

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 042**

51 Int. Cl.:

F24J 2/16 (2006.01)

F24J 2/54 (2006.01)

F24J 2/07 (2006.01)

F24J 2/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2008 E 08795682 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 2193314**

54 Título: **Paneles solares de Fresnel lineales**

30 Prioridad:

27.08.2007 US 7926
05.02.2008 US 12829
05.02.2008 US 12821
05.02.2008 US 12920

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

16.04.2013

73 Titular/es:

AREVA SOLAR, INC (100.0%)
303 RAVENDALE DRIVE
MOUNTAIN VIEW CA 94043, US

72 Inventor/es:

MILLS, DAVID, R.;
SCHRAMEK, PHILIPP;
LE LIEVRE, PETER, K.;
DEGRAAFF, DAVID, B.;
JOHNSON, PETER, L. y
HOERMANN, ALEXANDER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 401 042 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

Paneles solares de Fresnel lineales

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud provisional US No. 61/007,926 presentada el 27 de agosto de 2007, titulada "Paneles solares de Fresnel lineales". La presente solicitud también reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente US No. 12/012,920 presentada el 5 de febrero de 2008, titulada "Paneles solares de Fresnel lineales y componentes para los mismos", la solicitud de patente US No. 12/012,829 presentada el 5 de febrero de 2008, titulada "Paneles solares de Fresnel lineales y receptores para los mismos", y la solicitud de patente US No. 12/012,821 presentada el 5 de febrero de 2008, titulada "Paneles solares de Fresnel lineales y accionadores para los mismos".

Antecedentes de la invención

15 Los sistemas de colectores de energía solar del tipo denominado sistemas reflectores de Fresnel lineales ("LFR") son relativamente bien conocidos y están constituidos por un campo de reflectores lineales que están dispuestos en filas paralelas una al lado de la otra y están orientados para reflejar radiación solar incidente a un receptor común elevado. El receptor es iluminado por la radiación reflejada, para el intercambio de energía, y el receptor típicamente se extiende en paralelo a las filas de reflectores. Además, el receptor normalmente (pero no necesariamente) se coloca entre dos campos adyacentes de reflectores, y n receptores separados pueden ser iluminados por los reflejos de $(n + 1)$ o, alternativamente, $(n - 1)$ campos de reflectores, en algunas circunstancias con cualquier receptor que está siendo iluminado por la radiación reflejada desde dos campos de reflector adyacentes.

20 En las implementaciones de los sistemas LFR más conocidos, el receptor o receptores y las respectivas filas de reflectores están en condiciones de extenderse linealmente en una dirección de norte a sur, con los campos de reflectores dispuestos simétricamente alrededor de los receptores y los reflectores montados accionados de forma pivotante hasta un ángulo próximo a 90° para realizar un seguimiento del movimiento de este a oeste (es decir, el movimiento aparente) del sol durante sucesivos períodos diurnos. Esta configuración requiere que las filas adyacentes de reflectores estén separadas con el fin de evitar el bloqueo o la sombra o de un reflector por otro y, por lo tanto, con el fin de optimizar la reflexión de la radiación incidente. Esto limita la utilización del suelo a aproximadamente el 70% y disminuye el rendimiento del sistema debido a derrames exacerbados en el receptor de la radiación desde reflectores distantes.

30 Como un enfoque alternativo, un estudio de diseño de proyecto 1979 (Ref Di Canio et al; Informe Final 1977-79 DOE/ET/20426-1) propuso un sistema LFR que se extiende de este a oeste. Se ha esperado que los sistemas LFR que tienen orientaciones de norte a sur superen los sistemas LFR que tienen orientaciones este a oeste en la mayoría de las latitudes, sin embargo. El documento WO 02/12799 divulga un sistema de este a oeste.

Sumario de la invención

35 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema colector de energía solar que comprende un receptor lineal elevado que se extiende generalmente en dirección de este a oeste, un campo reflector polar situado en el lado polar del receptor, y un campo reflector ecuatorial situado en el lado ecuatorial del receptor. Cada campo reflector comprende reflectores colocados en una o más filas paralelas una al lado de la otra que se extienden generalmente en la dirección de este a oeste. Los reflectores en cada campo están dispuestos para reflejar la radiación solar incidente en el receptor durante el movimiento diurno de este a oeste del sol y accionado de manera pivotante para mantener la reflexión de la radiación solar incidente en el receptor durante el movimiento cíclico diurno de norte a sur del sol. El campo reflector polar comprende más filas reflectoras que el campo reflector ecuatorial.

45 Esta realización, características y ventajas de la presente invención serán más evidentes para los expertos en la técnica cuando se toman con referencia a la siguiente descripción más detallada de la invención, en conjunción con los dibujos adjuntos que se describen primero brevemente.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra esquemáticamente una porción de un sistema colector solar de reflector Fresnel lineal ("LFR") de acuerdo con una variación de la presente invención, teniendo el sistema un solo receptor y campos reflectores situados al norte y al sur del receptor.

50 La figura 2 muestra una representación esquemática del sistema LFR de la figura 1, visto en la dirección de la flecha 3, tal como se muestra en la figura 1.

La figura 3 ilustra la relación entre el área efectiva de un reflector, la anchura del reflector, y el ángulo de incidencia de la radiación solar incidente en el reflector.

La figura 4 muestra esquemáticamente una porción de un sistema LFR como en la figura 1, pero con el receptor

inclinado respecto a la horizontal en la dirección del campo reflector polar.

La figura 5 muestra una representación más detallada de un sistema LFR de ejemplo del tipo mostrado en las figuras anteriores, pero con dos receptores sustancialmente paralelos.

5 La figura 6 muestra una representación esquemática de una estructura del receptor de ejemplo soportada por un puntal y estabilizada por cables tensores asimétricos.

La figura 7 muestra gráficos de eficiencia anual del área reflectora en función del ángulo de inclinación del receptor para tres configuraciones de panel LFR de este a oeste.

Las figuras 8A y 8B muestran representaciones esquemáticas de una estructura del receptor de ejemplo, con la figura 8B mostrando una porción de la estructura del receptor que está rodeada por el círculo A en la figura 8A.

10 Las figuras 9A-9F muestran representaciones esquemáticas de otra estructura del receptor de ejemplo, con las figuras 9A-9C mostrando vistas parciales en perspectiva, la figura 9D mostrando una vista en sección transversal, la figura 9E mostrando el detalle de una estructura de ventana, y la figura 9F ilustrando la abertura asimétrica de la estructura del receptor.

15 La figura 10 muestra una representación esquemática de un ejemplo de configuración de separaciones entre los tubos de absorción en un receptor.

Las figuras 11A-11E muestran ejemplos de disposiciones de flujo de fluido a través de un receptor.

La figura 12 muestra una vista en perspectiva de un reflector de acuerdo con una variación.

La figura 13 muestra una vista en perspectiva de un reflector de acuerdo con otra variación.

La figura 14 muestra en una escala ampliada una porción de una disposición de montaje para un reflector.

20 La figura 15 muestra en una escala ampliada una porción de un reflector y un sistema de accionamiento para el reflector de acuerdo con una variación.

Descripción detallada de la invención

25 La siguiente descripción detallada debe leerse con referencia a los dibujos, en los que números de referencia idénticos se refieren a elementos similares en las diferentes figuras. Los dibujos, que no están necesariamente a escala, representan realizaciones selectivas y pretenden limitar el alcance de la invención. La descripción detallada ilustra a modo de ejemplo, no a modo de limitación, los principios de la invención. Esta descripción permitirá claramente a un experto en la materia realizar y utilizar la invención, y describe varias realizaciones, adaptaciones, variaciones, alternativas y usos de la invención, incluyendo lo que actualmente se cree que es el mejor modo de llevar a cabo la invención.

30 Además, hay que señalar que, tal como se usa en esta memoria y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una", "el" y "la" incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, el término "paralelo" se entiende que significa "sustancialmente paralelo" y que abarca desviaciones menores de geometrías paralelas, más que requerir que las filas paralelas de reflectores, por ejemplo, o cualquier otra disposición paralela aquí descrita sea exactamente paralela. La frase "en general en la dirección este a oeste", tal como se utiliza aquí quiere indicar una dirección ortogonal al eje de rotación de la Tierra con una tolerancia de +/- 45°. Por ejemplo, al referirse a una fila de reflectores que se extienden generalmente en la dirección de este a oeste, significa que la fila de reflectores se encuentra perpendicular al eje de rotación de la Tierra con una tolerancia de +/- 45°.

40 Se divulgan aquí ejemplos y variaciones de paneles solares LFR asimétricos de este a oeste, receptores para recibir y captar la radiación solar recogida por los paneles solares LFR, y reflectores que se pueden utilizar en paneles solares LFR. Por conveniencia y claridad, paneles LFR asimétricos de este a oeste, receptores, y reflectores se describen en detalle a continuación en tres secciones separadas. Esta organización de la descripción detallada no tiene la intención de ser limitativa, sin embargo. Cualquier receptor adecuado o reflector, descrito en este documento, conocido para un experto normal en la técnica, o desarrollado posteriormente, se puede usar en los paneles asimétricos aquí divulgados. Además, los receptores y los reflectores que se describen aquí pueden utilizarse, cuando sea apropiado, en otros paneles solares LFR de este a oeste conocidos por un experto normal en la técnica o desarrollados posteriormente, así como en paneles solares LFR de norte a sur conocidos por un experto ordinario en la técnica o desarrollados posteriormente.

Paneles LFR asimétricos de este a oeste

50 Un panel solar LFR en el que un receptor y filas de reflectores que están orientadas generalmente en dirección este a oeste puede tener una configuración asimétrica, como resultado, por ejemplo, de números asimétricos (es decir, diferentes) de filas de reflectores en los lados polar y ecuatorial del receptor y/o como resultado de la separación

asimétrica entre las filas en los lados opuestos del receptor. Tal como se explica más adelante, en algunas variaciones, estas asimetrías pueden mejorar el rendimiento del panel asimétrico de este a oeste en comparación con los paneles LFR de este a oeste o los paneles LFR de norte a sur simétricos. Números asimétricos de filas, separación de filas asimétrica, y ejemplos de configuración asimétrica LFR de este a oeste se describen a continuación en tres subsecciones.

Números asimétricos de filas

En referencia a las figuras 1 y 2, un ejemplo de panel solar LFR de este a oeste comprende un receptor elevado que se extiende generalmente en dirección de este a oeste y situado entre dos campos reflectores a nivel del suelo 10P y 10E. El campo reflector 10P está situado en el lado polar del receptor (es decir, hacia el lado norte N en el caso de un sistema del hemisferio norte) y el campo reflector 10E está situado en el lado ecuatorial del receptor (es decir, hacia el lado sur S en el caso de un sistema del hemisferio norte). Los campos reflectores 10P y 10E comprenden, respectivamente, filas de reflectores $12P_1-12P_M$ paralelas una al lado de la otra y filas de reflectores $12E_1-12E_N$ paralelas una al lado de la otra, que también se extienden en la dirección general de este a oeste. Las filas de reflector polares están separadas entre sí por separaciones $15P_{x, x+1}$, donde x identifica una fila particular. Como un ejemplo, la separación $15P_{1,2}$ se identifica en la figura. De manera similar, las filas ecuatoriales están separadas por separaciones $15E_{x, x+1}$, con $15E_{1,2}$ identificado en la figura.

Los reflectores en campos 10P y 10E están dispuestos y colocados para reflejar la radiación solar incidente (por ejemplo, los rayos 13) en el receptor 5 durante movimiento diurno del sol de este a oeste en la dirección indicada por la flecha 20 (figura 2). Además, los reflectores están accionados de manera pivotante para mantener la reflexión de la radiación solar incidente en el receptor 5 durante el movimiento cíclico diurno del sol de norte a sur en las direcciones (inclinación y declive) indicadas por la flecha 21 (figura 1).

Los inventores han descubierto que en algunos casos la mejor eficiencia de captación de radiación solar anual para un panel LFR de este a oeste que tiene un número total de filas de reflectores sustancialmente idénticas $M + N$ se produce para configuraciones en las que el número total de filas M en el campo polar 10P es mayor que el número total de filas N en el campo ecuatorial 10E. Los inventores creen actualmente que esto ocurre porque los reflectores en el campo polar 10P en algunos casos pueden proporcionar un área reflectora eficaz significativamente mayor y producir imágenes mejor enfocadas en el receptor que lo hacen los reflectores en el campo ecuatorial 10E colocados en similares distancias (o incluso más cortas) desde el receptor.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 3, la anchura efectiva d del reflector proporcionada por un reflector (por ejemplo, reflector $12E_N$) que tiene una anchura D y orientado en un ángulo de incidencia θ entre los rayos incidentes 13 y un eje Z perpendicular al reflector es $d = D \cos(\theta)$. Por lo tanto, el área efectiva de un reflector disminuye a medida que aumenta el ángulo de incidencia. Además, aberraciones ópticas tales como astigmatismo, por ejemplo, aumentan a medida que aumenta el ángulo de incidencia. Estas aberraciones ópticas difuminan el foco de la radiación solar reflejada por un reflector en el receptor y, por lo tanto, disminuyen la eficiencia de recogida.

