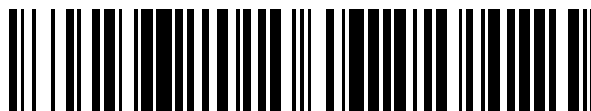


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 645**

51 Int. Cl.:

F24J 2/18 (2006.01)

F24J 2/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2010** **E 10802930 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2015** **EP 2457032**

54 Título: **Configuración de concentrador solar con fabricabilidad y eficiencia mejoradas**

30 Prioridad:

24.07.2009 US 228440 P
22.07.2010 US 841266

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.12.2015

73 Titular/es:

CEWA TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
1041 Bern Road
Wyomissing, PA 19610, US

72 Inventor/es:

FANGMAN, JOHN STEWART;
FANGMAN, MICHAEL E.;
FANGMAN, JOHN MATHEW;
NETI, SUDHAKAR y
SHAH-YUKICH, ARATI

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 552 645 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

Configuración de concentrador solar con fabricabilidad y eficiencia mejoradas.

5 **Referencia cruzada con la solicitud relacionada**

La presente solicitud reivindica los derechos de la solicitud provisional US nº 61/228.440, presentada el 24 de julio de 2009, que se incorpora a la presente memoria como referencia.

10 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un concentrador solar, particularmente muy adecuado para aplicaciones de bajo coste, con un montaje y una reparación sencillos y, más particularmente, a un concentrador solar que comprende un par de reflectores concéntricos provistos de una geometría de toroide autointersecante (en inglés, "spindle toroid geometry") para el enfoque de la radiación solar recogida en un área focal en forma de anillo, en oposición al foco de "punto" o "línea" según las configuraciones de la técnica anterior.

Antecedentes de la invención

20 La radiación solar incidente en la superficie terrestre presenta una intensidad bastante baja, de algún modo variable dependiendo de la hora del día, la estación y la situación de la tierra; aproximadamente entre 800 y 1000 vatios de energía térmica por metro cuadrado de área. Para que la industria solar resulte competitiva comercialmente en diversos mercados globales en comparación con los costes de producción de energía de la industria fósil (como la energía generada por carbón), los retos clave para la industria solar son aprovechar la radiación solar a una
25 eficiencia elevada y unos costes significativamente bajos, así como mejorar tanto la facilidad de fabricabilidad global de las tecnologías solares y la facilidad de montaje y de puesta en práctica por parte del sector comercial convencional para diversas aplicaciones.

Principalmente, existen cuatro categorías de tecnologías de aprovechamiento de la energía solar. La primera de ellas, indicada como dispositivos solares pasivos, adopta la forma de calentadores solares y paneles solares para tejados con conducciones que discurren por debajo que se calientan de forma sencilla mediante la radiación solar incidente; transfiriéndose el calor al fluido o aire que pasa por los dispositivos solares pasivos. Sin embargo, la intensidad de la radiación solar pasiva generalmente es demasiado baja para resultar directamente útil para la mayoría de las aplicaciones que requieren calor a temperaturas y presiones elevadas (como sistemas HVAC, calor para procesos industriales, turbinas, etc. en funcionamiento). Otra categoría de tecnología solar adopta la forma de paneles planos de celdas fotovoltaicas solares que contienen dispositivos semiconductores. Dichos dispositivos convierten la radiación solar incidente directamente en electricidad; la producción de energía solar es una función directa del área de la matriz de celdas solares fotovoltaicas. Los "concentradores" solares se consideran como otra categoría y están concebidos para reflejar la radiación solar incidente de un área grande a un área focal de menor tamaño, con el fin de concentrar (recoger) la radiación solar para generar grandes cantidades de calor que se puedan transferir a un fluido que circula en el área focal (consiguiendo así una temperatura y una presión más elevadas), adecuado para varias aplicaciones en las que se precisa el calor de una calidad deseada, como calor para procesos industriales, calor y frío para sistemas de climatización, desalinización, deshidratación, etc., o para la producción de vapor para el accionamiento de turbinas con el fin de generar electricidad. Recientemente, se ha explorado una tecnología híbrida, en la que se utilizan captadores solares en conjunción con un tipo de celda fotovoltaica especial; la tecnología de concentración solar dirige un haz de radiación solar de alta intensidad sobre una cantidad pequeña especializada de celdas fotovoltaicas (denominadas celdas fotovoltaicas concentradoras) en el área focal de los captadores. De este modo, los captadores solares de concentración en conjunción con las celdas fotovoltaicas presentan una ventaja sobre los captadores de panel plano, ya que utilizan sustancialmente cantidades menores de material semiconductor, al mismo tiempo que resultan más eficientes en la generación de energía eléctrica.

En cualquier caso, las tecnologías de concentrador solar en general resultan más útiles tanto si la aplicación necesita calor como si necesita electricidad o ambas. En comparación con las tecnologías solares pasivas o tecnologías de celda fotovoltaica, los concentradores solares proporcionan calor con costes bajos y eficiencia elevada.

Un tipo particular de captador de concentración se conoce en la técnica como un captador de cubeta parabólico. Este tipo de captador utiliza una cubeta reflectante alargada que prevé una sección transversal parabólica para concentrar la radiación solar a lo largo de la línea focal que se extiende por los puntos focales de los elementos parabólicos que forman la cubeta. Típicamente, se dispone un conducto a lo largo de dicha línea focal, con un líquido de transferencia de calor circulando por dicho conducto. El líquido se calentará mediante la energía solar a medida que se desplace por el conducto.

De forma alternativa, un concentrador solar puede adoptar la forma de un concentrador parabólico en un punto, utilizando una pluralidad de espejos curvados dispuestos para formar un plato parabólico que enfoque la radiación

solar entrante en un único punto. Típicamente, se dispone un motor Stirling o receptor hueco en el punto focal del concentrador de plato, para capturar la energía solar y convertirla en energía calorífica (o mecánica).

