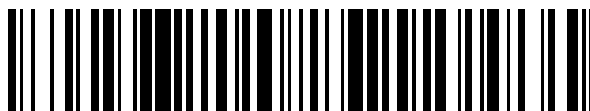


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 066**

51 Int. Cl.:

F24J 2/10 (2006.01)
F24J 2/14 (2006.01)
F24J 2/07 (2006.01)
F24J 2/38 (2006.01)
F24J 2/52 (2006.01)
F24J 2/54 (2006.01)
H01L 31/042 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2012** **PCT/US2012/071130**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013** **WO13101696**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2012** **E 12818858 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016** **EP 2805118**

54 Título: **Seguidor solar para dispositivos de energía solar**

30 Prioridad:

29.12.2011 US 201113340450

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.10.2016

73 Titular/es:

SULAS INDUSTRIES (50.0%)
129 W. 10th Street Unit A
Silverthorne, Colorado 80498, US y
DOYLE, FINTAN J. (50.0%)

72 Inventor/es:

DOYLE, FINTAN J.

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 587 066 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

Seguidor solar para dispositivos de energía solar.

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

10 Esta solicitud se refiere de manera general al campo de la energía solar, y más particularmente a aumentar la salida de energía de sistemas de energía solar.

2. Antecedentes relevantes

15 Las fuentes de energía renovables se ven cada vez más como la solución para cumplir con el aumento de demandas de energía a la vez que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles. Las políticas energéticas gubernamentales, los avances en tecnologías de energía renovable, y el aumento de la inversión han contribuido a un crecimiento rápido de muchas tecnologías diferentes de energía renovable.

20 Los dispositivos de energía solar son uno de los segmentos de más rápido crecimiento del panorama de la energía renovable. Por ejemplo, los dispositivos solares fotovoltaicos ("FV") conectados a la red aumentaron en una tasa promedio anual del 60 por ciento entre 2004 y 2009. Solo en 2009, se añadió a nivel mundial una capacidad estimada de 7 GW de FV conectados a la red. Otras tecnologías de energía solar que están en uso o desarrollo incluyen energía solar de concentración ("CSP"), sistemas de calefacción por agua caliente solares, cocinas solares, desecadores de cultivo solares, destilerías y desalinizadoras solares y similares.

30 El coste es un factor importante para las instalaciones de energía renovable. Específicamente, la energía renovable es normalmente más cara por vatio que la energía de combustible fósil incluyendo carbón y gas natural. Los costes primarios asociados con las fuentes de energía renovables tales como la energía solar son costes de capital inicial y costes de mantenimiento. Aunque el coste de algunas tecnologías de energía solar tales como la fotovoltaica está disminuyendo debido a avances en la tecnología y aumentos en la sofisticación y la magnitud de su fabricación, la energía solar generalmente no ha alcanzado paridad de costes con las fuentes de energía de combustible fósil.

35 En sistemas de energía solar, la eficiencia es un aspecto importante de la salida de energía útil del sistema. Por ejemplo, las células FV comerciales presentan normalmente menos del 20% de eficiencia de conversión de la energía solar incidente. Otros factores que afectan a la generación de energía solar incluyen la cantidad de energía solar incidente en el lugar de instalación y el ángulo de incidencia de la radiación solar sobre el sistema de energía solar.

40 Para aumentar la eficiencia, se conoce orientar un dispositivo de energía solar en el sentido de máxima exposición a la energía del sol a lo largo del día. Este control de orientación, conocido como seguimiento solar, puede aumentar la salida de energía a lo largo de un día en aproximadamente el 20-40% frente a un dispositivo de energía solar de orientación fija. Los seguidores solares generalmente realizan un seguimiento del movimiento del sol o bien en un único eje o bien utilizando dos ejes. Los seguidores de un eje presentan un eje de rotación, que puede orientarse horizontalmente, verticalmente, o inclinarse a algún ángulo con respecto a la horizontal, ajustándose el ángulo de inclinación de manera común basándose en la latitud de la instalación. Los seguidores de dos ejes pueden seguir al sol tanto en la dirección horizontal como en la vertical y por tanto proporcionar una salida de energía solar óptima para un sistema de energía solar. Sin embargo, el seguimiento del movimiento del sol basándose en un eje proporciona el mayor beneficio frente a una orientación fija con aproximadamente el 30% de aumento de salida, proporcionando el eje adicional de seguimiento solo aproximadamente otro 6% en salida de energía.

55 El seguimiento solar se consigue generalmente con un sistema de control o bien activo o bien pasivo. Los seguidores solares activos utilizan sensores o datos predeterminados para encontrar la posición actual del sol, y orientar activamente el dispositivo solar hacia el sol (por ejemplo, utilizando motores, engranajes y ordenadores). Aunque los seguidores activos pueden utilizar una posición solar conocida para orientarse y por tanto no son propensos a imprecisiones debidas a fluctuaciones de energía solar (por ejemplo, nubes transitorias, etc.), son generalmente costosos en cuanto a tanto la instalación inicial como a costes de mantenimiento.

60 Los seguidores solares pasivos orientan un dispositivo de energía solar sin la utilización de motores. Un seguidor solar pasivo comercial utiliza la energía del sol para mover un líquido volátil desde un receptáculo en un lado de un panel solar hasta un receptáculo en el otro lado del panel solar, lo que permite entonces que la gravedad oriente el panel. Esta tecnología es costosa, imprecisa, propensa a alterarse por ráfagas de viento, y requiere receptáculos de fluido grandes para orientar sistemas de energía solar grandes. Además, este tipo de sistema acaba el día orientado hacia el oeste, y no se reorienta durante la noche para orientarse hacia el este. Por consiguiente, los seguidores solares de receptáculo de fluido requieren tiempo después de que el sol salga por la mañana para reorientarse ellos

misimos hasta orientarse hacia el este. Actualmente, los seguidores solares tanto activos como pasivos pueden ser un componente de coste sustancial en un sistema de energía solar. Por estos motivos, muchas instalaciones solares son de orientación fija y no utilizan seguidores solares.

- 5 El documento DE 91161514 da a conocer un dispositivo de seguimiento solar según el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

- 10 Formas de realización de la presente invención se dirigen generalmente a un seguidor solar que utiliza accionamiento térmico para seguir el movimiento del sol a lo largo del día. El seguidor solar generalmente incluye un colector que concentra radiación solar en un receptor que está aproximadamente en el punto focal o área focal del colector. El receptor absorbe la radiación solar concentrada y calienta un medio de expansión térmica. Las fuerzas
15 hidráulicas provocadas por el medio de expansión térmica provocan que el colector rote alrededor de un eje de rotación de manera que el colector guía el movimiento del sol a lo largo del día. La rotación del colector también rota un dispositivo de energía solar de manera que generalmente se orienta en la dirección de la radiación solar incidente a lo largo del día. En diversas configuraciones, el retorno del seguidor solar a la posición inicial se proporciona mediante gravedad y/o fuerzas de resorte mecánico de manera que se orienta hacia el este al inicio del día siguiente.

- 20 Según un aspecto coherente con diversas formas de realización, el dispositivo de seguimiento solar incluye un colector solar (por ejemplo, un concentrador solar y similares) acoplado de manera giratoria a un eje de rotación, un receptor solar que presenta un eje central y está dispuesto con respecto al colector solar de manera que el eje central está sustancialmente en un lugar geométrico focal del colector solar, y un medio en comunicación térmica
25 con el receptor solar. La expansión del medio acciona una rotación del colector solar alrededor del eje de rotación de manera que un eje óptico del colector rota en una dirección de desplazamiento solar. El medio puede ser un material de cambio de fase o un medio de expansión térmica. Por ejemplo, el medio puede ser un medio de cambio de fase que experimenta una transición de fase de una fase sólida a una fase líquida a una temperatura predeterminada tal como cera de parafina.

- 30 Según otros aspectos coherentes con diversas formas de realización, la expansión del medio puede accionar una extensión de un eje acoplado al receptor solar de manera axial fuera de un alojamiento concéntrico con el eje. En formas de realización, el seguidor solar puede incluir además un pistón dispuesto parcialmente dentro del receptor solar, en el que la expansión del medio provoca una fuerza en el pistón con respecto al receptor solar, un eje hueco
35 acoplado al receptor solar que es concéntrico con el pistón y está accionado de manera deslizante con el pistón, un rodillo de leva acoplado al eje, y/o un alojamiento anular concéntrico con el eje hueco que presenta un perfil de desplazamiento de leva, en el que el rodillo de leva está accionado de manera deslizante con el perfil de desplazamiento de leva, y en el que el perfil de desplazamiento de leva y el rodillo de leva convierten el movimiento lineal del eje hueco n respecto al alojamiento provocado por una fuerza en el pistón en relación con el receptor solar
40 en un movimiento giratorio simultáneo del eje hueco con respecto al alojamiento anular. El dispositivo de seguimiento solar también puede incluir una envolvente de receptor transparente concéntrica con el receptor solar y separada de la superficie externa del receptor solar mediante una separación.

- 45 Según otros aspectos coherentes con diversas formas de realización, el sentido de rotación del eje óptico del colector solar provocado por la expansión del medio es un sentido de rotación de acimut solar. El eje de rotación puede colocarse de manera que está inclinado a un ángulo de inclinación de eje relacionado con un ángulo de elevación solar y/o de manera que una proyección del eje de rotación sobre la superficie terrestre está sustancialmente en una orientación norte-sur.

- 50 Según otros aspectos coherentes con diversas formas de realización, un sistema de energía solar incluye el seguidor solar y un dispositivo de energía solar acoplado de manera giratoria al eje de rotación. El colector solar puede acoplarse al dispositivo solar a un ángulo de desplazamiento fijo alrededor del eje de rotación. El ángulo de desplazamiento fijo puede ser aproximadamente igual a un ángulo de aceptación del colector solar.

- 55 Según otros aspectos coherentes con diversas formas de realización, un método de seguimiento solar incluye concentrar la radiación solar incidente con un colector solar, presentando el colector solar un lugar geométrico focal que recibe radiación solar con un ángulo de incidencia en relación con un eje óptico del colector solar que es menor que o igual a un ángulo de aceptación del colector solar, absorber la radiación solar concentrada en un receptor solar que está dispuesto sustancialmente en el lugar geométrico focal del colector solar, transferir energía
60 procedente de la radiación solar concentrada absorbida por el receptor solar a un medio, expandiéndose el medio al haber un aumento en la temperatura del medio, y accionar una rotación del colector solar mediante la expansión del medio, en el que el accionamiento de rotación rota el colector solar de manera que el eje óptico del colector solar rota en una dirección de desplazamiento solar. El método puede incluir devolver el colector solar a una posición inicial después de un final de un periodo de seguimiento por lo menos parcialmente mediante fuerzas de resorte mecánico y/o gravitacionales.
- 65

Según otros aspectos coherentes con diversas formas de realización, un dispositivo de seguimiento solar incluye un colector solar, un receptor solar que presenta un eje longitudinal, un pistón concéntrico con el eje longitudinal del receptor de energía solar y que se adentra por lo menos parcialmente en una cavidad definida por el receptor solar, un medio en la cavidad del receptor solar, en el que la expansión del medio acciona un movimiento lineal del pistón con respecto al receptor solar a lo largo del eje longitudinal, y un dispositivo giratorio que convierte el movimiento lineal del pistón en movimiento giratorio del colector solar. Una posición inicial del colector solar al principio de un día puede ser mayor que un ángulo de acimut del sol al principio del día.

Breve descripción de los dibujos

En figuras con referencias de los dibujos se ilustran formas de realización de la presente invención, en las que números iguales hacen referencia a elementos iguales a lo largo de la descripción de las figuras.

La figura 1a ilustra un sistema de energía solar que emplea un dispositivo de seguimiento solar de la presente invención, según diversas formas de realización.

La figura 1b ilustra una configuración alternativa de un sistema de energía solar que emplea un dispositivo de seguimiento solar de la presente invención, según diversas formas de realización.

La figura 2 ilustra aspectos de un dispositivo de seguimiento solar para un sistema de energía solar, según diversas formas de realización.

La figura 3 ilustra aspectos de un conjunto de colector solar para un dispositivo de seguimiento solar, según diversas formas de realización.

La figura 4a ilustra aspectos de funcionamiento de un conjunto de colector solar a medida que realiza el seguimiento de la trayectoria solar a lo largo del día, según diversas formas de realización.

La figura 4b ilustra otros aspectos de funcionamiento de un conjunto de colector solar a medida que realiza el seguimiento de la trayectoria solar a lo largo del día, según diversas formas de realización.