El sol diurno se mueve a través un ángulo menor de 90° en la dirección de norte a sur, en comparación con un ángulo de unos 180° en la dirección de este a oeste. Por lo tanto, en contraste con los paneles LFR de norte a sur, el movimiento de pivote total impartido a cada reflector en los campos reflectores 10P y 10E (figura 1) es inferior a 45° durante cada periodo diurno. Como consecuencia, los ángulos de incidencia de los reflectores en el campo polar 10P son siempre mayores que los de los reflectores en el campo ecuatorial 10E. Los inventores han reconocido que, como consecuencia adicional, un reflector en el campo polar tendrá una mayor área efectiva y producirá un mejor enfoque en el receptor que un reflector idéntico en el campo ecuatorial colocado a la misma distancia desde el receptor. Los inventores han descubierto que estos efectos se pueden explotar para aumentar la eficiencia de recogida de luz en un panel solar LFR de este a oeste poniendo más filas de reflectores en el campo polar que en el campo ecuatorial.

Las mejoras en la eficiencia de captación resultantes de poner más de un número total de filas de reflectores en el lado polar que en el lado ecuatorial de un receptor en un panel LFR de este a oeste se puede compensar, en cierta medida, por el aumento resultante en el número de reflectores en distancias más largas desde el receptor y por la posibilidad de filas ecuatoriales separadas muy cercanas (descritas más adelante en la sección de separación asimétrica). Como la distancia entre un reflector y el receptor aumenta, la longitud focal requerida para el reflector y, por lo tanto, el tamaño de la imagen enfocada en el receptor, también aumenta. Esto puede reducir la eficiencia de captura si el punto enfocado es más grande que el receptor, por ejemplo. Además, el ángulo de incidencia sobre una superficie receptora orientada horizontalmente (por ejemplo, una ventana transparente) hecha por rayos de luz reflejada por uno de los reflectores al receptor aumenta cuando la distancia entre el reflector y el receptor aumenta. Esto puede aumentar la pérdida de luz recogida debido a la reflexión en el receptor. Por consiguiente, el número óptimo de filas de reflectores en el campo ecuatorial es típicamente, aunque no necesariamente, mayor que cero.

Las mejoras en la eficiencia de captación resultantes de poner más de un número total de filas de reflectores en el lado polar que en el lado ecuatorial de un receptor en un panel LFR de este a oeste también pueden verse afectadas por la altura a la que está posicionado el receptor, la orientación (inclinación) del receptor respecto a la horizontal, y la latitud (distancia angular al norte o al sur del ecuador) en la que el panel está situado. Generalmente, las mejoras

resultantes en la eficiencia de captura se espera que aumenten con la latitud, y que sean más pronunciadas para más cortas que para los receptores más altos. La eficiencia de captura puede aumentar aún más mediante la inclinación del receptor en un ángulo ϕ (figura 4) respecto a la horizontal en la cara del campo reflector polar. La inclinación del receptor en la dirección polar puede aumentar aún más el número óptimo de filas de reflectores en el campo polar.

Separaciones asimétricas de las filas

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, los inventores han reconocido además que, como consecuencia de la orientación generalmente de este a oeste del panel, los reflectores en el campo reflector ecuatorial 10E en todo momento están dispuestos en un ángulo con la horizontal que es sustancialmente más agudo que el de los reflectores en el campo reflector polar 10P. Por lo tanto, el potencial para la sombra de los reflectores en el campo ecuatorial 10E será pequeño en relación a la aplicable a los reflectores en el campo polar 10P.

Esto permite una separación más cercana de las filas ecuatoriales que de las filas polares y, por lo tanto, resulta en una reducción en el área total del campo en relación con la requerida para un panel en el que las filas de reflectores están dispuestas con una separación simétrica alrededor de un receptor, tal como en los sistemas LFR típicos de norte a sur. Además, debido a la disposición cercana a la horizontal de los reflectores en el campo ecuatorial 10E y el empaquetado cercano de las filas de reflectores que lo permite, las filas ecuatoriales de reflectores se pueden colocar más cerca del receptor que las filas correspondientes en un panel LFR de norte a sur o que las filas correspondientes en el campo polar 10P, disminuyendo así el tamaño de la imagen enfocada y reduciendo los derrames de radiación en el receptor. Los inventores han descubierto que estos efectos se pueden explotar para aumentar la eficiencia de captación de radiación solar anual en un panel solar LFR de este a oeste mediante la separación de manera asimétrica de las filas de reflectores en los lados opuestos del receptor.

Las filas en el lado opuesto del receptor pueden en algunas variaciones ventajosamente estar separadas asimétricamente, por ejemplo, mediante el mantenimiento de separaciones entre filas polares constantes $15P_{x, x+1}$ y ecuatoriales constantes $15E_{x, x+1}$, con $15P_{x, x+1} > 15E_{x, x+1}$; mediante el mantenimiento de una separación ecuatorial constante $15E_{x, x+1}$ que es más pequeña que todas las separaciones polares $15P_{x, x+1}$, con las separaciones polares $15P_{x, x+1}$ aumentando con la distancia desde el receptor, o teniendo separaciones de filas polares $15P_{x, x+1}$ y ecuatoriales $15E_{x, x+1}$, cada una aumentando con la distancia desde el receptor con las separaciones de las filas ecuatoriales $15E_{x, x+1}$, más pequeñas que las correspondientes (es decir, entre los números de fila correspondientes) filas polares $15P_{x, x+1}$. Más generalmente, la separación de filas asimétrica tal como se usa aquí pretende incluir todas las variaciones en las que algunas o todas las filas correspondientes en lados opuestos de un receptor no están simétricamente separadas. La separación asimétrica puede, en algunas variaciones, resultar en que algunas o en todas las filas ecuatoriales estén colocadas más cerca del receptor que las correspondientes filas polares.

Las mejoras en la eficiencia de la captación resultante de la separación asimétrica de las filas de reflectores en lados opuestos del receptor puede verse afectados por la altura a la que se coloca el receptor, la orientación (inclinación) del receptor desde la horizontal, y la latitud (distancia angular norte o sur desde el ecuador) en la que se encuentra la panel. Generalmente, las mejoras resultantes en la eficiencia de la captura se espera que aumenten con la latitud, y que sean más pronunciadas para los receptores más cortos que para los más altos.

Los paneles LFR de este a oeste aquí descritos, en los que las filas de reflectores en lados opuestos de un receptor están asimétricamente separadas tal como se ha descrito anteriormente pueden, en algunas variaciones, lograr relaciones de reflector respecto al área de suelo mayores que aproximadamente el 70%, mayores que aproximadamente el 75%, o mayores que aproximadamente el 80%.

La separación asimétrica entre filas se describe también en la solicitud de patente internacional N° PCT AV2007/001232, titulada "Sistema de captación de energía que tiene reflectores lineales que se extienden de este a oeste", presentada el 27 de agosto de 2007, asignada a Solar Heat and Power Pty Ltd., de la que David Mills y Peter Le Lievre son los inventores.

Configuraciones de paneles de ejemplo

Haciendo referencia ahora a la figura 5, otro sistema LFR de ejemplo del tipo mostrado en las figuras anteriores comprende campos de reflectores polares 10P y ecuatoriales 10E que comprenden reflectores 12a alineados (y, por ejemplo, interconectados) en filas paralelas 12P, 12E que se extienden generalmente en dirección de este a oeste. Además, este sistema LFR de ejemplo comprende dos receptores 5 paralelos, cada uno de los cuales está constituido por estructuras de receptores 5a alineados (y, por ejemplo, interconectados). Los reflectores 12a pueden ser accionados de forma colectiva o regional, como filas o individualmente, para seguir el movimiento del sol. Los reflectores 12a están orientados para reflejar la radiación incidente a los respectivos de los receptores 5 de la manera descrita con referencia a las figuras anteriores.

Un sistema LFR completo podría ocupar un área de suelo de, por ejemplo, aproximadamente 5×10 m² a aproximadamente 25×10^6 m². El sistema, tal como se ilustra en la figura 5, puede considerarse como una única porción de un sistema LFR mayor que tiene una pluralidad de receptores dispuestos uno al lado del otro y paralelos entre sí.

Los reflectores 12a pueden ser cualquier reflector adecuado aquí descrito (por ejemplo, a continuación en la sección de reflectores), conocido por aquellos con conocimientos ordinarios en la técnica, o desarrollado más tarde. Los reflectores adecuados pueden incluir, por ejemplo, los descritos en las solicitudes de patente internacional números PCT/AU2004/000883 y PCT/AU2004/000884.

5 Los reflectores adecuados pueden tener, por ejemplo, secciones transversales circulares o parabólicas que proporcionan aproximadamente un foco lineal, y que pueden tener longitudes focales de, por ejemplo, aproximadamente 10 a aproximadamente 25 metros (es decir, radios de curvatura de aproximadamente 20 metros a aproximadamente 50 metros para reflectores con sección transversal circular). En algunas variaciones, la longitud focal de un reflector coincide aproximadamente con la distancia desde el reflector al receptor. En otras variaciones, la longitud focal de un reflector es de aproximadamente el 5% a aproximadamente el 20%, o de aproximadamente el 5% a aproximadamente el 15%, o de aproximadamente el 10% a aproximadamente el 15% mayor que la distancia desde el reflector al receptor. Los inventores han descubierto que la eficiencia de radiación de la captación solar de un panel solar LFR de este tipo se puede mejorar mediante el uso de reflectores que tienen estas longitudes focales mayores que la distancia al receptor, en particular para las filas ecuatoriales más alejadas del receptor. La eficiencia de captación de las filas ecuatoriales exteriores se puede mejorar de esta manera, por ejemplo, más del 5%.

Los reflectores 12a pueden tener, por ejemplo, longitudes de aproximadamente 10 metros a aproximadamente 20 metros y una anchura de aproximadamente 1 metro a 3 metros aproximadamente. Cualesquiera dimensiones de reflectores adecuadas pueden ser utilizadas, sin embargo. En una variación, los reflectores 12a tienen longitudes de aproximadamente 12 metros y anchuras de aproximadamente 2 metros. En otra variación, los reflectores 12a tienen longitudes de aproximadamente 16 metros y anchuras de aproximadamente 2 metros.

Cada fila 12P, 12E de reflectores y cada receptor 5 puede tener, por ejemplo, una longitud total de aproximadamente 200 a aproximadamente 600 metros. Cualquier fila adecuada y/o longitud del receptor puede ser utilizada, sin embargo. En algunas variaciones, los grupos de reflectores adyacentes en una fila están interconectados para formar segmentos de filas accionados colectivamente por uno o más motores. Este segmento de filas puede comprender, por ejemplo, 2, 4, 6, o cualquier número adecuado de reflectores.

Los receptores 5 pueden ser cualquier receptor adecuado descrito en la presente memoria (por ejemplo, a continuación en la sección de receptores), conocido por aquellos con conocimientos ordinarios en la técnica, o desarrollado más tarde. Los receptores adecuados pueden incluir, por ejemplo, los divulgados en la solicitud de patente internacional PCT/AU2005/000208. Los receptores 5 pueden ser, por ejemplo, receptores fotovoltaicos que absorben la radiación solar incidente y la convierten en electricidad, o receptores térmicos que absorben la radiación solar incidente para calentar un fluido de trabajo o de intercambio de calor que pasa a través del receptor. Los receptores 5 pueden tener una orientación horizontal (por ejemplo, una abertura orientada horizontalmente y/o absorbente) tal como se muestra en las figuras 1 y 5, por ejemplo, o una orientación inclinada (por ejemplo, una abertura y/o absorbente inclinado hacia el campo reflector polar o ecuatorial), tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 4. Los receptores adecuados pueden tener, por ejemplo, absorbentes (por ejemplo, grupos de tubos o placas planas) que tienen una anchura (es decir, perpendiculares al eje longitudinal del receptor) de aproximadamente 0,3 metros a aproximadamente 1 metro, o cualquier otra anchura adecuada.

Los receptores 5 opcionalmente pueden estar formados a partir de estructuras de receptores 5a interconectadas tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 5. Las estructuras de los receptores 5a pueden tener longitudes de, por ejemplo, aproximadamente 8 metros a aproximadamente 20 metros y anchuras totales de aproximadamente 0,5 metros a aproximadamente 1,5 metros.

Los receptores 5 típicamente podrían estar separados entre sí por 20 a 35 metros, por ejemplo, pero cualquier separación de receptores adecuada puede ser utilizada. Los receptores pueden soportarse, por ejemplo, con sus absorbentes colocados a una altura de aproximadamente 10 metros a aproximadamente 20 metros por encima de los reflectores, por ejemplo, mediante puntales 22, tal como se muestra en la figura 5 y en la figura 6. Estos puntales pueden sujetarse mediante cables tensores 23 anclados al suelo, tal como se muestra en la figura 5, por ejemplo. Los inventores han descubierto que el uso de cables tensores asimétricos (es decir, cables tensores de al menos dos longitudes diferentes), tales como los cables tensores 23P, 23E que se muestran en la figura 6, por ejemplo, pueden ventajosamente estabilizar el puntal 22 y el receptor 15 contra las oscilaciones. Esta estabilización resulta de los cables tensores de diferente longitud que proporcionan diferentes frecuencias de resonancia a la estructura de puntal/receptor. Las diferentes resonancias se acoplan y se amortiguan entre sí.

