaño de la matriz del conjunto de matriz de lentes 100. Cuanto mayor sea la concentración de luz solar mayor será la cantidad de energía que puede producirse por el SRD 102 para un tamaño dado del conjunto de matriz de lentes 100. Específicamente, de acuerdo con datos promedio del National Renewable Energy Laboratory ("NREL") desde 1998 a 2009, áreas dentro de los Estados Unidos tales como Arizona y partes de California, Nevada, Nuevo México, Colorado y Hawái reciben como promedio anual más de 7,5 kW·hora ("kWh") por metro cuadrado ( $m^2$ ) por día de energía solar concentrada ("CSP") que está disponible para su uso por los sistemas solares.

En general, la cantidad de energía solar que cae sobre la Tierra en cualquier año natural empequeñece la producción de energía total de todos los combustibles fósiles del mundo usados en las industrias mundiales. Por ejemplo, el estado de Kentucky recibe aproximadamente 3,75 kW/ $m^2$  de energía solar por día de sol y áreas de energía mayores, tales como Hawái, reciben aproximadamente 5,75 kW/ $m^2$  de energía solar por día. Solo una fracción de estos totales se usa para crear energía utilizable con las células solares actuales debido a que, las células solares usadas comúnmente en la actualidad generalmente solo alcanzan aproximadamente el 18 % de conversión de energía debido a pérdidas de calor, ángulo de reflexión, y transferencia de la electricidad.

De ese modo, utilizando Hawái como un ejemplo para la fusión de aluminio, un subconjunto de matriz de lentes 110, 112, 114, 116 y 118 de 1,83 m por 1,83 m (6 pies por 6 pies) (es decir, un área de aproximadamente 4  $m^2$ ) sería capaz de enfocar aproximadamente 4 kWh de energía solar de modo que el conjunto de matriz de lentes 100 tendría la capacidad de enfocar al menos 28 kWh de energía solar teniendo en cuenta los cinco (5) subconjuntos de matriz de lentes 110, 112, 114, 116 y 118 de forma rectangular y cuatro (4) subconjuntos de matriz de lentes 120, 122, 124 y 126 de forma triangular. Suponiendo, un 85 % de eficiencia en este ejemplo, el SRD 102 será capaz de fundir aproximadamente 33,6 kg (74 libras) de aluminio por hora.

En la FIG. 3, se muestra una vista posterior en perspectiva de un ejemplo de una implementación de un subconjunto de matriz de lentes 300 el conjunto de matriz de lentes 100 (mostrado en las FIGS. 1 y 2) de acuerdo con la presente divulgación. El subconjunto de matriz de lentes 300 se muestra incluyendo un bastidor de soporte 302 y aproximadamente 36 cristales de lente 304 organizados en seis (6) filas y seis (6) columnas. La razón para mostrar solamente seis (6) columnas y filas en este ejemplo es por conveniencia de ilustración dado que cada cristal de lente 304 se muestra dentro de un bastidor de soporte del subconjunto de matriz de lentes 300. El bastidor de soporte se muestra con un primer lado 306 y un segundo lado 308. En este ejemplo, la curvatura convexa del primer lado 306 del bastidor de soporte se muestra lo largo del eje x 310 y del eje z 312. De modo similar, la curvatura convexa del segundo lado 308 del bastidor de soporte se muestra lo largo del eje y 314 del eje z 312. Como se ha descrito anteriormente, la curvatura convexa puede ser aproximadamente parabólica tanto para el primer como el segundo lados 306 y 308 del bastidor de soporte. Si aproximadamente parabólico, el conjunto de matriz de lentes 100 producirá un haz más enfocado de energía solar refractada 138 debido a que en general una parábola es una curva especial que tiene la relación matemática por la que cualquier punto a lo largo de la curva de una parábola es equidistante de un punto fijo (matemáticamente denominado como el foco de la parábola pero a no confundir con los términos de foco utilizados en la presente divulgación) dentro de la curva de la parábola.

Adicionalmente, en la FIG. 3, los cristales 304 de una primera columna 316 de cristales 304 se muestran recibiendo energía solar difusa y enfocándola 318 a un punto focal 320. Más específicamente, pasando a la FIG. 4, se muestra una vista posterior en perspectiva de un ejemplo de una implementación de una matriz de cristales de lente 400 en columna simple del subconjunto de matriz de lentes mostrado 300 (mostrado en la FIG. 3) de acuerdo con la presente divulgación. En este ejemplo, la matriz de cristales de lente 400 de columna simple incluye seis (6) cristales de lente 402, 404, 406, 408, 410 y 412. Como un ejemplo de funcionamiento, la matriz de cristales de lente 400 de columna simple se configura para recibir una parte 414 de la energía solar difusa 136 que incide en la superficie exterior del SRD y refracta esa parte 414 a través de los cristales de lente 402, 404, 406, 408, 410 y 412 para producir un haz enfocado 416 de energía solar que se enfoca a un punto focal 418. Para explicar adicionalmente este ejemplo, en las FIGS. 5A y 5B, se muestran vistas del sistema de una lente convexa de difracción 500 continua y de una matriz de cristales de lente 502 de columna única (mostrada en la FIG. 4, cortada a lo largo del plano B-B' 420) a lo largo de una línea central 504. En ambos ejemplos, la energía solar difusa 506 incidente se difracta y enfoca 508 y 510 a puntos focales 512 y 514, respectivamente. Como resultado, durante el funcionamiento, la lente convexa de difracción discreta creada por la matriz de cristales de lente 502 de columna única enfoca 510 la energía solar difractada en aproximadamente el mismo punto focal 514 que el punto focal 512 de la lente convexa de difracción continua 500.

En la FIG. 6, se muestra una vista lateral en perspectiva del subconjunto de matriz de lentes 600 (mostrado en la FIG. 3 como el subconjunto de matriz de lentes 300) de acuerdo con la presente divulgación. A diferencia de la FIG. 3, en la FIG. 6, se muestra un ejemplo de funcionamiento en el que la energía solar difusa 602 incide sobre la superficie exterior 604 del subconjunto de matriz de lentes 600 que incluye la pluralidad de cristales de lente 606. Cada cristal de lente de la pluralidad de cristales de lente 606 difracta a continuación una parte de la energía solar difusa 602 y todos los haces difractados desde la pluralidad de cristales de lente 606 se enfocan 608 en un punto focal 610 que se utiliza para calentar o fundir un material industrial (no mostrado). En este ejemplo, la longitud focal 612 del subconjunto de matriz de lentes 600 se muestra como la distancia entre el punto focal 610 y una línea central 614 del subconjunto de matriz de lentes 600. Esta longitud focal 612 se basa en un diseño del subconjunto de matriz de lentes 600. Volviendo a las FIGS. 1 y 2, se observa que hay múltiples subconjuntos de matriz de lentes 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124 y 126 en los que cada uno tiene su propia longitud focal correspondiente. Adicionalmente, estas múltiples longitudes focales no son iguales basándose en el diseño del SRD para calentamiento o fusión de un material industrial. Al tener diferentes longitudes focales o diferentes puntos focales para cada subconjunto de matriz de lentes 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124 y 126, el conjunto de matriz de lentes 100 puede configurarse para enfocar la energía solar difusa que un área pequeña en lugar de en un punto. Esto permite al SRD 102 configurarse para fundir un material industrial en un plano de calentamiento dentro del recipiente de calentamiento mediante la distribución del calor de la energía solar enfocada sobre una pequeña área del plano de calentamiento. Si la energía solar enfocada no se distribuyera sobre una pequeña área, puede potencialmente quemar el material industrial y dañar potencialmente el recipiente de calentamiento debido a que único punto enfoca la energía demasiado intensamente para ser controlado apropiadamente como un horno.

Extendiéndose sobre esto en la FIG. 7, se muestra una vista posterior en perspectiva de otro ejemplo de una implementación de un conjunto de matriz de lentes 700 del SRD 702 de acuerdo con la presente divulgación. En este ejemplo, el conjunto de matriz de lentes 700 se muestra teniendo cinco (5) subconjuntos de matriz de lentes 704, 706, 708, 710 y 712 de forma rectangular, respectivamente. Pueden añadirse también subconjuntos de matriz de lentes de forma triangular como se ha descrito anteriormente, sin embargo, en este ejemplo solo se muestran cinco (5) subconjuntos de matriz de lentes 704, 706, 708, 710 y 712 de forma rectangular con finalidades de ilustración. En este ejemplo, el conjunto de matriz de lentes 700 se muestra teniendo cinco longitudes focales o puntos focales diferentes 714, 716, 718, 720 y 722 para los subconjuntos de matriz de lentes individuales 704, 706, 708, 710 y 712. Los puntos focales resultantes definen la pequeña área de calentamiento 724 del recipiente de calentamiento 726. En general, al no dirigir la luz refractada a una única dirección, la luz puede enfocarse sobre la pequeña área de calentamiento 724 que es suficientemente pequeña para calentar o incluso fundir el material industrial en el recipiente de calentamiento 726 mientras que es suficientemente grande para mantener el material

industrial calentado o fundido a una temperatura deseada.