Todavía otra variación de tecnología de concentrador solar se refiere a una “torre de energía” o “helióstatos”; en la que se disponen cientos de reflectores individuales parabólicos en un punto en un campo solar y cada reflector enfoca su haz a la parte superior de una torre central de gran tamaño en la que está alojado el receptor. La ventaja de esta configuración es que se centraliza la recogida de calor de un área de recogida grande del campo para minimizar la pérdida de calor y el coste de las conducciones. Sin embargo, los efectos de sombra, los requisitos de parcela de gran tamaño, así como otras consideraciones representan algunas de las desventajas de las tecnologías de concentrador de los tipos de central de torre.

Recientemente, se ha desarrollado una tecnología de concentrador híbrido denominada Reflector Fresnel de compactación lineal (CLFR), en la que se prevé un híbrido de reflectores con forma de cubeta dispuestos en un campo con un receptor lineal central. Es decir, en lugar de un área de recepción pequeña en la torre, el CLL utiliza una conducción de recepción larga que capta los haces focales de una matriz de reflectores parabólicos.

Un problema con estos y otros tipos de captadores solares de concentración convencionales es que resultan caros de fabricar y de instalar. Adicionalmente, las configuraciones normalmente son de “aplicación específica” en términos de estar concebidas para condiciones geográficas específicas de un lugar determinado (es decir, una función de los movimientos locales del sol), o de requerir un campo muy plano para la alineación precisa de los espejos, o de requerir un espacio grande en un desierto, etc.). Cada aplicación también presenta requisitos para dimensiones específicas (en términos de su área de superficie, longitudes, etc.), y ofrece poca flexibilidad para la adaptación de la aplicación y la situación específica. Además, la óptica de recogida solar generalmente comprende reflectores de vidrio que se deben pulir y construir meticulosamente, requieren estructuras de soporte caras y, además, precisan una instalación extensiva y tediosa.

Así, existe una necesidad en la técnica de un concentrador solar mejorado con un funcionamiento eficiente, al mismo tiempo que resulte relativamente sencillo de instalar y de mantener y que se pueda utilizar independientemente del lugar (para producir calor, electricidad o ambas) y tan pocos o tantos como resulte necesario.

El documento US 4 919 527 A divulga un concentrador de radiación solar provisto de una superficie reflectante realizada en caras esféricas o de toroide dispuestas en una pluralidad de zonas anulares.

Sumario de la invención

Las necesidades existentes en la técnica se abordan mediante la presente invención, que se refiere a un concentrador solar, particularmente muy adecuado para aplicaciones de coste bajo, con un montaje y una reparación sencillos y, más particularmente, a un concentrador solar que comprende una pluralidad de reflectores concéntricos que presentan una geometría de toroide autointersecante para enfocar la radiación solar captada en áreas focales con forma de anillo, al contrario que el foco de “punto” o “línea” según la técnica anterior.

Este objetivo se alcanza mediante el concentrador solar de la presente invención definido en la reivindicación 1. En una forma de realización mencionada más adelante, se muestra un par de reflectores. Sin embargo, se entenderá que el concentrador solar de la presente invención puede utilizar cualquier cantidad de reflectores que presenten la geometría de toroide autointersecante preferida.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, cada reflector está formado para mostrar una geometría de toroide autointersecante y, por ello, enfoca la radiación solar en un área focal en forma de anillo. Al contrario que las propiedades de la línea focal o el enfoque en punto asociadas con los reflectores de cubeta y de plato de la técnica anterior, el reflector de toroide autointersecante crea un área focal en forma de anillo, concentrando una cantidad mayor de la energía entrante en una zona pequeña, al mismo tiempo que no requiere la alineación precisa entre el receptor y el concentrador asociados con el concentrador de tipo de disco (“punto”) de la técnica anterior.

En una forma de realización preferida de la presente invención, cada reflector está formado a partir de una pluralidad de pétalos curvados que se disponen en una disposición en clave de bóveda contigua que requiere una instalación mínima (por ejemplo, epoxy) para sostener los pétalos en su lugar. Dicha disposición reduce el peso, la complejidad y el coste de la estructura de concentrador solar final.

En una disposición preferida de la forma de realización descrita anteriormente, cada pétalo presenta una construcción monocasco, en la que la “capa” externa del pétalo también funciona para proporcionarle la rigidez necesaria y soporta la totalidad de la carga aplicada. Cada pétalo puede presentar una superficie externa reflectora o puede estar formado en un material reflector dispuesto por su superficie externa. Materiales como el aluminio o el vidrio fino formado elásticamente resultan adecuados para dicha superficie reflectora.

El concentrador solar según la presente invención se puede configurar en conjunción con un sistema Cassegrain, en el que un reflector secundario dispuesto por el eje óptico redirecciona la radiación solar concentrada en un receptor situado en otra localización. De forma alternativa, se puede disponer un receptor en la forma de un sistema térmico solar concentrado (CST) o celda fotovoltaica concentrada (CPV) en el área focal en forma de anillo.

Todavía en otra forma de realización de la presente invención, se puede disponer un filtro dieléctrico en el área focal en forma de anillo y se puede utilizar para dirigir las longitudes de onda asociadas con la producción de energía térmica en un receptor de base térmica, al mismo tiempo que se dirigen las longitudes de onda asociadas con la producción de energía eléctrica en, por ejemplo, una estructura fotovoltaica.