Aunque el panel de ejemplo que se muestra en la figura 5 tiene el mismo número (es decir, 6) de filas de reflectores en cada campo de reflectores polares 10P y ecuatoriales 10E, otras variaciones pueden incluir diferentes números de filas en los campos de reflectores polares y ecuatoriales y pueden incluir más o menos que las 12 filas totales por receptor que se muestran. En un ejemplo, cada receptor tiene 10 filas de reflectores asociadas, con 6 filas en el campo polar y 4 filas en el campo ecuatorial. En otro ejemplo, cada receptor tiene 10 filas asociadas, con 7 filas en el campo polar y 3 filas en el campo ecuatorial. En otro ejemplo, cada receptor tiene 12 filas asociadas, con 8 filas en el campo polar y 4 filas en el campo ecuatorial. En otro ejemplo, cada receptor tiene 14 filas asociadas, con 9 filas en el campo polar y 5 filas en el campo ecuatorial. En otro ejemplo, cada receptor tiene 14 filas asociadas, con 10 filas en

el campo polar y 4 filas en el campo ecuatorial. En general, cualquier número adecuado total de filas y cualquier distribución adecuada de las filas entre los campos polares y ecuatoriales puede ser utilizado.

Aunque las filas de reflectores en el panel de ejemplo que se muestra en la figura 5 están separadas a intervalos uniformes en los campos polares 10P y ecuatoriales 10E, otras variaciones en las separaciones pueden ser asimétricas en cualquiera de las maneras descritas anteriormente. En general, cualquier combinación adecuada de números asimétricos de filas en los campos de reflectores polares y ecuatoriales puede ser utilizada en combinación con la separación de filas asimétricas adecuada. Además, cualquier número asimétrico adecuado de filas en los campos reflectores polares y ecuatoriales puede ser utilizado con separaciones simétricas entre filas. Además, cualquier número simétrico adecuado (es decir, igual) de filas de reflectores de campos polares y ecuatoriales puede ser utilizado con la separación asimétrica de filas adecuada.

Tal como se señaló anteriormente, en algunas variaciones, la inclinación del receptor hacia el campo reflector polar aumenta aún más la eficiencia de captación de radiación solar. En algunas variaciones, el receptor está inclinado hacia el campo polar en, por ejemplo, un ángulo con la horizontal de aproximadamente 5° a aproximadamente 35°, de aproximadamente 10° a aproximadamente 30°, de aproximadamente 15° a aproximadamente 35°, o aproximadamente 15° a aproximadamente 20°.

La figura 7 muestra tres trazados de eficiencia de captación de radiación solar en función del ángulo de inclinación del receptor generado con un cálculo de trazado de rayos en tres diferentes configuraciones de paneles. La curva C10 muestra el resultado para un panel que tiene un total de 10 filas de reflectores, la curva C 12 muestra los resultados para un panel que tiene 12 filas de reflectores, y la curva C14 muestra los resultados para un panel que tiene 14 filas de reflectores. Para cada ángulo de inclinación, se determinó la distribución óptima de las filas de reflectores. En 15°, por ejemplo, el panel C10 tenía 3 filas ecuatoriales, el panel C12 tenía 4 filas ecuatoriales, y el panel C 14 tenía 5 filas ecuatoriales. En 20°, el panel C10 tenía 3 filas ecuatoriales, el panel C12 tenía 4 filas ecuatoriales, y el panel C 14 tenía 4 filas ecuatoriales. En el cálculo, todas las filas de reflectores son de aproximadamente 2,3 metros de anchura, el absorbente tiene una anchura de aproximadamente 0,60 metros y está situado a unos 15 metros por encima de los reflectores, y las mismas filas en los paneles de C10, C12, y C 14 tienen las mismas posiciones respecto al receptor. Las separaciones entre hileras polares aumenta con la distancia desde el receptor en aproximadamente 2,7 metros para la separación entre las líneas centrales de espejo en las dos primeras filas a aproximadamente 5,2 metros entre las filas novena y décima desde el receptor. Las separaciones entre las líneas centrales de espejo en las filas ecuatoriales tienen un valor constante de aproximadamente 2,6 metros.

Tal como se señaló anteriormente, la distribución óptima de filas de reflectores entre los campos de reflectores ecuatoriales y polares puede variar con la latitud y otros factores. Por lo tanto, los ejemplos de receptores inclinados que acabamos de describir están destinados a ser ilustrativos, más que limitativos.

Receptores

Los receptores 5 y las estructuras de receptores 5a y 5b descritas en esta sección pueden, en algunas variaciones, ser adecuados para su uso en los paneles solares LFR de este a oeste que se describen aquí, en los paneles solares LFR de este a oeste y/o de norte a sur conocidos por un experto normal en la técnica, y/o en paneles solares LFR de este a oeste o de norte a sur desarrollados más tarde.

Haciendo referencia a las figuras 6, 8A y 8B, en algunas variaciones, una estructura de receptor 5a comprende un canal invertido 24 que típicamente podría estar formada a partir de chapa de acero inoxidable y que, tal como se ve mejor en la figura 8, tiene una porción de canal 26 que se extiende longitudinalmente y paredes laterales acampanadas 27 que, en sus márgenes, definen la anchura transversal de una abertura de la depresión invertida a través de la cual la radiación solar incidente desde los reflectores puede entrar en la depresión. En la variación ilustrada, el canal 24 está soportado y provisto de integridad estructural mediante raíles laterales 28 y elementos de puente transversales 29, y la depresión está coronada por un techo de acero corrugado 30 que es soportado por elementos estructurales 31 arqueados.

En la variación ilustrada, el hueco entre el canal 24 y el techo 30 se llena con un material de aislamiento térmico 32, típicamente un material de lana de vidrio, y deseablemente, con un material aislante que está revestido con una capa metálica reflectante. La función del material aislante y la capa metálica reflectante es la de inhibir la conducción hacia arriba y la radiación de calor desde el interior de la depresión. Otras formas y configuraciones de aislamiento se pueden usar, sin embargo.

Una ventana 25 que se extiende longitudinalmente se proporciona para interconectar las paredes laterales 27 de la depresión. La ventana está formada a partir de una lámina de material que es sustancialmente transparente a la radiación solar y funciona para definir una cavidad 33 cerrada (que retiene el calor) que se extiende longitudinalmente dentro de la depresión. La ventana 25 puede estar formada de vidrio, por ejemplo. Aunque la ventana 25 se representa en la figura 6 y en la figura 8 con una forma curvada convexa, esto no es necesario y en otras variaciones la ventana 25 puede ser plana, por ejemplo.

En la estructura del receptor, tal como se ilustra en las figuras 6, 8 y 9, tubos de absorción 34 que se extienden

longitudinalmente (por ejemplo, de acero inoxidable o de acero al carbono) se proporcionan para llevar fluido de trabajo o de intercambio de calor (normalmente agua o, después de la absorción de calor, vapor de agua o vapor). El número real de tubos de absorción puede variar para adaptarse a los requisitos específicos del sistema, a condición de que cada tubo de absorción tenga un diámetro que sea pequeño en relación con la dimensión de la abertura de la depresión entre las paredes laterales 28 de la depresión, y la estructura del receptor normalmente podría tener entre aproximadamente seis y aproximadamente treinta tubos absorbentes 34 soportados uno al lado del otro dentro de la depresión.

La relación real del diámetro del tubo de absorción a través de la dimensión de la abertura de la depresión puede variar para satisfacer los requisitos del sistema, pero, con el fin de indicar un orden de magnitud de la relación, que típicamente podría estar dentro del intervalo de aproximadamente 0,01:1,00 a aproximadamente 0,1:1,00. Cada tubo de absorción 34 podría tener un diámetro exterior de aproximadamente 25 milímetros a aproximadamente 160 milímetros, por ejemplo. En una variación, los tubos de absorción tienen diámetros exteriores de aproximadamente 33 mm. En otra variación, los tubos de absorción tienen diámetros exteriores de aproximadamente 60 mm.

Con la disposición descrita anteriormente de la pluralidad de tubos de absorción 34 se puede simular de manera efectiva un absorbente de placa plana, en comparación con un colector de tubo único en una depresión de concentración. Esto proporciona una mayor eficiencia de operación, en términos de un nivel reducido de emisiones de calor desde la porción superior circunferencial no iluminada de los tubos de absorción. Además, mediante la colocación de los tubos de absorción en la depresión invertida de la manera descrita, sólo la porción inferior de cada uno de los tubos de absorción se ilumina con radiación incidente, proporcionando de este modo una absorción de calor eficiente en tubos de absorción que llevan vapor por encima del agua.

En la variación ilustrada, los tubos de absorción 34 están libremente soportados por una serie de tubos de soporte paralelos 35 que se extienden ortogonalmente entre las paredes laterales 36 de la porción de canal 26 de la depresión invertida, y los tubos de soporte 35 se pueden llevar para su movimiento de rotación mediante espigas 37. Esta disposición acomoda la expansión de los tubos de absorción y la expansión relativa de los tubos individuales. Unos espaciadores en forma de disco 38 son transportados por los tubos de soporte 35 y sirven para mantener los tubos de absorción 34 en relación separada. Otras disposiciones para soportar los tubos de absorción en la depresión invertida también se pueden utilizar.

En algunas variaciones, cada uno de los tubos de absorción 34 puede estar recubierto con un recubrimiento de absorción solar. El recubrimiento puede comprender, por ejemplo, un recubrimiento de superficie solar espectralmente selectivo que permanece estable en condiciones de alta temperatura en el aire ambiente o, por ejemplo, una pintura de color negro que es estable en aire bajo condiciones de alta temperatura. En algunas variaciones, el recubrimiento solar espectralmente selectivo es un recubrimiento descrito en la patente US No. 6,632,542 o en la patente US No. 6,783,653.

En una variación, la estructura del receptor 5a tiene una longitud de aproximadamente 12 metros y una anchura total de aproximadamente 1,4 metros. En otras variaciones, la longitud puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 10 metros a aproximadamente 20 metros y la anchura puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 1 metro a aproximadamente 3 metros.

Haciendo referencia ahora a las figuras 9A-9E, otro ejemplo de la estructura del receptor 5b comprende una depresión invertida 24 formada, por ejemplo, de chapa de acero inoxidable y que tiene una porción de canal longitudinal 26 y unas paredes laterales 27 similares a las de la estructura del receptor 5a que se ha descrito anteriormente. En la estructura del receptor 5b, la depresión 24 está soportada y provista de integridad estructural mediante elementos longitudinales 60a a 60c y arcos 62. Los elementos longitudinales 60a a 60c y los arcos 62 pueden estar formados, por ejemplo, de tubos de acero y soldados entre sí, por ejemplo, para formar un bastidor 64 aproximadamente semicilíndrico. La depresión 24 también se soporta y está provista de integridad estructural mediante elementos de puente transversales 66 que conecta el bastidor 64. Una carcasa exterior lisa 68 de, por ejemplo, acero galvanizado se fija al bastidor 64 con, por ejemplo, cola. La carcasa exterior lisa 68 proporciona un bajo perfil para el viento y protege del agua y la nieve y, por lo tanto, puede reducir los requisitos estructurales (por ejemplo, resistencia, rigidez) de la estructura del receptor 5b y reducir las oportunidades de que la humedad entre en el receptor.

El hueco entre el canal 24 y la carcasa exterior 68 puede llenarse con un material aislante térmico 32, que puede ser el mismo material o similar al descrito anteriormente respecto a la estructura del receptor 5a y que proporciona las funciones allí descritas.

Una ventana 25 que se extiende longitudinalmente está soportada por la ranura 70 y el reborde 72 para interconectar las paredes laterales 27 de la depresión 24 y formar una cavidad de retención de calor cerrada 33 dentro de la depresión. La ventana 25 puede estar formada de vidrio, por ejemplo. La ranura 70 y el reborde 72 definen la anchura transversal de la abertura a través de la cual la radiación solar incidente de los reflectores de un panel LFR puede entrar a la depresión 24.

El polvo que entra en la cavidad 33 con el aire entrante no filtrado podría depositarse en la ventana 25 y reducir su

transparencia a la radiación solar. Para reducir este riesgo, en algunas variaciones, un material de junta, tal como una cuerda de fibra de vidrio, por ejemplo, se coloca entre la ranura 70 y la ventana 25 y entre el reborde 72 y la ventana 25 para mejorar el sellado de la ventana y, por lo tanto, reducir el flujo de entrada de aire y de polvo hacia la depresión alrededor de los bordes de la ventana. Alternativamente, o además, un tubo de aire 74 de flujo laminar opcional puede proporcionar un flujo laminar de aire a través del interior de la ventana 25 para mantenerlo libre de polvo sin crear significativas corrientes de convección de aire en la cavidad 33, lo que podría incrementar la pérdida de calor de la cavidad 33. Además, unas rejillas de ventilación se pueden proporcionar en la carcasa exterior 66 o en tapas de extremo (no mostradas) de la estructura del receptor 5b para proporcionar una trayectoria de flujo de aire de resistencia relativamente baja desde el exterior de la estructura del receptor 5b a la cavidad 33 a través de un material (por ejemplo, el material aislante 32) que filtra el polvo del aire que fluye en la cavidad 33. Esta trayectoria de baja resistencia puede suprimir el flujo del aire sin filtrar a través de otras aberturas en la cavidad 33.