Se muestra adicionalmente en este ejemplo la estructura de soporte 128 que puede estar soportando el conjunto de matriz de lentes 700. En este ejemplo, el área de calentamiento 724 se muestra estando a una distancia predeterminada 728 del conjunto de matriz de lentes 700. Específicamente, la distancia predeterminada 728 es la distancia 728 entre una línea central 730 del plano del área de calentamiento 724 y otra línea central 732 del conjunto de matriz de lentes 700. La distancia predeterminada 728 se relaciona generalmente con las longitudes focales de los subconjuntos de matriz de lentes 704, 706, 708, 710 y 712 individuales que producen correspondientemente los puntos focales 714, 716, 718, 720 y 722 que dan como resultado el área de calentamiento 724. Como resultado, la distancia predeterminada 728 se basa en el diseño del conjunto de matriz de lentes 700 debido a que las longitudes focales se basan en el diseño del subconjunto de matriz de lentes 700. La estructura de soporte 128 se configura para mantener esta distancia predeterminada 728 entre el conjunto de matriz de lentes 700 y el área de calentamiento 724 dentro del recipiente de calentamiento 726. Como tal, dado que el tipo de material, grosor, posición y ángulo de los cristales de lente dentro de cada subconjunto de matriz de lentes 704, 706, 708, 710 y 712 determina los puntos focales correspondientes 714, 716, 718, 720 y 722, se aprecia que el tipo de material, grosor, posición y ángulo de los cristales de lente dentro de cada subconjunto de matriz de lentes 704, 706, 708, 710 y 712 puede diseñarse también de modo que produzcan los puntos focales correspondientes 714, 716, 718, 720 y 722 a la distancia predeterminada 728.

Pasando a la FIG. 8, se muestra un planteamiento alternativo. En la FIG. 8, se muestra una vista del sistema de SRD 800 de acuerdo con la presente divulgación. En este ejemplo, se muestra una línea central 802 para la lente equivalente 803 de la pluralidad de cristales de lente del SRD 800 y el SRD 800 se muestra teniendo una longitud focal 804 que se extiende a un punto focal 806 que sobrepasa el fondo 808 del recipiente de calentamiento 810. Como un ejemplo de funcionamiento, el recipiente de calentamiento 810 está lleno de material industrial 812 a ser fundido tal como, por ejemplo, aluminio. La energía solar difusa incidente 814 es refractada por la pluralidad de cristales de lente del SRD 800 para formar una pluralidad de haces solares refractados 816 (también conocidos como rayos) que se enfocan en un punto focal 806 que sobrepasa el fondo 808 del recipiente de calentamiento 810. Dado que el recipiente de calentamiento 810 está lleno de aluminio a fundir 812 los haces solares refractados enfocados 816 no pueden concentrar su energía combinada en el punto focal 806 y en su lugar inciden sobre el aluminio 812 en un plano de calentamiento 820 que puede corresponder a la línea de llenado del aluminio 812 en el recipiente de calentamiento 810. Dado que el plano de calentamiento 820 corresponde a un área de calentamiento 822 en la abertura 824 del recipiente de calentamiento 810, el calor resultante generado por los haces solares refractados enfocados 816 se distribuye sobre el área de calentamiento 822 que es un área relativamente pequeña comparada con el tamaño del SRD 800. Mediante un diseño apropiado del SRD 800, el área de calentamiento 822 recibe la cantidad de energía apropiada del SRD 800 para o bien calentar o bien fundir apropiadamente el material industrial (en este ejemplo aluminio) 812 en el recipiente de calentamiento. En general, dado que el SRD 800 enfoca luz con mínima pérdida de energía, la intensidad de luz más alta está en el centro 826 pero es más difusa al moverse hacia el exterior desde el centro 826. De ese modo, la intensidad más alta de calor en el plano de calentamiento 820 está en el centro y a continuación disminuye en intensidad al separarse del centro 826 dando como resultado un área de calentamiento efectiva 822. Como se ha descrito anteriormente, la longitud focal 804 se relaciona con la longitud predeterminada 830 entre la línea central 802 de la lente equivalente 803 al recipiente de calentamiento 810 en donde la longitud predeterminada 830 es la longitud desde la línea central 802 al plano de calentamiento 820 dentro del recipiente de calentamiento 810.

En algunos casos de fusión, un SRD 800 individual puede no ser capaz de generar apropiadamente la energía suficiente para fundir adecuadamente un material industrial 812 en un recipiente de calentamiento 810 o para fundir suficiente cantidad de material industrial 812 para ser competitivo con métodos no solares. En estos casos, pueden utilizarse múltiples SRD en una cadena para incrementar la cantidad de material industrial a ser fundido, calentar el material industrial en etapas, o ambos. En la FIG. 9, se muestra una vista posterior en perspectiva de una pluralidad de SRD 900, 902, 904 y 906 de acuerdo con la presente divulgación. En este ejemplo, los SRD 900, 902, 904 y 906 se utilizan para fundir un material industrial 908 en una pluralidad de recipientes de calentamiento 910, 912, 914 y 916, respectivamente. En este ejemplo, los múltiples SRD 900, 902, 904 y 906 pueden posicionarse en cualquier sistema de seguimiento solar conocido para recolectar la cantidad óptima de luz solar durante el día. Para mantener el enfoque de energía óptimo de los SRD 900, 902, 904 y 906, los recipientes de calentamiento 910, 912, 914 y 916, pueden moverse desde un SRD al siguiente a través de un sistema de seguimiento 918. En este ejemplo, el sistema de seguimiento 918 puede configurarse para introducir o extraer un recipiente de calentamiento 910, 912, 914 y 916 dado, y en cualquier punto durante el proceso de calentamiento y fusión para retirar el material fundido calentado e introducir nuevos materiales en nuevos recipientes de calentamiento (no mostrado).

Pasando a la FIG. 10, se muestra un diagrama de flujo 1000 de un proceso de ejemplo realizado por el SRD de acuerdo con la presente divulgación. En general, el proceso incluye el calentamiento de un material industrial dentro de un recipiente de calentamiento con el SRD. El método comienza en 1002 mediante, en la etapa 1004, refractar la energía solar incidente sobre el SRD a través de un conjunto de matriz de lentes que tienen una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes y, en la etapa 1005, enfocar la energía solar refractada sobre una pluralidad de puntos focales, en el que cada punto focal corresponde a un subconjunto de matriz de lentes de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes. El método crea a continuación, en la etapa 1006, un área de calentamiento dentro

del recipiente de calentamiento utilizando la pluralidad de puntos focales o longitudes focales y a continuación, en la etapa 1008, calienta el material industrial dentro del recipiente de calentamiento en el área de calentamiento utilizando la energía solar refractada enfocada. El proceso acaba entonces 1010.

5 En la FIG. 11, se muestra un diagrama de flujo 1100 de un proceso de ejemplo realizado en la fabricación del SRD de acuerdo con la presente divulgación. El proceso comienza 1102 determinando el tipo y cantidad de material industrial a ser fundido en la etapa 1104. Por ejemplo, si el tipo de aplicación puede incluir calentamiento o fusión del aluminio, acero u otros metales, calentamiento o fusión de un material industrial o metálico, calentamiento de agua, calentamiento, ablandamiento, o fusión de plástico. Una vez se determina esto, el proceso (en la etapa 1106) incluye determinar una cantidad de energía necesaria para calentar o fundir el material industrial. Como un ejemplo, para fundir aluminio, el SRD necesita producir aproximadamente 30.000 vatios para fundir aproximadamente 45,36 kg (100 libras) de aluminio por hora. El proceso, en la etapa 1108, incluye a continuación determinar un tamaño de matriz para el conjunto de matriz de lentes para producir la cantidad de energía previamente determinada, en el que el conjunto de matriz de lentes se configura para refractar la luz solar que incide sobre el conjunto de matriz de lentes al material industrial. Como un ejemplo, en Hawái el sol produce aproximadamente 1000 vatios por metro cuadrado de modo que el conjunto de matriz de lentes necesita ser de aproximadamente 30 m<sup>2</sup> (es decir, aproximadamente 6 metros por 6 metros). El proceso determina entonces, en la etapa 1110, una longitud focal del conjunto de matriz de lentes basándose en la geometría del conjunto de matriz de lentes. El proceso incluye, en la etapa 1112, el ensamblaje del conjunto de matriz de lentes. El proceso acaba entonces 1114. En este ejemplo, el ensamblaje del conjunto de matriz de lentes puede incluir también el ensamblado de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes y la fijación de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes en el conjunto de matriz de lentes, en el que cada subconjunto de matriz de lentes tiene una longitud focal correspondiente y en el que cada subconjunto de matriz de lentes tiene una forma convexa. El ensamblaje del conjunto de matriz de lentes puede incluir además la fijación de una pluralidad de cristales de lente a cada pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes, en el que los cristales de lente pueden incluir lentes Fresnel. Más aún, el ensamblaje del conjunto de matriz de lentes puede incluir también un primer subconjunto de matriz de lentes con una longitud focal correspondiente diferente de una segunda longitud focal correspondiente a un segundo subconjunto de matriz de lentes.

