

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 209**

51 Int. Cl.:

H01L 31/054 (2014.01)

G02B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.05.2008 PCT/CA2008/000831**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2008 WO08131561**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2008 E 08748233 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2153475**

54 Título: **Panel solar de guía de luz y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

01.05.2007 US 915207 P

08.06.2007 US 942745 P

25.07.2007 US 951775 P

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

15.11.2017

73 Titular/es:

**MORGAN SOLAR INC. (100.0%)
30 ORDNANCE STREET
TORONTO, ONTARIO M6K 1A2, CA**

72 Inventor/es:

MORGAN, JOHN, PAUL

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 642 209 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

Panel solar de guía de luz y método de fabricación del mismo

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de la prioridad de la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos Núm. 60/915,207 presentada el 1ro de mayo de 2007; la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos Núm. 60/942.745 presentada el 8 de junio de 2007; y la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos Núm. 60/951.775 presentada el 25 de julio de 2007.

10

Campo de la invención

15

La presente invención se refiere generalmente a paneles solares. Más particularmente, la presente invención se refiere a paneles solares concentradores de guía de luz.

Antecedentes de la invención

20

Se conocen los conjuntos de paneles solares que tienen celdas fotovoltaicas (PV) dispuestas sobre una gran superficie expuesta directamente al sol. Sin embargo, el material de celdas PV es caro y se han buscado soluciones para reducir la cantidad de material de celda PV requerido en paneles solares. Una de estas soluciones usa elementos ópticos de concentración, tales como lentes y espejos, para concentrar la luz solar en una superficie más pequeña ocupada por una celda PV en correspondencia más pequeña. Dado que los elementos ópticos de concentración tienen una longitud focal distinta de cero, constituyen módulos fotovoltaicos concentrados (CPV) que típicamente son más voluminosos que sus homólogos no concentrados. Este volumen es desventajoso no sólo en términos de manejo de los módulos CPV, sino también en términos de costos de material. Se pueden obtener módulos CPV menos voluminosos manteniendo el mismo factor de concentración reduciendo el tamaño de la celda PV; sin embargo, cortar las celdas PV en celdas más pequeñas aumenta la complejidad y el costo de los módulos.

25

30

Adicionalmente, los módulos CPV actuales requieren típicamente que los elementos ópticos de concentración se aseguren en un recinto estructural complejo para mantener todos los elementos en su lugar. Esto invariablemente se agrega al peso y costo de los módulos CPV, y o bien hace los requisitos de envío más estrictos para mitigar el riesgo de rotura de los módulos CPV montados o, requiere que los módulos CPV se envíen desmontados a su destino, requiriendo de esta manera esfuerzo y tiempo de montaje en el destino receptor.

35

40

Por lo tanto, es conveniente proporcionar un módulo CPV que sea menos voluminoso que los módulos CPV existentes. También es conveniente proporcionar un módulo CPV que requiera menos material de celda PV que los módulos CPV conocidos. Adicionalmente, es conveniente proporcionar un módulo CPV que requiera un recinto estructural menos complejo y voluminoso para concentrar elementos ópticos que en módulos CPV conocidos. El documento US 2002/148497 A1 describe un módulo de concentración genérico que tiene un dispositivo de tubo guía con una pluralidad de caras de entrada dirigidas a elementos de concentración ópticos para enfocar los rayos de luz solar a una pluralidad de tubos guías curvados acoplados a una porción de tronco cónica. El documento US 3,780,722 A describe un colector solar de concentración que tiene una pluralidad de microcristales de fibra óptica fabricados de un conjunto de fibras de vidrio que tienen una porción superior agrandada para concentrar pasivamente y suministrar luz solar a un generador termoeléctrico.

45

Chaves, J. y otros (2000): Ultra flat ideal concentrators of high concentration. Solar Energy, Vol. 69, Núm. 4, páginas 269 - 281, ISSN: 0038-092X describe un método para diseñar dispositivos no formadores de imagen.

50

Resumen de la invención

Es un objeto de la presente invención, como se define en la reivindicación 1, obviar o mitigar al menos una desventaja de los paneles solares anteriores.

55

En un aspecto, la presente invención proporciona un panel solar de guía de luz operable junto con un colector de energía solar, el panel solar de guía de luz comprende:

60

una etapa de inserción de luz formada en una primera placa de material óptico transmisivo, la etapa de inserción de luz tiene una superficie de entrada para recibir luz solar incidente, una pluralidad de elementos ópticos, y una pluralidad de caras de salida, los elementos ópticos se forman entre la superficie de entrada y la pluralidad de caras de salida, cada uno de la pluralidad de elementos ópticos enfoca la luz solar incidente sobre el elemento óptico hacia una de la pluralidad de caras de salida correspondiente y de esta manera dirige la luz solar hacia el colector de energía solar;

65

una etapa de guía de ondas óptica formada en una segunda placa de material óptico transmisivo, la etapa de guía de ondas óptica tiene una primera superficie, una pluralidad de elementos de reflexión interna total opuestos a la primera superficie, una pluralidad de caras de inyección y una superficie de salida, cada una de la pluralidad de caras de inyección situadas entre los elementos de reflexión interna total adyacentes, la etapa de guía de ondas óptica el más gruesa aguas abajo que aguas arriba y cada cara de inyección de la etapa de guía de ondas óptica se acopla

- 5 ópticamente a una de las caras de salida de la etapa de inserción de luz para formar una pluralidad de elementos ópticos de salida para recibir la luz solar desde la etapa de inserción de la luz, en la que la luz solar se enfoca y entra en la etapa de la guía de ondas óptica a través de la pluralidad de aberturas ópticas después de una única reflexión de la luz solar incidente por los elementos ópticos; la etapa de guía de ondas óptica guía la luz solar a través de una serie de reflexiones totales internas entre la primera superficie y la pluralidad de elementos de reflexión interna total hacia la superficie de salida; y
- 10 un elemento óptico de pellizco fabricado de un material óptico transmisivo acoplado ópticamente a la etapa de guía de ondas óptica, asegurado entre la etapa de guía de ondas óptica y el colector de energía solar, para concentrar la luz solar sobre el colector de energía solar.
- 15 El panel solar puede tener los elementos ópticos separados entre sí a lo largo de líneas sustancialmente paralelas y la superficie de salida puede ser sustancialmente no ortogonal a la superficie de entrada.
- 20 El panel solar puede tener los elementos ópticos separados entre sí a lo largo de arcos circulares sustancialmente concéntricos, y la superficie de salida puede conformarse como un arco de círculo sustancialmente concéntrico con respecto a los elementos ópticos.
- 25 El panel solar puede tener elementos ópticos que incluyen al menos uno de los reflectores parabólicos, reflectores cúbicos, reflectores hiperbólicos, reflectores elípticos, reflectores planos y reflectores redondos.
- 30 El panel solar puede tener la etapa de guía de ondas óptica en forma de cuña. El panel solar puede tener la etapa de guía de ondas óptica al menos parcialmente en forma de cono.
- 35 El panel solar tiene la etapa de guía de ondas óptica que incluye una primera superficie fuera de la cual la luz recibida de la al menos una abertura de salida óptica pasa a través de una primera reflexión total interna. El panel solar según se reivindica puede tener al menos una de la superficie de entrada y la primera superficie con una capa de revestimiento formada sobre la misma.
- 40 El panel solar según se reivindica tiene la sección de guía de ondas óptica con una pluralidad de elementos reflectores formados opuestos a la primera superficie, la pluralidad de elementos reflectores reciben la luz reflejada totalmente internamente desde la primera superficie y reflejan la luz totalmente internamente reflejada hacia la primera superficie. La pluralidad de elementos reflectores puede incluir reflectores planos. Los reflectores planos pueden ser sustancialmente paralelos a la primera superficie. Dicha pluralidad de elementos reflectores tiene superficies de reflexión total interna. La al menos una abertura de salida óptica se sitúa entre elementos reflectores adyacentes.
- 45 El panel solar según se reivindica es tal que sustancialmente ninguna luz se acopla desde la etapa de guía de ondas óptica a la etapa de inserción de luz a través de la al menos una abertura de salida óptica.
- 50 El panel solar es tal que la etapa de guía de ondas óptica guía la luz hacia la superficie de salida a través de una serie de reflexiones totales internas. El panel solar es tal que la superficie de entrada tiene un área de entrada de luz y la superficie de salida tiene un área de recolección de luz, el área de recolección de luz es menor que el área de entrada de luz.
- 55 El panel solar puede comprender un colector de energía solar acoplado ópticamente a la superficie de salida. El colector de energía solar puede incluir al menos uno de una celda solar fotovoltaica y un colector de calor. El panel solar puede comprender además un prisma óptico para acoplar ópticamente la superficie de salida al colector de energía solar.
- 60 El panel solar puede ser tal que la etapa de guía de ondas óptica tenga al menos una interfaz de forma parabólica adyacente a la superficie de salida, la al menos una interfaz de forma parabólica concentra la luz sobre la superficie de salida. El panel solar puede comprender un elemento óptico cónico adyacente a la superficie de salida, el elemento óptico cónico separa el colector de energía solar de la etapa de guía de ondas óptica y concentra la luz sobre el colector de energía solar. El elemento óptico cónico puede tener un índice de refracción diferente del de la etapa de guía de ondas óptica.
- 65 El panel solar puede tener la etapa de guía de ondas óptica que incluye una pluralidad de guías de ondas, cada guía de ondas se acopla ópticamente a una de la al menos una abertura de salida óptica, cada guía de ondas recibe la luz desde una abertura de salida óptica correspondiente y propaga la luz a lo largo de la guía de ondas en una dirección determinada al menos por los elementos ópticos. Cada guía de ondas puede tener una superficie de salida de la guía de ondas, la superficie de salida de la etapa de guía de ondas comprende la superficie de salida de la guía de ondas de cada guía de ondas. Los elementos ópticos pueden dirigir la luz para su propagación en una sola dirección a lo largo de cada guía de ondas o en dos direcciones opuestas a lo largo de cada guía de ondas. Los elementos ópticos pueden incluir un holograma de fase de volumen. Los elementos ópticos pueden incluir una pluralidad de crestas prismáticas.
- El panel solar puede ser tal que la etapa de inserción de luz pueda incluir una pluralidad de canales de luz cónicos y la etapa de guía de ondas óptica puede incluir una pluralidad de guías de ondas, al menos uno de los canales de luz cónicos se acopla ópticamente a al menos una guía de ondas a través de una de la al menos una abertura de salida

5 óptica, cada guía de ondas guía la luz a lo largo de la guía de ondas en una dirección de propagación determinada al menos por los elementos ópticos. La al menos una guía de ondas puede incluir guías de onda de diferentes diámetros. Los elementos ópticos pueden incluir al menos uno de un holograma de fase de volumen y crestas prismáticas para impartir la dirección de propagación a la luz. Los elementos ópticos pueden incluir además al menos uno de reflectores parabólicos, reflectores cúbicos, reflectores hiperbólicos, reflectores elípticos, reflectores planos y reflectores redondos.

10 La etapa de inserción de luz se forma en una primera placa de material óptico transmisivo y la etapa de guía de ondas óptica se forma en una segunda placa de material óptico transmisivo. La primera placa incluye la superficie de entrada y los elementos ópticos, y tiene una superficie perfilada de salida opuesta a la superficie de entrada. La segunda placa incluye una superficie perfilada de entrada adyacente a la superficie perfilada de salida, donde la superficie perfilada de salida de la primera placa y la superficie perfilada de entrada de la segunda placa son complementarias entre sí y definen la al menos una abertura óptica de salida.

15 El panel solar puede ser tal que la etapa de inserción de luz se forme en la primera y segunda capas de material óptico transmisivo, y la etapa de guía de ondas óptica se forme en una tercera capa de material óptico transmisivo. La primera capa puede incluir la superficie de entrada y además incluir una primera superficie perfilada opuesta a la superficie de entrada. La segunda capa puede incluir una segunda superficie perfilada adyacente y complementaria a la primera superficie perfilada, incluyendo además la segunda capa una tercera superficie perfilada opuesta a la segunda superficie perfilada. La tercera capa puede incluir una cuarta superficie perfilada adyacente y complementaria a la tercera superficie perfilada, la tercera superficie perfilada y la cuarta superficie perfilada definen la al menos una abertura óptica de salida.

25 El panel solar puede ser tal que la etapa de inserción de luz y la etapa de guía de ondas óptica se formen en un mismo material óptico transmisivo.

30 El panel solar puede ser tal que la etapa de inserción de luz tenga una primera sección que tenga un primer conjunto de elementos ópticos separados entre sí a lo largo de un primer conjunto de arcos de círculo sustancialmente concéntricos y una segunda sección que tenga un segundo conjunto de elementos ópticos separados entre sí a lo largo de un segundo conjunto de arcos de círculo sustancialmente concéntricos. El primer conjunto de elementos ópticos puede dirigir una primera porción de la luz en una primera dirección y el segundo conjunto de elementos ópticos puede dirigir una segunda porción de la luz en una segunda dirección distinta de la primera dirección. La segunda dirección puede oponerse a la primera dirección. La primera sección de la etapa de inserción de luz puede tener al menos una abertura de salida óptica de la primera sección y la segunda sección de la etapa de inserción de luz puede tener al menos una abertura de salida óptica de la segunda sección, la etapa de guía de ondas óptica tiene una primera sección acoplada ópticamente a la al menos una abertura óptica de la primera sección y una segunda sección ópticamente acoplada a al menos una segunda abertura óptica de la sección.