Haciendo referencia ahora particularmente a las figuras 9C y 9E, la ventana 25 puede comprender una pluralidad de paneles transparentes 25a (por ejemplo, de vidrio) colocados de manera superpuesta en la longitud de la estructura del receptor 5b. Esta disposición proporciona un sello relativamente eficaz para el flujo de entrada de aire, mientras que también proporciona la expansión térmica de los paneles. Los paneles superpuestos 25a se pueden fijar entre sí en sus porciones de solapamiento por medio de abrazaderas (no mostradas) aplicadas en sus bordes exteriores, por ejemplo. Alternativamente, o además, la ventana 25 puede comprender una pluralidad de placas que se colocan de manera superpuesta en la dirección transversal (es decir, perpendiculares al eje longitudinal del receptor).

De manera similar a la estructura del receptor 5a, se proporcionan tubos de absorción 34 que se extienden longitudinalmente (por ejemplo, de acero inoxidable o acero de carbono) para llevar un fluido de trabajo o de intercambio de calor para calentarse mediante la radiación solar absorbida. Los tubos de absorción 34 pueden estar soportados libremente en la depresión 24 mediante un tubo de soporte rodante 35 para acomodar la expansión de los tubos de absorción durante el uso. Otras disposiciones para soportar los tubos de absorción también se pueden usar. El diámetro de los tubos de absorción y la relación de su diámetro respecto a la depresión puede ser, por ejemplo, tal como se describe anteriormente respecto a la estructura del receptor 5a. Los tubos de absorción 34 pueden estar recubiertos con recubrimientos solares espectralmente selectivos, tal como se describió anteriormente, por ejemplo.

Dos o más estructuras del receptor 5b pueden estar alineadas y acopladas por sus extremos utilizando, por ejemplo, las bridas 76 para formar una estructura del receptor 5 extendida que se utiliza a continuación tal como se describe anteriormente. Las juntas pueden estar previstas entre las estructuras de los receptores 5b unidas para reducir la afluencia de aire y el polvo asociado a la articulación. En algunas variaciones, las estructuras de los receptores 5b (o 5a) se unen en grupos de (por ejemplo, 3) estructuras de los receptores, y los grupos se unen entre sí para formar un receptor extendido 5 mediante acoplamientos flexibles entre los tubos de absorción de grupos adyacentes. Esta disposición puede adaptarse a la expansión térmica de los tubos de absorción durante el uso.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 9D, así como a la figura 9F, la abertura de la depresión 24 está definida por la ranura 70 y el reborde 72 tal como se señaló anteriormente. En la variación ilustrada, la abertura así definida está situada fuera del centro respecto a la depresión en la dirección del campo reflector polar y, por lo tanto, tiene capacidad para una configuración de panel LFR en el que el campo reflector polar se extiende más lejos del receptor de lo que lo hace el campo reflector ecuatorial. En estas variaciones, el receptor y los campos reflectores se disponen típicamente de modo que un rayo reflejado por el borde exterior de la fila de reflectores ecuatoriales $12E_N$ más alejada del receptor es incidente en el ángulo mayor α_E mediante el cual puede ser incidente sobre el tubo de absorción más cercano a la fila de reflectores $12E_N$, y de manera que un rayo reflejado por el borde exterior de la fila de reflectores polares $12P_M$ más alejada del receptor es incidente en el ángulo mayor α_P mediante el cual puede ser incidente sobre el tubo de absorción más cercano a la fila de reflectores $12P_M$.

La abertura asimétrica ilustrada en las figuras 9D y 9F también puede proporcionar la ventaja de permitir que la ventana 25 (por ejemplo, los paneles 25a) se cargue en la estructura del receptor 5b mediante la ventana de inserción 25 desde el lado polar a través de la abertura.

Haciendo referencia ahora a la figura 10, puede ser ventajoso proporcionar espacios (por ejemplo, los espacios A_1 - A_3) entre los tubos de absorción 34 en una estructura del receptor (por ejemplo, la estructura de receptor 5a, 5b) para acomodar la expansión térmica y el movimiento de los tubos de absorción. Estos espacios pueden permitir que la radiación solar reflejada desde un panel LFR a los tubos de absorción pase entre los tubos de absorción y, por lo tanto, reduzca la eficiencia de captación solar de la radiación, sin embargo. En algunas variaciones, los tubos de absorción están separados entre sí, sin reducir la eficiencia de captación mediante el establecimiento de espacios entre los tubos de absorción, de manera que los rayos solares reflejados desde el borde más próximo de la fila de reflectores más cercana al receptor (por ejemplo, desde el borde interior del espejo $12P_1$) son tangentes a los tubos absorbentes adyacentes. Si la fila de reflectores más cercana en cada lado del receptor se coloca a la misma distancia desde el receptor, este procedimiento resultará en espacios entre los tubos de absorción que varían, con espacios entre los tubos de absorción exteriores más pequeños que los existentes entre los tubos de absorción interiores. La separación de los tubos de absorción puede simplificarse mediante el uso de una separación uniforme igual a este espacio más pequeño determinado por este procedimiento para todos los pares de tubos de absorción.

Haciendo referencia de nuevo a las figuras 8A y 9D, por ejemplo, en algunas variaciones, la ventana 25 de la estructura del receptor 5a o 5b se recubre con una capa anti-reflectante para reducir las pérdidas debidas a la reflexión de la radiación solar incidente por la ventana. Los recubrimientos anti-reflectantes se seleccionan generalmente para optimizar la transmisión de la luz incidente en ángulo alrededor de un ángulo particular de incidencia. En algunas variaciones, el ángulo de incidencia en el que se optimiza el recubrimiento anti-reflectante en la ventana 25 se selecciona para maximizar la eficiencia de captación de energía solar anual del panel LFR del que la estructura del receptor es una parte. Dicha selección se puede hacer utilizando, por ejemplo, un modelo de trazado de rayos del panel LFR.

En algunas variaciones, el flujo de fluido a través de los tubos de absorción 34 en la estructura del reflector 5a o 5b pueden ser flujos unidireccionales en paralelo. Otras disposiciones de flujo también se pueden utilizar, sin embargo. La figura 11A de los dibujos muestra esquemáticamente una disposición de control de flujo de ejemplo para controlar el flujo de fluido de intercambio de calor en y a través de cuatro estructuras de los receptores 15a en línea de un receptor. Tal como se ilustra, cada una de las líneas de fluido 34A, B, C y D es representativa de cuatro de los tubos de absorción 34, tal como se muestra en las figuras anteriores.

Bajo la condición controlada que se ilustra en la figura 11A, el fluido de intercambio de calor del flujo de entrada se dirige en primer lugar a lo largo de la línea 34A hacia adelante, a lo largo de la línea de retorno 34B, a lo largo de la línea hacia adelante 34C y, finalmente, a lo largo de la línea de retorno 34D. Esto resulta en un fluido a una temperatura inferior que está dirigido a través de tubos que está situados a lo largo de los márgenes de la depresión invertida y una consiguiente reducción de las emisiones cuando la radiación se concentra sobre la región central de la depresión invertida. Un dispositivo de control 39 puede estar previsto para permitir el control selectivo sobre la canalización del fluido de intercambio de calor en algunas variaciones.

Pueden establecerse condiciones de flujo de fluidos alternativas para satisfacer las demandas de carga y/o las condiciones ambientales imperantes, y una provisión efectiva se puede hacer de una estructura del receptor de apertura variable mediante el cierre de los seleccionados de los tubos de absorción. Así, la variación de la abertura de absorción efectiva de cada estructura del receptor y, por lo tanto, de un receptor completo, se puede lograr mediante el control de la canalización del fluido de intercambio de calor en las maneras alternativas que se muestran en las figuras 11B a 11D.

La figura 11E muestra un ejemplo de disposición del flujo de fluido a través de un receptor 5 en la que 10 tubos de absorción paralelos 34 están en comunicación fluida en un extremo del receptor a través de una cabecera 82. En este ejemplo, el fluido de intercambio de calor frío o de trabajo fluye en el receptor a través de los tubos de absorción exteriores 34E y 34P a la cabecera 82, y se distribuye a continuación por la cabecera 82 entre los tubos de absorción interiores 34G-34N, a lo largo de los cuales fluye en una trayectoria de retorno hacia abajo del receptor 5 para salir a una mayor temperatura. Como en la figura 11A, esta configuración puede reducir la pérdida de calor debida a la radiación de los tubos de absorción. Además, esta configuración hacia abajo y hacia atrás permite la dilatación térmica de los tubos de absorción, que puede alojarse en el extremo de la cabecera, por ejemplo, permitiendo que la cabecera se mueva con los tubos de absorción a medida que cambian de longitud con los cambios de temperatura.

Reflectores

Los reflectores 12a y 12b descritos en esta sección pueden, en algunas variaciones, ser adecuados para su uso en los paneles solares LFR de este a oeste que se describe aquí, en paneles solares LFR de este a oeste y/o de norte a sur conocidos por un experto normal en la técnica, y/o en paneles solares de este a oeste o de norte a sur desarrollados más tarde.

Haciendo referencia a la figura 12, en algunas variaciones, un reflector 12a comprende una estructura de soporte 40 en la que está montado un elemento reflector 41. La estructura de soporte comprende a su vez una plataforma 42 alargada a modo de panel que está soportada por una estructura de bastidor de esqueleto 43. La estructura de bastidor incluye dos elementos de extremo 44 a modo de aros.

Los elementos 44 están colocados y se extienden alrededor de un eje de rotación que es aproximadamente coincidente con un eje central que se extiende longitudinalmente del elemento reflector 41. El eje de rotación no es necesario que sea exactamente coincidente con el eje longitudinal del elemento reflector, pero los dos ejes están deseablemente al menos una junto al otro.

En términos de dimensiones globales del reflector, la plataforma 42 es, por ejemplo, aproximadamente 10 a aproximadamente 20 metros de largo y los elementos de extremo 44 son aproximadamente de dos metros de diámetro. En algunas variantes, la plataforma 42 es de aproximadamente 12 metros de largo. En algunas otras variantes, la plataforma 42 es de unos 16 metros de largo.

La plataforma 42 comprende un panel de metal corrugado y el elemento reflector 41 está soportado sobre las crestas de las ondulaciones. Las ondulaciones se extienden paralelas a la dirección del eje longitudinal del elemento reflector 41, y la plataforma 42 es llevada mediante, por ejemplo, seis elementos de bastidor transversales 45 de la estructura de bastidor de esqueleto 43. Los extremos de los elementos de bastidor transversales 45 comprenden

efectivamente elementos diametrales de los elementos de extremo a modo de aro 44.

5 Los elementos de bastidor transversales 45 comprenden elementos de acero de sección hueca rectangular y cada uno de ellos está formado con una curva, de manera que, cuando la plataforma 42 se fija a los elementos de bastidor 45, la plataforma se hace que se curve de forma cóncava (vista desde arriba en la figura 12) en una dirección ortogonal al eje longitudinal del elemento reflector 41. La misma curvatura que se imparte al elemento reflector 41 cuando se fija a la plataforma 42. El radio de curvatura de los elementos de bastidor transversales 45 es, por ejemplo, de aproximadamente veinte a aproximadamente cincuenta metros.

10 El bastidor de esqueleto 43 de la estructura de soporte 40 también comprende un elemento de columna 46 de acero de sección rectangular hueca que interconecta los elementos de extremo 44, y un bastidor de espacio que está fabricado de puntales tubulares 47 de acero que conectan regiones de extremo opuestas de cada uno de los elementos de bastidor transversales 45 al elemento de columna 46. Esta disposición del bastidor del esqueleto, junto con la estructura corrugada de la plataforma 42 proporciona a la estructura de soporte compuesta 41 un alto grado de rigidez a la torsión.

15 Haciendo referencia ahora a la figura 13, en otra variación, un reflector 12b tiene una estructura sustancialmente similar a la del reflector 12a, pero incluye además una varilla radial 84 situada dentro de un elemento de extremo a modo de aro 44. La varilla 84 está unida y se extiende entre el elemento de extremo a modo de aro y un extremo de los elementos de bastidor transversales 45, y está también unida a un extremo de la columna 46.

20 Los elementos de extremo a modo de aro 44 de los reflectores 12a, 12b se forman a partir de acero de sección de canal, por ejemplo, de tal manera que cada elemento de extremo está provisto de una porción circunferencial en forma de U y, tal como se muestra en la figura 14, cada uno de los elementos 44 está soportado para girar en una disposición de montaje que comprende dos rodillos 48 separados. Los rodillos 48 están situados para seguir dentro de la sección del canal de los respectivos elementos de extremo 44, y los rodillos 48 se proporcionan para el giro (es decir, la rotación) de la estructura de soporte 40 alrededor del eje de rotación que es aproximadamente coincidente con el eje longitudinal del elemento reflector 41.