Otras formas de realización y aspectos adicionales de la presente invención se pondrán de manifiesto durante el transcurso de la explicación siguiente y haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

Haciendo referencia ahora a los dibujos, en los que los números iguales representan partes iguales en varias vistas:

la Figura 1 es una vista isométrica de un concentrador solar 10 a título de ejemplo formado de acuerdo con la presente invención;

la Figura 2 es un diagrama de trazado de rayos que ilustra la concentración de la radiación solar reflejada del concentrador solar de la Figura 1;

la Figura 3 ilustra una configuración de toroide estándar, útil para comprender la geometría de toroide autointersecante de los reflectores solares según la invención;

la Figura 4 es una vista frontal de un reflector externo a título de ejemplo del concentrador solar de la invención, que ilustra su configuración en clave de bóveda;

la Figura 5 es una vista frontal de un reflector interno a título de ejemplo del concentrador solar de la invención, que ilustra su configuración en clave de bóveda;

la Figura 6 es una vista frontal de la disposición concéntrica de los reflectores externos e internos, con el reflector interno dispuesto para superponerse a la zona central del reflector externo;

la Figura 7 ilustra la disposición de un conjunto de tres pétalos separados del reflector externo y su emplazamiento para crear la configuración en clave de bóveda;

la Figura 8 es una vista isométrica de un único pétalo de un reflector, que muestra su construcción monocasco preferida;

la Figura 9 es una vista posterior de la estructura de soporte para el concentrador solar según la presente invención;

la Figura 10 es una vista lateral de un sistema de recogida solar Cassegrain, que utiliza el concentrador solar de la presente invención; y

la Figura 11 es una vista desde arriba del sistema de la Figura 10.

Descripción detallada

La Figura 1 es una vista isométrica de un concentrador solar 10 a título de ejemplo, formado de acuerdo con la presente invención. A diferencia de las distribuciones de concentrador solar de la técnica anterior basadas en crear concentración de "punto" o "línea" de la radiación solar, la geometría de toroide autointersecante del concentrador de la invención funciona para dirigir la radiación solar reflejada en zonas en forma de anillo en el área focal F del concentrador 10. Tal como se ha mencionado anteriormente, el área focal en forma de anillo proporciona una mayor concentración de energía que el foco de "línea" asociado con los captadores de cubeta de la técnica anterior, sin precisar las alineaciones de coste elevado asociadas con el foco de "punto" de la técnica anterior asociado con los captadores de plato de la técnica anterior.

En particular, se muestra el concentrador solar 10 que comprende un par de reflectores concéntricos que incluyen un reflector externo 12 y un reflector interno 14, estando cada uno de los reflectores formado mediante la geometría de toroide autointersecante. Tal como se ha mencionado anteriormente, el uso de un par de reflectores se considera solo a título de ejemplo, y se podría utilizar cualquier cantidad de reflectores adecuada para formar un conjunto de concentrador solar particular.

De nuevo haciendo referencia a la Figura 1, la energía solar entrante reflejada por el reflector externo 12 se concentrará en un anillo R-12 en el área focal F, tal como se muestra, con la energía solar reflejada por el reflector interno 14 concentrada en un anillo algo menor R-14 en la misma área focal F. La Figura 2 es un diagrama de trazado de rayos que ilustra la concentración de la radiación solar reflejada en los anillos R-12 y R-14, que también muestra una ampliación de los anillos R-12 y R-14 en aras de a claridad. Con la formación del reflector externo 12 y el reflector interno 14 de la curvatura de toroide autointersecante preferida, cada uno reflejará de forma independiente y enfocará los rayos de luz entrante en una configuración de anillo concéntrico suministrando de forma separada los haces reflejados en diferentes localizaciones, según se desee.

En la Figura 3, se muestra un toro estándar como un "tubo" y se define mediante el conjunto de ecuaciones siguientes:

$$x(u, v) = (R + r \cos v) \cos v$$

$$x(u, v) = (R + r \cos v) \sin v$$

$$z(u, v) = r \sin v,$$

en las que u y v y en el intervalo $(0, 2\pi)$, R es la distancia desde el centro del tubo hasta el centro del toro y r es el radio el tubo. Un toroide autointersecante, tal como se utiliza aquí en la formación de los reflectores 12 y 14, se crea cuando $R < r$, formando una superficie de "autointersección". Como resultado, la sección transversal de cada reflector 12, 14 en el plano x - z se define del siguiente modo:

$$z = \pm \left[r^2 - (x - R)^2 \right]^{1/2}$$

Con esta definición de la estructura de cada reflector 12 y 14, se puede mostrar que el área focal de cada uno de ellos adopta la forma de un anillo, que permite una concentración significativa de, en este caso, radiación solar, en un área relativamente pequeña bien definida para una mejor distribución del calor en comparación con los captadores de la técnica anterior con foco de punto. Los anillos R-12 y R-14 de las Figuras 1 y 2 ilustran esta mejora en la concentración de radiación solar de acuerdo con la configuración de toroide autointersecante de los reflectores 12 y 14. Una vez más, se deberá entender que la geometría específica del área focal se puede modificar para adecuarse a las distintas necesidades, tanto si el concentrador solar 10 forma parte de un sistema de CPV, un sistema HVAC, generación de calor industrial, electricidad, o similar. La capacidad de concentrar la radiación solar en dicha área relativamente pequeña con una distribución de calor mejorada mediante foco de anillo, y sin la necesidad de las ópticas de "tolerancia reducida" y caras de los captadores de la técnica anterior se considera una ventaja significativa de la disposición de la presente invención.

Otro aspecto significativo de la presente invención es que cada reflector 12, 14 en el concentrador solar 10 comprende una pluralidad de "pétalos" reflectantes separados, sujetos en su lugar en una disposición en clave de bóveda, de manera que la estructura del reflector final sea autoportante. No se requiere ninguna estructura de refuerzo o de soporte adicional; este aspecto se considera un avance significativo sobre los diseños de concentradores de la técnica anterior que requieren un mecanismo de soporte extensivo que se añade al peso y al coste (así como a las complejidades de construcción) del concentrador en general. Además, al eliminar la necesidad de una estructura de soporte, la estructura de concentrador solar final resulta considerablemente más ligera, más fácil de ensamblar in situ y más sencilla de manipular que los captadores solares convencionales.