40 En un aspecto adicional, que no es el objeto de las reivindicaciones de la patente, se proporciona un panel solar de guía de luz que comprende una etapa de inserción de luz que tiene una superficie de entrada para recibir luz, elementos ópticos y al menos una abertura de salida óptica, los elementos ópticos entre la superficie de entrada y la al menos una abertura de salida óptica se forman para dirigir la luz desde la superficie de entrada a al menos una abertura de salida óptica; una etapa de guía de ondas óptica que tiene una superficie de salida, la etapa de guía de ondas óptica se acopla ópticamente a al menos una abertura de salida óptica para recibir la luz de la misma, la etapa de guía de ondas óptica guía la luz hacia la superficie de salida; y una celda fotovoltaica acoplada ópticamente a la superficie de salida.

45 En aún otro aspecto adicional, que no es el objeto de las reivindicaciones de la patente, se proporciona un método de fabricación de un panel solar de guía de luz. El método comprende las etapas de formar una etapa de inserción de luz que tiene una superficie de entrada para recibir luz, elementos ópticos y al menos una abertura de salida óptica, los elementos ópticos se disponen entre la superficie de entrada y la al menos una abertura de salida óptica para dirigir la luz desde la superficie de entrada hasta al menos una abertura de salida óptica; formar una etapa de guía de ondas óptica que tiene una superficie de salida; y acoplar ópticamente la etapa de guía de ondas óptica a al menos una abertura de salida óptica para recibir la luz de la misma, la etapa de guía de ondas óptica guía la luz hacia la superficie de salida.

55 Otros aspectos y características de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica al revisar la siguiente descripción de modalidades específicas de la invención junto con las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

60 A continuación se describirán modalidades de la presente invención, sólo a manera de ejemplo, con referencia a las figuras adjuntas, en donde:

La Figura 1 muestra una primera modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención;

La Figura 2 muestra la modalidad de la Figura 1 con una pluralidad de rayos de luz enfocados por un único reflector;

La Figura 3 muestra detalles de la modalidad de la Figura 1;

65 La figura 4 muestra una vista ampliada de la modalidad de la Figura 1;

- La Figura 5 muestra el panel solar de guía de luz en el que los rayos de luz permanecen atrapados en una etapa de guía de ondas óptica;
- La Figura 6 muestra un panel solar de guía de luz en el que los rayos de luz se escapan de las etapas de guía de ondas óptica;
- 5 La Figura 7 muestra una vista en perspectiva de una modalidad de geometría lineal del panel solar de guía de luz de la presente invención;
- La Figura 8A muestra una vista lateral de la modalidad de la Figura 7 con dos rayos de luz que se propagan en su interior;
- 10 La Figura 8B muestra una vista frontal de la modalidad de la Figura 7 con dos rayos de luz que se propagan en su interior;
- La Figura 8C muestra una vista en perspectiva de la modalidad de la Figura 7 con dos rayos de luz que se propagan en su interior;
- La Figura 9 muestra una vista en perspectiva de una modalidad de geometría giratoria del panel solar de guía de luz de la presente invención;
- 15 La Figura 10 muestra una vista en perspectiva de una sección rectangular de la modalidad de la Figura 9;
- La Figura 11 muestra una vista en perspectiva de una sección cortada de la modalidad de la Figura 9;
- La Figura 12 muestra una porción de una modalidad del panel solar de guía de luz de dos capas de la presente invención;
- 20 La Figura 13 muestra una porción de una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en la que se producen tres reflexiones en la etapa de inserción de luz;
- La Figura 14 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en el que se usan elementos ópticos de Cassegrain en la etapa de guía de luz;
- La Figura 15 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en el que se usan elementos ópticos del cono de Winston en la etapa de guía de luz;
- 25 La Figura 16 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en el que se usan elementos ópticos del cono Winston en la etapa de guía de ondas óptica;
- La Figura 17 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en el que se usan elementos ópticos del medio cono de Winston en la etapa de guía de ondas óptica;
- 30 La Figura 18 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en el que se usa un elemento de concentración de cara plana en la etapa de guía de ondas óptica;
- La Figura 19 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en el que están presentes múltiples superficies de salida en la etapa de guía de ondas óptica;
- La Figura 20 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención en el que una capa de revestimiento rodea el panel;
- 35 La Figura 21 muestra una modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención fabricado ensamblando los cortes uno al lado del otro;
- La Figura 22A muestra una vista en perspectiva de una modalidad de tres capas del panel solar de guía de luz de la presente invención;
- 40 La Figura 22B muestra una vista despiezada de la modalidad de la Figura 22A;
- La Figura 22C muestra una vista lateral de la modalidad de la Figura 22A;
- La Figura 22D muestra una vista ampliada de la Figura 22C;
- La Figura 23A muestra una vista en perspectiva de una modalidad de dos capas del panel solar de guía de luz de la presente invención;
- 45 La Figura 23B muestra una vista despiezada de la modalidad de la Figura 23A;
- La Figura 23C muestra una vista ampliada de la modalidad de la Figura 23A;
- La Figura 24A muestra una vista ampliada de una modalidad del panel de guía de luz de la presente invención;
- La Figura 24B muestra una vista ampliada de una modalidad del panel de guía de luz de la presente invención;
- La Figura 24C muestra detalles geométricos de la modalidad de las Figuras 24B y 33D;
- 50 La Figura 25A muestra una vista en perspectiva de una modalidad de dos capas del panel solar de guía de luz de la presente invención;
- La Figura 25B muestra una vista despiezada de la modalidad de la Figura 25A;
- La Figura 25C muestra una vista ampliada de la modalidad de la figura 25A;
- La Figura 26 muestra una vista ampliada de una modalidad del panel de guía de luz de la presente invención;
- La Figura 27 muestra un ensamble de diez modalidades de paneles solares de guía de luz de la presente invención;
- 55 La Figura 28 muestra un panel solar de guía de luz de la presente invención montado sostenido entre refuerzos;
- La Figura 29 muestra un disipador de calor;
- La Figura 30 muestra el conjunto de celdas fotovoltaicas;
- La Figura 31 muestra detalles de un mecanismo de seguimiento solar de un solo eje;
- 60 La Figura 32A muestra una vista en perspectiva de una modalidad de geometría giratoria del panel solar de guía de luz de la presente invención;
- La Figura 32B muestra una vista superior de la modalidad de la Figura 32A;
- La Figura 33A muestra un prisma;
- La Figura 33B muestra una vista en perspectiva de una modalidad de geometría giratoria del panel solar de guía de luz de la presente invención con el prisma de la Figura 33A;
- 65 La Figura 33C muestra una vista superior de la modalidad de la Figura 33A;
- La Figura 33D muestra una vista en perspectiva de un montaje de secciones de paneles solares de guía de luz;

- La Figura 33E muestra una vista lateral del montaje de la figura 33D;
 La Figura 33F muestra una vista despiezada del montaje de la Figura 33E;
 La Figura 33G muestra detalles de la etapa de inserción de luz y la etapa de guía de ondas óptica de la modalidad de la Figura 33D;
- 5 La Figura 34 muestra un mecanismo de seguimiento solar de doble eje;
 La Figura 35 muestra otro mecanismo de seguimiento solar de doble eje;
 La Figura 36 muestra otro mecanismo de seguimiento solar de doble eje;
 La Figura 37 muestra otra modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención;
 La Figura 38 muestra otra modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención;
- 10 La Figura 39 muestra varias modalidades de paneles solares de guía de luz que tienen diferentes ángulos de aceptación de luz;
 La Figura 40 muestra otra modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención;
 La Figura 41A es una vista en perspectiva de otra modalidad del panel solar de guía de luz de la presente invención;
 La Figura 41B es una vista detallada de la modalidad de la figura 41A;
- 15 La Figura 42A muestra un holograma sobre un sustrato de vidrio;
 La Figura 42B muestra una vista en sección transversal detallada de la modalidad de la Figura 41A;
 La Figura 42C muestra una vista en perspectiva de la vista detallada de la Figura 42B;
 La Figura 43 muestra una capa de desviación fabricada de crestas prismáticas;
 La Figura 44A muestra una vista en sección transversal de un elemento de una modalidad del panel solar de guía de luz
- 20 de la presente invención;
 La Figura 44B muestra una vista superior de la modalidad de la Figura 44A;
 La Figura 44C muestra una vista lateral de la modalidad de la Figura 44A;
 La Figura 45A muestra una vista en perspectiva de un dissipador de calor;
 La Figura 45B muestra una vista en sección transversal del dissipador de calor de la Figura 45A;
- 25 La Figura 46 muestra un montaje del seguimiento de un solo eje del panel solar;
 La Figura 47 muestra un montaje del seguimiento de un solo eje térmico solar;
 La Figura 48 muestra una modalidad de panel solar de índice de gradiente;
 La Figura 49 muestra otra modalidad de panel solar de índice de gradiente; y
 La Figura 50 muestra un montaje de los paneles solares mostrados en las Figuras 33D-33F.

30 Descripción Detallada

Generalmente, la presente invención proporciona un sistema de energía solar que usa un panel solar de guía de luz (LGSP) para atrapar la luz dentro de un dieléctrico u otro panel transparente y propaga la luz a uno de los bordes del panel para colectarse mediante un colector de energía solar (SEC). Esto permite módulos muy delgados cuyo grosor es comparable a la altura del SEC, que puede ser, por ejemplo, una celda PV, en el borde del módulo, eliminando así los requerimientos de profundidad inherentes en sistemas de energía solar tradicionales tales como sistemas de CPV. La luz que golpea al LGSP se redirige y atrapa internamente para que salga del panel a través de uno de sus bordes donde un SEC lo recibe.

40 Los LGSP de la presente invención pueden combinarse en clústeres para hacer los módulos. Los elementos ópticos del LGSP pueden diseñarse estructuralmente para ser en gran parte autosoportados, lo que significa que no requieren ningún recinto externo sustancial para mantener su forma y orientación. Se puede agregar un recinto completo al LGSP. Como se describirá a continuación, para minimizar el uso y el costo de los materiales, los módulos del LGSP pueden soportarse por una configuración de eje y refuerzo.

La luz solar concentrada puede aprovecharse para un propósito que no sea la creación de electricidad con celdas (PV). Un uso alternativo es el calentamiento de un elemento. Los módulos también pueden configurarse para calentar agua mientras generan electricidad simultáneamente. También puede acoplarse la luz concentrada en una fibra óptica u otra guía de luz para propagarla a otro lugar para algún otro uso, tal como un dispositivo de iluminación para proporcionar iluminación solar.

Las Figuras 1 y 2 muestran una vista en sección transversal de una primera modalidad de un LGSP 100 de la presente invención. El panel 100 tiene una etapa 102 de inserción de luz y una etapa de guía de ondas óptica 104, que puede fabricarse de cualquier material óptico transmisivo adecuado. La etapa de inserción de luz 102 recibe la luz solar 106 en su superficie de entrada 108 y desde allí, la luz solar 106 es guiada hacia elementos ópticos tales como, por ejemplo, una serie de reflectores 110. Los reflectores 110 se definen por las interfaces 112 entre el material óptico transmisivo de la etapa de inserción de luz 102 y las áreas 114 que componen el material. El ángulo en el que se sitúan las interfaces 112 con respecto a la luz solar incidente 106 y la relación del índice de refracción del material óptico transmisivo de la etapa de inserción de la luz 102 al índice de refracción del material de las áreas 114, se eligen de manera que la luz solar 106 incidente sobre las interfaces 112 pasa por la reflexión total interna. Normalmente, el material 114 es aire o cualquier otro gas adecuado; sin embargo, cualquier otro material adecuado puede constituir también el material 114. Los materiales de la etapa de inserción de luz 102 y de la etapa de guía de ondas óptica 104 pueden incluir, por ejemplo, cualquier tipo de polímero o vidrio acrílico tal como poli (metilmetacrilato) (PMMA), que tiene un índice de refracción de aproximadamente 1.49 para la parte visible del espectro óptico. También puede usarse cualquier otro material adecuado. El ángulo en el que se sitúan las interfaces 112 con respecto a la luz solar incidente 106 varía desde

el ángulo crítico hasta 90°, medido a partir de la normal superficial de la interfaz 112 (por ejemplo, para una interfaz de aire PMMA, el ángulo está comprendido sustancialmente entre aproximadamente 42.5° y 90°).