25 Tal como también se muestra en la figura 14, un rodillo de sujeción 48a está situado adyacente a los rodillos de soporte 48 y se coloca dentro del elemento extremo 44 asociado para evitar la elevación del reflector en condiciones meteorológicas adversas.

30 Un sistema de accionamiento, una variación del cual se muestra en la figura 15, se proporciona para impartir accionamiento a la estructura de soporte 40 y, por lo tanto, al elemento reflector 41. El sistema de accionamiento comprende, por ejemplo, un motor eléctrico 49 que tiene un eje de salida acoplado a una rueda dentada 50 por medio de engranajes de reducción 51. La rueda dentada 50 engrana con una cadena de eslabones 52, a través de la cual el accionamiento se dirige a la estructura de soporte 40. La cadena de eslabones 52 se extiende alrededor y está fijada a la periferia de la pared exterior 53 de la sección de canal de uno de los elemento de extremo 44. Esto es, la cadena de eslabones 52 fijada al elemento de extremo forma de manera efectiva un tipo de rueda de engranajes con la rueda dentada 50 a la que se acopla.

35 En otra variación, una cadena de transmisión tiene sus extremos fijados al elemento del extremo 44 en posiciones adyacentes entre sí dentro de la sección del canal del elemento de extremo. La porción restante de la cadena forma un bucle que se extiende alrededor de una porción del elemento de extremo 44 a través de la estructura del canal, y desde allí a y alrededor de una rueda dentada, tal como la rueda dentada 50 que se muestra en la figura 15. La rueda dentada es accionada bidireccionalmente mediante un motor eléctrico a través de engranajes de reducción adecuados. Esta disposición permite aproximadamente 270° de rotación bidireccional del reflector, y en consecuencia, facilita el seguimiento solar de los reflectores en un panel LFR de este a oeste.

40 Haciendo referencia de nuevo a las figuras 12 y 13, el elemento reflector 41 está formado, por ejemplo, empalmado juntos una pluralidad de espejos de vidrio 41a. Un sellador de silicona puede emplearse para sellar los espacios entre y alrededor de los espejos y para minimizar la posibilidad de daños atmosféricos a las caras posteriores plateadas de los espejos. Los espejos pueden fijarse a las crestas de la plataforma 12 mediante un adhesivo de uretano, por ejemplo. En algunas variaciones, los espejos tienen un espesor de 0,003 m y, por lo tanto, pueden curvarse fácilmente in situ para adaptarse a la curvatura de la plataforma de soporte 42.

45 Dependiendo de los requisitos, dos o más de los reflectores descritos anteriormente pueden colocarse linealmente en una fila y conectarse entre sí por medio de elementos de extremo a modo de aro 44. En esta disposición, un sistema de accionamiento único se puede emplear para impartir accionamiento a múltiples reflectores.

50 Esta descripción es ilustrativa y no limitativa. Otras modificaciones serán evidentes para un experto en la técnica a la vista de esta descripción y se pretende que estén incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema colector de energía solar, que comprende:
 - un receptor lineal elevado (5) que se extiende generalmente en dirección de este a oeste;
 - un campo reflector polar (10P) situado en el lado polar del receptor (5); y
 - 5 un campo reflector ecuatorial (10E) situado en el lado ecuatorial del receptor (5);

en el que cada campo reflector (10P y 10E) comprende reflectores colocados en una o más filas (12P₁-12P_M y 12E₁-12E_N) paralelas una al lado de la otra y que se extienden generalmente en dirección de este a oeste, estando dispuestos los reflectores en cada campo para reflejar la radiación solar incidente al receptor (5) durante el movimiento diurno del sol de este a oeste y accionado de manera pivotante para mantener la reflexión de la radiación solar incidente en el receptor (5) durante el movimiento del sol cíclico diurno de norte a sur y el campo reflector polar (10P) comprende más filas de reflectores que el campo reflector ecuatorial (10E).
- 15 2. Sistema colector de energía solar según la reivindicación 1, en el que el receptor (5) comprende un dispositivo fotovoltaico que absorbe radiación solar reflejada sobre el mismo mediante los reflectores y convierte la radiación solar en electricidad.
3. Sistema colector de energía solar según la reivindicación 1, en el que el receptor (5) comprende un absorbente que absorbe radiación solar reflejada sobre el mismo mediante los reflectores para calentar un fluido de trabajo o de intercambio de calor.
- 20 4. Sistema colector de energía solar según la reivindicación 1, en el que filas de reflectores en lados opuestos del receptor (5) están separadas asimétricamente.
5. Sistema colector de energía solar según la reivindicación 4, en el que el receptor (5) comprende un absorbente que absorbe radiación solar reflejada sobre el mismo mediante los reflectores para calentar un fluido de trabajo o de intercambio de calor.
- 25 6. Sistema colector de energía solar según la reivindicación 5, en el que el receptor (5) está inclinado en la dirección del campo reflector polar (10P).
7. Sistema colector de energía solar según la reivindicación 5, en el que una o más filas exteriores del campo reflector ecuatorial (10E) tienen longitudes focales mayores que sus respectivas distancias a un absorbente de radiación solar en el receptor (5).
- 30 8. Sistema colector de energía solar según la reivindicación 5, en el que el receptor (5) comprende una ventana (25) a través del cual la radiación solar reflejada por los reflectores se dirige al absorbente y la ventana (25) comprende un recubrimiento anti-reflectante que tiene una transmisión máxima de radiación solar en un ángulo de incidencia que maximiza una eficiencia de captación de radiación solar anual del sistema colector de energía solar.