La figura 4c ilustra todavía otros aspectos de funcionamiento de un conjunto de colector solar a medida que realiza el seguimiento de la trayectoria solar a lo largo del día, según diversas formas de realización.

La figura 5 ilustra un conjunto de pistón para un dispositivo de seguimiento solar, según diversas formas de realización.

La figura 6a ilustra una sección transversal de componentes de un dispositivo de seguimiento solar en una posición inicial, según diversas formas de realización.

La figura 6b ilustra una sección transversal de componentes de un dispositivo de seguimiento solar en una posición extendida, según diversas formas de realización.

La figura 7a ilustra un sistema de energía solar con múltiples dispositivos de energía solar que se orientan mediante un único dispositivo de seguimiento solar, según diversas formas de realización.

La figura 7b ilustra otra vista de un sistema de energía solar con múltiples dispositivos de energía solar que se orientan mediante un único dispositivo de seguimiento solar, según diversas formas de realización.

La figura 8a ilustra un sistema de energía solar que emplea una disposición de montaje alternativa para un dispositivo de energía solar, según diversas formas de realización.

La figura 8b ilustra el sistema de energía solar de la figura 8a en una configuración alternativa, según diversas formas de realización.

La figura 9 ilustra un sistema de energía solar que emplea un dispositivo de seguimiento solar según formas de realización de la presente invención en combinación con un sistema hidráulico convencional.

Descripción detallada

La presente divulgación se refiere de manera general a un dispositivo de seguimiento solar para orientar un dispositivo de energía solar (por ejemplo, panel fotovoltaico, etc.) hacia el sol a lo largo de un día. Más particularmente, el dispositivo de seguimiento solar dado a conocer utiliza un colector solar (por ejemplo, reflector parabólico y similares) que rota el dispositivo de energía solar para seguir al sol basándose en accionamiento térmico. El dispositivo de seguimiento solar enfoca la energía solar en un receptor, que entonces calienta un medio de expansión térmica provocando un accionamiento mecánico que rota el colector de manera que se aumenta el

ángulo de incidencia de la radiación solar. Es decir, a medida que el sol se desplaza a través del cielo durante el día, el colector rota basándose en el accionamiento térmico en un sentido que guía la dirección de desplazamiento solar. Al final del día, el medio térmico se enfría y el dispositivo de seguimiento solar devuelve el dispositivo de energía solar a una posición inicial (por ejemplo, orientado hacia el este) de manera que está orientado correctamente al inicio del día siguiente. El dispositivo de seguimiento solar puede implementarse preferiblemente como un seguidor solar de acimut de un eje inclinado, sin embargo, puede implementarse en otras disposiciones (por ejemplo, de eje horizontal, de eje vertical, etc.).

Las figuras 1a y 1b ilustran un sistema de energía solar 100 que emplea un dispositivo de seguimiento solar 110 de la presente invención, según diversas formas de realización. Generalmente, el sistema de energía solar 100 se monta en un soporte fijo 130 e incluye un dispositivo de energía solar 150 montado en el soporte 130 por medio de elementos de sujeción de montaje 122 y 124, una barra pivotante principal 160, y elementos de sujeción de montaje de inclinación 140. Se utilizan elementos de sujeción de montaje de inclinación 140 para orientar la barra pivotante principal 160 a un ángulo deseado, definiendo generalmente el eje de rotación del sistema de energía solar 100 a medida que realiza el seguimiento del movimiento del sol.

El dispositivo de energía solar 150 puede ser cualquiera de una variedad de dispositivos para capturar energía solar y/o convertir energía solar en electricidad y/o calor incluyendo pero sin limitarse a fotovoltaicos ("FV"), energía solar de concentración ("CSP"), calentadores de agua caliente solares, sistemas de luz interna solares (por ejemplo, iluminación solar híbrida, etc.), cocinas solares, destilerías solares, desecadores de cultivo solares, desalinizadores solares y similares. Aunque la presente descripción ilustra generalmente el dispositivo de energía solar 150 como un panel solar FV, el dispositivo de seguimiento solar dado a conocer puede utilizarse en cualquier sistema de energía solar que pueda beneficiarse de la capacidad de seguimiento solar.

La figura 1a ilustra el sistema de energía solar 100 con el dispositivo de seguimiento solar 110 en una posición inicial (es decir, la configuración matutina). La barra pivotante principal 160 proporciona el eje de rotación para el dispositivo de energía solar 150 y puede apuntar generalmente en una dirección norte-sur, y el dispositivo de seguimiento solar 110 puede estar en el extremo norte de la barra pivotante principal 160 para su utilización en el hemisferio norte. La barra pivotante principal 160 puede inclinarse a un ángulo con respecto a la vertical utilizando elementos de sujeción de inclinación 140 que está relacionado con una elevación de la trayectoria solar en la latitud de la instalación. El dispositivo de seguimiento solar 110, descrito en más detalle a continuación, está unido a la barra pivotante principal 160 a través de un alojamiento principal 230. El dispositivo de energía solar 150 está unido al dispositivo de seguimiento solar 110 mediante un elemento de sujeción superior 122, y también está unido a la barra pivotante principal 160 por medio de un elemento de sujeción inferior 124, que está acoplado de manera deslizante y rotativa a la barra pivotante principal 160.

El dispositivo de seguimiento solar 110 incluye un conjunto de colector solar 200, que rota para guiar el desplazamiento solar a lo largo del día. A medida que el conjunto de colector solar 200 realiza el seguimiento del movimiento solar (por ejemplo, un seguimiento de acimut, etc.), el dispositivo de seguimiento solar 110 rota el dispositivo de energía solar 150 alrededor del eje de rotación definido por la barra pivotante principal 160 a través de un elemento de sujeción superior 122. El conjunto de colector solar 200 rota sobre un eje que se adentra en el alojamiento principal 230, que está unido a la barra pivotante principal 160. La expansión térmica de un medio en el conjunto de colector solar 200 extiende el eje fuera del alojamiento principal 230, y rodillos de levas en el eje engranan en ranuras helicoidales del alojamiento principal 230 para crear el movimiento de rotación del conjunto de colector solar 200 y el dispositivo de energía solar 150.

La figura 1b ilustra componentes del sistema de energía solar 100 en un momento posterior del día con respecto al de la figura 1a, mostrándose la posición del dispositivo de energía solar 150 con un contorno discontinuo. Por ejemplo, la figura 1b puede ilustrar el sistema de energía solar 100 en una posición vespertina tardía. En este caso, el eje 254 se extiende fuera del alojamiento principal 230 y el conjunto de colector solar 200 y el dispositivo de energía solar 150 se rotan alrededor de la barra pivotante principal 160 hasta orientarse generalmente en dirección oeste. Tal como se ilustra en la figura 1b, el elemento de sujeción inferior 124 se desliza y rota en la barra pivotante principal 160 para realizar el seguimiento del movimiento del elemento de sujeción superior 122 rotada mediante el dispositivo de seguimiento solar 110. Aunque las figuras 1a y 1b ilustran una técnica para montar un seguidor solar 110 para rotar un dispositivo de energía solar 150, otras configuraciones de montaje se encuentran dentro del alcance de la invención, y un experto en la materia puede utilizar una variedad de técnicas de montaje para utilizar el dispositivo de seguimiento solar 110 para rotar un dispositivo de energía solar 150.

La figura 2 ilustra el dispositivo de seguimiento solar 110 en más detalle, según diversas formas de realización. El dispositivo de seguimiento solar 110 incluye el conjunto de colector solar 200 que generalmente incluye un colector de concentración 212 soportado mediante un soporte de colector 211, y un receptor 214 que se coloca para recibir radiación solar reflejada por el colector de concentración 212. El colector de concentración 212 puede ser, por ejemplo, un concentrador solar reflectante con un eje óptico definido generalmente por el eje de simetría de la parábola. La radiación solar incidente en el concentrador solar reflectante que es generalmente paralela al eje óptico de la parábola se enfoca en una línea definida por el punto focal de la parábola. En formas de realización, el receptor 214 está montado en o cerca del punto focal de la parábola. Como tal, la radiación solar incidente que es

sustancialmente paralela al eje óptico del concentrador solar se refleja mediante el colector de concentración 212 y se absorbe mediante el receptor 214. En este caso, el receptor 214 absorbe la radiación incidente en el colector 212 y convierte la radiación solar en calor.

A medida que el receptor 214 absorbe radiación solar, transfiere calor a un medio que se expande a medida que se calienta por encima de un intervalo de temperatura dado. En formas de realización, el medio es un material de cambio de fase ("PCM") que experimenta expansión a una temperatura de transición de fase. Por ejemplo, la cera de parafina es un PCM que se expande aproximadamente el 10-20% a medida que pasa de una fase sólida o cristalina a una fase líquida. La cera de parafina también presenta una entalpía o calor de fusión relativamente alto (por ejemplo, de 200-220 J/g), lo que significa que absorbe una cantidad relativamente grande de calor durante la fase de calor latente a medida que pasa de una fase sólida o cristalina a una fase líquida. Esta característica puede proporcionar ventajas adicionales para el dispositivo de seguimiento solar 110 como se describe en más detalle a continuación.

La temperatura de transición de fase del PCM también puede ajustarse basándose en el funcionamiento deseado. Por ejemplo, el punto de fusión de la cera de parafina puede ajustarse sobre un amplio intervalo de temperaturas como se conoce en la técnica. Preferiblemente, la temperatura de transición de fase del PCM es mayor que la temperatura de aire ambiente más alta esperada, de manera que el accionamiento provocado por la transición de fase no se produce sin el calor generado por la radiación solar concentrada en el receptor 214. En formas de realización, la temperatura de transición de fase del PCM puede depender de la temperatura de aire ambiente máxima esperada en la ubicación de instalación del sistema de energía solar. Por ejemplo, en Fénix, AZ, donde es posible presentar temperaturas ambiente de 120°F, podría utilizarse una cera de parafina con un punto de fusión de 145°F. En un clima más frío en el que 80°F podría ser la temperatura de aire ambiente máxima esperada durante el año, podría utilizarse una cera de parafina con un punto de fusión de 100°F.

En diversas formas de realización, pueden utilizarse otros medios de expansión térmica. Por ejemplo, algunas formas de realización pueden utilizar un medio con un coeficiente de expansión térmica positivo relativamente alto que no experimenta un cambio de fase por encima del intervalo de temperatura de funcionamiento del dispositivo de seguimiento solar. Por ejemplo, formas de realización pueden utilizar un polímero de expansión térmica, aceite hidráulico, aceite mineral, aceite vegetal, y/u otro medio de expansión térmica adecuado.

La expansión del medio (por ejemplo, la fusión de la cera de parafina y similares) provoca un aumento de la presión hidráulica del medio que puede utilizarse para generar un accionamiento mecánico. Por ejemplo, la expansión del medio puede utilizarse para provocar el accionamiento de un pistón u otro accionador hidráulico. El accionamiento lineal (por ejemplo, por medio de un pistón, etc.) se convierte en movimiento de rotación para rotar el dispositivo de seguimiento solar 110 para realizar el seguimiento del ángulo del sol a medida que se desplaza a través del cielo durante el día. El dispositivo de energía solar 150 está acoplado de manera giratoria al dispositivo de seguimiento solar 110 de manera que la rotación del dispositivo de energía solar 110 rota el dispositivo de energía solar alrededor de la barra pivotante principal 160 para realizar el seguimiento del sentido del movimiento solar. Por consiguiente, el dispositivo de seguimiento solar 110 puede mejorar significativamente la salida de energía del dispositivo de energía solar 150 sin necesidad de electricidad proporcionada por el dispositivo de energía solar u otras fuentes.