Se apreciará por los expertos en la materia que aunque los ejemplos previos describen calentamiento y fusión de materiales industriales en un recipiente de calentamiento, el SRD puede utilizarse también para calentar (y no fundir) diferentes tipos de materiales para su uso en, por ejemplo, calderas industriales y procesadores electroquímicos en los que la energía proporcionada por el SRD se usa para calentar materiales intermedios tales como agua para producir vapor que puede utilizarse para otros procesos tales como turbinas de generación, calentamiento de productos químicos, o proporcionar transferencia de calor para otros tipos de sistemas de calentamiento.

Pasando a la FIG. 12, se muestra un diagrama del sistema de un ejemplo de una implementación del SRD 1200 utilizado para alimentar una turbina 1202 de acuerdo con la presente divulgación. La turbina 1202 puede incluir una pluralidad de palas de turbina (también conocidas como álabes) 1204 y un árbol 1206. En este ejemplo, la turbina 1202 se conecta a un recipiente de calentamiento 1208 a través de al menos un conducto tubular de entrada 1210 y un conducto tubular de salida 1212. El recipiente de calentamiento 1208 puede tener una pluralidad de tuberías de calentamiento 1214 dentro del recipiente de calentamiento 1208 que se configuran para ser calentadas por el SRD 1200. Las tuberías de calentamiento 1214 pueden llenarse con un fluido tal como, por ejemplo, un gas (tal como, por ejemplo, aire), vapor, agua, u otro fluido que pueda calentarse que sea capaz de ser calentado en el recipiente de calentamiento 1208 y pasarse a la turbina 1202 que es una máquina rotativa que extrae la energía del flujo de fluido resultante y la convierte en energía de trabajo útil que hace girar 1216 el árbol 1206. En un ejemplo de funcionamiento, el SRD 1200 puede recibir energía solar y enfocarla 1218 hacia las tuberías de calentamiento 1214 del recipiente de calentamiento 1208. Como anteriormente, pueden enfocarse 1218 múltiples puntos focales 1220, 1222, 1224 y 1228 hacia el recipiente de calentamiento 1208 dando como resultado un área de calentamiento 1230 a lo largo del recipiente de calentamiento 1208. El fluido en las tuberías de calentamiento 1214 se calienta entonces y el fluido calentado 1232 pasa a la turbina 1202 a través del conducto tubular de entrada 1210. El fluido calentado hace girar las palas de la turbina 1204 dando como resultado la rotación 1216 del árbol 1206 a lo largo de su eje. El fluido de escape se devuelve al recipiente de calentamiento 1208 a través del conducto tubular de salida 1212. Se apreciará por los expertos en la materia que pueden implementarse también otros ejemplos de calentamiento industrial mediante la utilización del SRD 1200 como un dispositivo de calentamiento para otros materiales industriales.

Se entenderá que pueden cambiarse diversos aspectos o detalles de la invención sin apartarse del alcance de la invención. Esta no es exhaustiva y no limita las invenciones reivindicadas a la forma precisa divulgada. Adicionalmente, la descripción precedente tiene solamente las finalidades de ilustración, y no la finalidad de limitación. Son posibles modificaciones y variaciones a la luz de la descripción anterior o pueden adquirirse a partir de la puesta en práctica de la invención. Las reivindicaciones y sus equivalentes definen el alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de refracción solar ("SRD") (102) para calentamiento de un recipiente de calentamiento (726) que tiene un fondo con energía solar difusa que incide sobre una superficie exterior del SRD y se refracta a través del SRD, comprendiendo el SRD:

5 un conjunto de matriz de lentes (100); y  
una pluralidad de cristales de lente (104) fijados al conjunto de matriz de lentes (100),  
en el que el conjunto de matriz de lentes (100) incluye

una superficie exterior (108) correspondiente a la superficie exterior del SRD,  
una superficie interior, y

10 una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes (110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126),

en el que una sub-pluralidad de cristales de lente, de la pluralidad de cristales de lente (104), se fija a un subconjunto de matriz de lentes correspondiente de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes (110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126),

15 en el que un subconjunto de matriz de lentes, de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes, tiene una forma convexa

en el que cada subconjunto de matriz de lentes se configura para tener una longitud focal correspondiente al subconjunto de matriz de lentes lo que da como resultado que el conjunto de matriz de lentes tenga una pluralidad de longitudes focales, **caracterizado por que** los múltiples subconjuntos de matriz de lentes tienen cada uno una longitud focal diferente,

20 en el que el conjunto de matriz de lentes (100) y la pluralidad de cristales de lente (104) se configuran para refractar y enfocar la energía solar difusa sobre la superficie de la superficie exterior (108) del conjunto de matriz de lentes sobre un área de calentamiento (724) dentro del recipiente de calentamiento (726), estando definida dicha área de calentamiento por los puntos focales de los subconjuntos de matriz de lentes.

25 2. El SRD de la reivindicación 1, en el que al menos algunos de los cristales de lente (104) de la sub-pluralidad de cristales de lente (104) son lentes Fresnel.

3. El SRD de la reivindicación 2,

en el que cada subconjunto de matriz de lentes (110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126) tiene una forma convexa,

30 en el que la forma convexa de cada subconjunto de matriz de lentes es aproximadamente parabólica,

en el que cada subconjunto de matriz de lentes se configura para tener una longitud focal que está más allá del fondo del recipiente de calentamiento (726) de modo que define un plano de calentamiento (820) dentro del recipiente de calentamiento (726) por encima del fondo del recipiente de calentamiento, y

en el que el plano de calentamiento corresponde al área de calentamiento (822).

35 4. El SRD de la reivindicación 3 que incluye adicionalmente una estructura de soporte (128) conectada al conjunto de matriz de lentes (100), en el que la estructura de soporte (128) se configura para soportar el conjunto de matriz de lentes (100) a una distancia predeterminada del recipiente de calentamiento, preferentemente incluyendo además un seguidor solar conectado a la estructura de soporte (128), en el que el seguidor solar se configura para mover la estructura de soporte (128) de tal manera que mantenga una elevada cantidad de energía solar siendo refractada a través del SRD y enfocada en el área de calentamiento.

40 5. El SRD de la reivindicación 2,

en el que cada cristal de lente (104) se fija al subconjunto de matriz de lentes en un ángulo que se determina mediante una distancia predeterminada desde el recipiente de calentamiento, y

en el que cada subconjunto de matriz de lentes tiene una forma parabólica aproximada, preferentemente en el que el conjunto de matriz de lentes incluye al menos cinco subconjuntos de matriz de lentes.

45 6. El SRD de la reivindicación 3, en el que la longitud focal (612) correspondiente a un primer subconjunto de matriz de lentes es diferente a la longitud focal correspondiente a un segundo subconjunto de matriz de lentes.