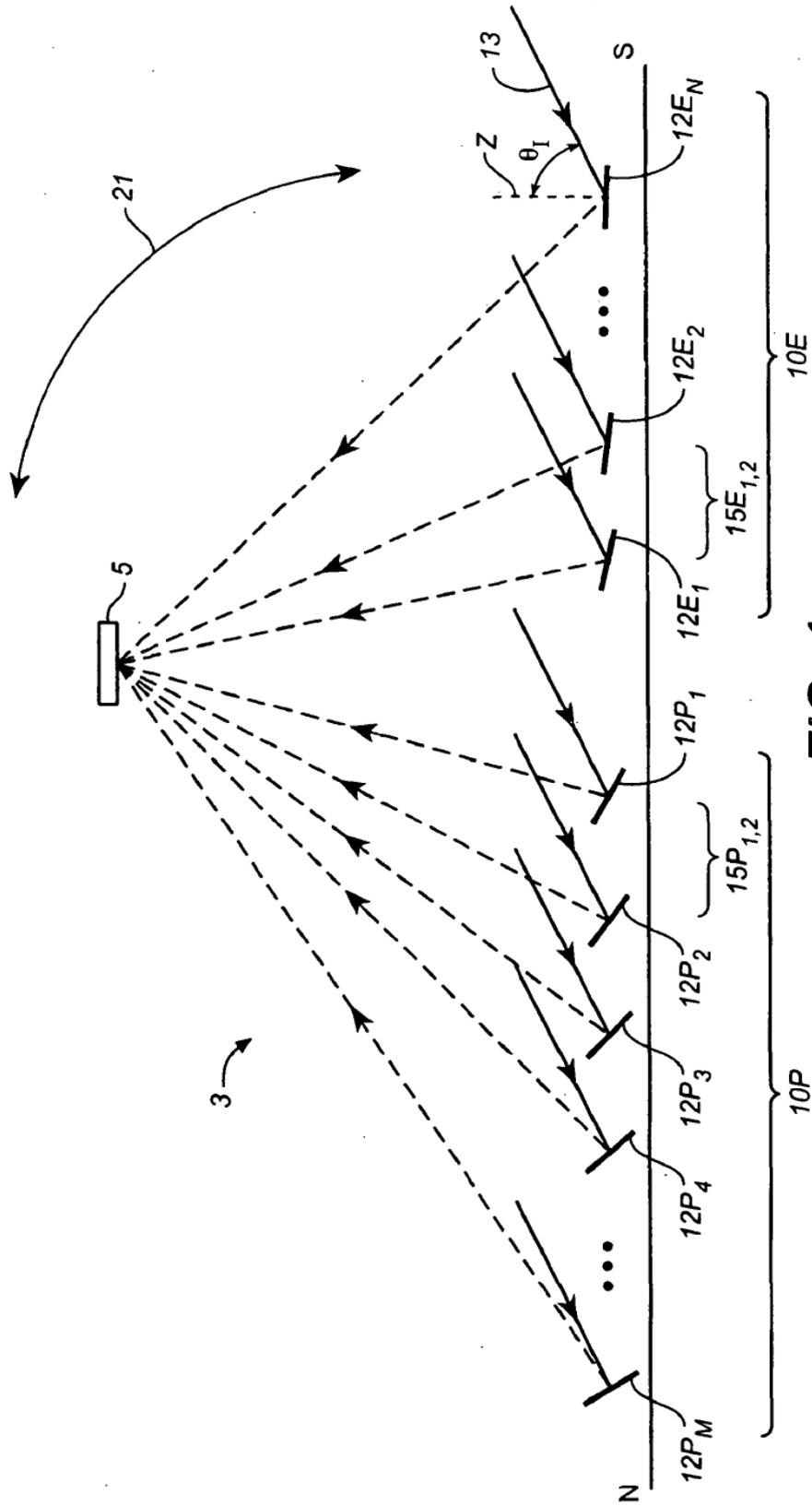


FIG. 1

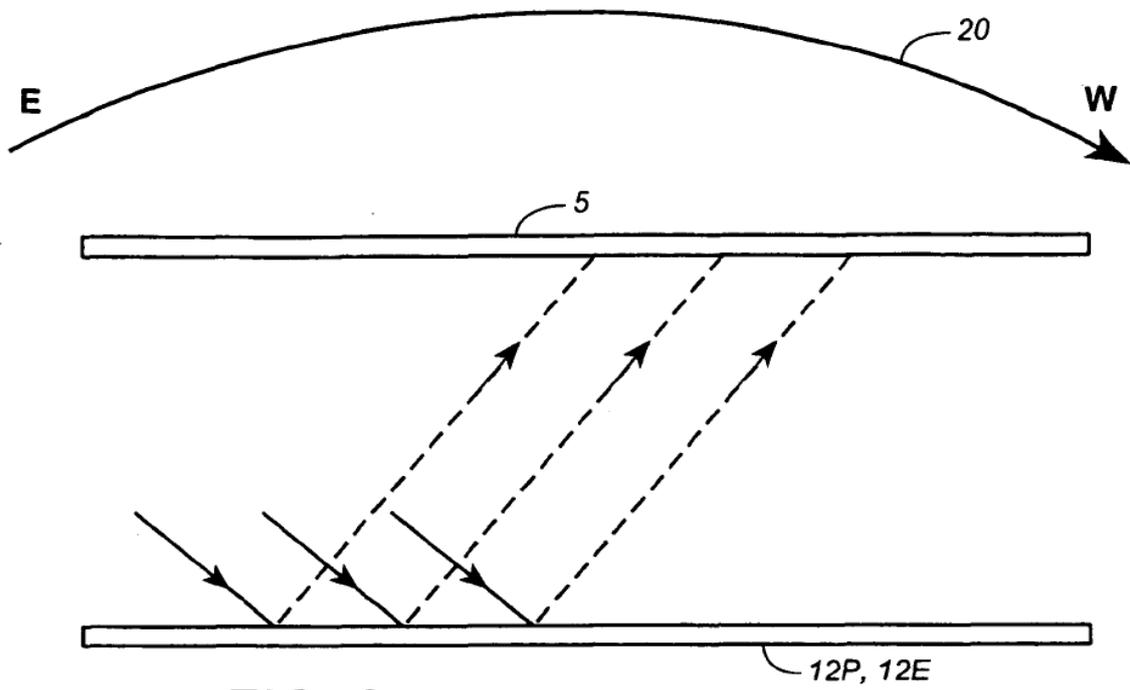


FIG. 2

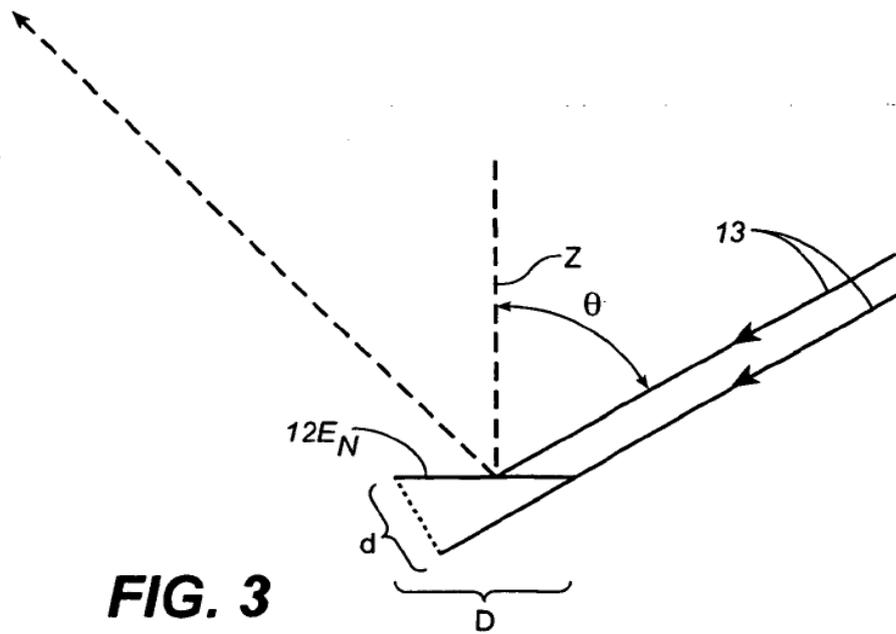


FIG. 3

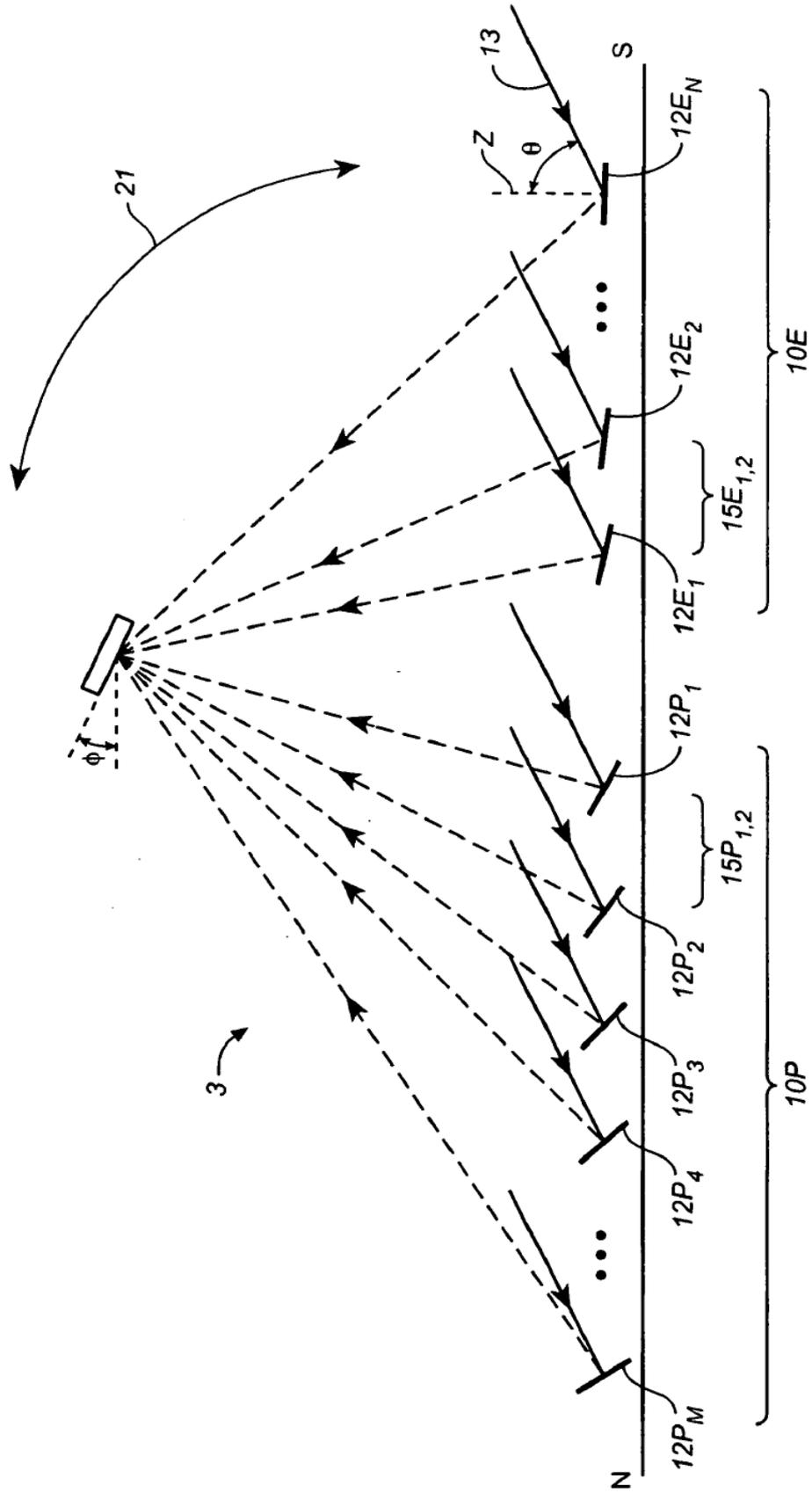


FIG. 4

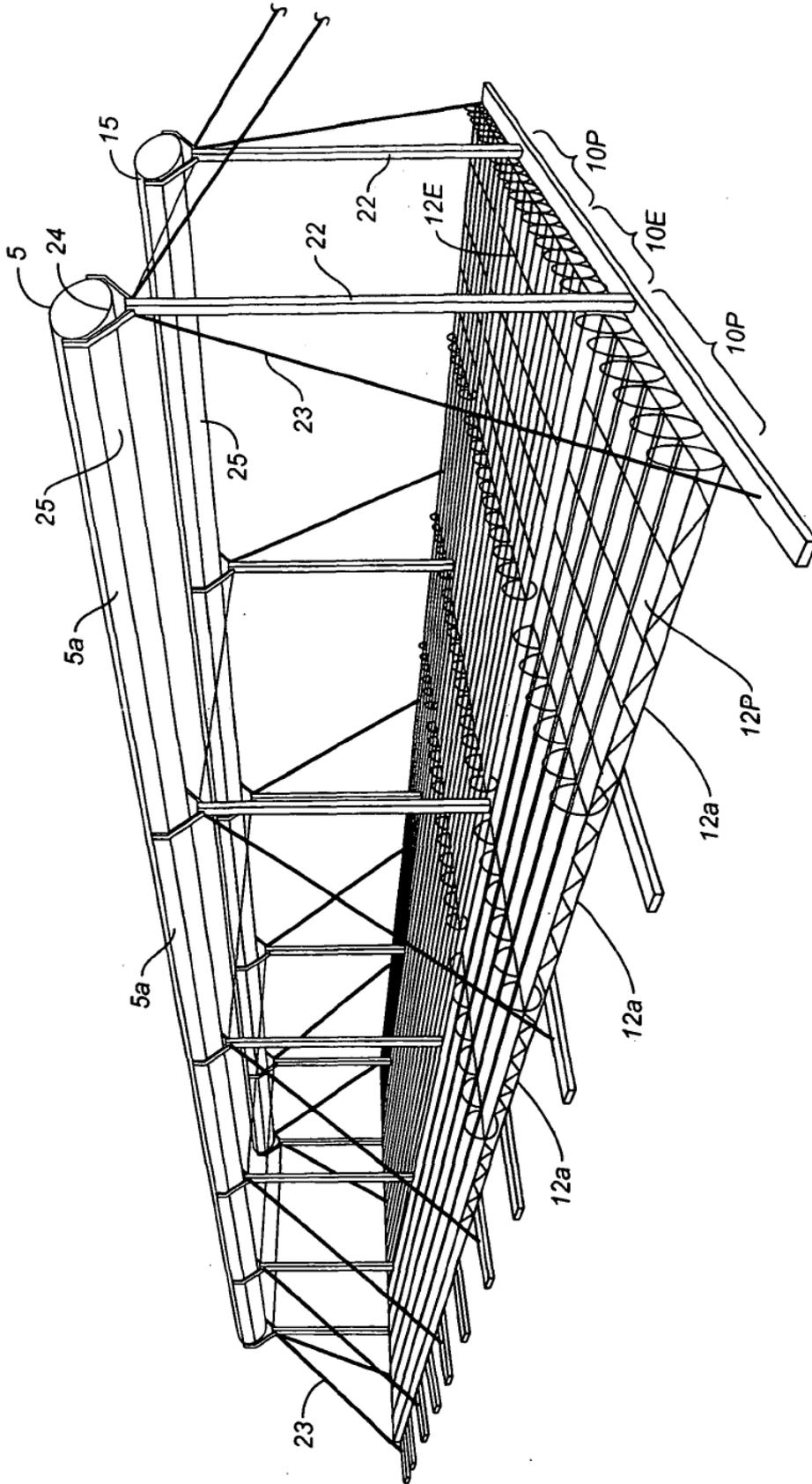


FIG. 5