Las Figuras 4 a 6 ilustran particularmente la construcción en clave de bóveda del concentrador solar 10, en las que la Figura 4 es una vista isométrica del reflector externo 12, la Figura 5 es una vista isométrica del reflector interno 14 y la Figura 6 muestra la disposición concéntrica del reflector interno 14 dispuesto para superponerse al reflector externo 12. Tal como se ha indicado anteriormente, cada uno de los reflectores concentrará de forma separada la radiación incidente en un área focal en forma de anillo (véanse las Figuras 1 y 6). La Figura 6 en particular ilustra la disposición concéntrica del concentrador solar 10, con el reflector interno 14 fijado para superponerse al área central 13 del reflector 12 externo (el área central 13 se indica mediante la línea de puntos en la Figura 4).

La Figura 4 ilustra con claridad la configuración en clave de bóveda del reflector externo 12, en la que dicho reflector externo 12 se muestra comprendiendo una pluralidad de pétalos reflectantes separados 16. Un conjunto de pétalos reflectantes 16-1, 16-2 y 16-3 del reflector 12 se indica y se muestra específicamente, dispuesto en una relación contigua, estando la pluralidad de pétalos 16 en su totalidad dispuesta en una disposición circular en la configuración en clave de bóveda autoportante. La forma de realización a título de ejemplo del reflector externo 12 que se muestra en la Figura 4 se forma con dieciséis pétalos 16 separados y se pueden adherir con epoxy conjuntamente, tal como se indica más adelante, para formar el reflector externo 12. En un diseño de ensayo, se mostró un reflector con esta geometría para exponer una abertura libre de 28,26 m².

Una configuración en clave de bóveda similar del reflector interno 14 se muestra en la Figura 5, en la que dicho reflector 14 se muestra comprendiendo una pluralidad de pétalos reflectantes 18. En la Figura 5 se ilustra

específicamente un conjunto de pétalos reflectantes 18-1, 18-2 y 18-3 del reflector interno 14. Igual que con el reflector externo 12, se utiliza un conjunto de dieciséis pétalos individuales 18 para formar esta forma de realización en particular, adheridos con epoxy conjuntamente a lo largo de sus lados, para formar la disposición final tal como se muestra. Se observó que un reflector de esta geometría mostraba una abertura libre de 14, 13 m².

Tal como se ha indicado anteriormente, la configuración en clave de bóveda de cada reflector en el concentrador solar de la presente invención permite que pétalos adyacentes se mantengan entre sí en su lugar sin fijaciones adicionales. La Figura 7 muestra el conjunto de tres pétalos 16-1, 16-2 y 16-3 cuando empiezan a colocarse el uno al lado del otro en un radio de curvatura RC para el reflector externo 12, estando el radio RC dictado por la curvatura de los pétalos individuales 16. Una forma de realización a título de ejemplo del reflector externo 12 puede mostrar una curvatura del orden de 10,725, mientras que el reflector interno 14 puede presentar una curvatura ligeramente reducida, del orden de 10,0. También se supone que existe una relación única entre las curvaturas de los reflectores externo e interno 12, 14 que permite cambios en el tamaño y la forma del concentrador solar 10, según se desee para las distintas aplicaciones, al mismo tiempo que se mantiene la eficiencia óptima de la concentración de luz (y se dirigen las longitudes de onda deseadas en un receptor, que puede comprender una pluralidad de celdas fotovoltaicas). Tal como se ha mencionado anteriormente, la capacidad para formar el concentrador solar 10 sin otra estructura de soporte reduce significativamente el coste, el peso y la complejidad del sistema de concentrador solar final.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, cada pétalo reflectante 16 y 18 comprende una construcción monocasco, en la que una superficie reflectante 20 (es decir, la "piel" del pétalo) soporta la mayor parte de las tensiones de torsión y flexión. La construcción monocasco, que se ha utilizado con anterioridad en la fabricación de automóviles y aeroplanos, reduce el peso y el coste, al mismo tiempo que mejora la resistencia incluyendo la capa como un componente estructural. De acuerdo con la presente invención, la construcción monocasco mejora la capacidad del concentrador para soportar tensiones inducidas por el entorno (carga de viento).

La Figura 8 es una vista isométrica de un pétalo 16 construido en monocasco a título de ejemplo de un reflector externo 12, en el que los elementos 22 indican localizaciones a título de ejemplo en las que se puede disponer el epoxy (u otro material de fijación adecuado, incluyendo tuercas o fijaciones mecánicas) para permitir que la pluralidad de pétalos 16 se una entre sí para formar el reflector externo 12 sin el uso de ningún otro soporte mecánico (es decir, la configuración "en clave de bóveda" mencionada anteriormente con referencia a las Figuras 4 a 7). Mediante la fijación de la superficie de capa reflectante 20 a una estructura de soporte 25 subyacente, las tensiones que sufre un pétalo 16 individual se disponen de manera uniforme por la totalidad de la superficie de la capa 20, permitiendo que la propia capa sea la parte de carga y soporte del pétalo, del tipo de construcción monocasco.

La estructura de soporte 25 de cada pétalo 16 o 18 preferentemente se forma en aluminio (u otro material de peso ligero adecuado) y, tal como se muestra en la Figura 8, comprende un refuerzo superior 24, un par de paredes laterales opuestas 26, 28 y un refuerzo inferior 30. La Figura 9, una vista posterior del concentrador solar 10, ilustra con claridad cada estructura de soporte de pétalo 25 con la gran cantidad de pétalos 16 y 18 individuales.

De acuerdo con la presente invención, se forma una capa 20 de superficie en espejo de un material reflectante, preferentemente un material que presente un peso ligero y que resulte relativamente fácil de sustituir cuando resulte dañado o envejezca. Las posibilidades de materiales para la capa 20 incluyen, pero no están limitadas a un aluminio pasivado (o una capa de aluminio pasivado dispuesta en la superficie de otro material), un material dieléctrico altamente reflectante, un polímero, un vidrio ultra fino (por ejemplo de 50 micras o menos), o similar. Se pueden utilizar varias aleaciones y/o acabados superficiales para proporcionar el grado deseado de reflectividad en la capa del concentrador solar de la presente invención.