7. Un método para fabricar un dispositivo de refracción solar ("SRD") de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6 para calentamiento de materiales industriales en un recipiente de calentamiento (726) que tenga un fondo, comprendiendo el método:

50 determinar una cantidad de energía necesaria para fundir una cantidad de un material industrial (1104);  
determinar un tamaño de matriz de un conjunto de matriz de lentes para producir la cantidad de energía previamente determinada, basándose al menos en parte en la cantidad de material industrial, en el que el conjunto de matriz de lentes se configura para refractar la luz solar que incide sobre el conjunto de matriz de lentes al material industrial (1106);

- determinar una longitud focal del conjunto de matriz de lentes (1110);  
ensamblar un bastidor de soporte para soportar el conjunto de matriz de lentes; ensamblar una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes y  
fijar la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes en el conjunto de matriz de lentes,  
5 **caracterizado por que** el método comprende además proporcionar a cada subconjunto de matriz de lentes su propia longitud focal diferente, en el que cada subconjunto de matriz de lentes tiene una forma convexa, y configurar el conjunto de matriz de lentes (100) y una pluralidad de cristales de lente (104) para refractar y enfocar la energía solar difusa de la superficie exterior (108) del conjunto de matriz de lentes sobre un área de calentamiento (724) dentro del recipiente de calentamiento (726), estando definida dicha área de calentamiento  
10 por los puntos focales de los subconjuntos de matriz de lentes.
8. El método de la reivindicación 7, en el que el ensamblaje del conjunto de matriz de lentes incluye ensamblaje de una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes y  
fijar la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes en el conjunto de matriz de lentes,  
15 en el que cada subconjunto de matriz de lentes tiene una longitud focal correspondiente y en el que cada subconjunto de matriz de lentes tiene una forma convexa.
9. El método de la reivindicación 8, en el que el ensamblaje de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes incluye fijar una pluralidad de cristales de lente a cada pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes, preferentemente en el que la fijación de la pluralidad de cristales de lente incluye fijar una pluralidad de lentes Fresnel a cada pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes.
- 20 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en el que el ensamblaje del conjunto de matriz de lentes incluye el ensamblado del conjunto de matriz de lentes con una forma aproximada parabólica, y en el que determinar la longitud focal del conjunto de matriz de lentes incluye determinar una longitud focal que esté más allá del fondo del recipiente de calentamiento de modo que defina un plano de calentamiento dentro del  
25 recipiente de calentamiento por encima del fondo del recipiente de calentamiento.
11. El método de la reivindicación 10, en el que ensamblar una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes incluye adicionalmente ensamblar un primer subconjunto de matriz de lentes con una longitud focal correspondiente diferente de una longitud focal correspondiente a un segundo subconjunto de matriz de lentes.
- 30 12. Un método para calentamiento de un recipiente que tenga un fondo con un dispositivo de refracción solar ("SRD") de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, comprendiendo el método:  
refractar la energía solar incidente sobre el SRD a través de un conjunto de matriz de lentes que tenga una pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes (1004);  
enfocar la energía solar refractada sobre una pluralidad de puntos focales, en el que cada punto focal  
35 corresponde a un subconjunto de matriz de lentes de la pluralidad de subconjuntos de matriz de lentes (1005); comprendiendo adicionalmente el método: crear un área de calentamiento dentro del recipiente de calentamiento utilizando la pluralidad de puntos focales (1006), de modo que el calentamiento se define por los puntos focales de los subconjuntos de matriz de lentes.
- 40 13. El método de la reivindicación 12, en el que enfocar la energía solar refractada incluye enfocar la energía solar refractada en una pluralidad de puntos focales que sobrepasan el fondo del recipiente de calentamiento, preferentemente, en el que enfocar la energía solar refractada incluye además enfocar la energía solar refractada de cada subconjunto de matriz de lentes en puntos focales que tienen diferentes longitudes focales.
14. El método de la reivindicación 13, en el que enfocar la energía solar refractada incluye además enfocar la energía solar refractada a través de una pluralidad de lentes de Fresnel.
- 45 15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en el que calentar el material industrial incluye fundir el material industrial.