La figura 3 ilustra aspectos del conjunto de colector solar 200 en más detalle, según diversas formas de realización. Más particularmente, la figura 3 puede ilustrar una vista en perspectiva de componentes del conjunto de colector solar 200 a lo largo del eje de rotación del conjunto de colector solar 200. Por ejemplo, el conjunto de colector solar 200 puede rotar alrededor de un eje 310 concéntrico con el receptor 214. El colector solar 212 refleja de manera general la radiación solar incidente que es paralela a un eje óptico 318 de manera que se enfoca en el receptor 214. Por ejemplo, el colector solar 212 puede ser un concentrador solar reflectante con un eje de simetría definido por el eje óptico 318. Como tal, un rayo solar incidente que es paralelo al eje óptico 318 (por ejemplo, el rayo 332) se refleja desde el colector solar 212 hasta el punto focal de la parábola (por ejemplo, el rayo 342) y se absorbe mediante el receptor 214. A medida que aumenta el ángulo de incidencia de radiación solar, ya no se enfoca en el punto focal de la parábola. Un ángulo de aceptación Θ_A 330 puede definirse como la extensión angular para la que la radiación solar se absorberá mediante el receptor 214 en el conjunto de colector solar 200. Es decir, los rayos solares que son incidentes en el colector solar 212 a ángulos de incidencia con respecto al eje óptico 318 iguales a un ángulo de aceptación Θ_A 330 (por ejemplo, los rayos 334 y 336), se reflejan mediante el colector solar 212 lejos del punto focal de la parábola (por ejemplo, los rayos reflejados 344 y 346) y no se absorben mediante el receptor 214. Por tanto, un cono de aceptación puede definirse como la extensión angular de $\pm\Theta_A$ con respecto al eje óptico 318 para la que la radiación solar se concentra sustancialmente en el receptor 214. El ángulo de aceptación Θ_A 330 puede determinarse mediante características del colector solar 212 y el receptor 214 como se describe en más detalle a continuación.

Otro parámetro relevante para el funcionamiento del conjunto de colector solar 200 es la relación de concentración C. La relación de concentración C puede definirse de manera general como la relación de radiación solar recibida por el receptor 214 procedente del colector 212 en comparación con la energía solar recibida nominal (es decir, no concentrada). La relación de concentración C puede determinarse mediante la relación de la anchura del colector

dividida por el área de superficie del receptor. La relación de concentración C y el ángulo de aceptación Θ_A 330 pueden adaptarse para conseguir parámetros de funcionamiento deseados del sistema de seguimiento solar como se describe en más detalle a continuación.

5 Tal como se ilustra en la figura 3, el elemento de sujeción 122 puede estar desplazado angularmente con respecto al eje óptico 318 un ángulo de desplazamiento 322. Es decir, cuando el dispositivo de energía solar 150 está montado en el elemento de sujeción 122, un eje primario del dispositivo de energía solar 150 (por ejemplo, eje de radiación solar incidente para la mayor eficiencia) puede estar desplazado el ángulo de desplazamiento del elemento de sujeción 322 alrededor del eje de rotación 310. El ángulo de desplazamiento de elemento de sujeción 322 puede compensar el desplazamiento angular entre la radiación solar incidente y el mecanismo de seguimiento del conjunto de colector solar 200, como se describe en más detalle a continuación. En formas de realización, el ángulo de desplazamiento 322 puede ser aproximadamente igual al ángulo de aceptación Θ_A . Opcionalmente, el ángulo de desplazamiento 322 puede elegirse para que sea menor que o mayor que el ángulo de aceptación Θ_A , o ajustarse para una ubicación particular (por ejemplo, latitud, etc.) o época del año. En otras formas de realización, el ángulo de desplazamiento 322 puede ser cero. Es decir, el elemento de sujeción 122 opcionalmente no está desplazado angularmente con respecto al eje óptico 318 en estas formas de realización.

Las figuras 4a-4c ilustran de manera general el funcionamiento del conjunto de colector solar 200 a medida que realiza el seguimiento de la trayectoria solar a lo largo del día. Las figuras 4a-4c se ilustran con respecto a una configuración de seguimiento de acimut solar del conjunto de colector solar 200, y por tanto describen la orientación del conjunto de colector solar 200 con respecto al acimut solar. Como tal, el ángulo de inclinación del conjunto de colector solar 200 no se ilustra en las figuras 4a-4c. Aunque las figuras 4a-4c ilustran un seguimiento de acimut utilizando el conjunto de colector solar 200, otras configuraciones de seguimiento (por ejemplo, de elevación, etc.) pueden funcionar de manera similar al funcionamiento general descrito en las figuras 4a-4c. El término ángulo de acimut solar, como se utiliza en la presente memoria, sigue de manera general la convención de medir el ángulo de acimut solar como un ángulo en sentido horario desde el norte. A este respecto, las figuras 4a-4c describen el funcionamiento del conjunto de colector solar 200 en una latitud norte a medida que realiza el seguimiento de del sol que describe una trayectoria con un ángulo de acimut solar generalmente creciente a lo largo del día. Para latitudes sur, debe entenderse que el sol sale por el este y describe un arco de ángulo de acimut generalmente decreciente a medida que se desplaza a través del cielo a lo largo del día. Como tal, el funcionamiento del dispositivo de seguimiento solar 110 en latitudes sur puede entenderse modificando en consecuencia la presente descripción.

Tal como se ilustra en la figura 4a, el conjunto de colector solar 200 comienza en una posición de partida definida por un ángulo de partida 426a. El ángulo de partida 426a puede ser generalmente el ángulo del eje óptico 318a del colector 212 con respecto al ángulo de acimut solar en la posición inicial o de partida. Tal como se ilustra en la figura 4a, el ángulo de acimut solar se define de manera general como el ángulo de radiación solar incidente medido desde el norte en sentido horario. En formas de realización, el ángulo de partida 426a es mayor de 90 grados de acimut solar en latitudes norte, lo que significa que el conjunto de colector solar 200 no rota completamente hasta orientarse hacia el este en la posición inicial o de partida. Generalmente, el ángulo de partida debe ser mayor que el ángulo de acimut solar a la salida del sol de manera que el conjunto de colector solar 200 puede inicializarse correctamente. Por ejemplo, el ángulo de partida puede fijarse mediante el ángulo de acimut solar mayor (es decir, lo más al sur en el hemisferio norte) a la salida del sol a lo largo del año para la latitud de instalación del sistema de energía solar.

En formas de realización, el ángulo de partida puede fijarse a un ángulo de acimut solar varios grados mayor que el ángulo de acimut solar mayor a la salida del sol durante el año. Por ejemplo, la radiación solar temprano en la mañana puede reducirse sustancialmente con respecto al mediodía debido a pérdidas atmosféricas mayores. Por tanto, puede no ser tan importante rotar el dispositivo de energía solar completamente hasta orientarse hacia el ángulo de acimut del sol a la salida del sol porque el dispositivo de energía solar 150 presentará una salida de energía global reducida independientemente de la orientación hasta algún tiempo más tarde por la mañana. Adicionalmente, la radiación solar reducida temprano en la mañana puede hacer más difícil que el dispositivo de seguimiento solar 110 alcance una temperatura de funcionamiento para empezar el seguimiento. Es decir, en el arranque, el medio térmico puede estar aproximadamente a la temperatura de aire ambiente. Si se utiliza un PCM tal como cera de parafina como medio, la condición de arranque puede incluir calentar el medio desde la temperatura de aire ambiente hasta aproximadamente la temperatura de cambio de fase para que el dispositivo de seguimiento solar 110 empiece el seguimiento. Debido a que el ciclo de calentamiento de arranque se produce durante el tiempo que el receptor está enfocado (es decir, ángulo de acimut solar dentro de $\pm\Theta_A$ del eje óptico 318), una mayor radiación solar puede fomentar una inicialización del seguimiento más fiable.

La condición de arranque por la mañana puede beneficiarse de un ángulo de partida que coloca el eje óptico del conjunto de concentrador solar 200 a un ángulo de acimut solar mayor (en el hemisferio norte) que el ángulo de acimut del sol a la salida del sol. Sin embargo, puede ser posible que el ángulo de partida sea menor que el ángulo de acimut solar a la salida del sol en determinadas condiciones. Por ejemplo, el ángulo de partida puede ser tan grande como el ángulo de aceptación Θ_A del conjunto de colector solar 200 menos que el ángulo de acimut solar a la salida del sol. En formas de realización, el ángulo de partida puede ser ajustable dependiendo de la latitud, o ajustable dependiendo de la época del año.

La figura 4a puede ilustrar un caso en el que el sol está justo por encima del horizonte al este. En este caso, el sol presenta un ángulo de acimut de Θ_1 , y la radiación solar 424a es incidente en el conjunto de colector solar 200 a un ángulo de incidencia de 428a con respecto al eje óptico 318a. A este respecto, la radiación solar 424a puede presentar un ángulo de acimut poco mayor de 90 grados (es decir, ligeramente al sur desde el Este). Esto puede corresponderse con un día de primavera u otoño en una latitud norte. Por ejemplo, a las 7 am el 20 de marzo a una latitud aproximada de 40 grados (por ejemplo, en Silverthorne, CO), el ángulo de acimut de radiación solar es aproximadamente de 98,5 grados. Tal como se ilustra en la figura 4a, la radiación solar 424a desde el ángulo de acimut Θ_1 , incidente sobre el conjunto de colector solar 200 con un ángulo de partida de 426a no se enfoca en el receptor 214, sino que se enfoca en cambio en una región 434a desplazada con respecto al receptor 214.

La figura 4b ilustra el conjunto de colector solar 200 en un momento ligeramente más tarde durante el día con respecto al de la figura 4a. En la figura 4b, el ángulo de acimut solar viene dado ahora por Θ_2 , lo que puede dar como resultado un ángulo de incidencia 428b de radiación solar 424b con respecto al eje óptico 318a que es igual a o menor que el ángulo de aceptación Θ_A del conjunto de colector solar 200. Tal como se ilustra en la figura 4b, la radiación solar incidente 424b se enfoca ahora mediante el colector 212 sobre el receptor 214. A medida que el receptor 214 absorbe radiación solar 424b, transfiere calor a un medio de expansión térmica en comunicación térmica con el receptor 214 y el medio provoca un accionamiento mecánico que ejerce una fuerza de rotación sobre el conjunto de colector solar 200.

Tal como se ilustra mediante la figura 4c, el accionamiento giratorio provoca que el conjunto de colector solar 200 rote en un sentido horario con respecto al sistema de coordenadas de acimut solar. Es decir, el colector solar 212 rota de manera que el eje óptico 318b ahora apunta en una dirección que delimita un ángulo de acimut solar mayor 426b. Esta rotación del conjunto de colector solar 200 provoca que la radiación solar 424b presente un ángulo de incidencia de 428c, que puede ser aproximadamente igual al ángulo de aceptación Θ_A del conjunto de colector solar 200. Tal como se ilustra en la figura 4c, debido a la rotación del conjunto de colector solar 200, la radiación solar incidente 424b no puede ya enfocarse sobre receptor 214 como era en la figura 4b. Por tanto, el receptor 214 ya no absorbe radiación solar concentrada. Como tal, el receptor no continúa transfiriendo radiación solar concentrada absorbida al medio, y el medio puede dejar de expandirse.

Como se ha descrito anteriormente, un PCM tal como cera de parafina puede utilizarse como un medio de expansión térmica. En este caso, el conjunto de colector solar 200 es estable en la posición ilustrada en la figura 4c debido al almacenamiento de calor latente del medio. Es decir, debido a que un medio PCM almacena una cantidad relativamente grande de energía en calor latente, el medio no comienza a reducirse en volumen e invierte la rotación del conjunto de colector solar 200 inmediatamente cuando el receptor 214 ya no absorbe radiación solar concentrada. Esta condición es beneficiosa para el seguimiento porque mantiene la posición del conjunto de colector solar 200 en el caso de una obstrucción solar temporal (por ejemplo, nube transitoria, etc.). Cuando se despeja la obstrucción solar temporal, el conjunto de colector solar 200 enfocará de nuevo la radiación solar sobre el receptor 214, que transfiere la radiación absorbida como calor al medio y provoca que el conjunto de colector solar 200 rote adicionalmente en la dirección de desplazamiento solar a una nueva posición estable (por ejemplo, ángulo de incidencia de la radiación solar a aproximadamente el ángulo de aceptación Θ_A del conjunto de colector solar 200).

La figura 4c ilustra que el conjunto de colector solar 200 puede establecerse a una relación de equilibrio con el eje óptico 318 a una posición angular en relación con un acimut solar actual de aproximadamente el ángulo de aceptación Θ_A . Es decir, a medida que el sol continúa rotando a través de su trayectoria (ángulo de acimut solar generalmente creciente en el hemisferio norte), el conjunto de colector solar 200 continúa rotando cuando la radiación solar se concentra en el receptor 214. Más particularmente, cuando el receptor 214 absorbe la radiación solar concentrada y transfiere calor al medio, el medio continúa proporcionando accionamiento mecánico que mueve el conjunto de colector solar 200 en frente del ángulo de acimut solar. Como tal, el eje óptico 318 del conjunto de colector solar 200 generalmente guía el ángulo de acimut solar a lo largo del día mediante aproximadamente el ángulo de aceptación Θ_A 330 del conjunto de colector solar 200.