Una ventaja de la estructura seccionalizada de cada reflector que forma el concentrador solar de la invención es que, si la superficie de la capa 20 de un pétalo individual se daña de alguna manera, sencillamente se puede fijar una nueva lámina de material reflectante formado de manera adecuada a la superficie de dicho pétalo. No se precisa el desmantelamiento de la totalidad del concentrador ni la retirada de la totalidad del pétalo para solucionar el problema, tal como se requeriría para las distribuciones de la técnica anterior.

Además, el uso de aluminio para la construcción monocasco de peso ligero de la superficie de capa reflectante 20 proporciona una ventaja significativa sobre los espejos de vidrio utilizados en los concentradores convencionales. En los concentradores convencionales que utilizan espejos de vidrio (que comprenden un recubrimiento de superficie reflectante como nitrato de plata y una cubierta de vidrio para proteger dicha superficie reflectante), el haz de luz sufre pérdidas después de entrar en el vidrio protector como un haz incidente y, a continuación, salir del vidrio como un haz reflejado. Al no requerir una cubierta de vidrio, la presente invención elimina dicha pérdida de luz y ofrece una eficiencia más elevada.

De acuerdo con el funcionamiento del concentrador solar de la invención, los anillos concéntricos de radiación solar concentrada creados en las áreas focales R-12 y R-14 (en el orden de, por ejemplo, 40 soles o más) se utilizan mediante un receptor adecuado (como un dispositivo fotovoltaico (PV) y/o un dispositivo térmico) para transformar la

radiación solar en electricidad y/o calor. Las especificaciones del diseño del receptor se determinarán de manera que concuerden mejor con la distribución de flujo de energía deseada por el área focal (es decir, los "anillos"). Tal como se ha mencionado anteriormente, el haz en forma de anillo ofrece un área de superficie mayor para la transferencia de calor en el receptor que el haz en "forma de punto" de la técnica anterior. Se considera que la capacidad para configurar de manera adecuada la sensibilidad del receptor para concordar con la distribución del flujo de energía mejorará aún más la eficiencia y la economía del concentrador solar de la invención en comparación con los de la técnica anterior.

Un sistema particular para captar y utilizar la radiación solar concentrada requiere el uso de una superficie reflectante adicional para redirigir la radiación enfocada (o por lo menos una parte de la misma) en un receptor asociado. Una ventaja de la utilización de una reflexión secundaria es que el receptor se puede situar de un modo más ventajoso en una localización (segunda zona focal) diferente al área focal inicial indicada con las referencias R-12 y R-14 (las primeras zonas focales). Este aspecto resulta útil debido a que los receptores típicos del tipo térmico o de motor son bastante pesados y, por lo tanto, se considera más práctico emplazar este tipo de receptor en la base. El uso de una segunda zona focal también permite que el propio conjunto de concentrador se retire o se repare rápida y fácilmente, sin tener que desensamblar un componente del receptor.

Se puede utilizar una pluralidad de superficies y geometrías de espejos secundarios de diferentes tipos (como vidrio, aluminio, dieléctricos). Un aspecto adicional significativo de la presente invención es la utilización de un espejo secundario que consiste en una superficie reflectante Cassegrain. Se puede fabricar un espejo del tipo Cassegrain para permitir la configuración de un haz de "aplicación específica" para su reflejo en el receptor, típicamente emplazado en la base del sistema de concentrador.

La Figura 10 es una vista lateral de un sistema de captador solar basado en el concentrador solar 10, que muestra el uso de una superficie reflectante adicional a lo largo de un eje óptico, donde los rayos incidentes se concentrarán en sus patrones en forma de anillo. En particular, se dispone un reflector secundario 40 en esta localización y se utiliza para redirigir la radiación concentrada en un receptor que se puede emplazar en una segunda zona focal (por ejemplo, en el área central 14 del reflector interno 14).

La Figura 11 es una "vista superior" de la disposición de la Figura 10. Esta vista muestra claramente las curvaturas y la relación entre el reflector secundario 40 y el par de reflectores de toroide autointersectante 12 y 14 que forma el concentrador solar 10. El reflector secundario 40 se muestra redirigiendo la radiación de entrada, enfocada y concentrada en un receptor 15 emplazado en (por ejemplo) el centro del reflector interno 14.

Además de permitir el conformado del haz "de aplicación específica", este tipo de distribución Cassegrain de la presente invención resulta particularmente adecuado para situaciones en las que se deseen extraer múltiples tipos de energía de la radiación solar, tal como se ha descrito anteriormente. Además, de acuerdo con un aspecto de la presente invención, se pueden crear salidas tanto térmicas como eléctricas dirigiendo las longitudes de onda (y las frecuencias) asociadas con la creación de energía eléctrica en una matriz de celda fotovoltaica fijada en el reflector secundario, y redirigiendo la energía en las longitudes de onda restantes a un motor Stirling u otro tipo de receptor térmico. Es decir, incorporando un tipo específico de filtro "de corte" de longitud de onda (Frecuencia) en el área focal F, se pueden dirigir las diferentes agrupaciones de longitudes de onda a los receptores adecuados.

La Figura 11 muestra el reflector secundario 40 formado de manera que incluya un filtro dieléctrico de "tipo de corte" 60 dispuesto sobre la superficie del mismo. El filtro dieléctrico 60 está fabricado para que solo pasen las longitudes de onda asociadas con la creación de energía eléctrica, reflejando la totalidad de las otras longitudes de onda asociadas hacia el receptor 15 (que, por lo tanto, está configurado como un dispositivo térmico). Las longitudes de onda asociadas con la creación de energía eléctrica (por ejemplo, 800-1200 nm) pasarán por el filtro dieléctrico 60 e incidirán en una matriz de celda fotovoltaica 17 dispuesta detrás del reflector secundario 40. Así, cubriendo la superficie subyacente del reflector 40 con celdas fotovoltaicas 17, las longitudes de onda que pasan por el filtro 40 se utilizarán de manera eficiente para crear energía eléctrica.