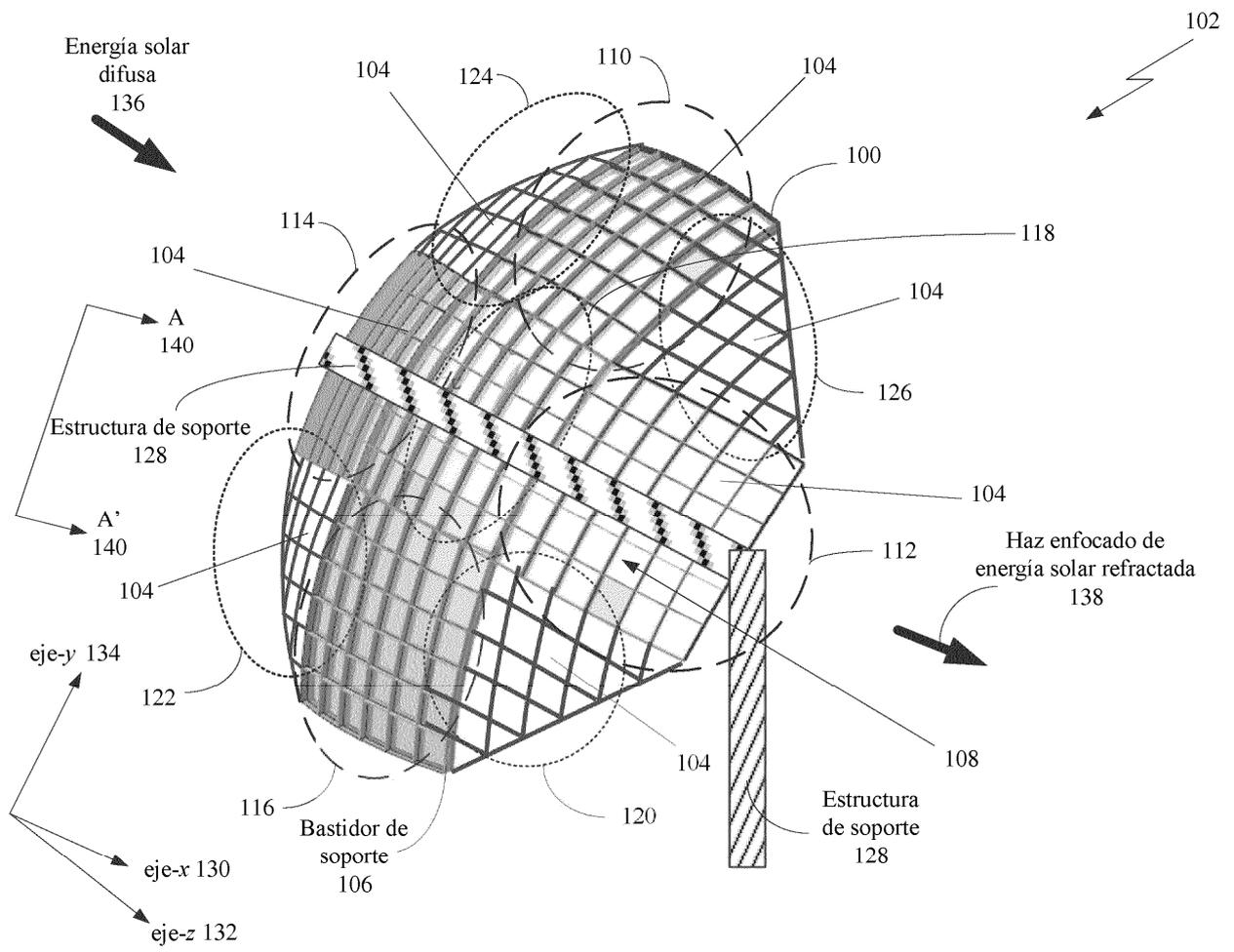


FIG. 1

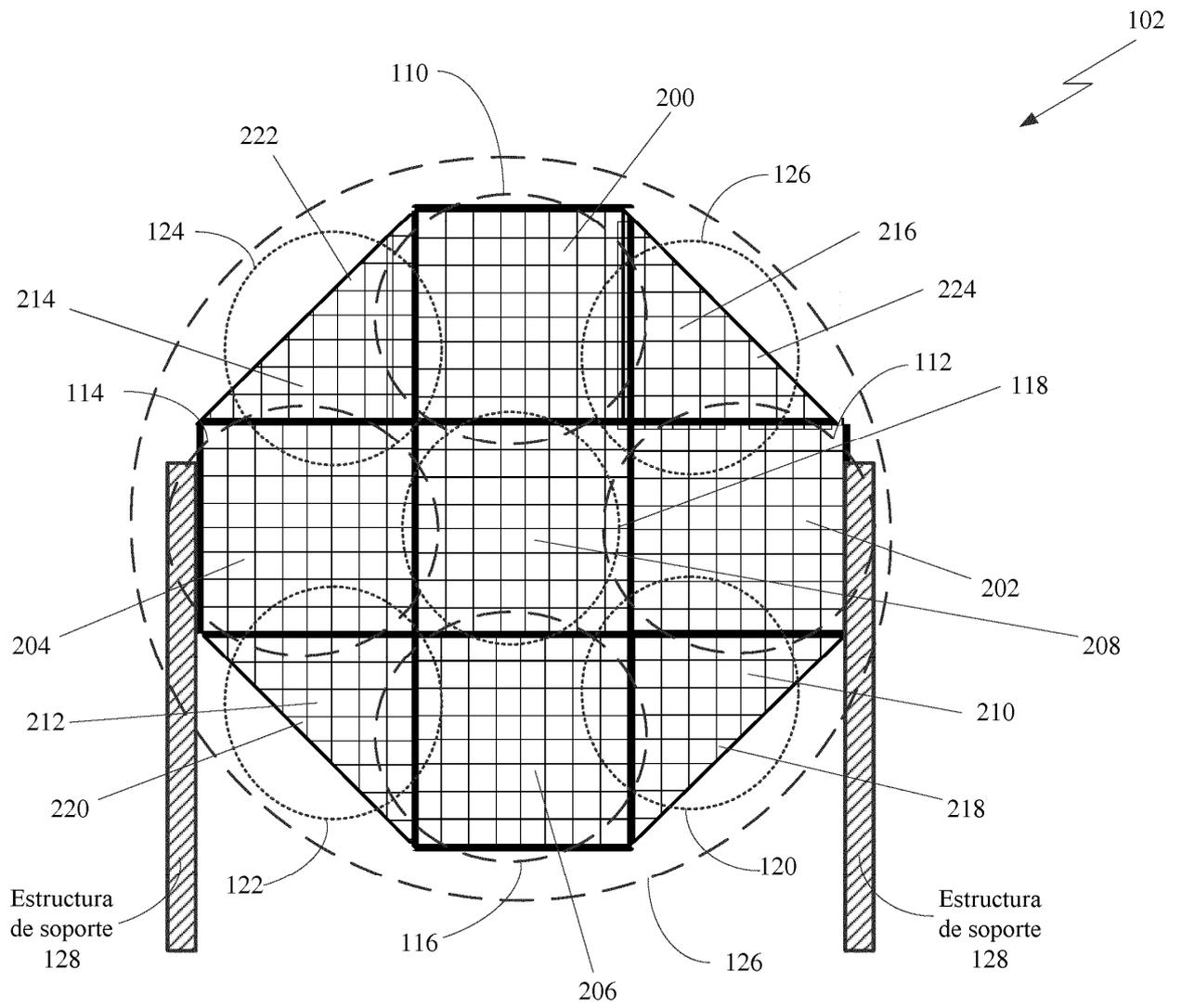
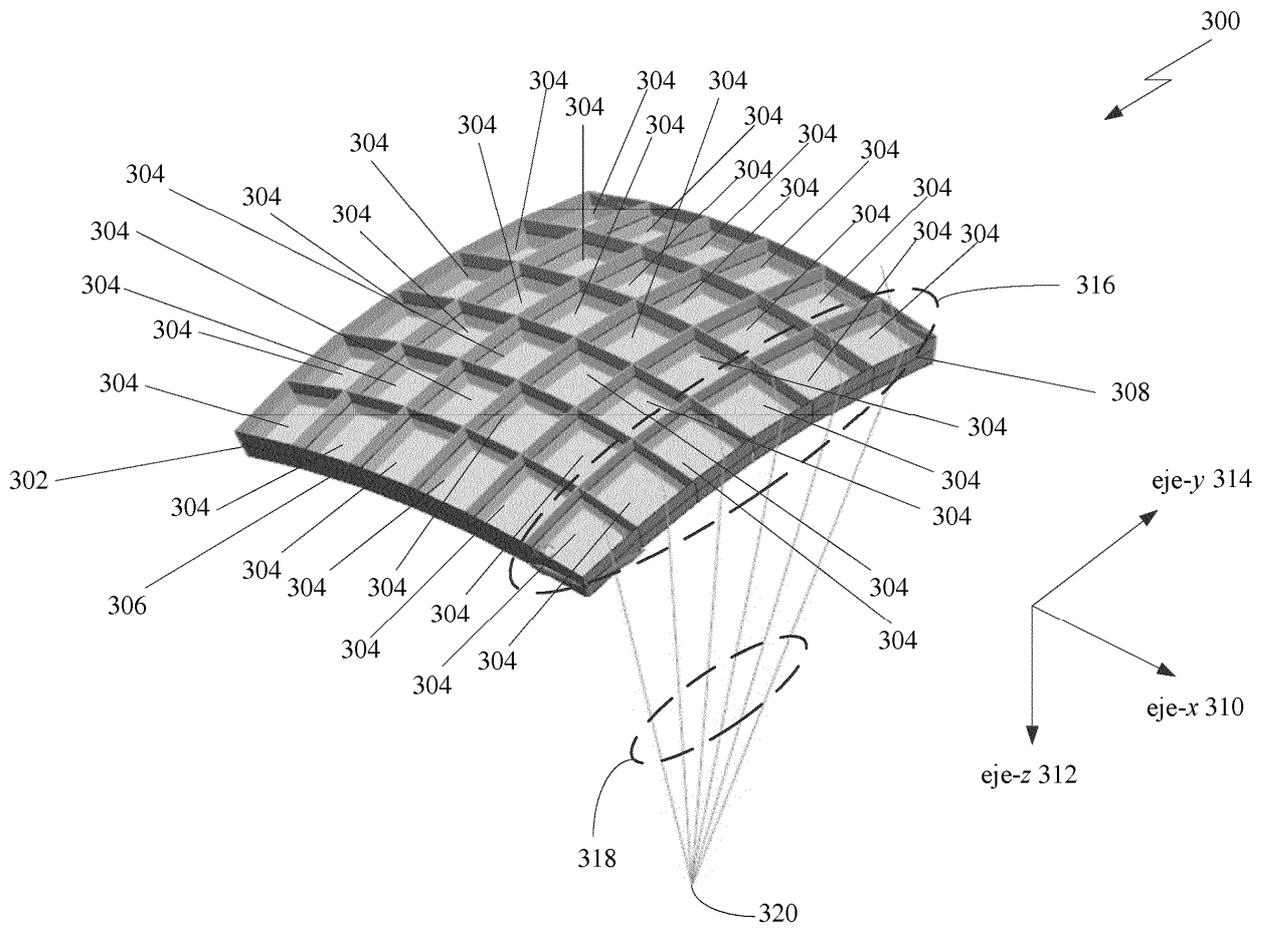
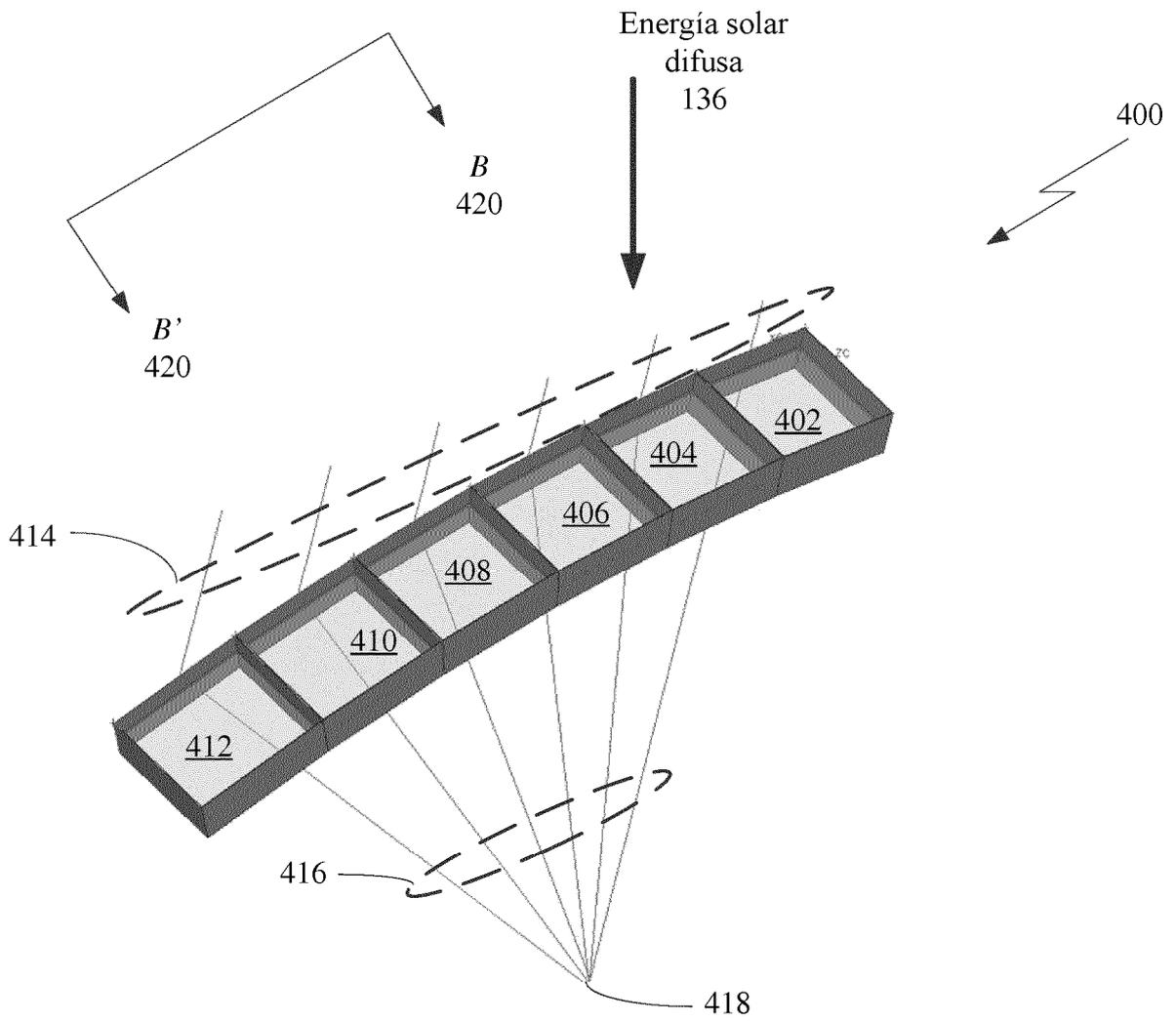