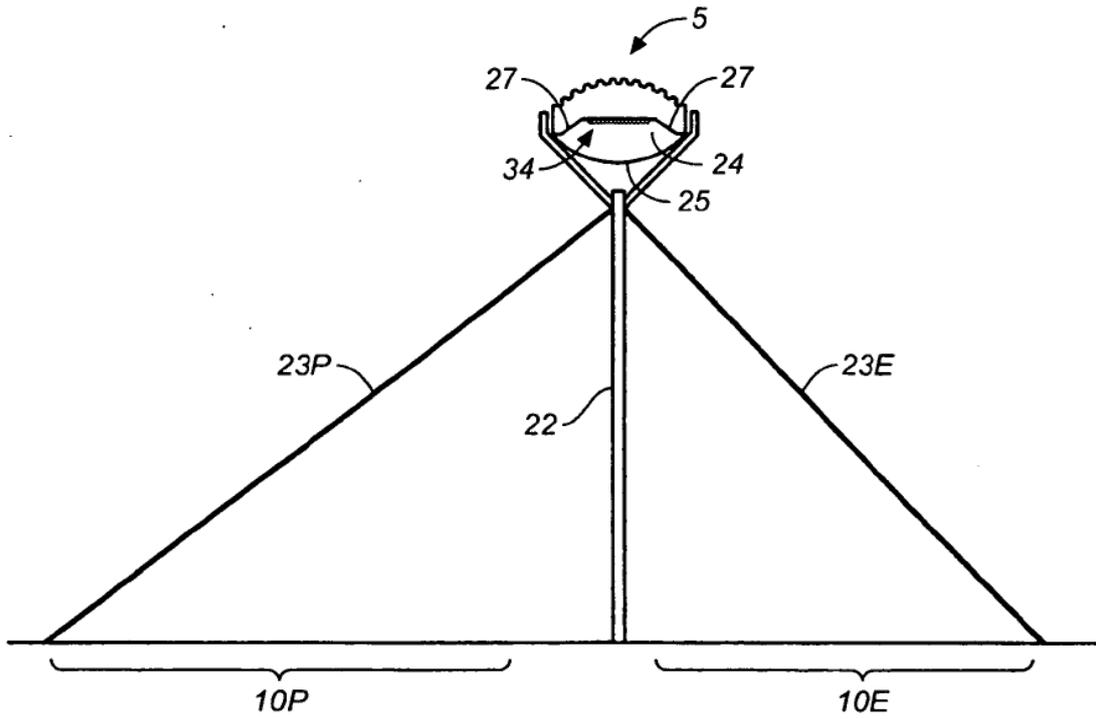


FIG. 6

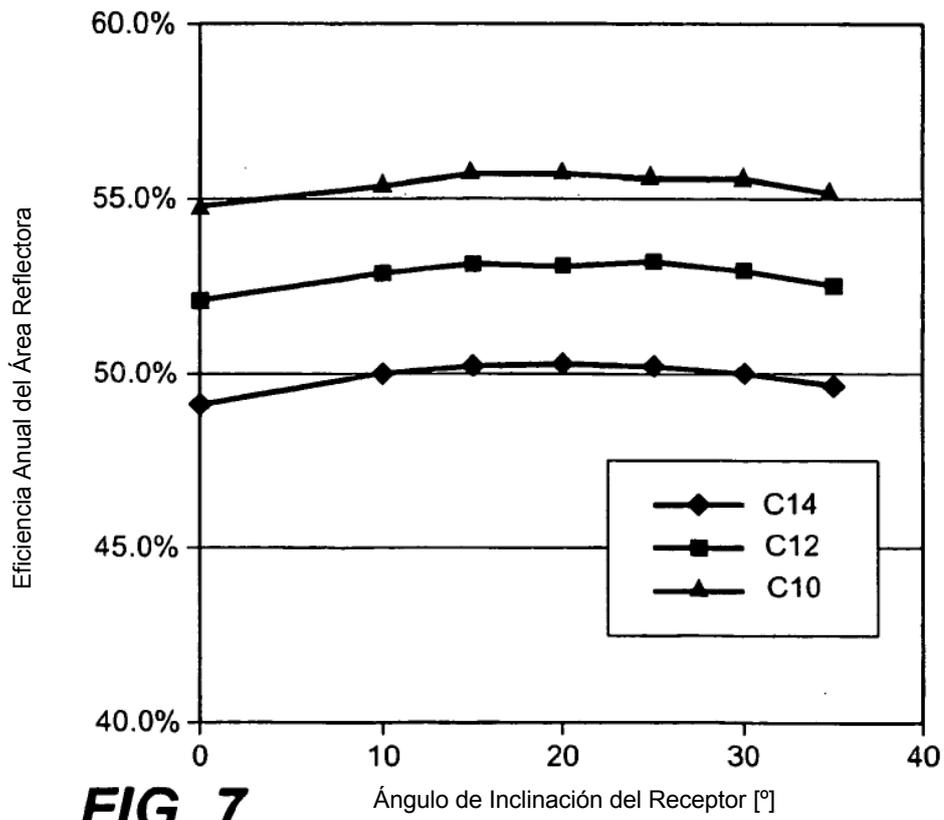


FIG. 7

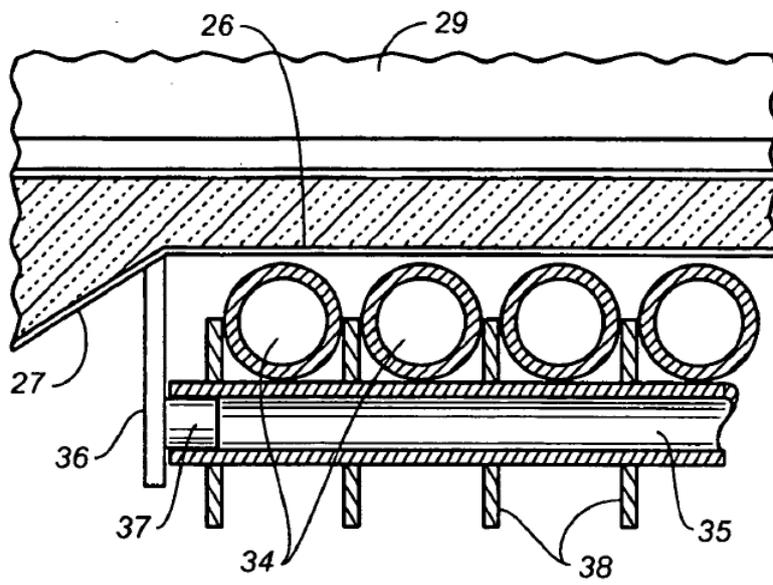


FIG. 8B

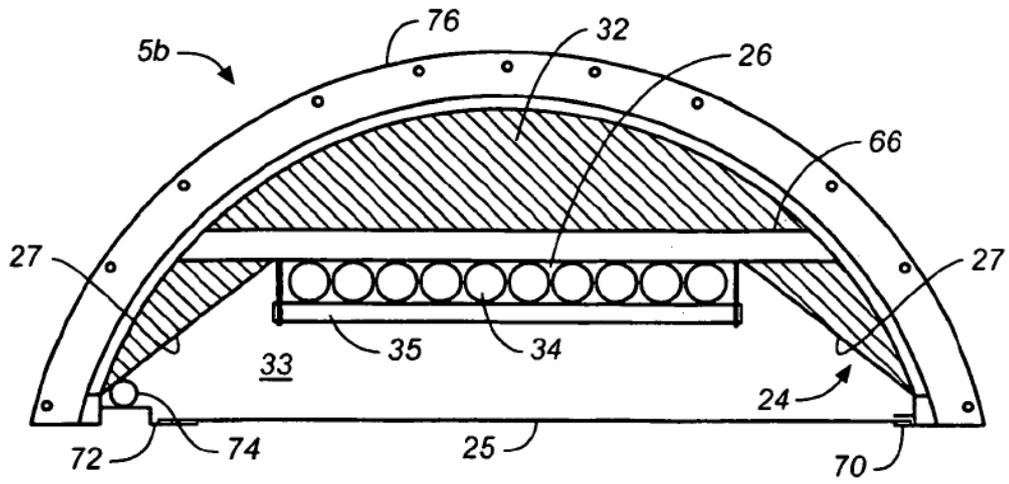


FIG. 9D

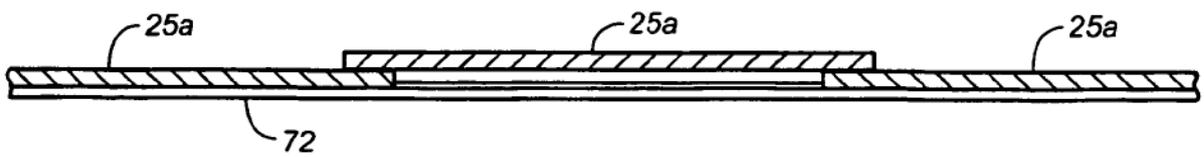
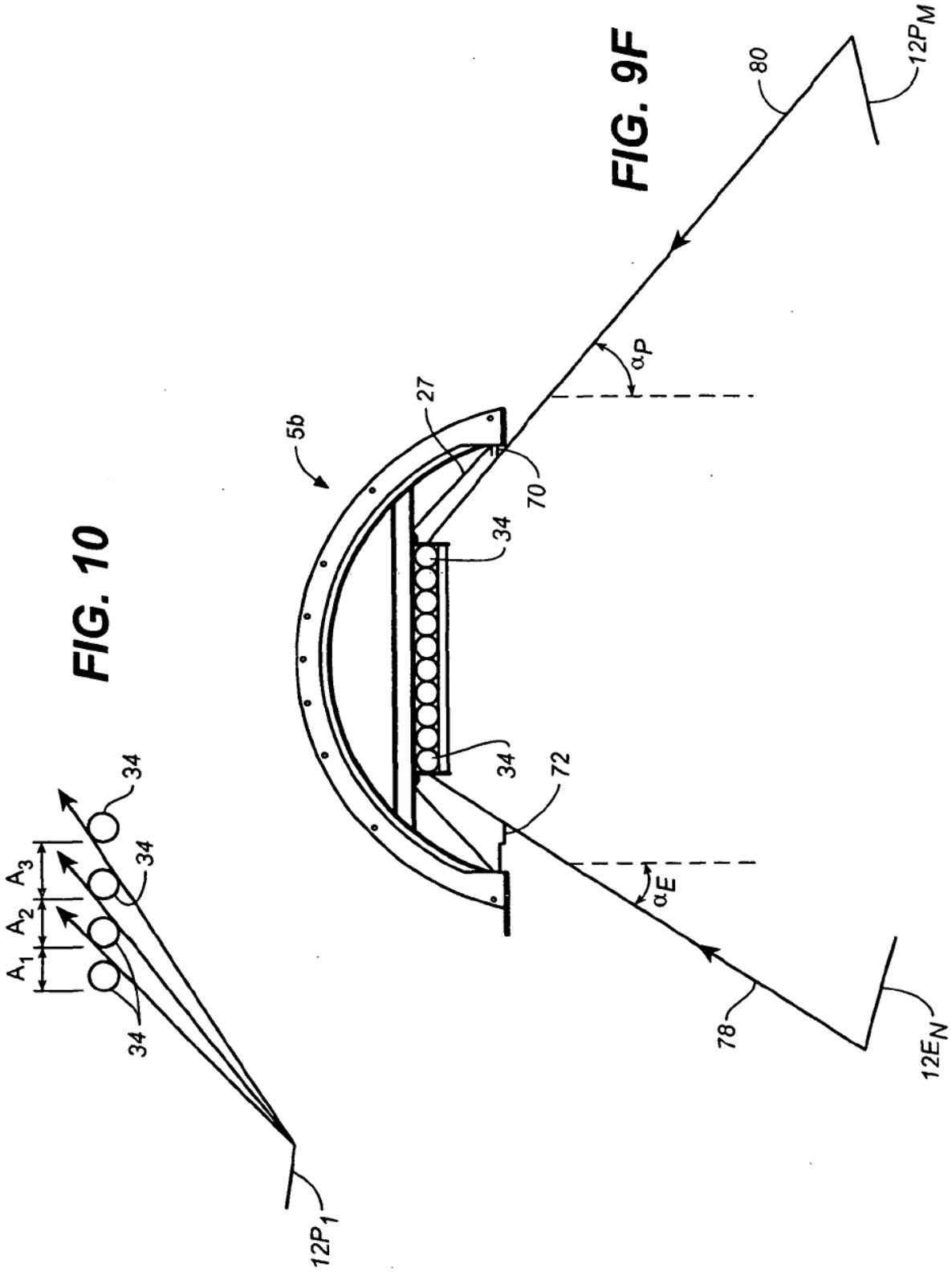