Gracias a la incorporación de ambos tipos de receptores en el sistema, se eliminará muy poca energía solar restante. Se pueden distribuir varios tipos de receptores y se pueden concebir para su uso en asociación con esta y otras formas de realización de la presente invención.

Aunque la invención se ha descrito con respecto a las formas de realización preferidas, los expertos en la técnica entenderán que la invención no está limitada a las mismas, y que se pueden realizar cambios y modificaciones en las mismas sin apartarse del alcance de la presente invención, tal como se define mediante las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Concentrador solar (10), que comprende:

uno o varios reflectores solares concéntricos (12, 14), que comprenden:

- por lo menos un reflector solar externo (12) con una zona central (13); y
- por lo menos un reflector solar interno (14),

caracterizado por que:

dicho por lo menos un reflector solar interno (14) se superpone a la zona central (13) de dicho por lo menos un reflector solar externo (12),

estando cada uno de dicho por lo menos un reflector solar externo (12) y estando cada uno de dicho por lo menos un reflector solar interno (14) configurados para crear en la misma área focal (F) un área focal en forma de anillo (R-12, R-14);

presentando cada uno de dicho por lo menos un reflector solar externo (12) una primera geometría de toroide autointersecante para dirigir la primera radiación solar reflejada hacia dicha área focal en forma de anillo (R-12); y

presentando cada uno de dicho por lo menos un reflector solar interno (14) una segunda geometría de toroide autointersecante para dirigir la segunda radiación solar reflejada hacia dichas áreas focales en forma de anillo (R-14).

2. Concentrador solar (10) según la reivindicación 1, en el que

cada uno de dicho por lo menos un reflector solar externo (12) comprende uno o varios primeros pétalos (16) separados dispuestos en una primera disposición circular; y

cada uno de dicho por lo menos un reflector solar interno (14) comprende uno o varios segundos pétalos (18) separados dispuestos en una segunda disposición circular.

3. Concentrador solar (10) según la reivindicación 2, en el que

dicho uno o varios primeros pétalos (16) separados se encuentran en una primera disposición en clave de bóveda; y

dicho uno o varios segundos pétalos (18) separados se encuentran en una segunda disposición en clave de bóveda.

4. Concentrador solar (10) según la reivindicación 2, en el que

cada pétalo (16) de entre dicho uno o varios primeros pétalos separados presenta una construcción monocasco;

la construcción monocasco comprende una estructura de soporte (25) y una superficie de capa reflectante (20) unida a dicha estructura de soporte (25); y

la superficie de capa reflectante (20) está configurada para soportar una carga de tensiones de torsión y flexión.

5. Concentrador solar (10) según la reivindicación 4, en el que la superficie de capa reflectante (20) de la construcción monocasco de cada pétalo (16) de dicho uno o varios pétalos separados es amovible y reemplazable.

6. Concentrador solar (10) según la reivindicación 4 o 5, en el que la estructura de soporte (25) de la construcción monocasco de cada pétalo (16) de dicho uno o varios pétalos separados comprende un material de aluminio.

7. Concentrador solar (10) según la reivindicación 4 o 5, en el que la superficie de capa reflectante (20) de la construcción monocasco de cada pétalo (16) de dicho uno o varios pétalos separados comprende un material seleccionado de entre: una primera capa de aluminio pasivado, una segunda capa de aluminio pasivado dispuesta en una superficie de otro material, un material dieléctrico altamente reflectante, un polímero, o una capa de vidrio ultrafino.

8. Sistema de recogida de energía solar, que comprende

el concentrador solar (10) según la reivindicación 1; y

un receptor,

5 en el que el receptor está configurado para convertir la primera radiación solar y la segunda radiación solar en el área focal en forma de anillo concentrada (R-12, R-14) en por lo menos una de entre energía eléctrica o energía térmica.

10 9. Sistema de captación de energía solar según la reivindicación 8, en el que el receptor está dispuesto en el área focal de dos o más reflectores solares concéntricos (12, 14).

10 10. Sistema de recogida de energía solar según la reivindicación 8, que además comprende un reflector secundario (40) dispuesto en el área focal de dos o más reflectores solares concéntricos (12, 14), en el que el reflector secundario (40) está configurado para redirigir por lo menos una parte de la primera radiación solar y una parte de la segunda radiación solar.

15 11. Sistema de recogida de energía solar según la reivindicación 10, en el que el reflector secundario (40) comprende un reflector Cassegrain.

20 12. Sistema de recogida de energía solar según la reivindicación 10 u 11, en el que el reflector secundario (40) además comprende un dispositivo selectivo de longitud de onda (60) configurado para dirigir las primeras longitudes de onda de la primera radiación solar y la segunda radiación solar hacia una matriz de celdas fotovoltaicas (17), y para redirigir las longitudes de onda restantes de la primera radiación solar y la segunda radiación solar hacia un receptor de energía térmica (15).

25 13. Concentrador solar (10) según la reivindicación 2 o 3, en el que

cada pétalo (18) de entre dicho uno o varios segundos pétalos separados presenta una construcción monocasco;

30 la construcción monocasco comprende una estructura de soporte y una superficie de capa reflectante unida a la estructura de soporte; y

la superficie de capa reflectante está configurada para soportar una carga de tensiones de torsión y flexión.

35 14. Concentrador solar (10) según la reivindicación 1, 2, 3, 4, 5, 6 o 7 que además comprende un receptor configurado para convertir la radiación solar reflejada en por lo menos una de entre energía eléctrica o energía térmica.