5 Los reflectores 110 se configuran como reflectores parabólicos; sin embargo, pueden tener cualquier otra forma adecuada. Si la separación entre los reflectores es "A" y el origen del sistema de coordenadas es una abertura 116, entonces una ecuación ilustrativa de la parábola correspondiente es $y = (1/2A)x^2 - 1/4$. Como se muestra en la Figura 1, cada reflector 110 dirige la luz solar 106 hacia una abertura óptica de salida respectiva 116 enfocando la luz solar 106 en la abertura óptica de salida 116. La Figura 2 muestra el enfoque de la luz solar 106 por un mismo reflector 110. La luz solar 106 enfocada de este modo entra en la etapa de guía de ondas óptica 104, que incluye una pared 118 hacia la que se propaga la luz solar 106. La pared 118 tiene una primera superficie 120 entre el material óptico transmisor de la etapa de guía de ondas óptica 104 y el material 122, que se sitúa en el otro lado de la pared 118. El ángulo en el cual la interfaz 118 puede situarse con respecto a la horizontal está en el intervalo de 1-5°; sin embargo, cualquier otro ángulo adecuado también funcionará. La orientación de la pared 118 con respecto a la luz solar 106 procedente de las aberturas 116 y la relación del índice de refracción del material óptico transmisor de la etapa de guía de ondas óptica 104 al índice de refracción del material 122, se eligen de manera que la luz solar 106 incidente sobre la primera superficie 120 pasa por la reflexión total interna. El material 122 puede ser aire o cualquier otro gas adecuado; sin embargo, cualquier otro material que tenga un índice de refracción inferior al de la etapa de guía de ondas óptica 104 puede constituir también el material 122. En cuanto a los materiales de la etapa de inserción de luz 102 y de la etapa de guía de ondas óptica 104, estos pueden incluir, por ejemplo, cualquier tipo de polímero o vidrio acrílico tal como PMMA. También puede usarse cualquier otro material adecuado.

Una vez que la luz solar 106 se refleja totalmente internamente en la primera superficie 120, esta se propaga en la etapa de guía de ondas óptica 104 hacia una serie de elementos reflectantes 124 que reflejan la luz solar 106 hacia la primera superficie 120 donde la luz solar 106 pasa de nuevo por la reflexión total interna. Como se muestra en la Figura 3, cada elemento reflectante 124 se define por una interfaz 126 entre el material óptico transmisor de la etapa de guía de ondas óptica 104 y el área de formación de materiales 128, que puede ser el mismo material que el de las áreas 114. La orientación de los elementos reflectantes 124 con respecto a la luz solar 106 procedente de la primera superficie 120 y la relación del índice de refracción del material óptico transmisor de la etapa de guía de ondas óptica 104 al índice de refracción del material 128, se eligen de manera que la luz solar 106 que incide contra los elementos reflectantes 124 pasa por la reflexión total interna.

Como se muestra en las modalidades ilustrativas de las Figuras 1-3, cada elemento reflectante 124 es plano y se encuentra en un ángulo no paralelo (por ejemplo, 1-5°) a la superficie de entrada 108. Además, cada elemento reflectante 124 se encuentra a una distancia sustancialmente igual de la superficie de entrada 108 y es sustancialmente paralelo a la primera superficie 120. Como tal, la etapa de guía de ondas óptica 104, como se muestra en las Figuras 1-3, tiene generalmente la forma de una cuña que actúa para propagar la luz solar 106 se introducida en la etapa de guía de ondas óptica 104 a través de las aberturas ópticas de salida 116 en la dirección en la que se ensancha la cuña, que se denomina dirección aguas abajo. Por lo tanto, la etapa de guía de ondas óptica 104 es tal que después de varias reflexiones totales internas sucesivas en la primera superficie 120 y en los elementos reflectantes 124, la luz solar 106 alcanza una superficie de salida 130 (Figuras 1 y 2), que es parte de una pared lateral 132, donde puede disponerse un SEC (no mostrada) de cualquier tipo adecuado para recoger la energía transportada por la luz solar 106.

Las Figuras 1 y 2 muestran la pared lateral 132 que no es perpendicular a la superficie de entrada 108; sin embargo, la pared lateral 132 puede permanecer a cualquier ángulo adecuado desde la superficie de entrada 108. Además, como comprenderá el experto en la técnica, el LGSP 100 puede tener cualquier número adecuado de elementos reflectantes 124 y cualquier número adecuado de aberturas ópticas de salida 116.

La Figura 3 muestra la modalidad en la que cada elemento reflectante 114 es paralelo a la pared 118. En esta modalidad, el ángulo de incidencia permanece constante a medida que un rayo de luz solar 106 se propaga en la dirección aguas abajo.

La figura 4 muestra que los elementos reflectantes 124 pueden formarse de manera que la luz solar 106 procedente de la primera superficie 120 (Figura 1) y que se propaga hacia la etapa de inserción de luz 102 se refleje fuera de un elemento reflectante 124 y no incida sobre una salida óptica 116.

La Figura 5 muestra otra modalidad de la presente invención en la que el ángulo entre la pared 118 y los elementos reflectantes 124 no es paralelo pero se abre en la dirección aguas abajo. En esta modalidad, puede mostrarse que la luz solar 106 permanecerá atrapada en la etapa de guía de ondas óptica 104. La Figura 6 muestra una modalidad en la que el ángulo entre la pared 118 y los elementos reflectantes se cierra en la dirección aguas abajo. En esta modalidad, puede mostrarse que la luz solar 106 se transmite eventualmente fuera de la etapa de guía de ondas óptica 104.

La Figura 7 muestra una vista en perspectiva de un LGSP 100 que puede tener la sección transversal mostrada en la Figura 1. El LGSP 100 de la Figura 7 concentra la luz solar 106 sobre la pared lateral 132. La modalidad del LGSP 100 de la Figura 7 puede referirse como que tiene una geometría lineal ya que los reflectores 110 se encuentran todos a lo largo de las líneas paralelas.

El rendimiento del LGSP 100 de la Figura 7 es sustancialmente invariante a los cambios en el ángulo de incidencia de la luz solar 106 en el plano definido por los ejes X e Y. Esta invariancia se muestra en las Figuras 8A a 8C, donde los rayos 134 y 136, incidentes sobre la superficie de entrada 108 a 30° y 45° respectivamente, se dirigen hacia la etapa de guía de ondas óptica 104 mediante la etapa de inserción de luz 102, y se propagan aguas abajo en la etapa de guía de ondas óptica 104 hacia la superficie de salida 130. Debido a esta invariancia al ángulo de incidencia en el plano XY, el LGSP 100 de la Figura 7 puede usarse junto con cualquier seguidor solar de eje único adecuado para concentrar eficazmente la luz solar 106 a un borde del panel, es decir, a la superficie de salida 130. Como comprenderá el experto en la técnica, un seguidor de un solo eje mantiene el panel en una alineación constante con el sol para maximizar la cantidad de luz solar capturada por el LGSP 100.

La Figura 9 muestra una vista en perspectiva de otro LGSP 100 que puede tener la sección transversal mostrada en la Figura 1. El LGSP 100 de la Figura 9 se conforma sustancialmente como un disco 138 y concentra la luz solar sobre una pared interior 140 formada en la región del centro del disco 138, la pared interior 140 actúa como una superficie de salida 142 que puede acoplarse ópticamente, por cualquier medio adecuado, a cualquier SEC adecuado. Ejemplos de cómo puede acoplarse la luz solar 106 a un SEC se discuten a continuación. La modalidad del LGSP 100 de la Figura 9 puede referirse como que tiene una geometría giratoria puesto que los reflectores 110 se encuentran en círculos concéntricos. Los SEC incluyen, por ejemplo, detectores fotovoltaicos, celdas solares, colectores de fibra óptica que recogen la luz solar incidente y la transmiten por fibras ópticas al interior de un edificio para su uso en dispositivos de iluminación y colectores térmicos tales como para calentar agua o cualquiera de sus combinaciones.

El LGSP 100 de la Figura 9 puede seccionarse en paneles rectangulares, como se muestra en la Figura 10, o en cortes angulares, como se muestra en la Figura 11, o en cualquier otra forma adecuada, para adaptarse a cualquier soporte de montaje o estructura conveniente (no mostrada).

Como comprenderá el experto en la técnica, los LGSP 100 mostrados en las Figuras 7-11 pueden montarse en cualquier tipo adecuado de sistemas de seguimiento solar tales como, por ejemplo, sistemas de seguimiento de un solo eje y sistemas de seguimiento de doble eje. Para los LGSP 100 de las Figuras 7-11, los compromisos de diseño pueden hacerse entre la concentración y la aceptación de luz solar angular, que a su vez determinan la alineación requerida y la precisión de seguimiento. El LGSP 100 de la Figura 7 puede lograr, por ejemplo, concentraciones de 20-50 soles y requiere un seguimiento solar de un solo eje de aproximadamente 1°. El LGSP 100 de la Figura 10 puede lograr, por ejemplo, concentraciones de aproximadamente 500-1000 soles y requiere un seguimiento de doble eje de aproximadamente 1°. Teniendo una región de cubo más grande en el centro del LGSP 100 de la Figura 10, es decir, teniendo una abertura más grande en el centro del LGSP 100, producirá menos concentración que si la región de cubo fuera menor y requiriera un seguimiento menos preciso.

Tal como comprenderá el experto en la técnica, la relación del ancho de la abertura de salida óptica 116 con el tramo horizontal del reflector 110 determinará la concentración. Si la relación se hace muy pequeña, de tal manera que la abertura de salida óptica 116 sea extremadamente estrecha, entonces la concentración puede hacerse muy alta, sin embargo la aceptación angular será muy pequeña. La relación entre el ancho de 116 y el tramo horizontal de 110 también afecta el ángulo de la primera superficie 120, ya que una abertura más estrecha permite que el ángulo entre las superficies 118 y 108 sea menor, tal como, por ejemplo, 1°. Esto a su vez puede conducir a una pared lateral 132 más pequeña, y por lo tanto a un SEC más pequeño.

Para fines de fabricación, la etapa de inserción de luz 102 y la etapa de guía de ondas óptica 104, para el LGSP 100 de, por ejemplo, las Figuras 7 y 10, forman capas distintas como se muestra en la Figura 12. Esto crea una cara de salida 144 en la etapa de inserción de luz 102 y una cara de inyección 146 en la etapa de guía de ondas óptica 104. La cara de salida 144 y la cara de inyección 146 no necesitan ser paralelas o planas. La cara de salida 144 y la cara de inyección 146 forman parte de la abertura de salida óptica 116.

La Figura 13 muestra una sección transversal de una modalidad de un LGSP que no forma parte de la presente invención. En la modalidad de la Figura 13, la luz solar 106 rebota de un primer reflector 148, un segundo reflector 150 y un tercer reflector 152 antes de ser introducida en la etapa de guía de ondas óptica 104 en la abertura óptica de salida 116. El primer, segundo y tercer reflectores son elementos ópticos y pueden tener cualquier forma adecuada tal como, por ejemplo, superficies planas, parabólicas, hiperbólicas, elípticas y redondas.

Además, en la etapa de inserción de luz 102 pueden incluirse también elementos ópticos adecuados tales como, por ejemplo, lentes, lentes Fresnel, canales parabólicos, elementos ópticos de Cassegrain, conos de Winston y prismas cónicos. Los elementos ópticos sólo necesitan ser capaces de suministrar la luz solar 106 a las aberturas ópticas de salida 116 en la dirección general aguas abajo de la etapa de guía de ondas óptica. La etapa de guía de ondas óptica 104 puede ser independiente de la modalidad de la etapa de inserción de luz 102, es decir, puede usarse una misma etapa de guía de ondas óptica 104 para diferentes modalidades de la etapa de inserción de luz 102.

La Figura 14 muestra una modalidad que no forma parte de la invención de la etapa de inserción de luz 102 que tiene un diseño óptico Cassegrain. En esta modalidad, un espejo primario parabólico 154 y un espejo secundario hiperbólico 156 se usan para enfocar y dirigir la luz solar 106 en un reflector plano 158. La luz solar 106 se refleja fuera del reflector

158 y entra en la etapa de guía de ondas óptica 104 en la cara de inyección 160, que actúa como una abertura de salida óptica de la etapa de inserción de luz 102. La modalidad de la Figura 14 puede usarse en un LGSP de geometría lineal o giratoria. Los elementos ópticos de Cassegrain de la Figura 14 requiere superficies reflejadas en los espejos primarios y secundarios (154 y 156 respectivamente), así como en el reflector plano 158.

La Figura 15 muestra una etapa de inserción de luz 102 que no forma parte de la invención que tiene una serie de conos de Winston 162 definidos por las interfaces 164A y 164B que se encuentran entre el material óptico transmisor de la etapa de inserción de luz 102 y el material 166 que puede ser aire o cualquier otro gas adecuado; sin embargo, cualquier otro material adecuado puede constituir también el material 166. La geometría de las interfaces 164 con respecto a la luz solar incidente 106 y la relación del índice de refracción del material óptico transmisor de la etapa de inserción de luz 102 con la del índice de refracción del material 166, se eligen de manera que la luz solar 106 que choca en las interfaces 164 pasa por la reflexión total interna. Para un cono dado 162 definido por las interfaces 164A y 164B, la luz solar 106 que choca con la interfaz 164A se refleja hacia un reflector 168, que a su vez dirige la luz solar 106 hacia la abertura de salida óptica 116. En cuanto a la luz solar 106 que choca con la interfaz 164B, en dependencia de donde se refleje en la interfaz 164B, se reflejará directamente a la abertura de salida óptica 116 o al reflector 168, que lo reflejará hacia la abertura de salida óptica 116. En cuanto a la luz solar 106 que choca directamente con el reflector 168, esta se dirige también a la abertura óptica de salida 116. Después de haber entrado en la etapa de guía de ondas óptica 104 a través de la abertura de salida óptica 116, la luz solar 106 puede incidir sobre la primera superficie 120 o sobre el elemento reflectante 124, de cualquier manera, la luz solar 106 experimenta una reflexión total interna y se propaga en la dirección aguas abajo. El reflector 168 puede tener cualquier geometría adecuada tal como, por ejemplo, una geometría redondeada, y puede incluir cualquier tipo adecuado de recubrimiento espejado. La etapa de inserción de luz 102 de la Figura 15 puede usarse en un LGSP de geometría lineal o giratoria. La capa 102 de inserción de luz de la Figura 15 puede usarse en paneles solares sin seguimiento debido a su ángulo de aceptación de luz solar relativamente amplio.