FIG. 9E



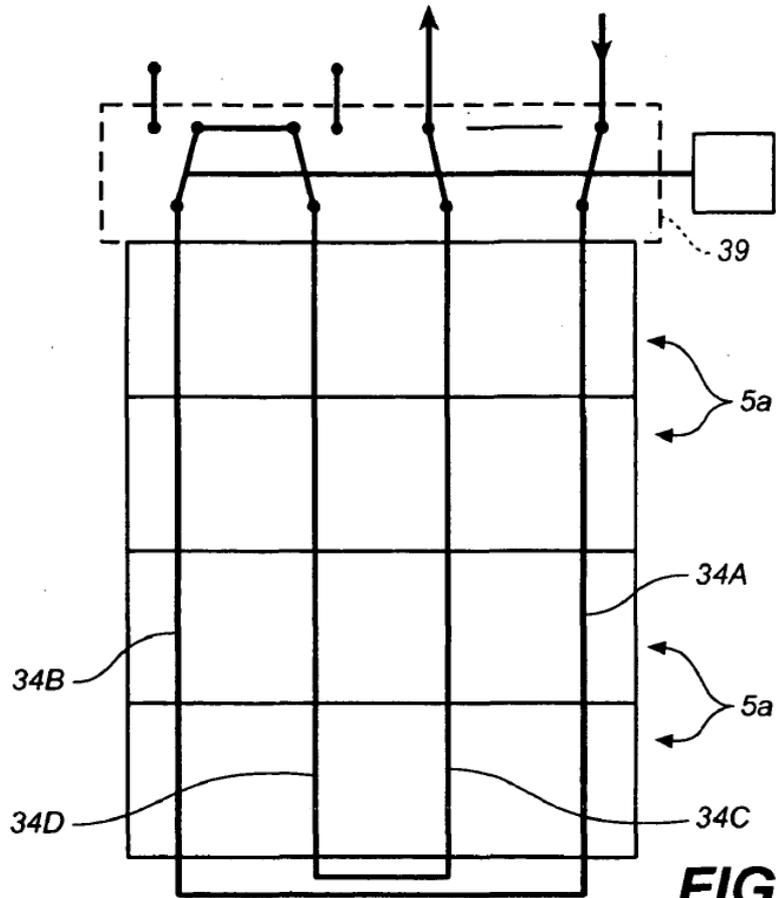


FIG. 11A

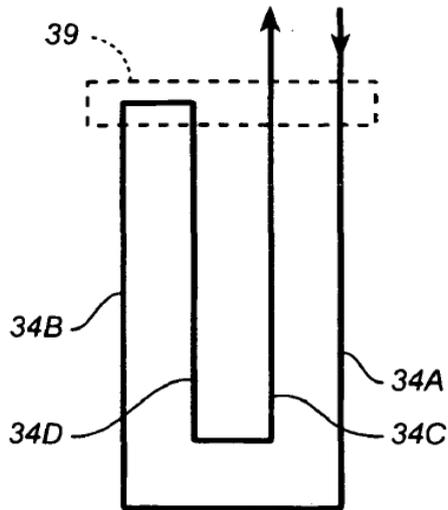


FIG. 11B

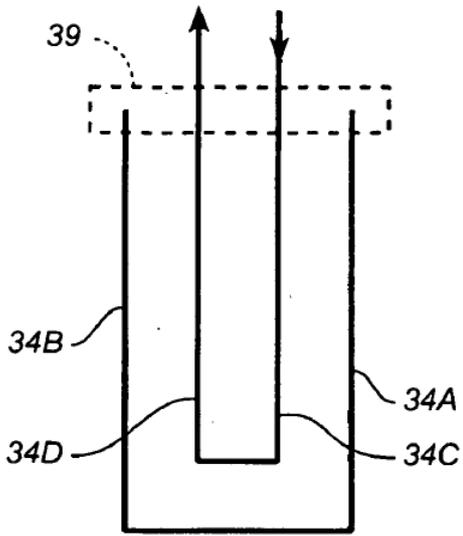


FIG. 11C

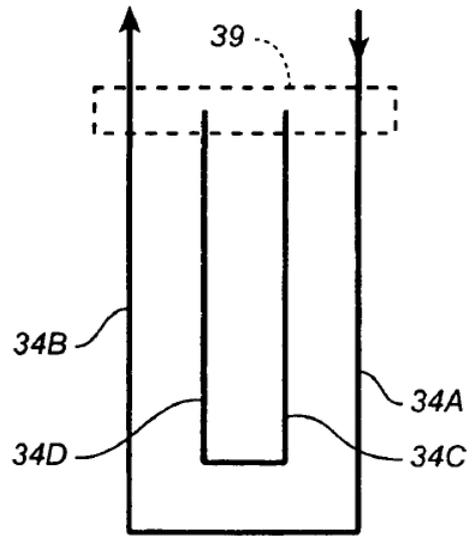


FIG. 11D

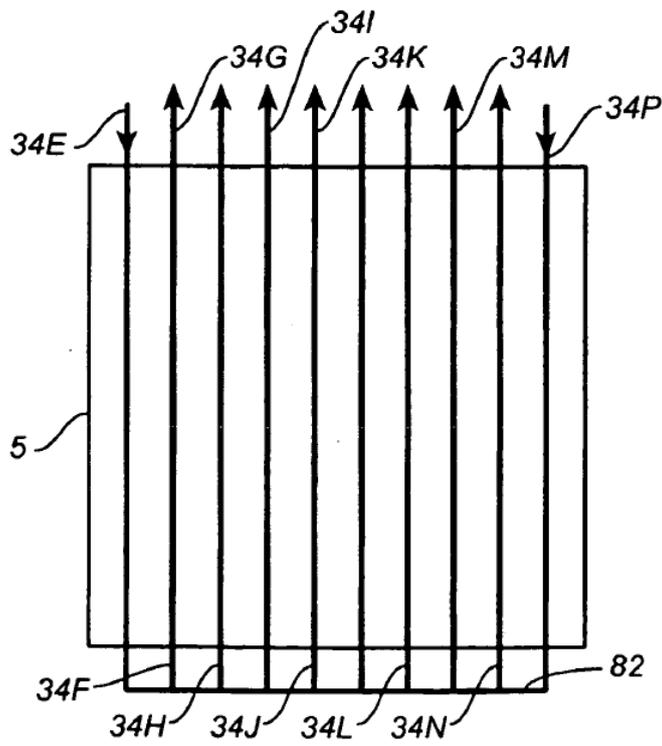


FIG. 11E

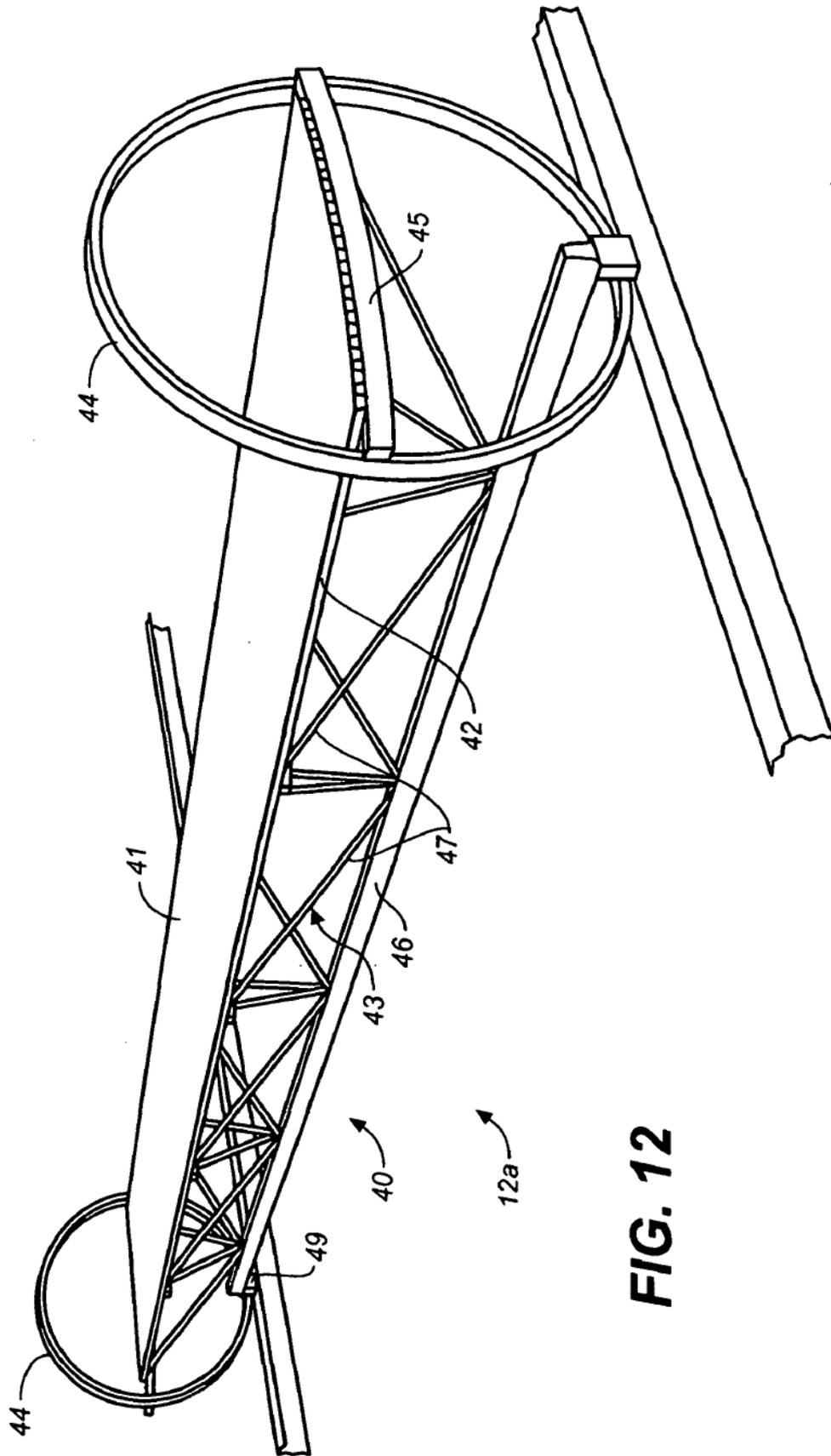


FIG. 12

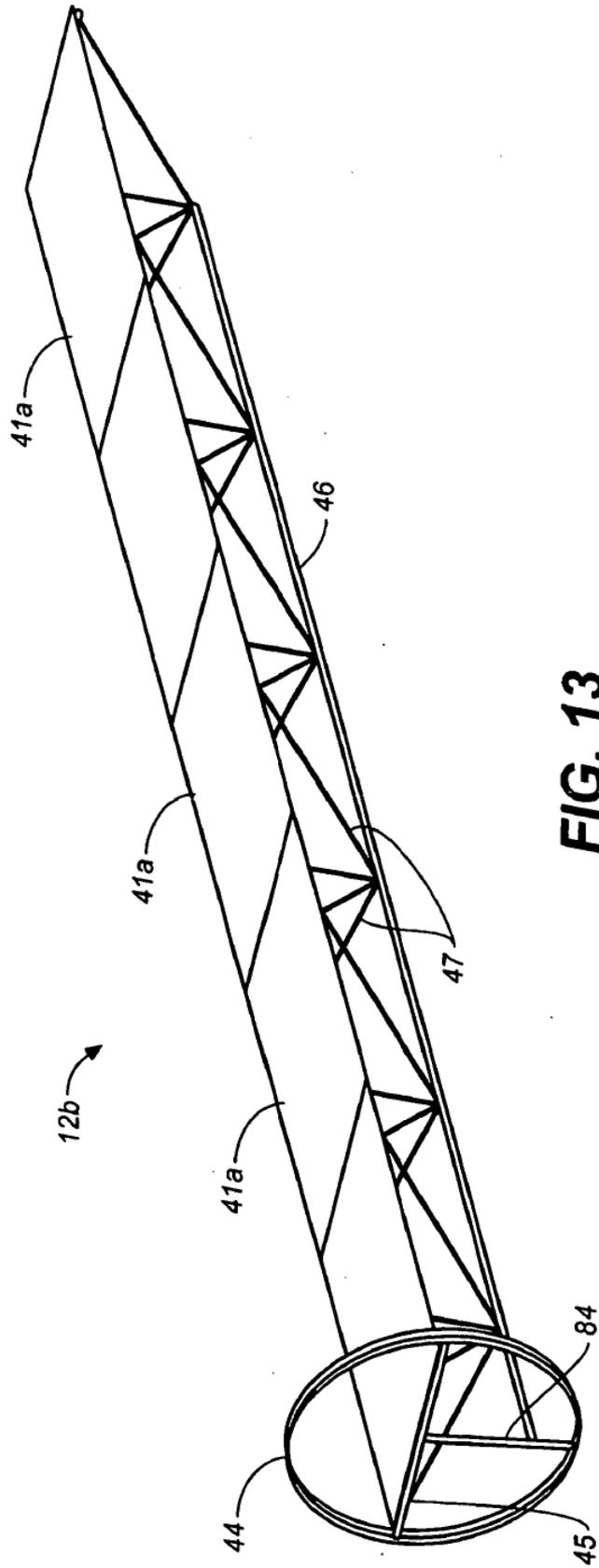


FIG. 13

FIG. 14

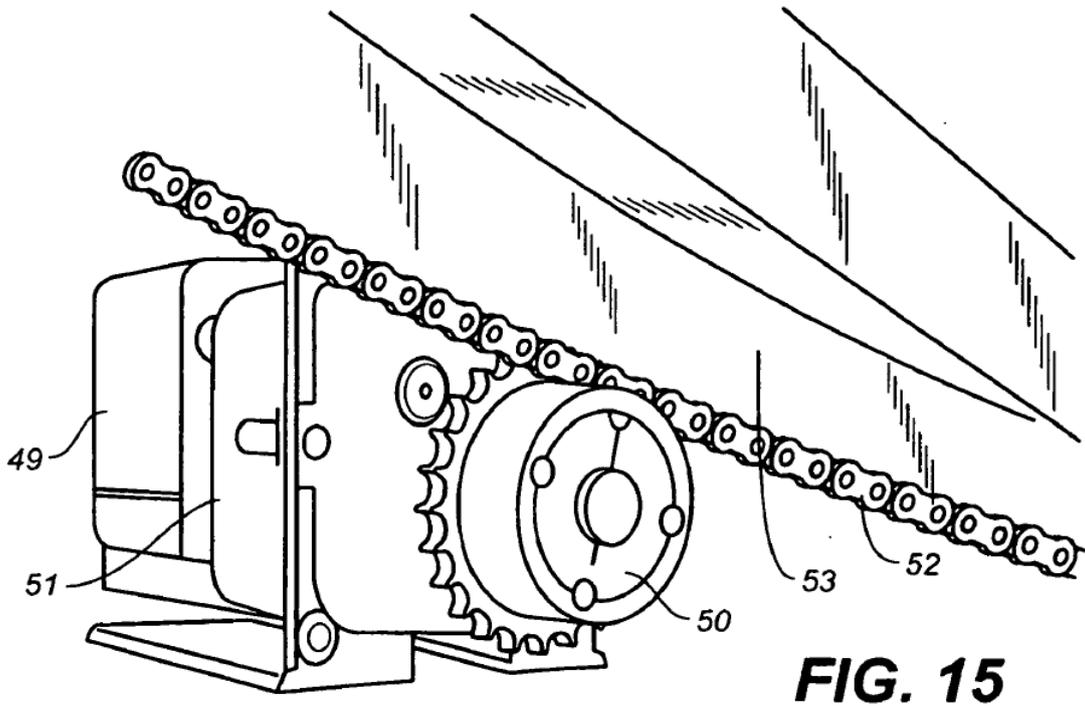
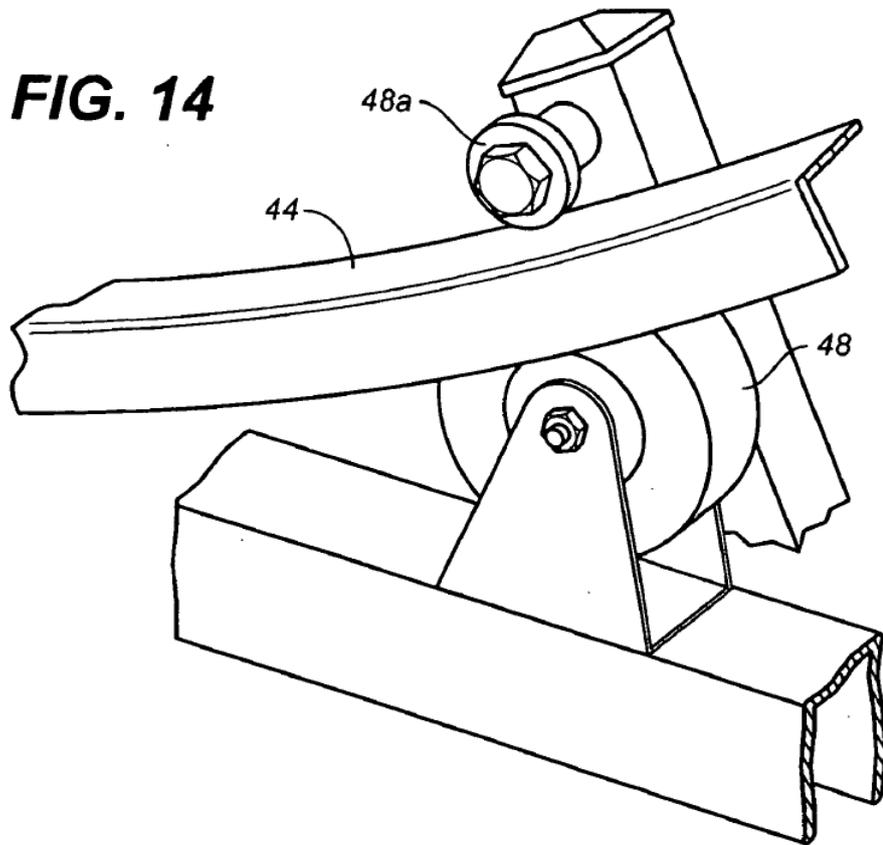


FIG. 15