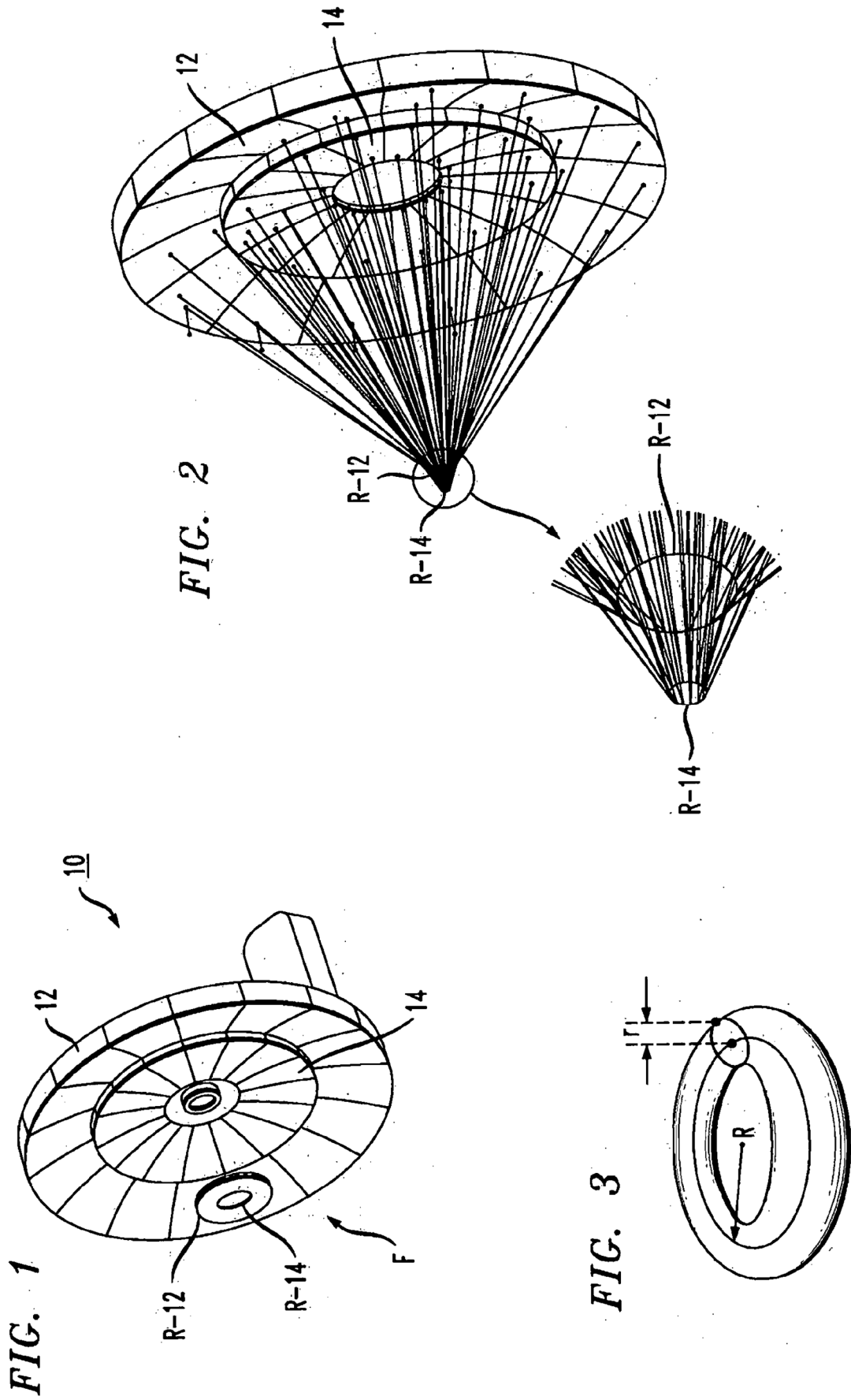


FIG. 4

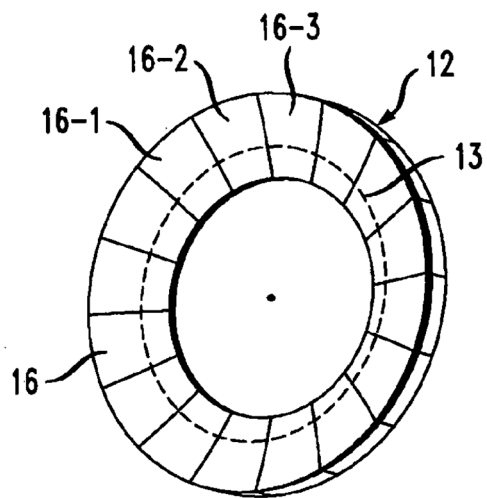


FIG. 5

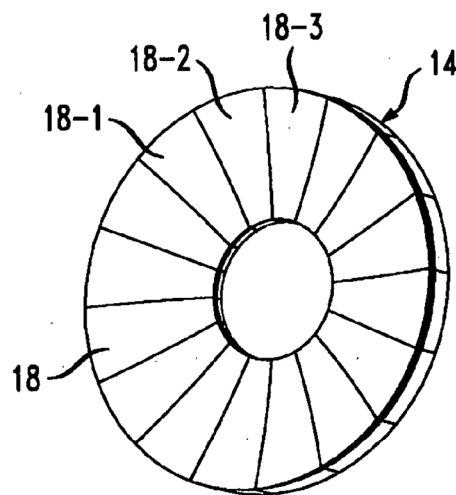


FIG. 6

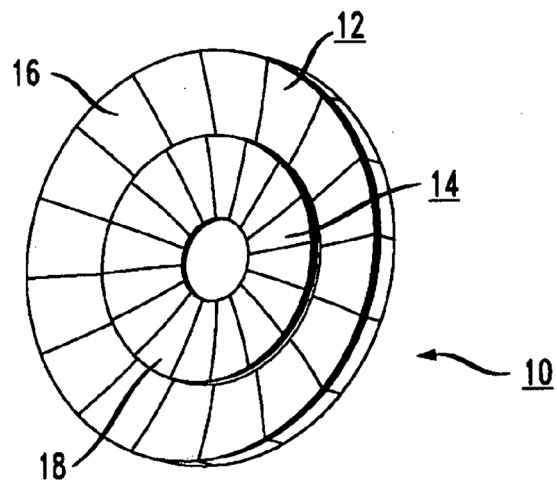


FIG. 7