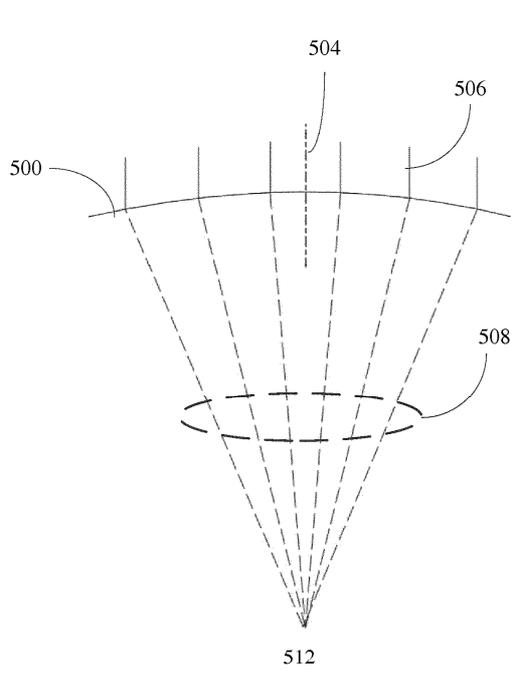
FIG. 2



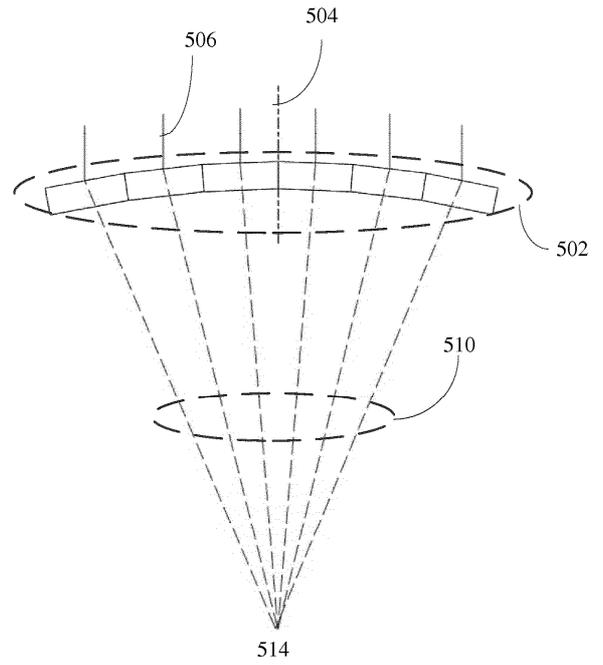
**FIG. 3**



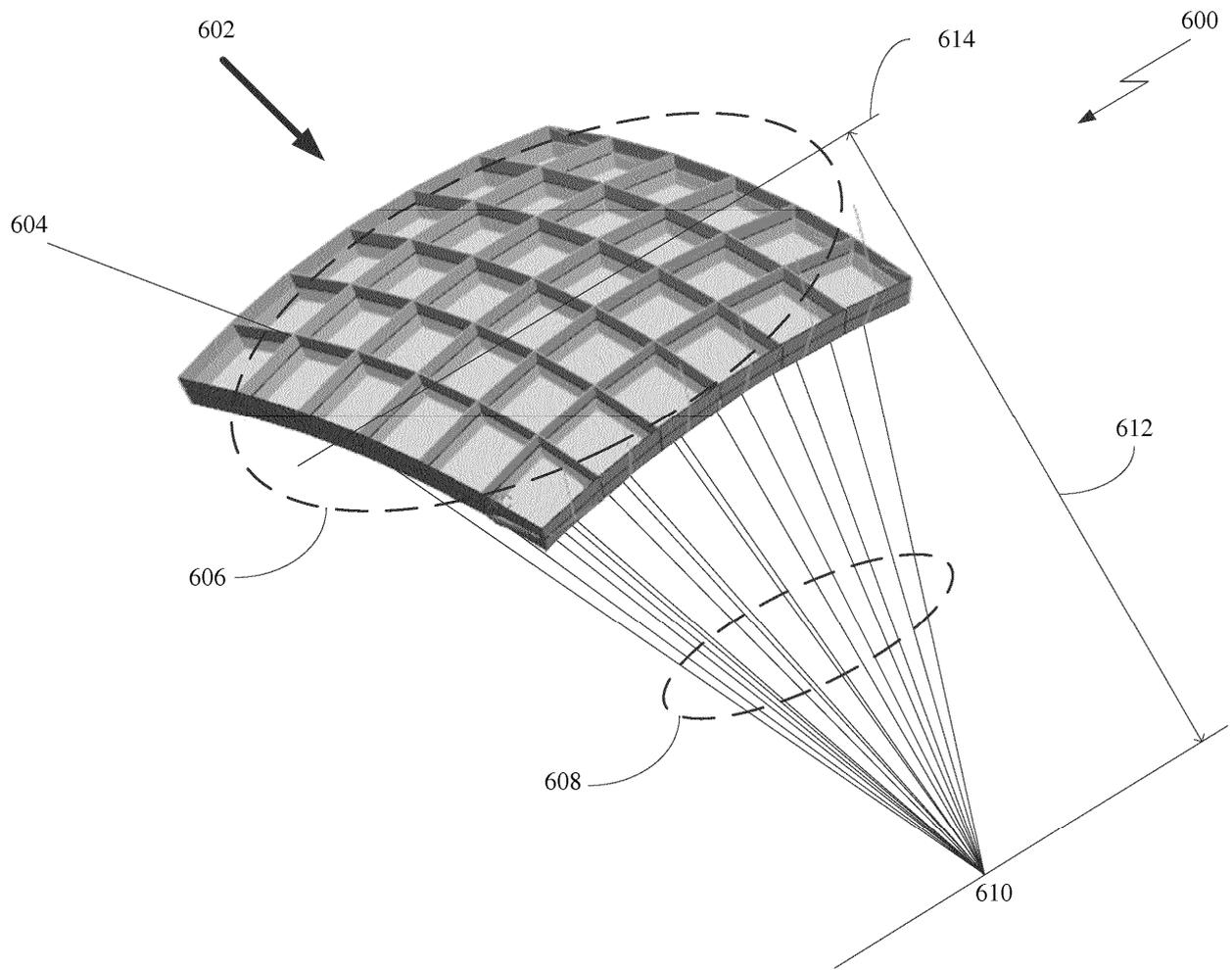