Pueden ajustarse varios parámetros de conjunto de colector solar 200 para conseguir las características de funcionamiento deseadas del dispositivo de seguimiento solar 110. Como se ha descrito anteriormente, características ópticas del conjunto de colector solar 200 incluyen ángulo de aceptación Θ_A y relación de concentración C. Una alta relación de concentración C (aproximada por el área de abertura del colector 212 dividida por el área de superficie del receptor 214) proporciona una alta ganancia térmica, que puede proporcionar recuperación de seguimiento y/o arranque de seguimiento más rápido. El ángulo de aceptación Θ_A también puede afectar a la recuperación y el arranque de seguimiento del dispositivo de seguimiento solar 110. Específicamente, nubes transitorias u otras obstrucciones solares pueden limitar el seguimiento durante un periodo de tiempo. Un ángulo de aceptación Θ_A 330 más amplio permite que el sol se desplace adicionalmente mientras el conjunto de colector solar 200 está obstruido (es decir, un tiempo de obstrucción más largo) y aun así permite que el dispositivo de seguimiento solar 110 se recupere. Es decir, una vez que el ángulo de acimut solar guía el eje óptico 318 más allá del ángulo de aceptación Θ_A , el dispositivo de seguimiento solar 110 no continuará siguiendo el movimiento solar porque la rotación de acimut solar adicional restablecerá el receptor 214 para que enfoque el colector 212. Por esta

razón, se desea generalmente un ángulo de aceptación más amplio Θ_A . Sin embargo, el ángulo de aceptación Θ_A y la relación de concentración C están relacionados generalmente de manera inversa. Es decir, diseñar el conjunto de colector solar 200 para que presente un ángulo de aceptación grande Θ_A reduce generalmente la relación de concentración C y viceversa. En una realización, el conjunto de colector solar 200 está diseñado con un ángulo de aceptación Θ_A de aproximadamente $2,75^\circ$ y una relación de concentración C de aproximadamente $15x$. Con estas características de diseño, el dispositivo de seguimiento solar 110 puede recuperarse de una obstrucción solar temporal que dure hasta 22 minutos.

Aunque la presente descripción describe de manera general formas de realización del conjunto de colector solar 200 en las que el colector 212 es un concentrador solar y el receptor 214 es un cilindro ubicado generalmente en o cerca de la línea focal del concentrador solar, se contemplan otras configuraciones del conjunto de colector solar 200. Por ejemplo, el colector 212 puede ser otro tipo de colector de concentración reflectante tal como un concentrador parabólico compuesto ("CPC"), concentrador cilíndrico, hiperboloide, reflector de Fresnel, y/u otro tipo de colector de concentración (por ejemplo, que emplea lentes, etc.). El receptor 214 también puede ser de una forma diferente a cilíndrica (por ejemplo, presentar una sección transversal que es semicircular, rectangular, etc.). En formas de realización, el receptor 214 puede colocarse asimétricamente con respecto al colector 214. Es decir, el receptor 214 puede desplazarse del punto focal del colector de concentración. Por ejemplo, el receptor 214 puede desplazarse de manera que el arco de aceptación (es decir, $\pm\Theta_A$) se desplace del eje óptico geométrico del colector. En formas de realización, esto puede dar como resultado que el eje óptico geométrico del colector siga el ángulo de acimut solar sin desplazarse por el ángulo de aceptación Θ_A .

Volviendo a las figuras 1a, 1b, y 2, se describen en más detalle características y funcionamiento de formas de realización del dispositivo de seguimiento solar 110. En la forma de realización ilustrada en la figura 2, el receptor 214 contiene un medio de expansión térmica (por ejemplo, cera de parafina), y la expansión del medio se utiliza para generar un accionamiento mecánico a través de la utilización de un pistón que se extiende desde el interior del receptor 214 al alojamiento principal 230.

La figura 5 ilustra un conjunto de pistón para el dispositivo de seguimiento solar 110 en más detalle, según diversas formas de realización. En referencia a las figuras 2 y 5, el pistón 246 se extiende desde el interior del receptor 214 a una base del alojamiento principal 230. A medida que el medio se expande (por ejemplo, la transición de sólido a líquido de cera de parafina, etc.), la expansión del medio genera una fuerza hidráulica sobre el pistón 246, que se extiende y fuerza al eje hueco 254 a extenderse fuera del alojamiento principal 230. A medida que el eje hueco 254 se extiende fuera del alojamiento principal 230, los rodillos de levas 244 engranan en perfiles 242 de desplazamiento de levas (por ejemplo, ranuras helicoidales, etc.) en el alojamiento principal 230, provocando que el collarín de guiado 248 y el eje hueco 254 roten alrededor del pistón 246. Es decir, el perfil 242 de desplazamiento de levas y los rodillos de levas 244 convierten el movimiento lineal del pistón 246 con respecto a un eje hueco 254 en un movimiento simultáneo lineal y de rotación del eje hueco 254 con respecto al alojamiento principal 230. La rotación del eje hueco 254 también rota el conjunto de colector solar 200 (por ejemplo, el colector 212, el soporte de colector 211, el receptor 214, manguito 216 de receptor, los collarines 258, y/o tapa 260, etc.).

Las figuras 6a y 6b ilustran secciones transversales de componentes del dispositivo de seguimiento solar 110 en diversas configuraciones. Volviendo inicialmente a la figura 6a, se ilustra una sección transversal del dispositivo de seguimiento solar 110 en una posición inicial o de partida, según diversas formas de realización. En esta posición, el pistón 246 se ilustra como coaxial con el receptor 214 y se extiende sustancialmente por la longitud del receptor 214. El receptor 214 también contiene un medio 270 (por ejemplo, material PCM, cera de parafina, etc.) en la cavidad definida mediante el receptor 214, al que transfiere energía a medida que absorbe radiación solar. El receptor 214 puede estar hecho de un material que absorbe radiación solar y conduce calor al medio 270 tal como diversos tipos de metal (por ejemplo, cobre, aluminio, acero, etc.). El receptor 214 también puede estar recubierto con una variedad de recubrimientos (por ejemplo, recubrimiento de superficie selectivo, etc.) para aumentar su absorción de radiación solar.

En formas de realización, el conjunto de colector solar 200 incluye un manguito 216 de receptor transparente que rodea de manera general el receptor 214. El manguito 216 de receptor transparente puede ser, por ejemplo, un tubo de vidrio con un recubrimiento antirreflectante dispuesto concéntricamente con el receptor 214. El manguito 216 de receptor transparente reduce las pérdidas térmicas del receptor 214 debido a la conducción y/o convección térmica. Como tal, el manguito 216 de receptor puede reducir los efectos de temperatura de aire ambiente y otros factores ambientales (por ejemplo, viento, etc.) en el funcionamiento del montaje de concentrador de radiación solar 200. En formas de realización, la separación 215 entre el receptor 214 y el manguito 216 de receptor puede llenarse con aire, un gas inerte (por ejemplo, argón, etc.), o evacuarse. Llenar la separación 215 con un gas inerte o evacuar la separación 215 puede reducir la convección y/o conducción térmica a través de la separación 215 cuando se compara con llenar la separación 215 con aire.

El alojamiento sellado principal 256 conecta el receptor 214 al eje hueco 254. El eje hueco 254 está accionado de manera deslizante con el pistón 246 mediante casquillos de guiado de pistón 268 y 272. El alojamiento sellado principal 256 incluye un sello 266 para sellar el medio 270 en el receptor 214 mientras permite al pistón 246

deslizarse a través del sello 266 y el alojamiento sellado principal 256. Los casquillos de guiado de eje 250 guían el collarín 248 acoplado al eje hueco 254 como rodillos de levas 244, fijados al collarín 248, se desplazan a través de los perfiles 242 de desplazamiento de leva en el alojamiento principal 230. La elemento de sujeción del panel superior 122 puede fijarse al alojamiento sellado principal 256 para rotar el dispositivo de energía solar 150 a medida que el alojamiento sellado principal 256 se extiende y se rota a través de la amplitud de movimientos del conjunto de colector solar 200.

Como se ha descrito anteriormente, cuando la radiación solar es incidente dentro de un cono angular de aceptación, el calentamiento del medio 270 provoca presión hidráulica sobre el pistón 246, que extiende el eje hueco 254. Por ejemplo, un medio PCM tal como cera de parafina puede comenzar a fundirse parcialmente a medida que el receptor 214 transfiere el calor provocado por la absorción de radiación solar concentrada. La rotación resultante del conjunto de colector solar 200 provoca que el ángulo de incidencia de la radiación solar aumente, provocando finalmente que la radiación solar ya no se enfoque sustancialmente sobre el receptor 214. Cuando esto ocurre, el receptor 214 ya no absorbe tanta radiación ni transfiere tanta energía adicional al medio 270. Por tanto, el medio ya no continúa expandiéndose. Por ejemplo, un medio PCM tal como cera de parafina puede mantener un estado en el que el medio es parcialmente líquido y parcialmente sólido. Por tanto, la fuerza ejercida por el medio 270 sobre el pistón 246 se reduce, y el dispositivo de seguimiento solar 110 mantiene la posición actual (o solo se mueve muy lentamente). Es decir, una vez que el receptor 214 no recibe energía solar concentrada debido a que la radiación solar incidente incide a un ángulo igual a o mayor que el ángulo de aceptación Θ_A del colector 212, el medio 270 no se calienta activamente por la radiación solar concentrada recibida por el receptor 214.

A medida que el sol se mueve a través del cielo, su movimiento progresivo provoca una disminución del ángulo de incidencia de la radiación solar con respecto al eje óptico del colector. Es decir, el movimiento del sol disminuye el ángulo de incidencia de la radiación solar, mientras que la rotación generada mediante los rodillos de levas 244 y las ranuras 242 helicoidales cuando el medio 270 ejerce fuerza sobre el pistón 246 provoca un aumento en el ángulo de incidencia de la radiación solar. Por tanto, a medida que el sistema realiza el seguimiento del movimiento solar, el eje 254 continúa extendiéndose fuera del alojamiento principal 230 y el conjunto de colector solar 200 continúa rotando a medida que el eje 254 se extiende.

En referencia a la figura 6b, se ilustra una sección transversal del dispositivo de seguimiento solar 110 en una posición extendida, según diversas formas de realización. La posición extendida ilustrada en la figura 6b puede corresponderse con la posición del dispositivo de seguimiento solar 110 en las últimas horas del día, cuando el sol está en la parte oeste del cielo. La figura 6b ilustra que en la posición extendida en las últimas horas del día, el medio 270 ocupa sustancialmente más volumen de receptor 214 del que ocupaba en la posición inicial ilustrada en la figura 6a. Por ejemplo, la figura 6b puede ilustrar la condición del dispositivo de seguimiento solar 110 en la que un medio PCM 270 tal como cera de parafina está en una fase sustancialmente líquida.

La cantidad de radiación solar incidente comienza a reducirse a medida que el sol baja en el cielo debido a pérdidas atmosféricas. En algún momento durante el día (por ejemplo, a últimas horas de la tarde, noche, etc.), la radiación solar incidente se reduce sustancialmente y ya no proporciona suficiente calor para continuar expandiendo el medio térmico. El sol atraviesa entonces ángulos de incidencia en los que la radiación solar se concentra en el receptor 214, y finalmente es incidente pasado el eje óptico 318 y a un ángulo mayor que el ángulo de aceptación Θ_A del colector 212. En este caso, el eje óptico 318 ya no guía el ángulo de radiación solar incidente, y la radiación solar ya no se enfoca en el receptor 214.

Por lo tanto, hacia el final del día, el dispositivo de seguimiento solar 110 está en una posición extendida (por ejemplo, la posición ilustrada mediante la figura 6b) y el receptor 214 ya no recibe energía solar concentrada. Como resultado, el medio 270 comienza a enfriarse debido a la transferencia térmica a través de diversas vías incluyendo las pérdidas radioactivas del receptor 214 y otras pérdidas térmicas a través de los diversos componentes de transmisión térmica (por ejemplo, pistón 246, etc.). A medida que el medio 270 se enfría, se contrae en volumen. Por ejemplo, si se utiliza cera de parafina como medio 270, vuelve al estado sólido a medida que se enfría. A medida que el medio 270 se enfría, el dispositivo de seguimiento solar 110 puede emplear una variedad de medios para volver a la posición inicial antes de la mañana siguiente. Por ejemplo, el resorte 252 puede ejercer una fuerza sobre el collarín 248, devolviéndolo a la posición ilustrada en la figura 6a a medida que el medio 270 se enfría. Aunque el resorte 252 se ilustra como un resorte helicoidal, el resorte 252 puede ser otro tipo de dispositivo mecánico incluyendo un resorte de gas y/u otros dispositivos de resorte mecánicos en una disposición de tensión o compresión. En otras formas de realización, la fuerza para devolver el conjunto de colector solar 200 a la posición inicial se proporciona mediante el peso del conjunto de colector solar 200 y/o dispositivo de energía solar 150. Es decir, cuando se coloca en una configuración inclinada, el dispositivo de seguimiento solar 110 puede soportar parcialmente el peso del dispositivo de energía solar 150. A medida que el medio se enfría, el peso del dispositivo de energía solar 150 y/o el conjunto de colector solar 200 proporciona suficiente fuerza para devolver el dispositivo de seguimiento solar 110 a la posición inicial ilustrada en la figura 6a.