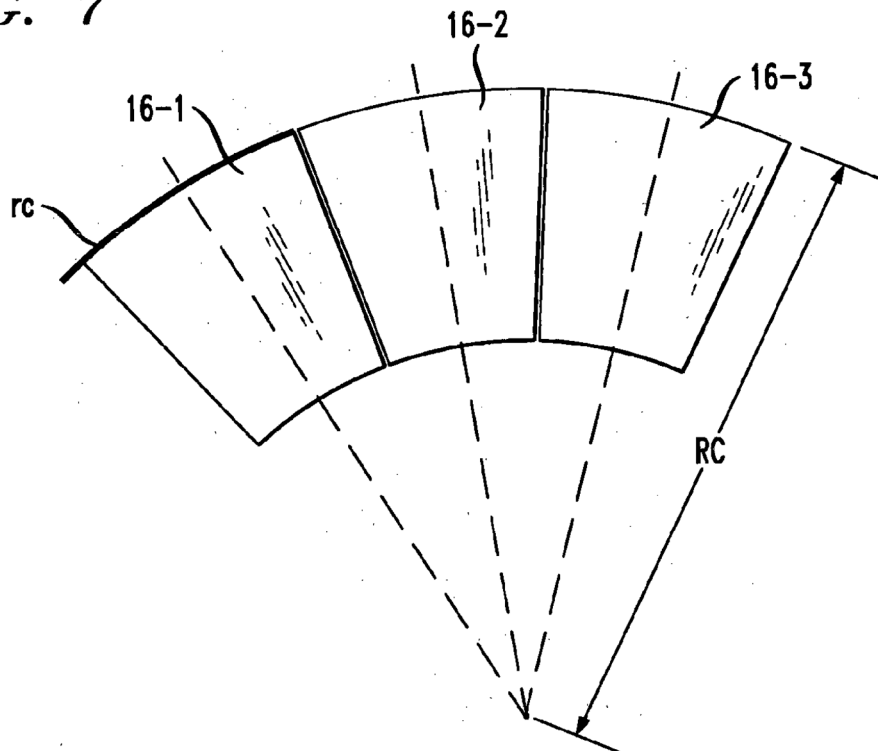


FIG. 8

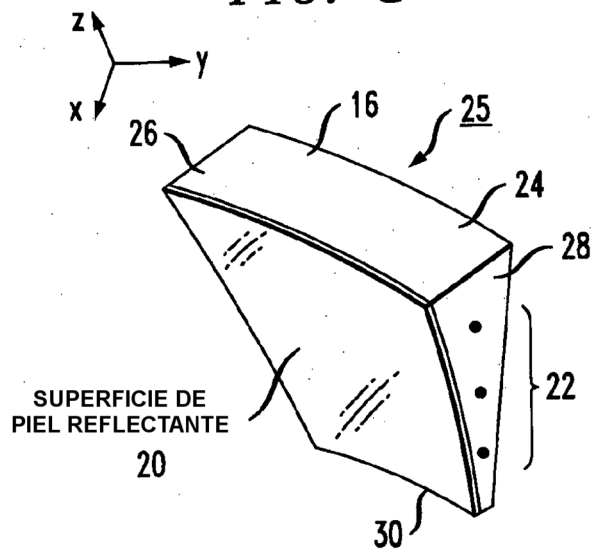


FIG. 9

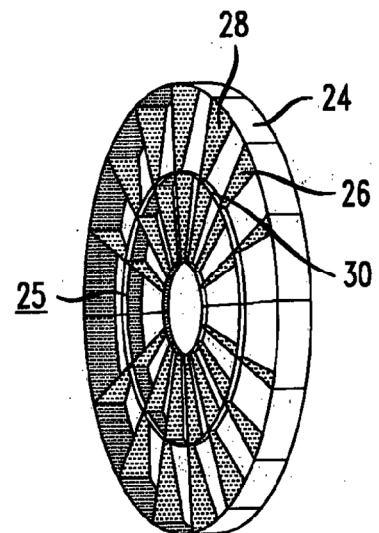


FIG. 10

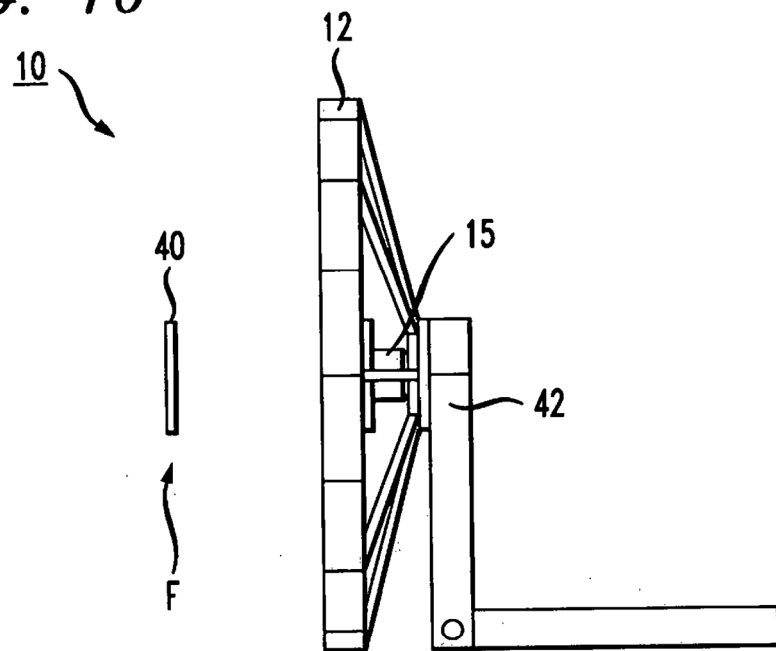


FIG. 11