**FIG. 4**



*FIG. 5A*

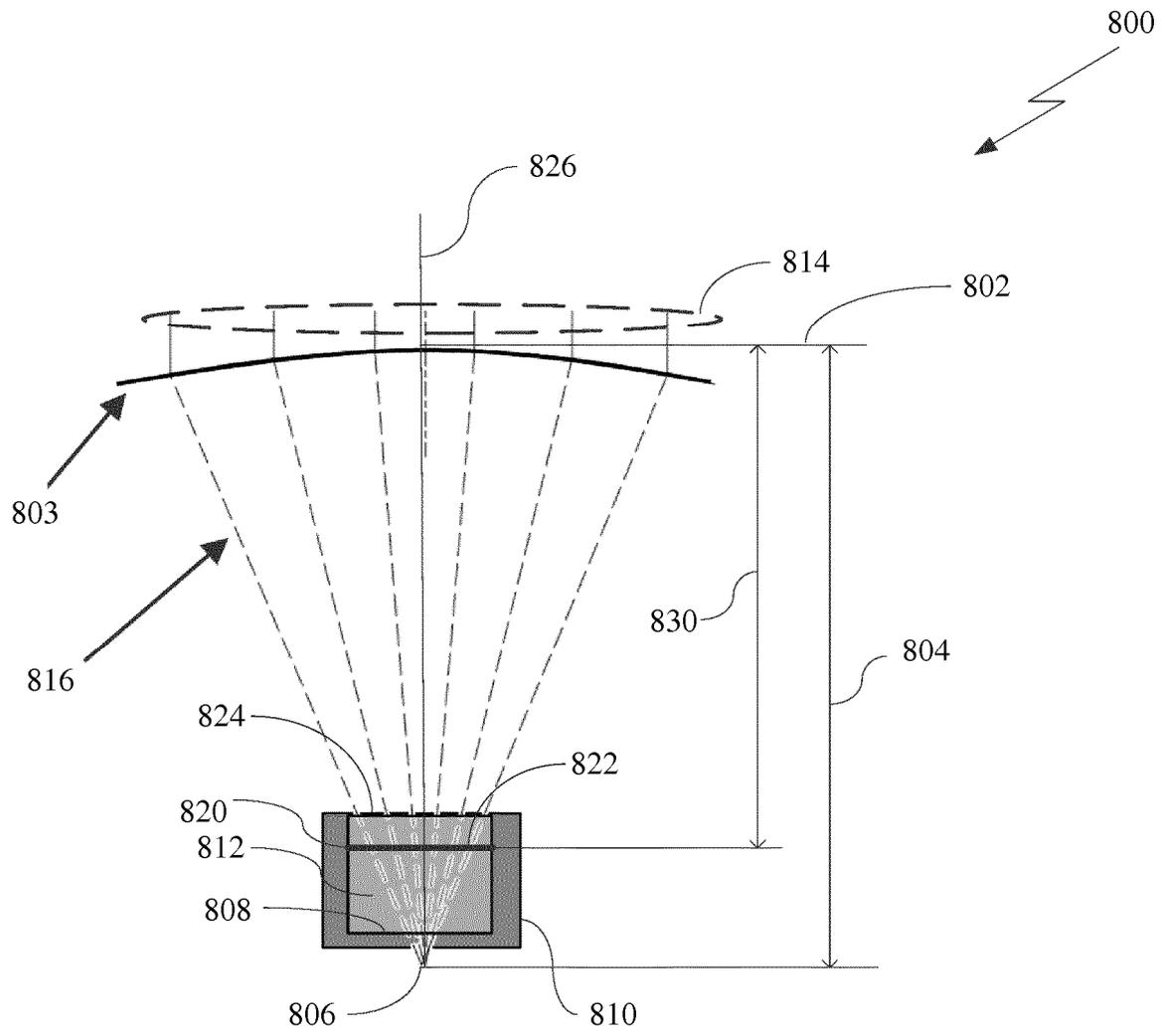


*FIG. 5B*

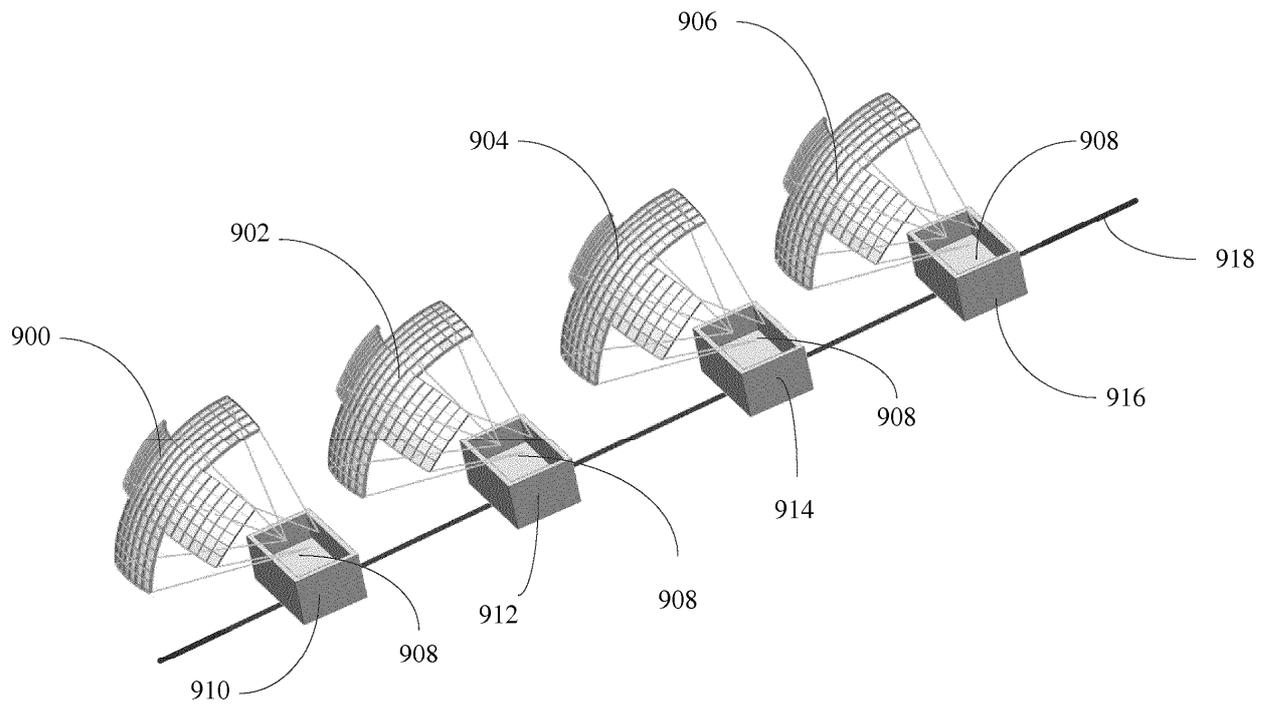


*FIG. 6*





*FIG. 8*



*FIG. 9*