Volviendo a las figuras 1a, 1b, y 2, se describe en más detalle el funcionamiento del dispositivo de seguimiento solar 110 como sistema de energía solar 100 que realiza el seguimiento del movimiento solar. Generalmente, la barra pivotante principal 160 puede orientarse en una dirección norte sur, e inclinarse con respecto a la horizontal a un

ángulo relacionado con el ángulo de elevación solar de la trayectoria del sol a través del cielo en la latitud de instalación del sistema de energía solar 100. Tal como se ilustra en las figuras 1a, 1b, y 2, el dispositivo de energía solar se une al conjunto de colector solar 200 mediante el elemento de sujeción 122. Por la mañana, el dispositivo de energía solar 150 se rota generalmente hacia el este alrededor del eje de rotación definido por la barra pivotante principal 160. A medida que el sol se desplaza a través del cielo, el dispositivo de seguimiento solar 110 rota el dispositivo de energía solar 150 alrededor del eje de rotación de manera que sigue generalmente el ángulo de acimut del sol a lo largo del día. A este respecto, el sistema de energía solar 100 representado en la figura 1 se denomina de manera general sistema de seguimiento de energía solar de acimut inclinado, porque un ángulo de inclinación del dispositivo de energía solar 150 está fijado por la barra pivotante principal 160 y el dispositivo de energía solar 150 rota alrededor de la barra pivotante principal 160 para realizar el seguimiento del acimut del sol según se desplaza a través del cielo durante el día.

Tal como se ilustra en las figuras 1a y 1b, el ángulo de elevación del sistema de energía solar 100 puede ajustarse utilizando elementos de sujeción de inclinación 140. El ángulo de inclinación para la configuración de seguimiento de acimut inclinado del sistema de energía solar 100 puede fijarse de varias maneras. Por ejemplo, el ángulo de inclinación puede determinarse mediante una elevación solar máxima promedio a una latitud dada o seleccionada para maximizar la generación de energía. En formas de realización, el ángulo de inclinación puede ajustarse en diversos momentos a lo largo del año utilizando elementos de sujeción de inclinación 140.

En formas de realización, el dispositivo de seguimiento solar 110 se utiliza para orientar múltiples dispositivos de energía solar 150 en una configuración en tándem. Las figuras 7a y 7b ilustran un sistema de energía solar 700 con múltiples dispositivos de energía solar 150 que se orientan mediante un único dispositivo de seguimiento solar 110 según formas de realización de la presente invención. Específicamente, el dispositivo de seguimiento solar 110 se monta en uno de los múltiples dispositivos de energía solar 150 del sistema de energía solar 700. A medida que el dispositivo de seguimiento solar 110 mueve uno de los dispositivos de energía solar 150, el movimiento de orientación se traslada a través de un sistema de traslación a otros dispositivos de energía solar en tándem 150. Por ejemplo, el movimiento de orientación puede trasladarse utilizando elementos de sujeción en tándem inferiores 720 conectados a barras convertidoras 710 entre los dispositivos en tándem como se muestra en el sistema de energía solar 700. Tal como se ilustra en la figura 7b, pueden utilizarse rodillos helicoidales 730 de manera que los otros dispositivos de energía solar en tándem 150 siguen una trayectoria de movimiento similar al dispositivo de seguimiento solar 110 (por ejemplo, movimiento helicoidal, etc.). Esto puede facilitar la traslación del movimiento del dispositivo de seguimiento solar 110 a través de elementos de sujeción en tándem 720 y barras convertidoras 710 con menos pérdidas por fricción. De este modo, cada dispositivo de energía solar 150 del sistema de energía solar 700 rota alrededor de cada barra pivotante principal 160 para realizar el seguimiento del ángulo de acimut del sol.

Mientras las figuras 7a y 7b ilustran una configuración en tándem con tres dispositivos de energía solar orientados con un dispositivo de seguimiento solar 110, es posible que el dispositivo de seguimiento solar 110 pueda accionar un gran número de dispositivos de energía solar en tándem en una variedad de configuraciones. Específicamente, las grandes fuerzas hidráulicas creadas por el medio de expansión térmica en el dispositivo de seguimiento solar 110 puede utilizarse para proporcionar fuerza mecánica o hidráulica para rotar dispositivos de energía solar conectados a través de diversos accionadores mecánicos o hidráulicos. Por consiguiente, el coste global del sistema puede reducirse debido al número reducido de dispositivos de seguimiento requeridos para una instalación de energía solar dada.

Aunque las figuras 1a, 1b, 2, 5, 6a y 6b ilustran una realización para el dispositivo de seguimiento solar 110, el funcionamiento básico del conjunto de colector solar 200, tal como se ilustra en las figuras 3, 4a, 4b y 4c (es decir, seguimiento de acimut solar, seguimiento de elevación solar, etc.), puede realizarse a través de otros métodos y dispositivos. Por ejemplo, pueden utilizarse engranajes, cables, y/u otros mecanismos hidráulicos para convertir el movimiento lineal del pistón en movimiento de rotación del conjunto de colector solar 200 y el dispositivo de energía solar 150.

Las figuras 8a y 8b ilustran un sistema de energía solar 800 que emplea una disposición de montaje alternativa para el dispositivo de energía solar 150, según diversas formas de realización. En el sistema de energía solar 800, el dispositivo de energía solar 150 está montado en el dispositivo de seguimiento solar 110 mediante un conjunto de elemento de sujeción deslizante 822. El conjunto de elemento de sujeción deslizante 822 incluye un elemento de sujeción 852 y un vástago 856 que se montan en el conjunto de colector solar 200, y un collarín 854 montado en el dispositivo de energía solar 150 y accionado de manera deslizante con el vástago 856. La figura 8a ilustra un sistema de energía solar 800 en una posición inicial o de partida. A medida que el dispositivo de seguimiento solar 110 realiza el seguimiento del movimiento solar, el conjunto de colector solar 200 se extiende fuera del alojamiento principal 230 y rota alrededor de un eje concéntrico con el alojamiento principal 230 y la barra pivotante principal 160 como se ha descrito anteriormente. En esta realización, el dispositivo de energía solar 150 se rota mediante un conjunto de elemento de sujeción deslizante 822, pero debido a que el collarín 854 está accionado de manera deslizante con el vástago 856, el dispositivo de energía solar 150 no se eleva mediante un conjunto de elemento de sujeción deslizante 822. Es decir, el dispositivo de energía solar 150 no se mueve en dirección axial con respecto a la barra pivotante principal 160 en esta realización. En este caso, el elemento de sujeción inferior 824 rota alrededor de una barra de pivote 160, pero además no se mueve de manera axial con respecto a la barra de pivote 160.

Collarines de bloqueo 826 sujetan los elementos de sujeción inferiores 824 en posición sobre la barra pivotante principal 160.

La figura 8b ilustra componentes del sistema de energía solar 800 en una posición extendida mostrándose la posición del dispositivo de energía solar 150 mediante un contorno discontinuo. Es decir, la figura 8b ilustra un sistema de energía solar 800 en una configuración en la que el dispositivo de energía solar 150 se rota mediante el dispositivo de seguimiento solar 110 a medida que realiza el seguimiento del movimiento solar a lo largo del día (por ejemplo, orientándose hacia el oeste por la tarde, etc.). Tal como se ilustra en la figura 8b, el conjunto de colector solar 200 se extiende fuera del alojamiento principal 230 y se rota alrededor de un eje concéntrico con el alojamiento principal 230 como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, el collarín 854 se desliza sobre el vástago 856 a medida que el conjunto de colector solar 200 se extiende fuera del alojamiento principal 230, y por tanto, el dispositivo de energía solar 150 rota alrededor de la barra pivotante principal 160 sin moverse en dirección axial en relación con la barra pivotante principal 160. Al final del día, las fuerzas proporcionadas por el resorte 252 y/o gravedad debido al peso del conjunto de colector solar 200 provocan que el sistema de energía solar 800 vuelva a la posición ilustrada en la figura 8a.

La disposición de montaje del sistema de energía solar 800 puede utilizarse en una configuración de seguimiento de acimut inclinado tal como se ilustra en las figuras 8a y 8b así como en otras configuraciones (por ejemplo, horizontal, vertical, etc.). Un conjunto de elemento de sujeción deslizante 822 también puede utilizarse en una configuración de panel en tándem tal como se ilustra en las figuras 7a y 7b. Debido a que el dispositivo de energía solar 150 no se eleva mediante el conjunto de elemento de sujeción deslizante 822 en el sistema de energía solar 800, los rodillos helicoidales 730 ilustrados en la figura 7b no son necesarios para orientar múltiples dispositivos de energía solar en una configuración en tándem accionada mediante un único dispositivo de seguimiento solar 110 utilizando el conjunto de elemento de sujeción deslizante 822.

La figura 9 ilustra un sistema de energía solar 900 que emplea un dispositivo de seguimiento solar según formas de realización de la presente invención en combinación con un sistema hidráulico convencional. Un dispositivo de seguimiento solar para el sistema de energía solar 900 puede incluir un conjunto de colector solar 200 sustancialmente como se ha descrito anteriormente, trasladándose la fuerza hidráulica del medio 270 al fluido hidráulico que se utiliza para accionar el mecanismo de seguimiento. Específicamente, la energía mecánica del medio 270 puede transferirse a un sistema hidráulico convencional por medio de un pistón hidráulico como se conoce en la técnica. Una vez que la energía mecánica se transfiere a un fluido hidráulico, puede transferirse a través de un orificio hidráulico 922 a una línea hidráulica 924 y recibirse en una caja 926 de distribución hidráulica. La energía mecánica del sistema hidráulico puede utilizarse entonces para accionar un conjunto de seguimiento inferior 940.

Tal como se ilustra en la figura 9, el conjunto de seguimiento inferior utiliza ranuras helicoidales y los rodillos de levas para rotar el dispositivo de energía solar 150 montado en una barra inclinada 960 para realizar el seguimiento del sol. Por consiguiente, el conjunto de seguimiento inferior 940 rota y extiende el eje 950 fuera del alojamiento de soporte 930 a medida que aumenta la presión hidráulica generada por el medio 270. Al final del día, la gravedad y/u otros medios provocan que el sistema de energía solar 900 vuelva a la posición inicial de manera que el conjunto de colector solar 200 y el dispositivo de energía solar 150 están orientados de nuevo generalmente hacia el este la mañana siguiente. Aunque la figura 9 ilustra un modo de utilizar la presión hidráulica generada por el medio 270 para rotar el sistema de energía solar 900, se apreciará que la presión hidráulica puede utilizarse para accionar una variedad de mecanismos para rotar, inclinar, y/o extender el dispositivo de energía solar 150 y el conjunto de colector solar 200 para realizar el seguimiento del movimiento solar a lo largo del día.

La descripción anterior se ha presentado con los propósitos de ilustración y descripción. Además, la descripción no pretende limitar las formas de realización de la invención a la forma dada a conocer en la presente memoria. Aunque anteriormente se han tratado varios aspectos y formas de realización a modo de ejemplo, los expertos en la materia reconocerán determinadas variaciones, modificaciones, permutaciones, adiciones, y subcombinaciones de los mismos.