En las modalidades descritas anteriormente, puede obtenerse una concentración incrementada reduciendo la altura de la etapa de guía de ondas óptica 104 adyacente a la abertura óptica de salida de la etapa de guía de ondas óptica. Como se describe en las modalidades anteriores, la etapa de guía de ondas óptica 104 propaga la luz solar 106 por reflexión total interna de la luz solar. Generalmente, si la etapa de la guía de ondas óptica se estrecha o converge a favor de la corriente como se muestra en la Figura 6, la luz solar escapará de la etapa de guía de ondas óptica. Sin embargo, esta limitación no se aplica a la última reflexión dentro de la etapa de guía de ondas óptica ya que en este punto, la luz solar está a punto de salir de la etapa de guía de ondas óptica 104. Inmediatamente antes de la recolección de la luz solar por un SEC, la luz solar puede reflejarse en cualquier ángulo adecuado siempre que alcance todavía la abertura de salida óptica de la etapa de guía de ondas óptica. Debido a que el SEC recolecta la luz solar, el ángulo de incidencia de la luz importa menos y, como tal, la luz puede concentrarse aún más, inmediatamente antes de ser colectada. La concentración adicional que puede lograrse de este modo depende de la dispersión angular de la luz solar 106 dentro de la etapa de guía de ondas óptica 104, donde se logra más concentración cuanto más colimada esté la luz dentro de la capa de guía de luz. En modalidades típicas, la concentración extra puede variar, por ejemplo, entre 1.5 veces y 2 veces.

La forma más sencilla de añadir esta concentración adicional es estrechar la capa de guía de luz cerca del SEC. Una buena conicidad para la concentración es un cono de Winston, que es un paraboloides fuera del eje, cuyo ejemplo se muestra con el número de referencia 170 en la Figura 16. Sin embargo, la inclusión de un cono de Winston 170 introduce un espacio muerto (definido como una superficie del LGSP expuesta a la luz solar que no captura y transmite luz al SEC) en el LGSP 100 porque la luz incidente en el cono Winston desde arriba no se captura sustancialmente. Este espacio muerto conduce a reducciones en la eficiencia general del sistema en el uso del espacio para convertir la energía solar en energía útil.

Puede lograrse un compromiso entre concentración extra y espacio muerto usando un medio cono de Winston 172 mostrado en la Figura 17. Como otra alternativa, puede usarse un cono de cara plana 174, como se muestra en la Figura 18, que se aproxime al efecto de un cono Winston. Sin embargo, el cono de cara plana no proporciona la misma concentración adicional que puede proporcionarse por un cono de Winston. A pesar de este hecho, y debido a que los elementos planos son más fáciles de fabricar que los elementos curvos, la aproximación mostrada en la Figura 18 puede ser interesante.

La concentración incrementada descrita anteriormente puede lograrse usando un elemento óptico separado, un punto de pellizco, que se fabrica de un material óptico transmisor y puede asegurarse entre la etapa de guía de ondas óptica y el SEC (no se muestra). Dicho punto de pellizco se muestra con el número de referencia 176 en la Figura 18. Si el índice de refracción del punto de pellizco 176 es mayor que el de la etapa de la guía de ondas óptica, entonces puede obtenerse otra concentración adicional. La concentración adicional ocurre porque la deflexión de la luz solar ocurre en la interfaz 180 entre la etapa de la guía de ondas óptica y el punto de pellizco 176, y porque el ángulo crítico con un material de alto índice (pellizco 176) es menor.

Una ventaja de colocar un elemento óptico tal como, por ejemplo, un punto de pellizco 176, entre la etapa de guía de ondas óptica y el SEC es que puede aislar la etapa de guía de ondas óptica contra la acumulación de calor en el SEC.

Esto se hace importante si el SEC se vuelve más caliente que lo que puede soportar el material del que se hace la etapa de guía de ondas óptica durante la operación en el peor de los casos.

5 Otra modalidad del LGSP 100 de la presente invención se muestra en la Figura 19. Esta modalidad permite que la etapa de guía de ondas óptica 104 proporcione luz solar a una serie de SEC aseguradas a una serie de paredes 182 definidas por la etapa de guía de ondas óptica 104. Como comprenderá el experto en la técnica, el uso de la pluralidad de paredes 182 hace una etapa de guía de ondas óptica 104 más delgada.

10 Para proteger la superficie de entrada 108 de la etapa de inserción de luz 102 y la primera superficie 120 de la etapa de guía de ondas óptica 104, puede aplicarse una capa de revestimiento 184, mostrada en la Figura 20, a la superficie de entrada y/o a la primera superficie. La capa de revestimiento puede tener un índice de refracción inferior al índice de refracción de la etapa de inserción de luz e inferior al de la etapa de guía de ondas óptica. Además, la capa de revestimiento 184 también puede aplicarse a todos los espacios dentro del LGSP 100 que habitualmente se ocupan por aire o gas.

15 La ventaja de tener dicha capa de revestimiento 184 es que puede proteger la integridad del LGSP. Con tal capa de revestimiento 184 presente, la superficie externa del revestimiento puede ensuciarse o rayarse sin comprometer la función del LGSP. La capa de revestimiento 184 puede fabricarse de cualquier material adecuado tal como, por ejemplo, etileno propileno fluorado. Como comprenderá el especialista, el grosor de la capa de revestimiento puede ser relativamente delgado y seguir siendo efectivo.

20 Las modalidades del LGSP presentadas anteriormente son escalables. Es decir, sus dimensiones pueden cambiar por un factor común sin afectar el funcionamiento de los elementos ópticos, siempre y cuando los elementos ópticos no sean tan pequeños que dominen los efectos de interferencia. Tales efectos de interferencia pueden llegar a ser importantes cuando la separación entre los elementos ópticos escalonados está en una escala comparable a las longitudes de onda ópticas. La porción de longitud de onda más energética del espectro solar está entre 0.2 micras y 3 micras. En consecuencia, el período de escalonamiento de los elementos ópticos y las aberturas, así como también el tamaño de las aberturas, pueden mantenerse mayores de 3 micras para mitigar los efectos de interferencia.

25 Para usar un mínimo de material y mantener bajos los costos, es conveniente hacer que los elementos ópticos sean pequeños para minimizar el grosor de los LGSP y permitir una cobertura de área máxima con material mínimo. El grosor de la etapa de guía de ondas óptica (capa de guía de luz) se limitará en gran medida por el tamaño de los SEC (por ejemplo, el tamaño de las franjas de celdas PV) dispuestas para recoger la luz solar. En el caso de las franjas de celdas PV, su tamaño puede variar, por ejemplo, de 1 milímetro a 1 centímetro, aunque las celdas PV más grandes o más pequeñas funcionarán igualmente bien. Por otro lado, la etapa de inserción de la luz (capa de inserción) puede hacerse tan delgada como puedan permitir los efectos de interferencia y los métodos de fabricación.

30 Los LGSP de la presente invención pueden fabricarse mediante técnicas de moldeo tales como moldeo por inyección, moldeo por compresión, moldeo por inyección-compresión o por cualquier otro método adecuado. Generalmente, las piezas fabricadas por moldeo no pueden tener cortes inferiores, y como tal no se pueden moldear todos los paneles de guía de luz descritos anteriormente de una vez usando el moldeo convencional. Sin embargo, el LGSP puede fabricarse dividiéndolo en secciones que pueden moldearse individualmente. A continuación se describen dos enfoques ilustrativos para seccionar un LGSP con fines de fabricación.

35 Una primera aproximación, que no forma parte de la presente invención, es fabricar secciones verticales finas, o cortes, del LGSP y ensamblarlas lado a lado como se muestra en la Figura 21. Los cortes separados 190 del panel pueden mantenerse juntos mediante un refuerzo externo (no mostrado), o pueden pegarse o unirse de cualquier otra manera entre sí. Este primer enfoque (enfoque de corte) es adecuado para los LGSP de geometría lineal.

40 Una segunda aproximación es fabricar placas horizontales que se pueden apilar una encima de la otra para hacer un LGSP. Estos paneles pueden autosoportarse, requiriendo poco en cuando a la manera en la que se enmarcan y se alojan, y esto puede ser de tal manera que no es necesario el pegado o la adhesión. Las placas constituyen las capas funcionales anteriormente descritas (etapa de inserción de luz y etapa de guía de ondas óptica); sin embargo, una capa funcional dada puede estar formada por cualquier número de placas.

45 Las Figuras 22A-22D muestran una manera de dividir el LGSP 100 en tres láminas sin cortes inferiores. Las dos láminas superiores 192 y 194 actúan conjuntamente para formar la capa de inserción (etapa de inserción de luz 102), y la lámina inferior 196 forma la capa de guía de luz (etapa de guía de ondas óptica 104). La modalidad mostrada en las Figuras 22A-22D es similar a la mostrada en la Figura 13. En la placa superior 192, la luz solar 106 se refleja por reflexión total interna (TIR) de un reflector parabólico, entonces sale de la placa superior 192 y entra en la placa central 194, luego se refleja por TIR de dos caras planas antes de salir de la placa central 194 y entrar en la placa inferior 196, que actúa como capa de guía de luz (etapa de guía de ondas óptica 104).

50 Las Figuras 23A-23C muestran otra división potencial del LGSP 100 en dos placas 198 y 200. La capa de inserción y la capa de guía de luz se hacen con una placa cada una, placas 198 y 200 respectivamente. Como se muestra en la Figura 24A, la luz solar 106 se refleja totalmente internamente en una superficie parabólica 202 y luego sale a través de

una cara plana (superficie de salida) 204 al aire antes de encontrar una cara de inyección 206 de la capa de guía de luz (etapa de guía de ondas óptica). La deflexión en la superficie de salida 204 de la placa de la capa de inserción altera el punto focal del reflector parabólico; mueve el punto focal ligeramente contra la corriente, lo que a su vez requiere mover las aberturas de la capa de guía de luz contra la corriente. Existe una ventaja del ligero desplazamiento del punto focal: permite el empaquetamiento apretado de las caras del reflector parabólico con muy poco espacio muerto entre ellas. Sin embargo, una desventaja de usar la deflexión en lugar de sólo la reflexión para concentrar la luz solar es que la modalidad resultante no funcionará óptimamente bajo un seguimiento de luz solar de un solo eje. Como tal, la aproximación de dos placas de la Figura 24A es adecuada para una geometría giratoria del LGSP. Esto se debe a que esta modalidad requiere, para un rendimiento óptimo, un seguimiento de dos ejes en cualquier caso. El desplazamiento del foco por una cara plana introduce un pequeño astigmatismo en los elementos ópticos parabólicos de enfoque. Esto extiende ligeramente la luz 106 del sol en el foco y limita, en un pequeño grado, la concentración alcanzable. Se puede compensar un poco el astigmatismo inclinando ligeramente la parábola. Si la cara plana 204 se inclina 2° en sentido contrario de las manecillas del reloj desde la vertical, entonces inclinando el reflector parabólico 110 en 5° en el sentido de las manecillas del reloj desde la vertical puede compensar algo el astigmatismo. La Figura 24B muestra otra modalidad de un panel solar de guía de luz similar al de la Figura 24A, pero en su lugar con una superficie cúbica 203 que colinda con la proyección 207 formada por la cara de inyección 206.

La Figura 24C muestra dimensiones ilustrativas para la unidad periódica de la etapa de inserción de luz de la Figura 24B, la unidad en cuestión comprende el reflector cúbico 203, la cara plana 204, la cara de inyección 206 y la proyección 207. Las longitudes están en micrones y la ecuación del reflector cúbico 203 es $y = -1.049388x + 9.1781775x10^{-4}x^2 + 1.19193x10^{-7}x^3$.

Las Figuras 25A-25C muestran aún otra división del LGSP 100 en dos placas 208 y 210 lo que mejora la limitación de la modalidad de la Figura 24A con respecto al seguimiento de eje único no óptimo y permite la fabricación de un LGSP de geometría lineal que no usa la deflexión para concentrar la luz del sol. Como se muestra en la Figura 26, la luz solar 106 se refleja totalmente internamente fuera del reflector parabólico 212, pero en esta modalidad sale de la placa de la capa de inserción por una cara de salida 214 que es el arco de un círculo centrado en el foco del reflector parabólico 212. Los rayos de luz solar que convergen en el foco del reflector parabólico encuentran cada uno la cara de salida del arco en un ángulo sustancialmente recto, y por lo tanto no ocurre la deflexión.