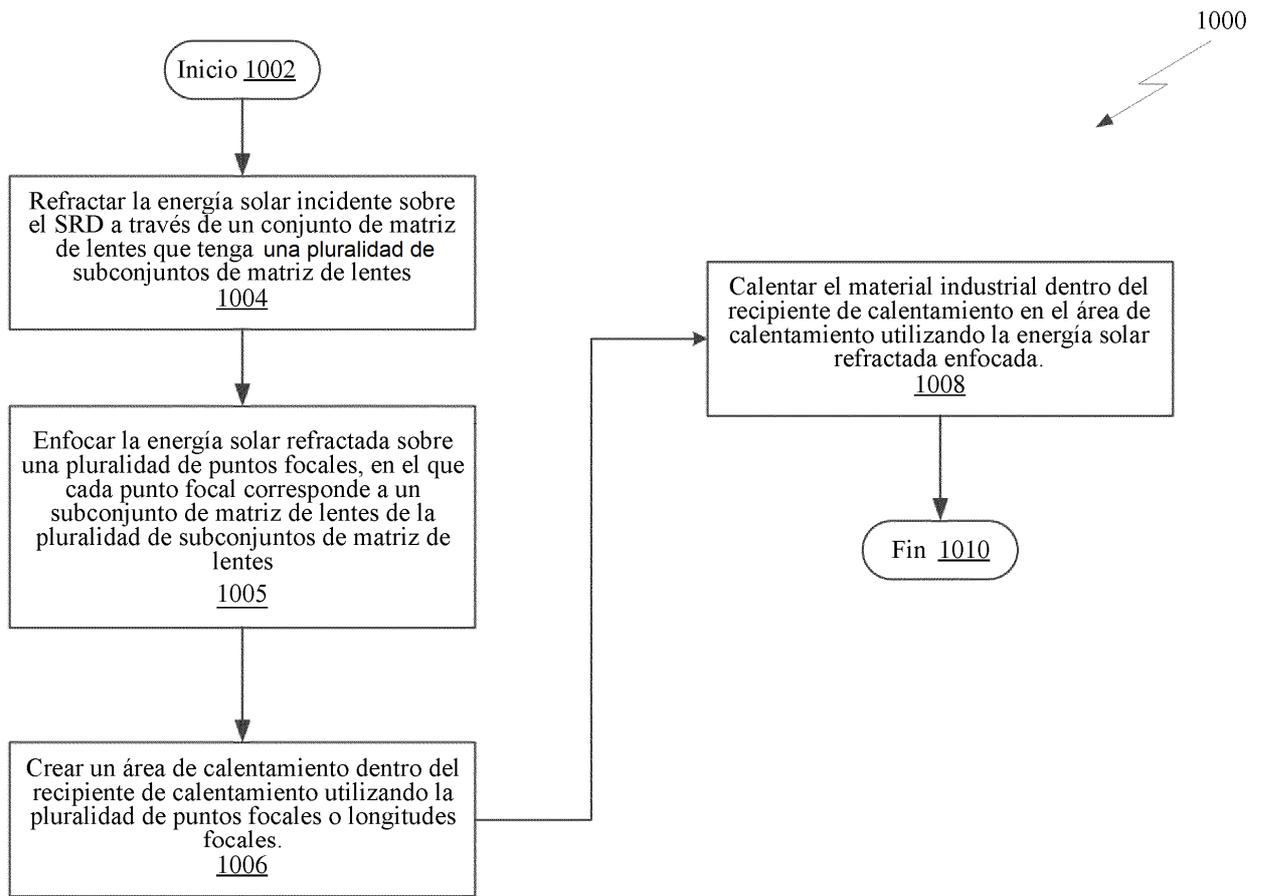


FIG. 10

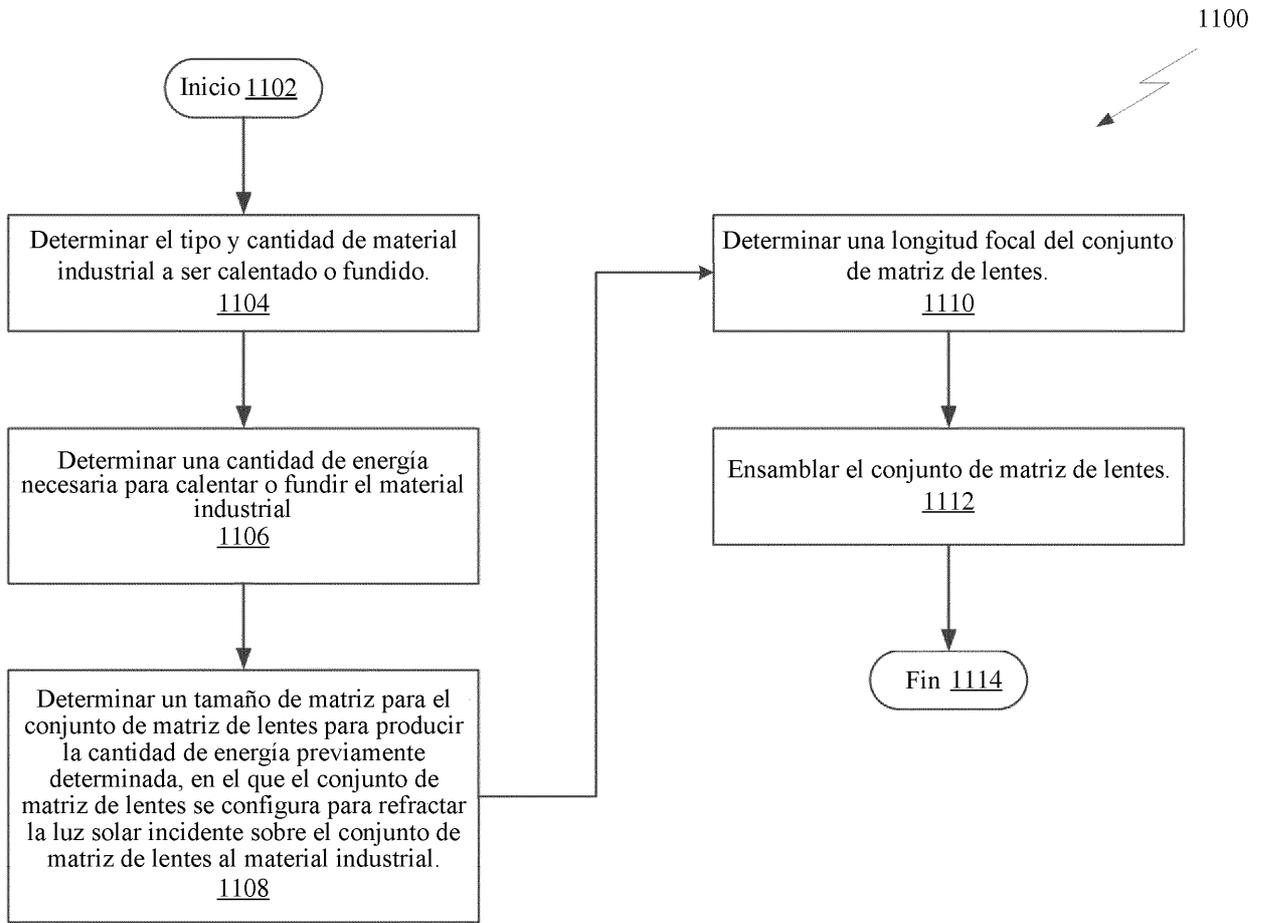


FIG. 11

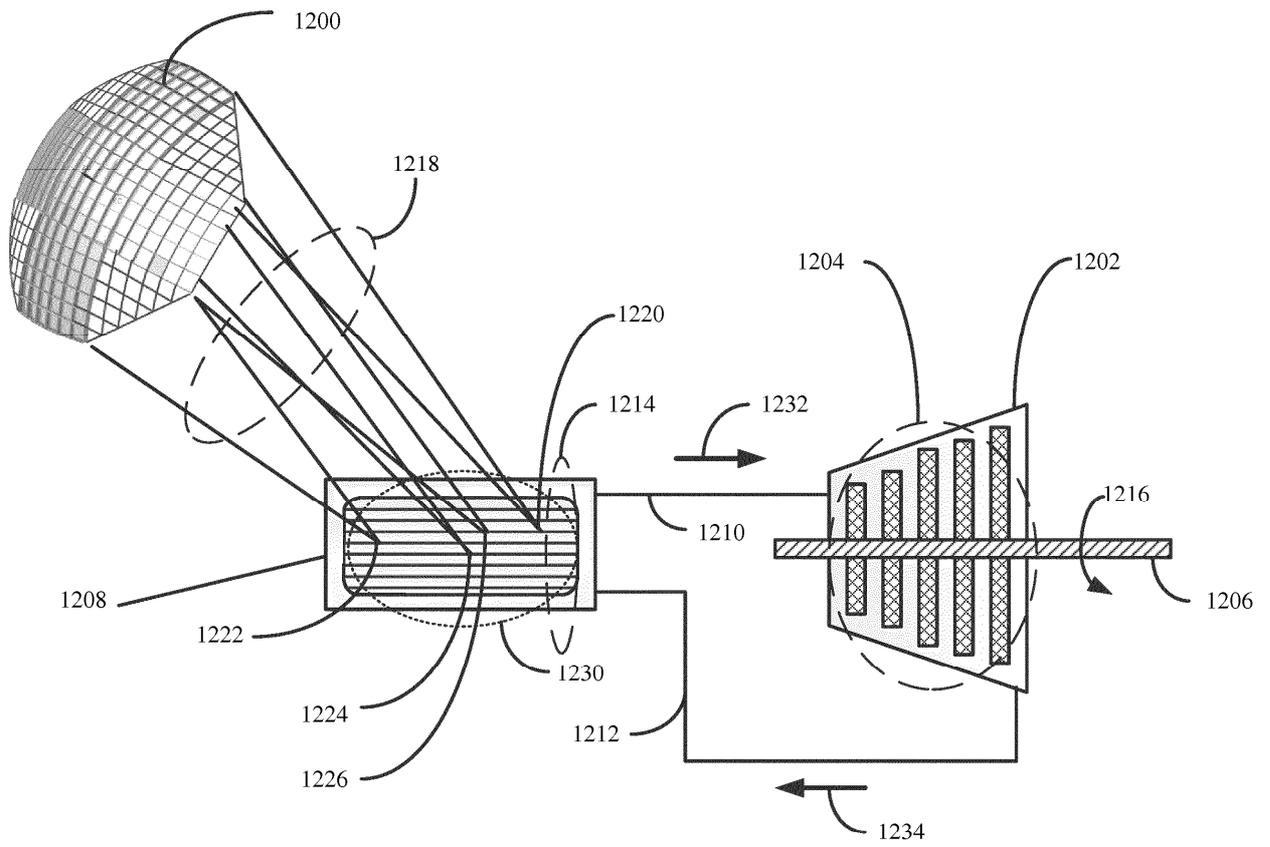


FIG. 12