Los métodos dados a conocer en la presente memoria comprenden una o más acciones para lograr el método descrito. Las diversas operaciones de los métodos descritos anteriormente pueden realizarse mediante cualquier medio adecuado que pueda realizar las funciones correspondientes. El método y/o acciones pueden intercambiarse entre sí sin alejarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a no ser que se especifique un orden específico de acciones, el orden y/o utilización de acciones específicas puede modificarse sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

Otros ejemplos e implementaciones están dentro del alcance y espíritu de la divulgación y reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, debido a la naturaleza del software, las funciones descritas anteriormente pueden implementarse utilizando software ejecutado por un procesador, hardware, micro-instrucción, cableado físico, o combinaciones de los mismos. También pueden ubicarse físicamente funciones de implementación de características en diversas posiciones, incluyendo distribuidas de manera que partes de funciones se implementan en diferentes ubicaciones físicas. También, como se utiliza en la presente memoria, incluyendo en las reivindicaciones, "o" como se utiliza en

una lista de elementos precedidos por “por lo menos uno de” indica una lista disyuntiva de manera que, por ejemplo, una lista de “por lo menos uno de A, B, o C” significa A o B o C o AB o AC o BC o ABC (es decir, A y B y C). Además, el término “a modo de ejemplo” no significa que el ejemplo descrito sea preferido o mejor que otros ejemplos.

5 Pueden realizarse diversos cambios, sustituciones, y alteraciones a las técnicas descritas en la presente memoria sin apartarse de la tecnología de las enseñanzas tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Además, el alcance de la divulgación y las reivindicaciones no se limita a los aspectos particulares del proceso, máquina, fabricación, composición, medios, métodos, y acciones descritos anteriormente. Pueden utilizarse
10 procesos, máquinas, fabricaciones, composiciones, medios, métodos, o acciones, que existan actualmente o se desarrollen más adelante, que realicen sustancialmente la misma función o logren sustancialmente el mismo resultado que los aspectos correspondientes descritos en la presente memoria. Por consiguiente, las reivindicaciones adjuntas incluyen dentro de su alcance dichos procesos, máquinas, fabricación, composiciones, medios, métodos o acciones.

15

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de seguimiento solar que puede emplearse en un sistema de energía solar, comprendiendo el dispositivo de seguimiento solar:

un colector solar que presenta un lugar geométrico focal;

un receptor solar que presenta un eje central, estando el receptor solar montado en el colector solar de manera que el eje central esté sustancialmente en el lugar geométrico focal del colector solar;

un medio en comunicación térmica con el receptor solar, en el que el medio experimenta un cambio de fase de una fase sólida a una fase líquida a una temperatura predeterminada; y

un pistón dispuesto parcialmente dentro del receptor solar y coaxial con el receptor solar, caracterizado por que el colector solar está acoplado de manera giratoria a un alojamiento alrededor de un eje de rotación y la fuerza hidráulica de la expansión del medio provocada por una radiación solar incidente sobre el colector solar dentro de un ángulo de aceptación del colector solar provoca una fuerza sobre el pistón con respecto al receptor solar para accionar una rotación del colector solar alrededor del eje de rotación en una dirección de desplazamiento solar.

2. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, en el que el medio comprende cera de parafina.

3. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, en el que la expansión del medio acciona una extensión de un eje acoplado al receptor solar axialmente fuera del alojamiento concéntrico con el eje.

4. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, que además comprende:

un eje hueco concéntrico con el pistón y accionado de manera deslizante con el pistón, estando el eje hueco acoplado al receptor solar;

un rodillo de leva acoplado al eje; y

un alojamiento anular concéntrico con el eje hueco, presentando el alojamiento un perfil de desplazamiento de leva, en el que el rodillo de leva está accionado de manera deslizante con el perfil de desplazamiento de leva, y en el que el perfil de desplazamiento de leva y el rodillo de leva convierten el movimiento lineal del eje hueco con respecto al alojamiento provocado por la fuerza sobre el pistón con respecto al receptor solar en un movimiento giratorio simultáneo del eje hueco con respecto al alojamiento anular.

5. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, en el que el sentido de rotación del colector solar provocado por la expansión del medio comprende un sentido de rotación de acimut solar.

6. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, en el que el eje de rotación está inclinado a un ángulo de inclinación de eje relacionado con un ángulo de elevación solar.

7. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, en el que una proyección del eje de rotación sobre la superficie terrestre está sustancialmente en una orientación norte-sur.

8. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, que además comprende una envolvente de receptor transparente concéntrica con el receptor solar y separada de la superficie externa del receptor solar por una separación.

9. Dispositivo de energía solar según la reivindicación 1, en el que el colector solar comprende un concentrador solar.

10. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, en el que el medio presenta una entalpía de fusión superior a 200 Julios por gramo.

11. Dispositivo de seguimiento solar según la reivindicación 1, en el que el medio se expande aproximadamente del 10 al 20 por ciento a medida que pasa de la fase sólida a la fase líquida.

12. Método de seguimiento solar, que comprende:

concentrar la radiación solar incidente con un colector solar, enfocando el colector solar la radiación solar incidente que presenta un ángulo de incidencia dentro de un ángulo de aceptación del colector solar en un lugar geométrico focal del colector solar;

absorber la radiación solar concentrada en un receptor solar que está dispuesto sustancialmente en el lugar geométrico focal del colector solar;

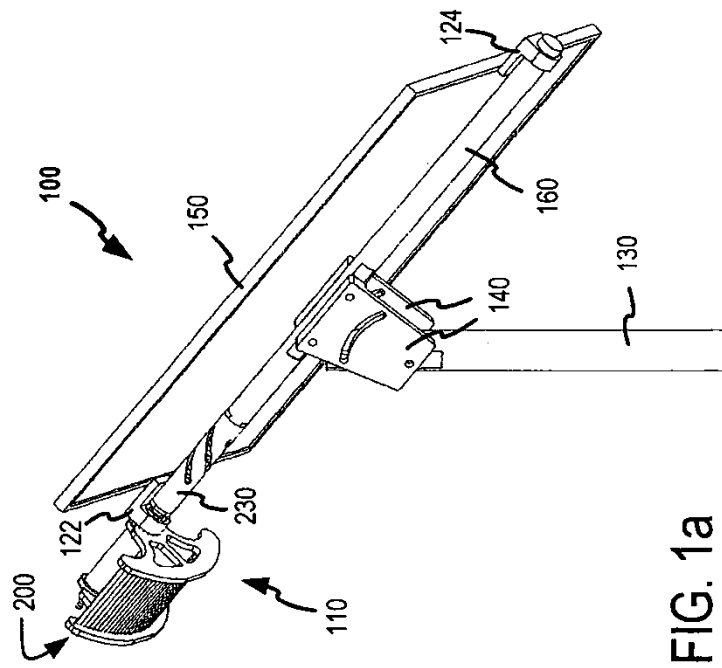
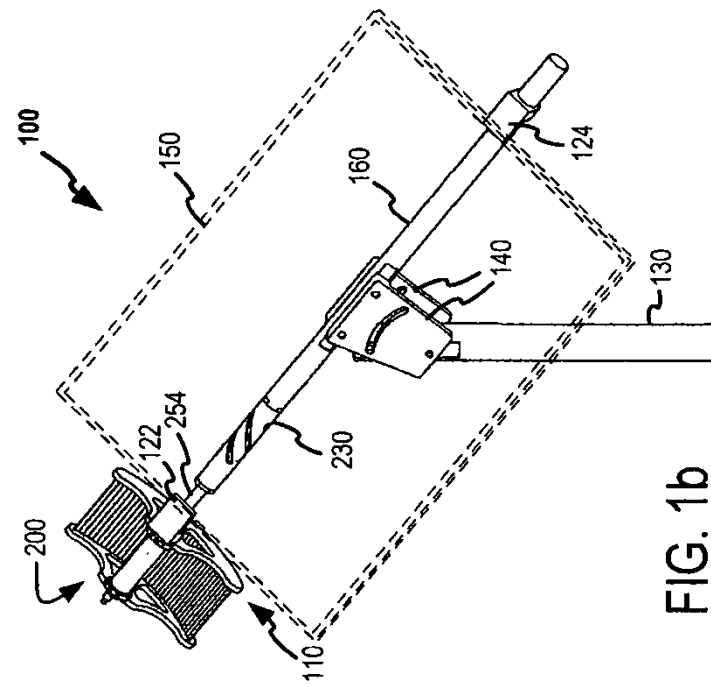
5 transferir energía de la radiación solar concentrada absorbida mediante el receptor solar a un medio, expandiéndose el medio al aumentar la temperatura del medio, experimentando el medio un cambio de fase de una fase sólida a una fase líquida a una temperatura predeterminada; y

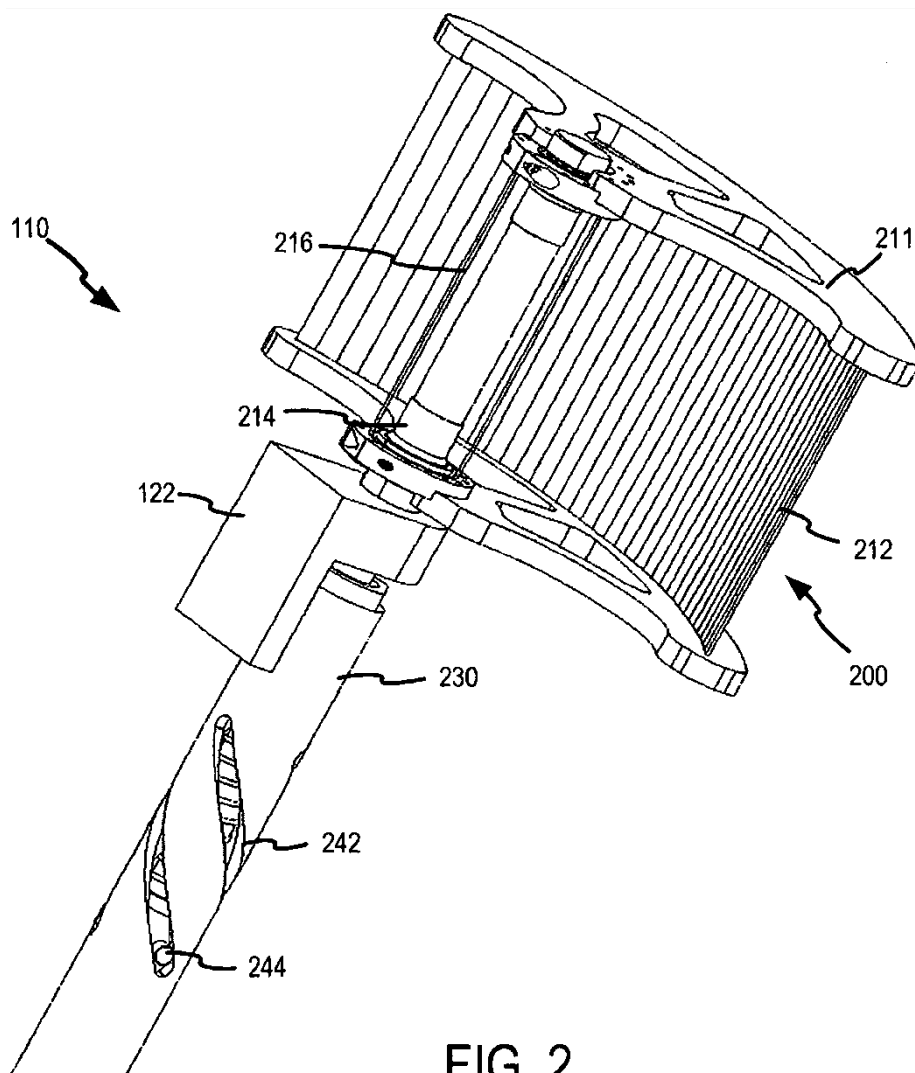
10 accionar, basándose en la fuerza hidráulica de la expansión del medio, un pistón dispuesto parcialmente dentro del receptor solar y coaxial con el receptor solar para provocar una rotación del colector solar en una dirección de desplazamiento solar.

13. Método según la reivindicación 12, que además comprende devolver el colector solar a una posición inicial después de un final de un periodo de seguimiento por lo menos parcialmente mediante una fuerza gravitacional sobre el medio.

15 14. Método según la reivindicación 12, que además comprende devolver el colector solar a una posición inicial después de un final de un periodo de seguimiento por lo menos parcialmente mediante una fuerza de resorte mecánico.

20 15. Método según la reivindicación 12, en el que el medio se expande aproximadamente del 10 al 20 por ciento a medida que pasa de la fase sólida a la fase líquida.