Todas las placas antes mencionadas pueden moldearse con características de montaje que facilitan la alineación entre ellas cuando se ensamblan en los LGSP. Las características de montaje pueden tener una interferencia mínima o nula con el rendimiento óptico. En particular, las modalidades del LGSP de la presente invención pueden diseñarse de manera que la parte posterior de las aberturas contra la corriente se apoya contra la parte inferior de los reflectores parabólicos; esta es la modalidad mostrada en la Figura 25C. Otras características del montaje pueden incluir pequeños salientes, dispersos sobre la superficie de la capa de guía de luz, que mantienen los reflectores parabólicos en su lugar con respecto a la etapa de guía de ondas óptica 104. El espacio entre las placas debe estar sustancialmente libre de polvo y humedad. Las placas pueden sellarse entre sí usando silicona o cualquier otro material adecuado, o usando una junta o cualquier otro sello adecuado. Puede añadirse una pequeña cantidad de desecante entre las placas para absorber la humedad. Puede añadirse una cubierta contra el polvo o envoltura completa al LGSP para mantenerlo limpio y permitir la correspondencia de colores con la arquitectura.

En la Figura 27 se muestra un sistema 216 de paneles solares de seguimiento de un solo eje. El sistema 216 de paneles solares puede usar los LGSPs 100 fabricados usando la aproximación de dos placas descritas anteriormente, y puede montarse para inclinarse alrededor del eje 218. Los LGSPs 100 pueden hacerse cuadrados, 125 milímetros de cada lado. La capa de guía de luz (etapa de guía de ondas óptica) puede usar un medio Cono de Winston para concentrar la luz en celdas PV de 3 mm de altura. La concentración óptica de tal sistema es de aproximadamente 30 soles.

El sistema 216 se forma usando varios paneles solares 100, por ejemplo 10, dispuestos en dos filas paralelas a cada lado de un disipador de calor 220, que puede fabricarse de aluminio o de cualquier otro material adecuado, y de tal manera que concentren la luz hacia el borde interior de los paneles donde se conectan al disipador de calor 220. Las celdas PV se colocan entre los paneles ópticos 100 y el disipador de calor 220.

Los paneles solares 100 pueden mantenerse alineados, por ejemplo, por los refuerzos 222 que se muestran en la Figura 28. Los refuerzos pueden fabricarse de un polímero moldeado por inyección, aunque puede usarse aluminio mecanizado o cualquier otro material. Los refuerzos 222 mantienen mecánicamente los paneles 100 en posición contra el disipador de calor 220 y pueden incluirse características en ambos nervios 222 y el disipador de calor 220 para facilitar el montaje. Dichas características (por ejemplo, la cavidad 224) y detalles del refuerzo 222 y del disipador de calor 220 se muestran en las Figuras 28 y 29, respectivamente. Los refuerzos 222 pueden mantenerse en su sitio contra el disipador de calor usando sujetadores mecánicos, adhesivos, o cualquier otro medio adecuado.

Este disipador de calor 220 puede cumplir dos funciones: (1) ayudar a disipar el calor de las celdas PV y (2) crear un eje rígido de soporte para los LGSP 100. El peso de los paneles se equilibra a cada lado del disipador de calor 220 y el disipador de calor 220 es donde el panel se conecta a un bastidor de soporte externo. Para ayudar a disipar el calor, y como se muestra en la Figura 29, el disipador de calor 220 puede tener aletas 226 fabricadas de una pieza de aluminio

5 doblada unida entre dos carriles de aluminio extrudidos 228. Las aletas se conectan a los dos carriles y crean canales de aire verticales 230 en el disipador de calor 220. La unión entre las aletas y los dos carriles puede realizarse por soldadura, resina epoxi, engarzado o por cualquier otro medio. Esta modalidad de disipador de calor abierto permite que el calor se disipe por convección natural ya que el aire caliente puede salir del disipador de calor 220 y el aire más frío puede entrar en el disipador de calor 220 desde abajo.

10 Las celdas PV usadas en el sistema 216 pueden ser de cualquier tamaño, tal como 125 milímetros por 125 milímetros, y pueden cortarse en franjas de cualquier altura, por ejemplo, 3 mm de altura para su uso con esta modalidad. Las celdas PV pueden encapsularse de cualquier manera convencional. Por ejemplo, pueden soldarse juntas en serie y luego se encapsulan con acetato de etilenvinilo (EVA) o cualquier otro material adecuado. Alternativamente, las conexiones eléctricas de las celdas PV pueden hacerse soldando, adhiriendo o uniendo las celdas PV a un circuito modelado sobre un sustrato dieléctrico conductor térmico. Los sustratos metálicos aislados (IMS) tales como los vendidos por The Bergquist Company de Chanhassen Minnesota serían apropiados. La Figura 30 muestra un sustrato 232 IMS soldado a una celda PV 234; la capa de soldadura se muestra en 235. El IMS 232 puede conectarse al disipador térmico de aluminio 220 por resina epoxi o adhesivo, o por cualquier otro medio adecuado.

20 Un IMS 232 típico tiene un modelado eléctrico de cobre sobre una capa aislante de polímero que se une a una base de aluminio o cobre. Se puede renunciar a la base y fijar directamente la capa aislante de polímero con un patrón eléctrico al disipador de calor 220. Este proceso puede realizarse en un horno mediante curado por calor. Una ventaja de esta aproximación es que elimina el elemento base y puede reducir los costos. La celda PV 234 puede estar unida al IMS 232 a través de una cinta conductora o malla que se conecta a toda la longitud del conector superior (no mostrado) de la celda PV 232. El conector posterior de la celda PV 232 puede unirse también en toda su longitud y/o su superficie. Para las celdas PV 232 que son largas y estrechas y frágiles, utilizando el método de conexión descrito anteriormente permite que las celdas de PC se rompan en secciones sin perder su funcionalidad o afectar sustancialmente a la producción de energía.

30 Las celdas PV pueden encapsularse para protegerse contra la humedad para evitar la corrosión. Esto puede hacerse usando cualquier material de bloqueo adecuado tal como, por ejemplo, acetato de etilenvinilo (EVA). Sin embargo, el EVA requiere curado por calor y por lo tanto, las partes que requieren sellado necesitan colocarse en un horno. Otra aproximación consiste en usar un material de bloqueo, que se cura en su lugar a temperatura ambiente. Ciertos adhesivos ópticamente claros, tales como la silicona Sylgard184 de Dow Corning, pueden servir para este propósito y pueden verse en una capa fina sobre las celdas PV después de la soldadura. Como ventaja adicional, los paneles pueden fijarse en su lugar antes que la silicona haya comenzado a endurecerse. Esto sella el espacio entre los paneles y las celdas PV y crea un enlace óptico entre ellos. El enlace óptico entre los paneles ópticos y las celdas PV disminuye las pérdidas de Fresnel en el borde de salida del panel óptico.

40 Los LGSP pueden disponerse en un bastidor de montaje para formar un sistema de energía solar. Los disipadores de calor pueden conectarse con cojinetes en el bastidor de montaje, lo que permite la rotación libre del panel alrededor del eje formado por el disipador de calor 220 (véase el eje 218 en la Figura 27). El disipador de calor 220 puede conectarse a los cojinetes por medio de tapas de extremo moldeadas por inyección (236, figura 27), que están unidas a los extremos del disipador de calor 220. Estas tapas de extremo 236 pueden tener cualquier característica adecuada que permita la conexión a los cojinetes en el bastidor. Las tapas de extremo 236 pueden unirse al disipador de calor mecánicamente, con resinas epoxi, adhesivos, con cinta adhesiva, o a través de cualquier otro medio adecuado. Las tapas de extremo 236 del disipador de calor 220 se acoplan también a un mecanismo que permite que un accionador controle la rotación de los LGSP 100. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 31, tres enlaces de barras pueden conectar todos los módulos a un solo carril 238 que es accionado por un accionador lineal 240. Alternativamente, cada LGSP puede tener un engranaje de piñón que se fija a una cremallera, que de nuevo es accionada por un accionador lineal. Con cualquiera de los dos sistemas, un único accionador lineal que mueve el único carril puede impulsar el movimiento de todos los paneles, de modo que se inclinen al unísono y mantengan la alineación.

50 Los sistemas de paneles solares de seguimiento de la luz solar completa pueden hacerse usando LGSPs que tienen una geometría de revolución y se fabrican usando el enfoque de dos capas ejemplificado en las Figuras 23A-23C. La apariencia externa de tales sistemas de seguimiento completo puede ser similar a la de los descritos para el sistema de seguimiento anterior de un solo eje en que los LGSP pueden disponerse a lo largo de ambos lados de un disipador de calor central y soportarse por refuerzos.

60 Las dimensiones externas de los paneles pueden ser de 125 milímetros por 250 milímetros. La luz solar se concentra a una línea 242 en el centro del borde interior del LGSP como se muestra en las Figuras 32A y 32B. La luz solar sale del panel solar 100 en una cara de medio cilindro 244 y entra en un espacio de aire. Aunque en principio se podría colocar una celda PV delgada a lo largo de la línea 242, tal disposición tendría una aceptación angular limitada.

65 En la práctica, se logra una aceptación angular más amplia colocando un prisma de techo de 90° 246 en la cara semicircular, como se muestra en las Figuras 33A - 33C. Este prisma de techo 246 puede fabricarse de vidrio o de cualquier otro material adecuado, y puede tener un índice de refracción mayor que 1.4. Las celdas PV de alta eficiencia, tales como celdas de triple unión, pueden unirse ópticamente a la base 248 del prisma de techo utilizando un material de bloqueo de silicona u otra resina epoxi óptica. Las Figuras 33D-33G muestran cómo puede fabricarse un panel solar

de guía de luz rectangular 800 utilizando dos secciones de etapa de inserción de luz 802 y 804 que tienen cada una geometría giratoria y una correspondiente sección de etapa de guía de ondas óptica 806 y 808. La luz solar incidente sobre la etapa de inserción de luz 802 se acopla a la etapa de guía de ondas óptica 806, que propaga la luz solar a la superficie 810. En cuanto a la luz solar incidente sobre la etapa de inserción de luz 804, esta se acopla a la etapa de guía de ondas óptica 808, que propaga la luz solar a la superficie 812. Las superficies 810 y 812 pueden ser superficies planas y cualquier SEC adecuado puede asegurarse a las mismas. Al no tener que usar un prisma para acoplar la luz que sale de las etapas de guía de ondas óptica 806 y 808, pueden evitarse pérdidas de reflexiones de Fresnel. Las guías de ondas ópticas 806 y 808 pueden tener perfiles de medio cono de Winston 816 y 818 tal como se muestra en la Figura 33E. La Figura 33F muestra que el panel solar de guía de luz 800 puede fabricarse en un proceso de dos capas colocando las etapas de inserción de luz 802 y 804 sobre las etapas de guía de ondas óptica 806 y 808. La Figura 33G muestra una vista despiezada del conjunto de la Figura 33E. Dado que la luz solar emerge desde ambos lados de los elementos ópticos, pueden colocarse disipadores de calor en los lados opuestos respectivos del panel. Debido a que este panel de la Figura 33D no tiene un prisma de acoplamiento, la porción de las etapas de guía de ondas óptica 806 y 808 que está adyacente a la superficie 810 y 812 puede fabricarse de un material aislante, que puede soportar más calor, tal como, por ejemplo, sílice fundida, mientras que el resto está hecho de PMMA.

Aunque la disposición descrita anteriormente en relación con las Figuras 33A-33C (con respecto a la luz solar que sale de una media cara cilíndrica 244 y luego se dirige a la celda PV por un prisma 246) introduce las pérdidas de Fresnel al sistema, también coloca una capa de gas, aire o cualquier otro gas adecuado tal como, por ejemplo, argón, entre el prisma 246, que está tocando directamente la celda PV y el LGSP. La ventaja de esta disposición es que protege los elementos ópticos (el LGSP) del calor que puede acumularse en la celda PV. La celda PV puede llegar a ser extremadamente caliente bajo alta concentración, tal vez alcanzando 120 °C o más, y esto afectaría negativamente al panel óptico si estuviera hecho de PMMA. La capa de gas puede aislar y proteger el panel óptico de la acumulación de calor en la celda PV.

Como se mencionó anteriormente, los LGSP que utilizan una geometría de revolución y diseñados para una alta concentración solar ofrecen un mejor rendimiento cuando se usan conjuntamente con un seguimiento completo del sol, manteniendo los rayos solares paralelos al vector normal de la superficie de entrada del panel solar hasta dentro de +/- 1°. El seguimiento completo se puede lograr de varias maneras, pero dos métodos en particular se adecuan al sistema.

El primer método de seguimiento completo se muestra en la Figura 34 donde los LGSP 100 están montados en un bastidor 249 para inclinarse alrededor de una primera serie de ejes 250 y el bastidor 249 puede inclinarse alrededor de un eje 252 que es sustancialmente ortogonal al eje 250. Como tal, el LGSP puede rodar este-oeste para rastrear el movimiento del sol durante el transcurso del día y el bastidor puede inclinarse hacia el norte-sur para adaptarse a la variación estacional del sol.