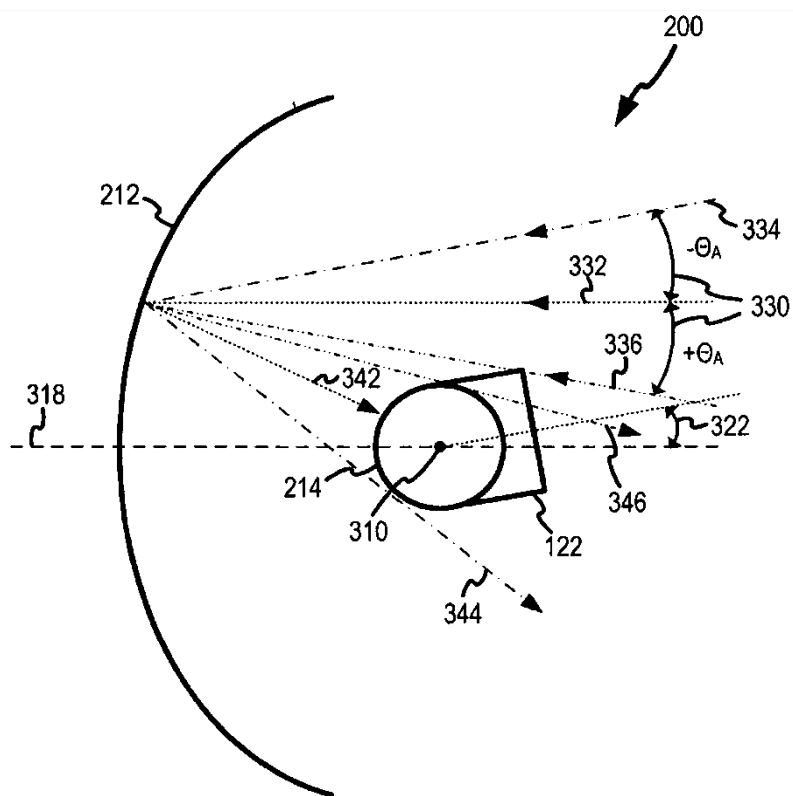


FIG. 3

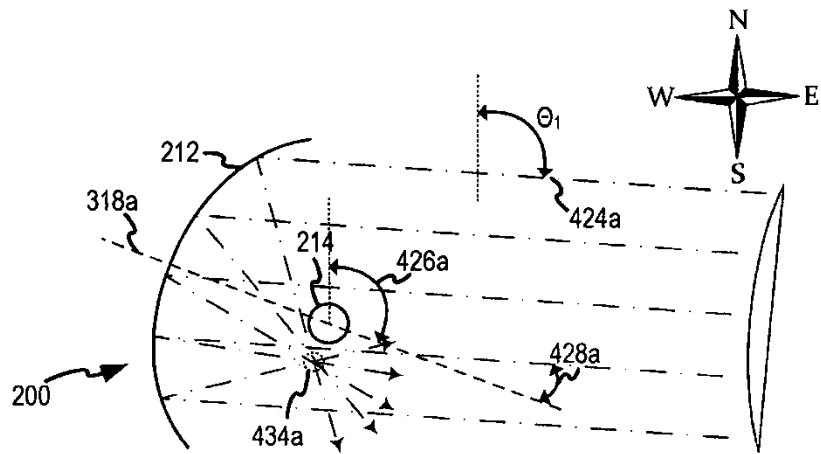


FIG. 4a

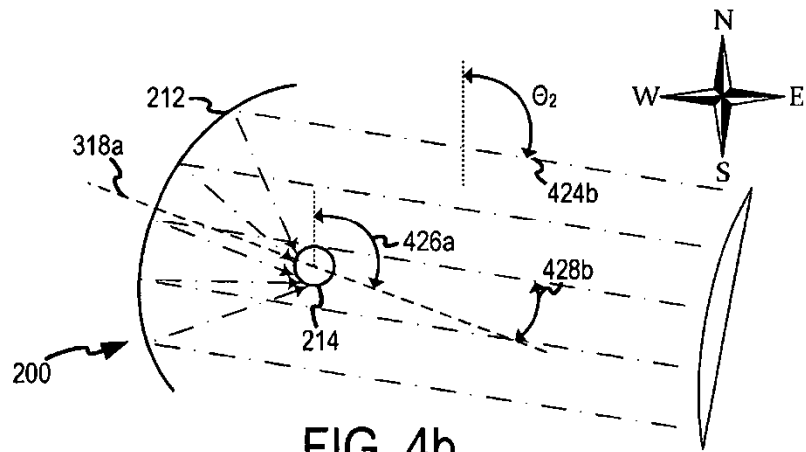


FIG. 4b

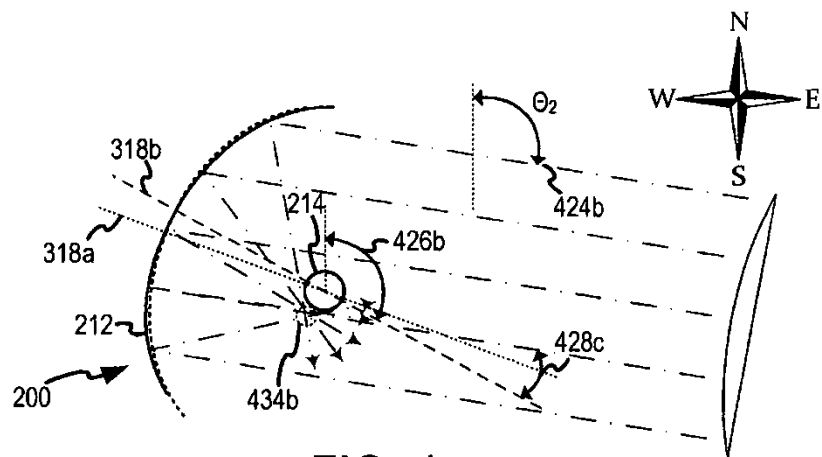


FIG. 4c

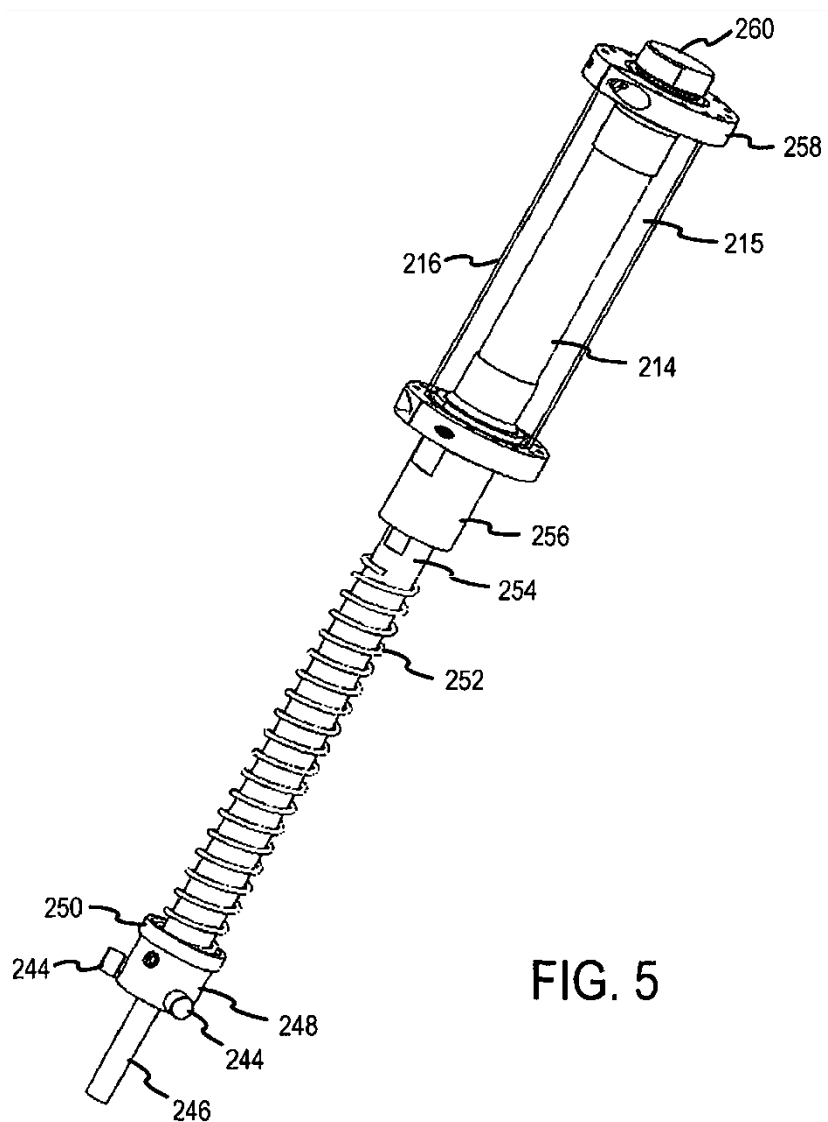


FIG. 5

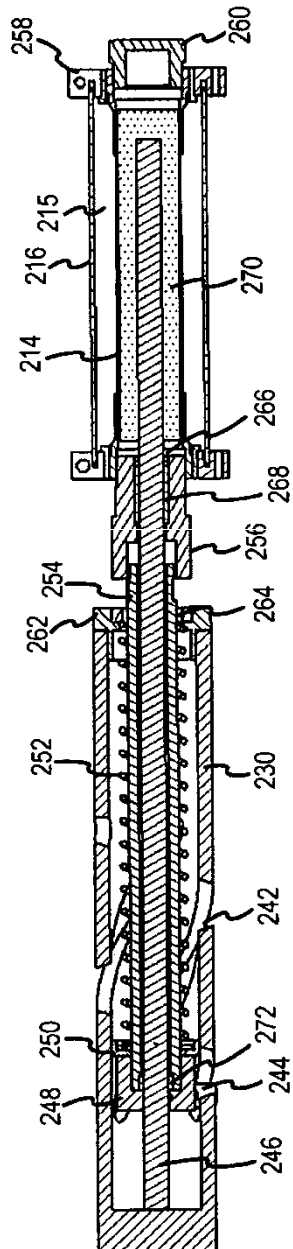


FIG. 6a

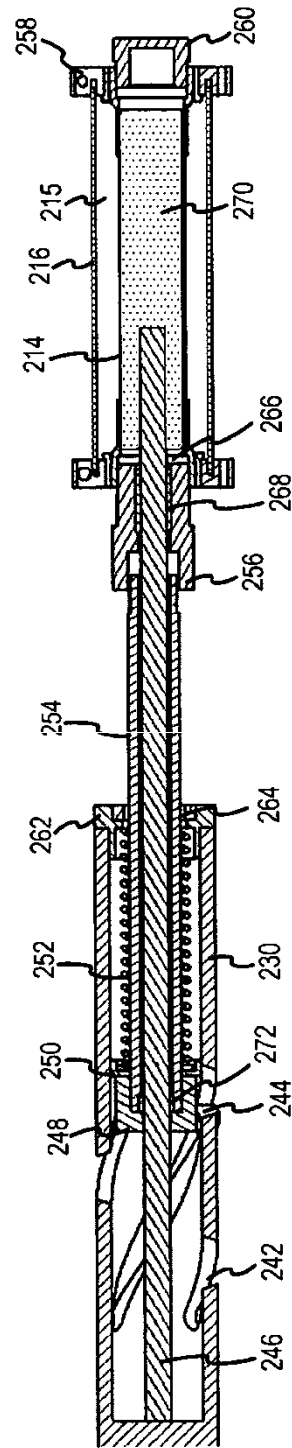


FIG. 6b

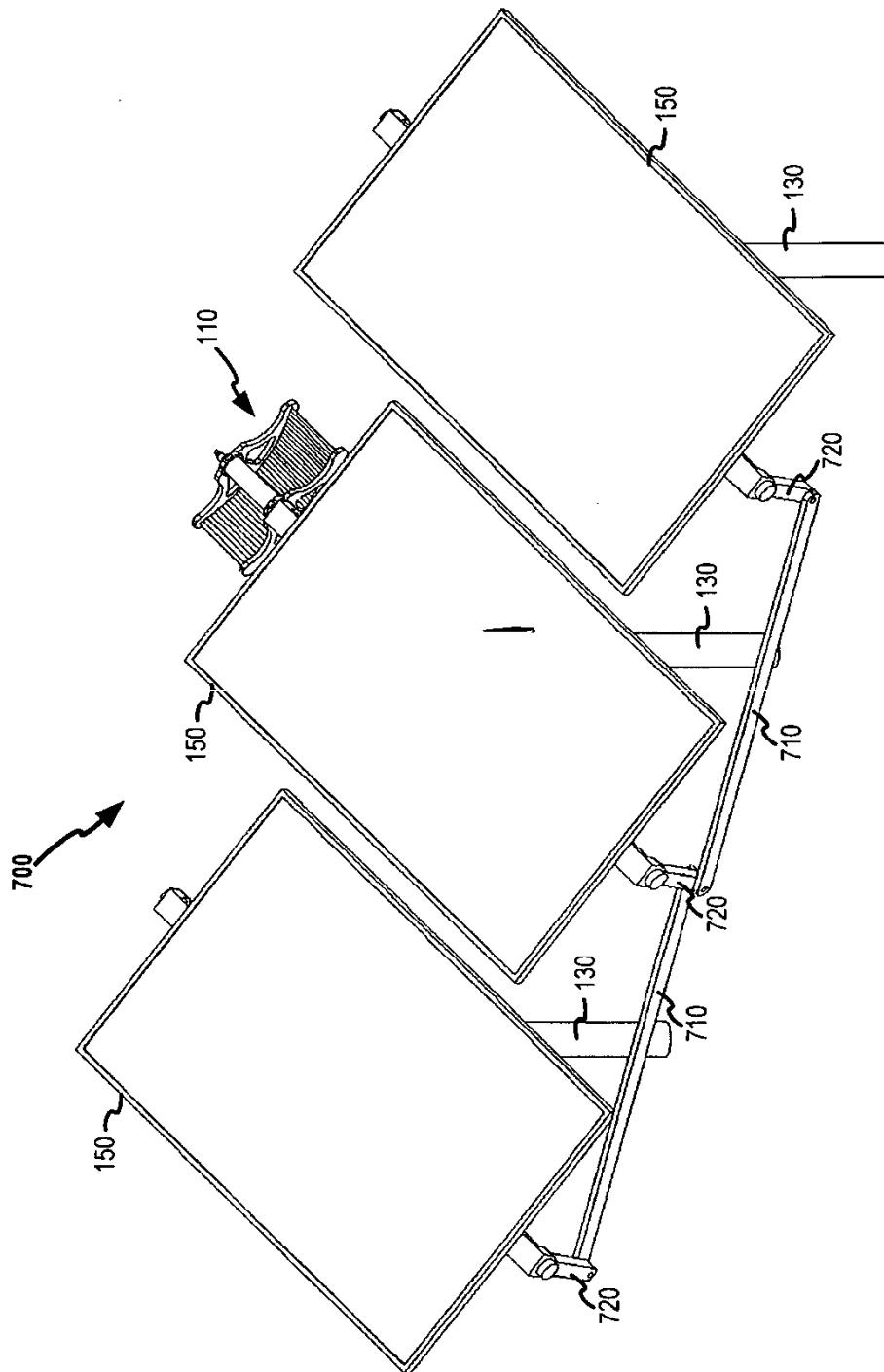


FIG. 7a

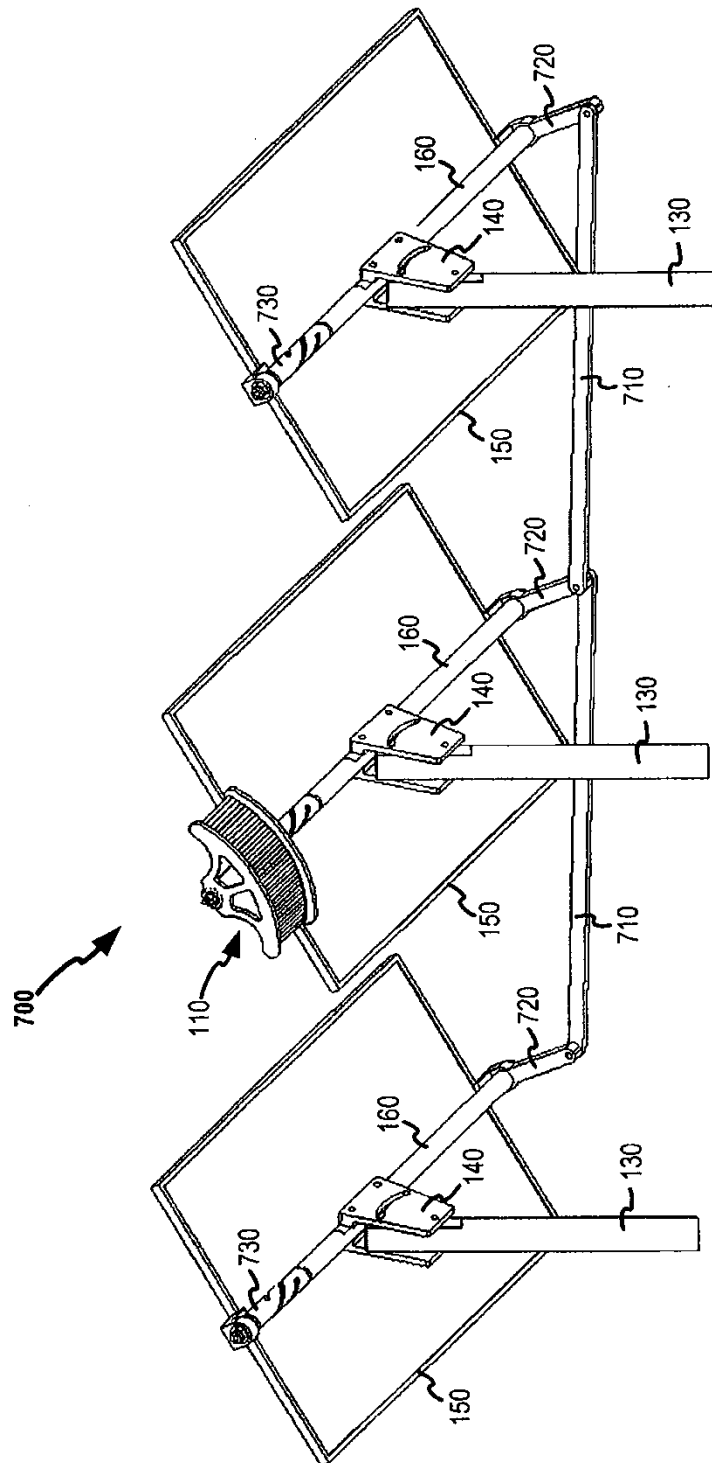
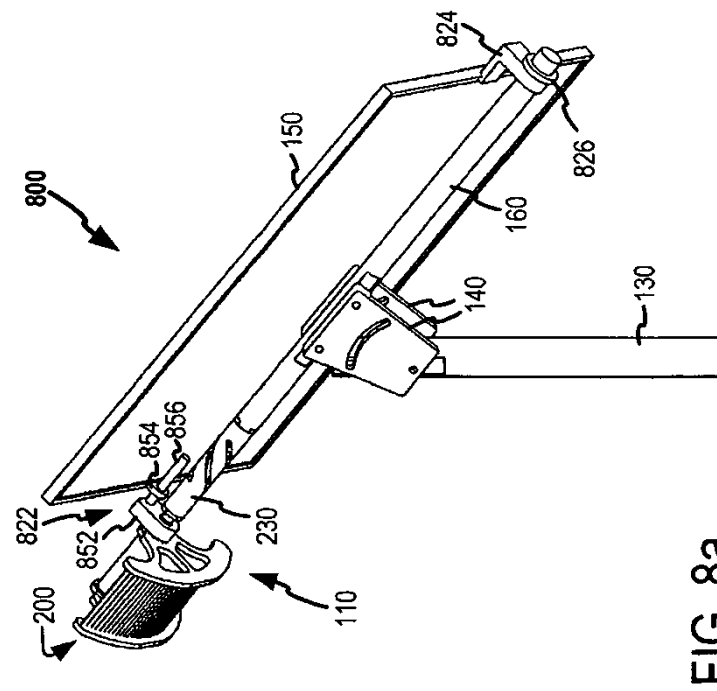
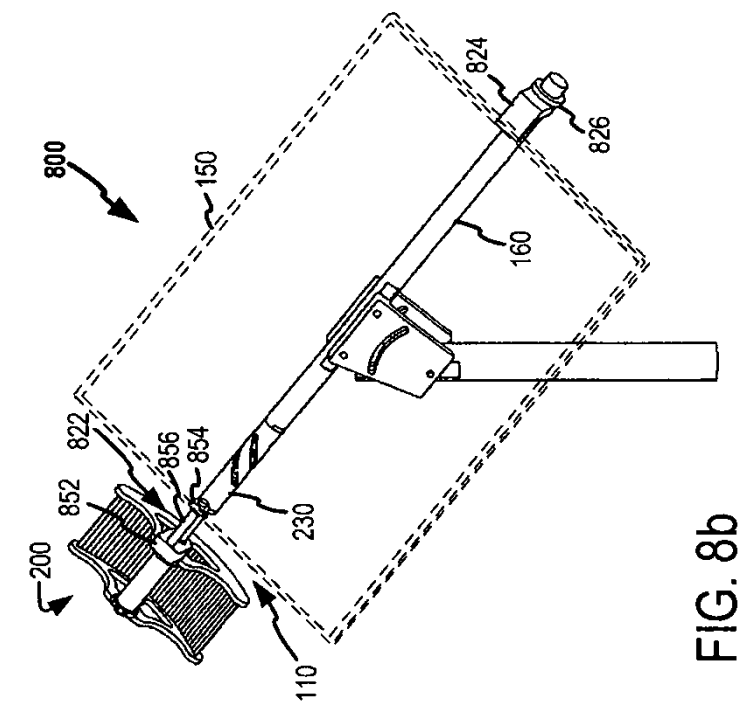


FIG. 7b



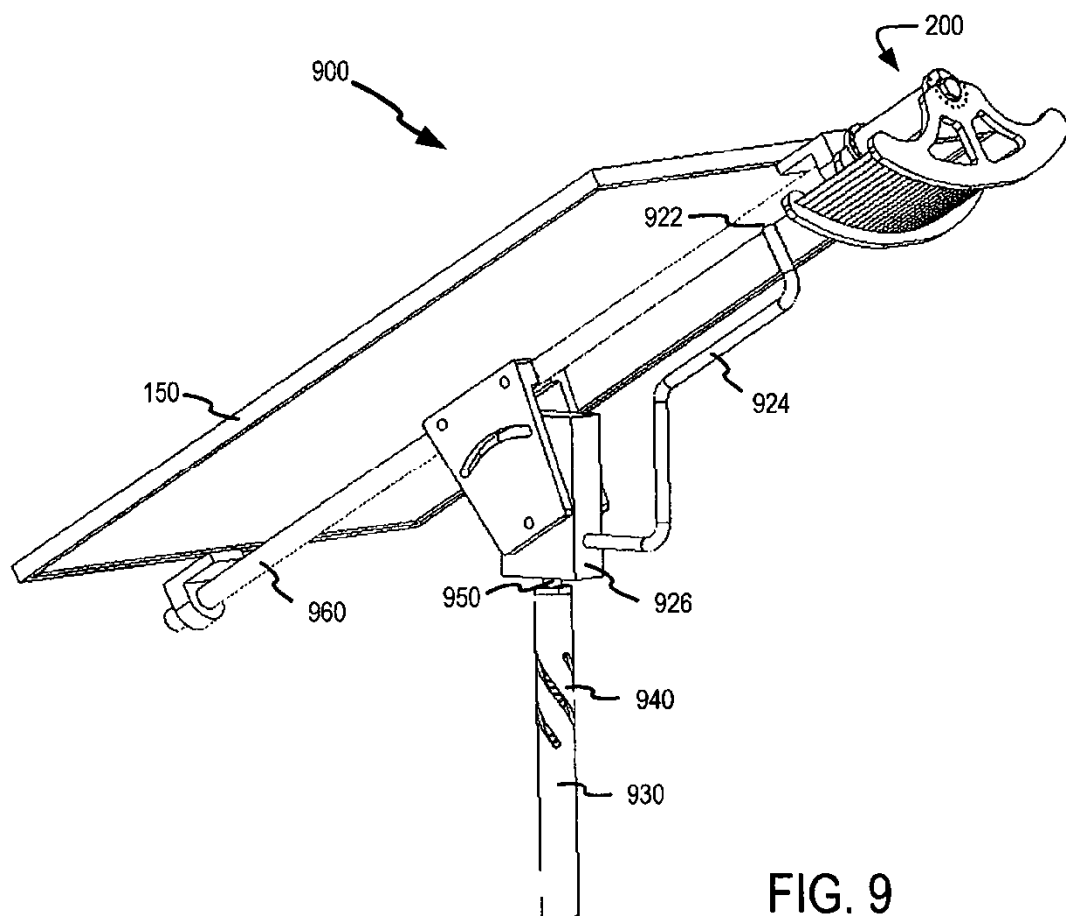


FIG. 9