Una segunda aproximación de seguimiento completo que permite mantener un perfil inferior se muestra en las Figuras 35 y 36. Los LGSP 100 pueden disponerse en bastidores 254 o 256 y pueden inclinarse alrededor de los ejes 258 y 260 respectivamente. Además, los bastidores 254 y 256 pueden hacerse girar alrededor de los ejes 262 y 264, respectivamente.

La Figura 37 muestra una variante del LGSP que emplea conos de Winston en la capa de inserción (etapa 102 de inserción de luz), como se muestra en la Figura 15. La modalidad de la Figura 37, que es una modalidad de geometría lineal, es bien adecuada para aplicaciones sin seguimiento porque tiene una amplia aceptación angular debido a los conos de Winston. Con el fin de mejorar la concentración alcanzable, puede emplearse una celda PV bifacial 266 situada entre dos paneles ópticos; esta modalidad duplica la concentración.

El LGSP 100 de la Figura 37 puede hacerse en una pila de dos partes, pero en lugar de moldear un panel solar para cada franja de celdas PV, puede moldearse un clúster de paneles, un clúster de paneles ópticos que es un agrupamiento de numerosos elementos ópticos concentradores en menos piezas. La Figura 38 muestra cómo puede hacerse un clúster LGSP 268 para alojar cuatro celdas PV 266.

La placa 270 que forma las capas de guía de luz (etapas de guía de ondas óptica 104) puede tener ranuras 272 moldeadas en esta para alojar las celdas PV bifaciales 266. Las celdas PV 266 pueden soldarse y luego encapsularse antes de colocarse en la ranura, o pueden soldarse solamente para formar un circuito y luego colocarse en la ranura y encapsularse en su lugar usando un material de bloqueo moldeado en posición tal como silicona transparente o cualquier otra resina epoxi óptica.

La unión de varios paneles del clúster hace un módulo de panel solar completo. Existen numerosos métodos para combinar los LGSP. Un método es utilizar una rejilla de encuadre de aluminio para atar todos los paneles juntos. Otro método es para disponer y unir los paneles ópticos por cualquier medio adecuado sobre un superestrato de vidrio rígido o cualquier otro material adecuado.

El LGSP sin seguimiento 268 generalmente no tendrá 180° de aceptación angular en el plano de la sección transversal de los elementos ópticos como se observa en la Figura 37. El cono de aceptación del LGSP 268 puede ser +/- 30° de la normal del panel, que es suficiente para alojar la variación estacional de la posición del sol en el cielo. Como tal, el

- 5 LGSP sin seguimiento 168 debe instalarse en una inclinación que coincide con la latitud del lugar de instalación; esto asegura que la normal a la superficie de entrada del panel es paralela con los rayos del sol en el equinoccio. Sin embargo, esto limita las configuraciones de instalación del LGSP sin seguimiento 268. De hecho, el LGSP 268 puede diseñarse con su cono de aceptación inclinado fuera de la normal como se muestra en la Figura 39 para las ubicaciones del hemisferio norte. En la práctica, puede diseñarse un número finito de series de LGSP sin seguimiento 268 para adaptarse a cualquier configuración de instalación.
- 10 Con el fin de hacer que el LGSP de la presente invención sea lo más rentable posible, puede usarse la fundición o grabado continuo por contacto para fabricar los elementos ópticos de la etapa de inserción de luz como películas. Pueden usarse métodos de fabricación por contacto, porque todos los paneles solares anteriores están compuestos por una pila de placas que no tienen cortes inferiores. La capa de guía de luz en forma de cuña (etapa de guía de ondas óptica) puede fabricarse por separado y la etapa de inserción de luz puede aplicarse a la etapa de guía de ondas óptica usando un proceso de laminación o cualquier otro proceso adecuado.
- 15 Como comprenderá el experto en la técnica, la capa de inserción de luz 102 del LGSP de la presente invención también puede utilizar cualquier tipo adecuado de lentes como elementos ópticos en lugar de sólo las interfaces por TIR de enfoque descritas anteriormente. La Figura 40 muestra un LGSP 100 que no forma parte de la presente invención que tiene una serie de lentes 274 que enfocan y acoplan ópticamente la luz solar 106 a la etapa de guía de ondas óptica 104.
- 20 Otra modalidad del LGSP que no forma parte de la presente invención se muestra en las Figuras 41A, 41B y 42A - 42D. El LGSP 300 tiene una capa de inserción (etapa de inserción de luz 302) y una capa de guía de luz (etapa de guía de ondas óptica 304). La etapa de inserción de luz 302 tiene elementos ópticos en forma de una sección deflectora 306 y secciones reflectoras 312. La sección deflectora 306 desvía la luz solar incidente 106 en una o ambas direcciones indicadas por la flecha doble 308. La luz solar desviada se dirige hacia los elementos ópticos que son las secciones reflectoras 312, que se configuran como una serie de canales de luz cónicos de enfoque. Los canales de luz cónicos están ópticamente acoplados, a través de una serie de aberturas de salida óptica 313 a una serie de guías de ondas 314 que forman la etapa de guía de ondas óptica 304.
- 25 La sección deflectora 306 puede incluir una capa de dirección óptica en forma de un Holograma de Fase de Volumen (VPH). Las franjas en el holograma VPH se forman de cualquier manera adecuada, usando la interferencia entre dos fuentes de luz UV coherentes. La separación y el ángulo de la franja pueden diseñarse de tal manera que uno o más modos de difracción puedan caer dentro de 45 grados del plano del panel solar 300. La Figura. 42A muestra un ejemplo de cómo funciona una VPH 309 de este tipo. La deflexión resultante se ejemplifica en las Figuras 42B a 42D.
- 30 La sección deflectora 306 también puede hacerse usando elementos ópticos sin interferencia, tal como, por ejemplo, los elementos ópticos de caras planas como prismas. Por ejemplo, una serie de prismas de 60° dispuestos de manera interconectada con un pequeño espacio de aire entre ellos dividiría la luz incidente en el plano del panel en dos direcciones. Esta deflexión bidireccional conduciría a la acumulación de luz en dos bordes opuestos del panel solar 300. Dichos elementos ópticos de dirección se muestra en la Figura 43.
- 35 La etapa de guía de ondas óptica 304 tiene una geometría lineal y puede tener una pluralidad de guías de onda 314 que reciben luz desde sus respectivos canales de luz cónicos (sección reflectora 312) y que atrapan la luz por reflexión total interna. Las guías de onda 314 actúan como líneas de retardo por las que la luz entra desde arriba, en las aberturas ópticas de salida 313, se desplaza durante cierta distancia y luego puede salir por la parte superior a través de las aberturas ópticas de salida 313. Una modalidad de canal potencial se muestra en las Figuras 42A-42C. La luz que entra en un canal de luz cónico (sección reflectora 312) se refleja de una primera sección parabólica 316, después de una cara plana 318 y de una segunda sección parabólica 320 antes de entrar en una sección cilíndrica que define la guía de ondas 314. La luz puede viajar dentro de la guía de ondas 314 de una manera en espiral durante cierta distancia antes de escapar. Siempre que la longitud de la guía de ondas 314 sea menor que la distancia de recorrido media de los rayos de luz atrapados, la luz acoplada en la guía de ondas 314 emergerá concentrada desde el extremo del canal donde puede ser colectada por cualquier SEC adecuado. A modo de ejemplo, si la etapa de guía de ondas óptica 104 tiene 1 cm de altura y las guías de onda 314 tienen 150 cm de longitud, entonces el 75 % de la luz incidente sobre el LGSP 300 alcanzará los dos extremos de la guía de ondas para colectarse mediante un SEC. Si la luz incide de manera uniforme sobre el LGSP 300 entonces la luz se distribuirá uniformemente entre los dos extremos del canal de guía de ondas.
- 40 El LGSP 300 puede incluir cualquier número de guías de onda 314 y canales de luz cónicos 312 y cada guía de onda 314 puede formar una unidad con un respectivo canal de luz cónico 312. Las unidades formadas por el canal de luz cónico 312 y sus guías de onda 314 respectivas pueden fabricarse por moldeo.
- 45 En el LGSP 300, cada guía de ondas 314 tiene una superficie de salida 315, y la suma de las superficies de salida 315 forma la superficie de salida total de la etapa de guía de ondas óptica 304. Cualquier SEC adecuado puede colocarse a la salida de la pluralidad de aberturas ópticas de salida 315 para colectar la luz solar 106.
- 50 Pueden usarse otras geometrías de canales de luz cónicos/guía de ondas. Por ejemplo, las Figuras 44A-44C muestran un canal de luz cónico 322 que tiene una pluralidad de guías de ondas 326 formadas sobre el mismo, donde el diámetro de la guía de ondas disminuye a medida que disminuye la anchura del canal de luz cónico. El escalonamiento de las
- 55

guías de ondas verticalmente permite que dos o más canales se coloquen estrechamente uno al lado del otro con poco espacio muerto entre ellos.

El disipador de calor 220 descrito previamente puede usarse junto con sistemas de seguimiento de un solo eje y los sistemas de altamente concentradores de rastreo completo para eliminar el exceso de calor del SEC (por ejemplo, celdas PV) en el aire circundante. Sin embargo, el exceso de calor puede ser utilizado para calentar agua. Esta funcionalidad puede lograrse con el disipador de calor 400 mostrado en las Figuras 45A y 45B. El disipador de calor 400 puede fabricarse de aluminio o cualquier otro material adecuado. En contraste con el disipador de calor 220, que presenta aletas para liberar el exceso de calor al aire, el disipador de calor 400 tiene uno o más canales 402 para el flujo de agua que extrae el exceso de calor generado en los SEC.

Como se observa en la Figura 46, las tapas de extremo 403 pueden fijarse al disipador de calor 400 y servir el doble propósito de sujetar los LGSP a un bastidor de montaje por medio de cojinetes, y también sirven como entrada y salidas a un intercambiador de calor (no mostrado). El agua podría fluir directamente a través de un disipador de calor 400, con una entrada en una tapa de extremo y una salida en la otra, o podría fluir dentro y fuera del disipador de calor 400 a través de la misma tapa de extremo, donde la tapa de extremo opuesta funciona como una curva en u. Esta modalidad puede simplificar el enrutamiento de mangueras entre muchos módulos en un sistema extendido. El número de canales en la extrusión podría aumentarse de manera que tenga una mayor superficie de contacto entre el agua y el aluminio del disipador de calor 400. La velocidad del flujo de agua a través del disipador de calor 400 puede usarse para controlar la temperatura de las SEC y para mantener los LGSP dentro de su rango de temperatura de funcionamiento. Un sistema que utiliza disipadores de calor 400 interconectados a través de mangueras 406 se muestra en la Figura 46. Como comprenderá el experto en la técnica, puede usarse un fluido de intercambio de calor distinto del agua en el sistema de la Figura 46.

La luz solar capturada por el LGSP de la presente invención puede usarse en un sistema solar térmico que no use celdas PV. Un ejemplo de tal sistema solar térmico 500 se muestra en la Figura 47. El sistema 500 puede usar un tubo de doble pared 502 que tiene su tubo más exterior transparente. Un gas aislante, tal como argón, separaría el tubo interior del tubo exterior. El tubo interior puede ser negro para absorber la luz solar incidente. A través del tubo central, fluye un líquido absorbente de calor, tal como agua, aceite o cualquier otro líquido adecuado.

El tubo 502 se coloca en la posición previamente ocupada por disipadores de calor en las modalidades descritas anteriormente. La luz solar concentrada, pasa a través del tubo exterior transparente y la capa de gas aislante, y se absorbe por el tubo interior. Esto hace que el líquido en el tubo interior se caliente. Los tubos portadores de fluido pueden permanecer fijos en posición mientras los elementos ópticos giran alrededor de estos.

Se pueden fabricar algunas de las pequeñas estructuras ópticas del LGSP de la presente invención usando una técnica conocida como silicona sobre vidrio. El caucho de silicona transparente delgado, similar al Sylgard™ 184 de Dow, se forma en las formas necesarias sobre un sustrato de vidrio. También se puede moldear silicona por sí sola sin ningún sustrato de vidrio.

Ventajosamente, el LGSP de la presente invención es relativamente insensible a la expansión o contracción térmica. Esto es posible porque todos los componentes ópticos de los paneles solares se fabrican de materiales similares, o iguales. Debido a esto, se expandirán en el mismo grado y la función del elemento óptico no cambiará significativamente. Específicamente, a medida que los reflectores 110 se expanden, también lo hará la sección de guía de ondas 104. Esto mantiene el mismo foco para la luz 106 que refleja 110 y se enfoca en 116 de la Figura 1 a medida que la unidad se expande y se contrae con cambios de temperatura.

Para el seguimiento de un solo eje, el panel se inclina para mantener la alineación en un plano con luz solar incidente. También puede añadirse un dispositivo óptico encima de los elementos ópticos que acondiciona previamente la luz, alterando el ángulo de la luz incidente para alinear la luz incidente en los elementos ópticos. Dichos elementos ópticos de acondicionamiento previo podrían emplear espejos móviles, prismas o elementos electroópticos.

El seguimiento puede realizarse manualmente inclinando ocasionalmente el panel de seguimiento de un solo eje o el panel sin seguimiento. Un panel de seguimiento manual sería uno con una aceptación angular lo suficientemente amplia, digamos, por ejemplo, más o menos 5 grados en el plano de la sección transversal, de modo que sólo tendría que ser reajustado ligeramente manualmente cada pocas semanas. Los sensores electrónicos de alineación podrían ayudar a la alineación, pero los accionadores no serían necesarios.

Puede hacerse un LGSP usando un mecanismo diferente usando un panel con un índice de refracción de gradiente. El gradiente del índice de refracción aumenta en la dirección a favor de la corriente del LGSP, de modo que la luz incidente sobre el panel se desviaría hacia la dirección a favor de la corriente. Si el gradiente fuera suficiente para causar suficiente desviación para TIR en la cara inferior del panel, entonces la luz quedaría atrapada y se conduciría hasta el borde del panel como se muestra en la Figura 48. Con menos gradiente, puede ser necesario un espejo para la primera reflexión si la luz sale de la cara inferior del panel y una deflexión adicional mientras se desplaza hacia atrás a través del panel hasta la superficie superior aumentaría el ángulo de incidencia en la cara superior lo suficiente para que ocurra TIR. Esto se muestra en la Figura 49.

5 Las Figuras 50A y 50B muestran cómo pueden agruparse los paneles solares de guía de luz, tales como el panel solar de guía de luz 800 de la Figura 33D. Los paneles solares de guía de luz 800 pueden colocarse entre dos disipadores de calor de aluminio orientados verticalmente 900 para formar un conjunto lineal 902 de paneles solares de guía de luz 800. Grupos más grandes de paneles solares de guía de luz 800 pueden ensamblarse uniendo los conjuntos lineales 902.

10 La presente invención es la de un sistema de energía solar que usa un LGSP para atrapar luz dentro de un dieléctrico u otro panel transparente y propaga la luz a uno de los bordes del panel para colectarse por un SEC. Esto permite módulos muy delgados cuyo grosor es comparable a la altura del SEC, por ejemplo una celda PV, en el borde del módulo, eliminando así los requerimientos de profundidad inherentes a los sistemas de energía solar tradicionales, tales como los sistemas CPV. La luz que golpea al LGSP es redirigida y atrapada internamente para que salga del panel a través de uno de sus bordes donde un SEC la recibe.

15 Los LGSP se pueden combinar en clúster para crear módulos. Los elementos ópticos del LGSP pueden diseñarse estructuralmente para ser en gran medida autosoportados, lo que significa que no requieren un recinto externo para mantener su forma y orientación. Puede añadirse un recinto completo a la modalidad. Como se describirá a continuación, para minimizar el uso y el costo del material, los módulos LGSP pueden soportarse mediante una configuración mínima de eje y refuerzo.

20 La luz solar concentrada puede aprovecharse para un propósito distinto de la creación de electricidad con celdas PV. Un uso alternativo es el calentamiento de un elemento. Los módulos también pueden configurarse para calentar agua mientras generan electricidad simultáneamente. También puede acoplarse la luz concentrada en una fibra óptica u otra guía de luz para propagarla a otro lugar para algún otro uso, tal como un dispositivo de iluminación para proporcionar iluminación solar. Además, los elementos ópticos del LGSP de la presente invención pueden usarse para reducir el espesor de los elementos ópticos en otras aplicaciones, incluyendo, por ejemplo, lámparas e iluminación. Otros aspectos y usos de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica al revisar la siguiente descripción de modalidades específicas de la invención conjuntamente con las figuras adjuntas.

25 En la descripción anterior, con fines de explicación, se exponen numerosos detalles con el fin de proporcionar una comprensión completa de las modalidades de la invención. Sin embargo, será evidente para un experto en la técnica que estos detalles específicos no son necesarios para poner en práctica la invención. En otros casos, las estructuras y circuitos eléctricos bien conocidos se muestran en forma de diagrama de bloques con el fin de simplificar la invención. Por ejemplo, no se proporcionan detalles específicos sobre si las modalidades de la invención descritas aquí se implementan como una rutina de software, un circuito de hardware, un firmware o una combinación de los mismos.

30 Las modalidades de la invención descritas anteriormente pretenden ser sólo ejemplos. Pueden efectuarse alteraciones, modificaciones y variaciones a las modalidades particulares por los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la invención, que está definido únicamente por las reivindicaciones adjuntas a la presente.

40

Reivindicaciones

1. Un panel solar de guía de luz (100, 800) que funciona conjuntamente con un colector de energía solar, el panel solar de guía de luz comprende:
 5 una etapa de inserción de luz (102, 198, 208, 802, 804) formada en una primera placa de material óptico transmisor, la etapa de inserción de luz tiene una superficie de entrada (108) para recibir luz solar incidente (106), una pluralidad de elementos ópticos (110, 202, 203, 212) y una pluralidad de caras de salida (144, 204, 214), los elementos ópticos se forman entre la superficie de entrada y la pluralidad de caras de salida, cada uno de la pluralidad de elementos ópticos enfoca la luz solar incidente sobre el elemento óptico hacia una pluralidad
 10 de caras de salida correspondientes y dirige de ese modo la luz solar hacia el colector de energía solar;
 una etapa de guía de ondas óptica (104, 200, 210, 806, 808) formada en una segunda placa de material óptico transmisor, la etapa de guía de ondas óptica tiene una primera superficie (118, 120), una pluralidad de elementos de reflexión interna total (124) opuestos a la primera superficie, una pluralidad de caras de inyección (146, 206) y una superficie de salida (130, 142, 810, 812), cada una de la pluralidad de caras de inyección se sitúa entre los elementos de reflexión interna total adyacentes, la etapa de guía de ondas óptica es más gruesa
 15 aguas abajo que aguas arriba y cada cara de inyección de la etapa de guía de ondas óptica se acopla ópticamente a una de las caras de salida de la etapa de inserción de luz para formar una pluralidad de aberturas ópticas de salida (116) que reciben la luz solar desde la etapa de inserción de luz, en donde la luz solar se enfoca y entra en la etapa de guía de ondas óptica a través de la pluralidad de aberturas ópticas después de una
 20 única reflexión de la luz solar incidente por los elementos ópticos (110, 202, 203, 212), la etapa de guía de ondas óptica guía la luz solar a través de una serie de reflexiones totales internas entre la primera superficie (118, 120) y la pluralidad de elementos de reflexión interna total (124) hacia la superficie de salida (130, 142, 810, 812); y
 un elemento óptico de punto de pellizco (170, 172, 174, 176, 816, 818) fabricado de un material óptico transmisor acoplado ópticamente a la etapa de guía de ondas óptica, asegurado entre la etapa de guía de
 25 ondas óptica y el colector de energía solar, para concentrar la luz solar sobre la energía solar en el colector de energía.
2. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los elementos ópticos (110, 202, 203, 212) se disponen uno con respecto al otro a lo largo de arcos de círculo
 30 sustancialmente concéntricos y la superficie de salida (130, 142) se configura como un arco de círculo sustancialmente concéntrico con los elementos ópticos (110, 202, 203, 212).
3. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque al menos una de la superficie de entrada (108) y la primera superficie (118, 120) tiene una capa de revestimiento
 35 (184) formada sobre la misma.
4. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el elemento óptico de punto de pellizco (170, 172, 816, 818) comprende una superficie curvada para concentrar
 40 adicionalmente la luz solar sobre el colector de energía solar.
5. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el elemento óptico del punto de pellizco (170, 172, 174, 176, 816, 818) se fabrica de un material aislante térmico.
6. El panel solar de guía de luz de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de inserción de luz (102, 198, 208) formada como una primera placa y la etapa de guía de ondas óptica (104, 200, 210) formada
 45 como una segunda placa se separan entre sí.
7. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la etapa de inserción de luz (102, 198, 208) y la etapa de guía de ondas óptica (104, 200, 210) se separan por un
 50 espacio de aire.
8. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los elementos ópticos (110, 202, 203, 212) incluyen al menos uno de un reflector curvado, un reflector parabólico,
 55 reflectores cúbicos, reflectores hiperbólicos, reflectores elípticos, y reflectores redondos.
9. El panel solar de guía de luz de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los elementos ópticos (110, 202, 203, 212) se disponen uno con respecto al otro a lo largo de líneas sustancialmente paralelas que son
 60 paralelas con respecto a la superficie de salida.
10. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el elemento óptico del punto de pellizco (174, 176) es un elemento de redireccionamiento de luz de cara plana.
11. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada uno de la pluralidad de elementos de reflexión interna total (124) de la etapa de guía de ondas óptica (104,
 65 200, 210) incluye reflectores planos que son paralelos a la primera superficie.

- 5
12. El panel solar de guía de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el elemento óptico del punto de pellizco (174, 176) es un elemento separado de la etapa de guía de ondas óptica.
 13. El panel solar de guía de luz de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la al menos una de las etapas de inserción de luz (102, 198, 208, 802, 804) y la etapa de guía de ondas óptica (104, 200, 210, 806, 808) comprende elementos de montaje para la alineación de la primera placa a la segunda placa.

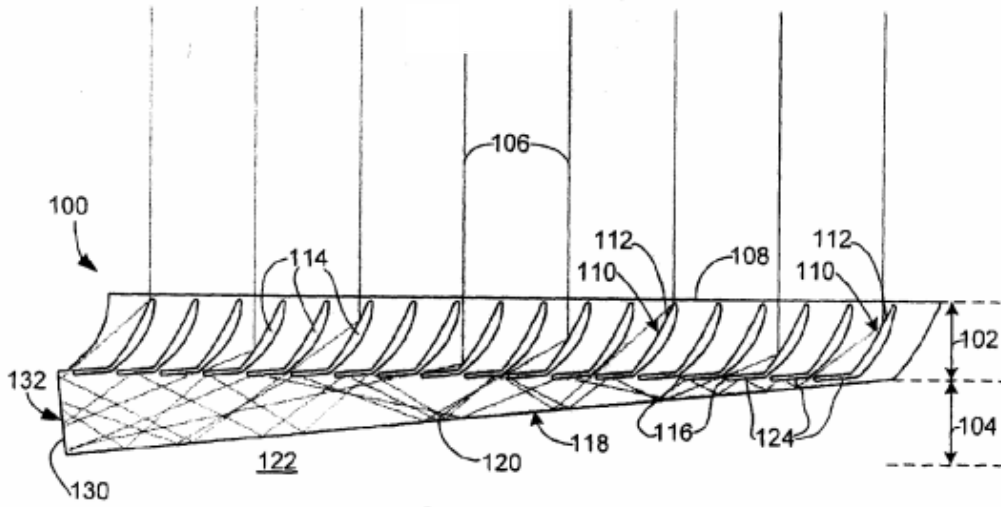


Fig. 1

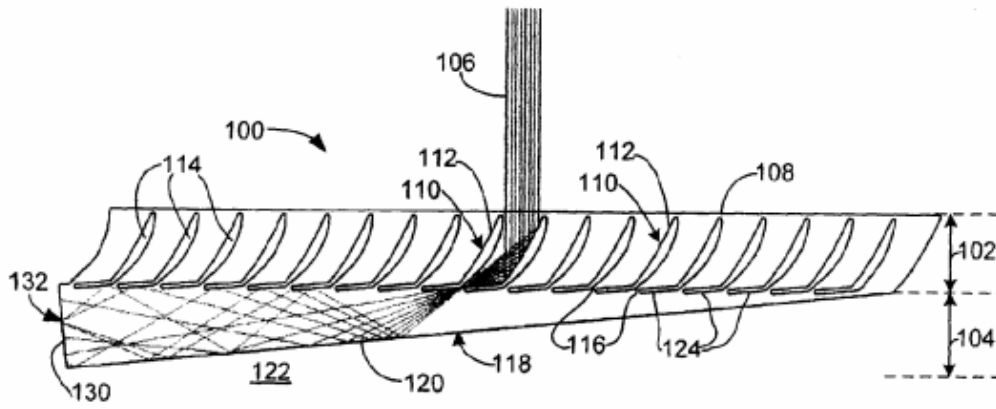


Fig. 2

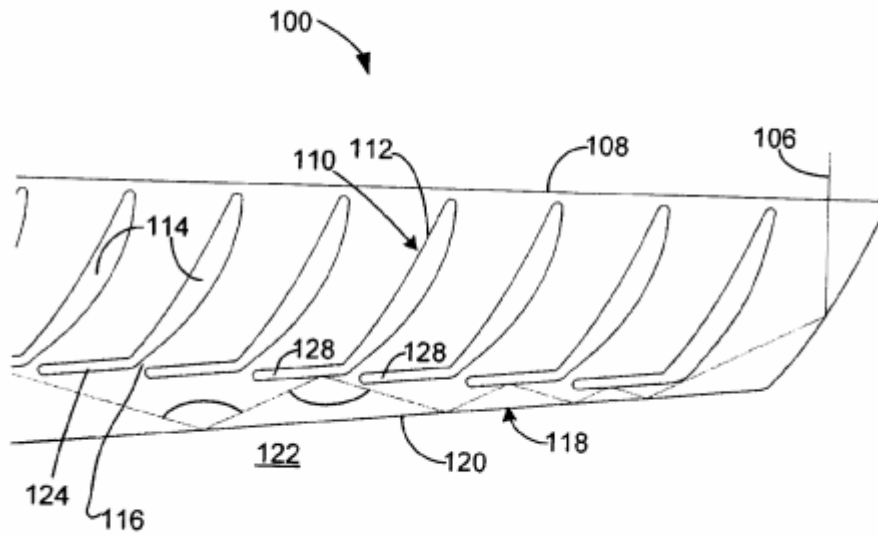


Fig. 3

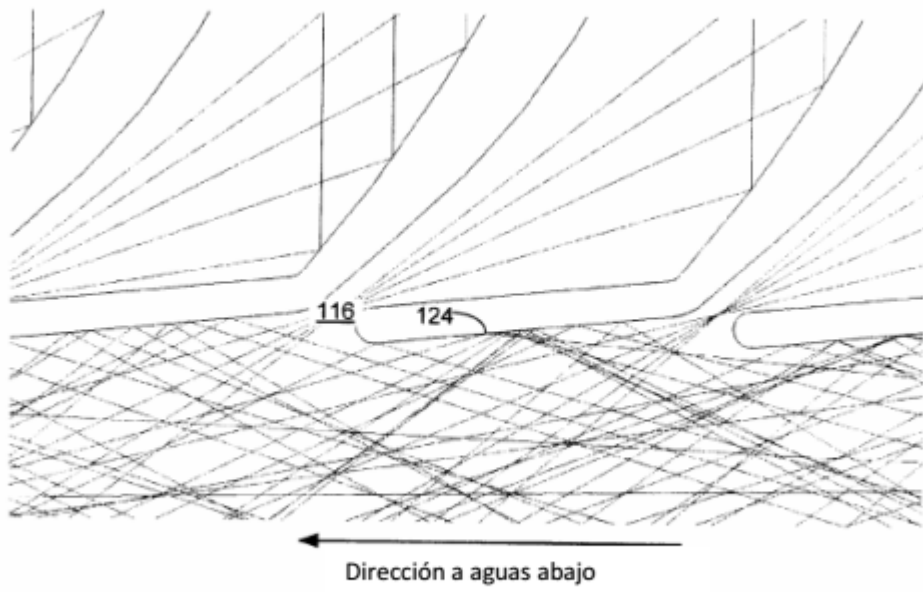


Fig. 4

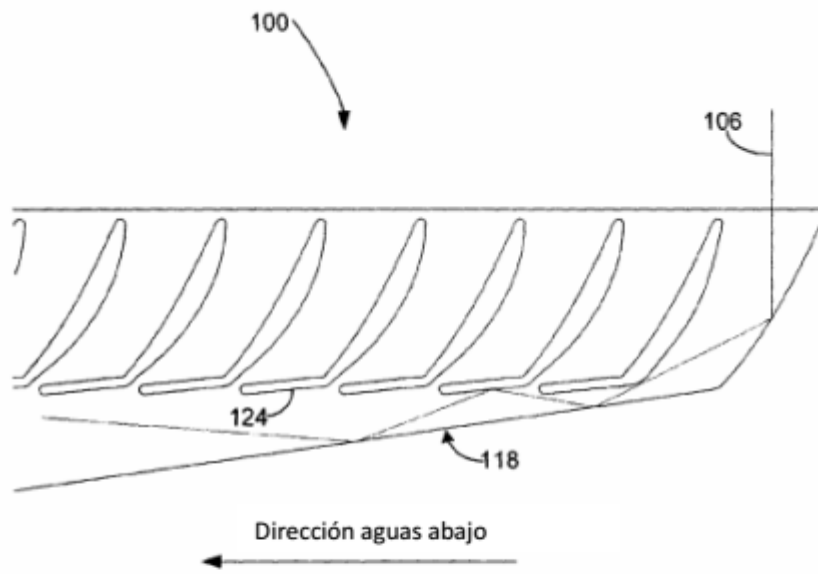


Fig. 5

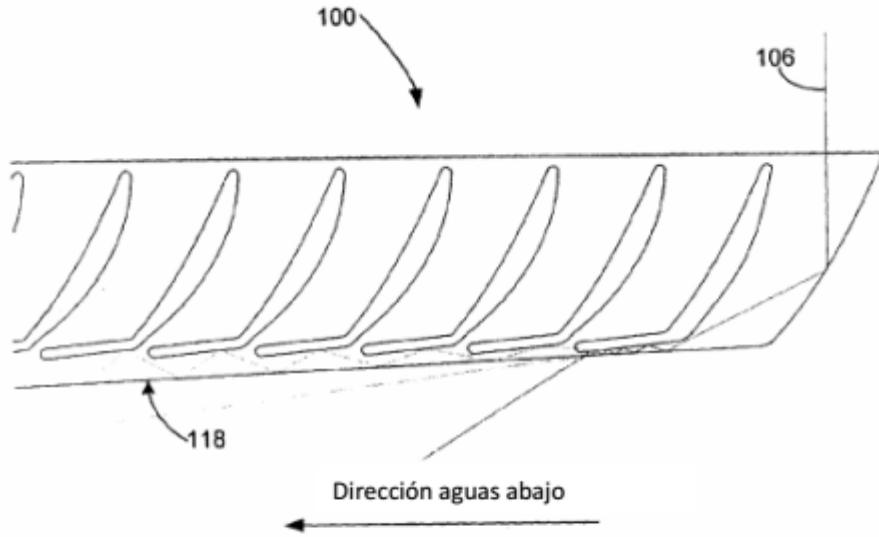


Fig. 6

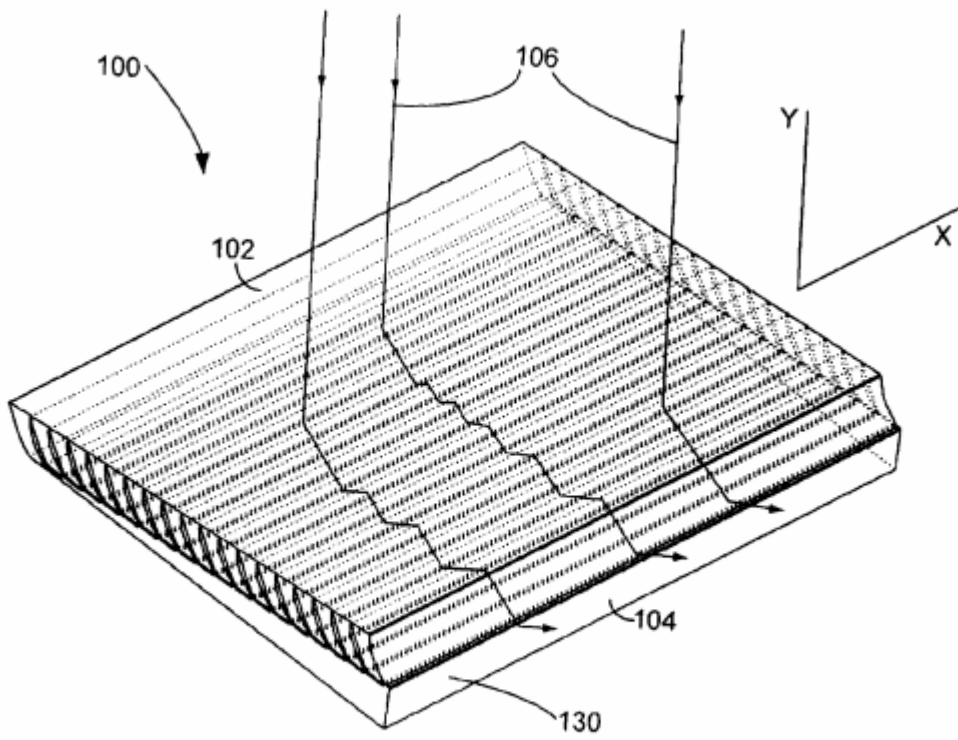
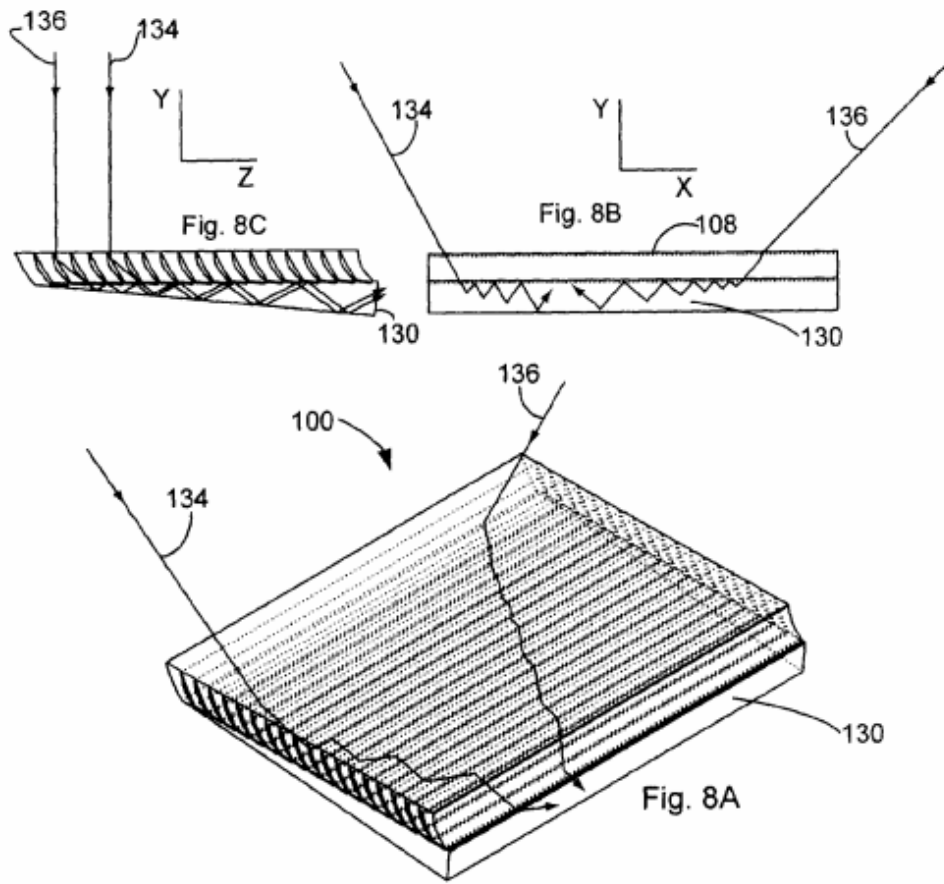


Fig. 7



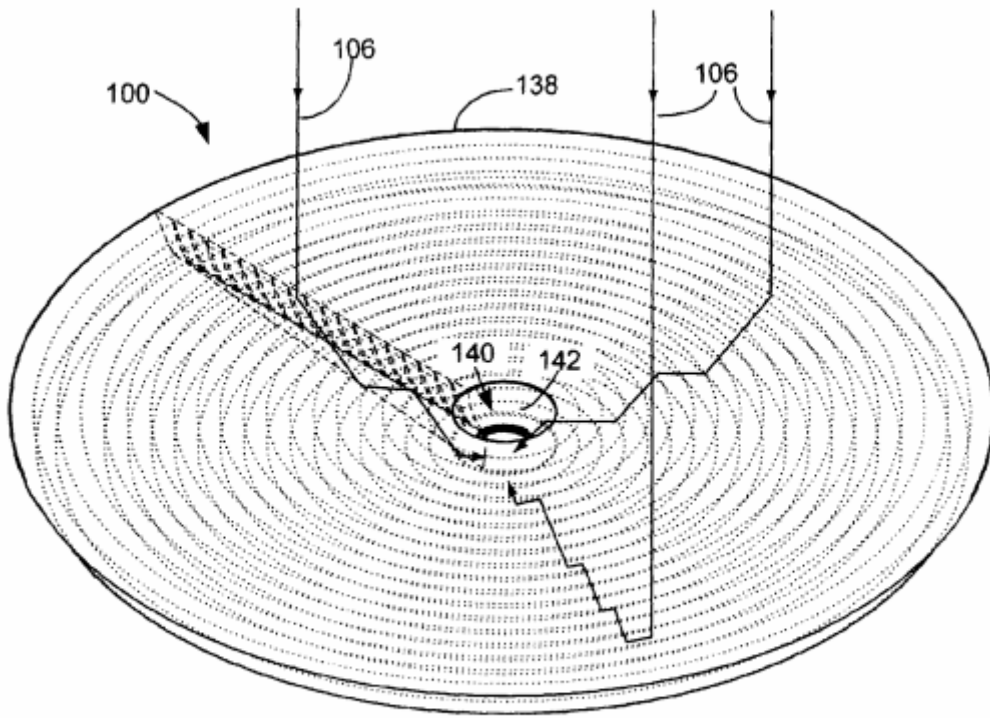


Fig. 9

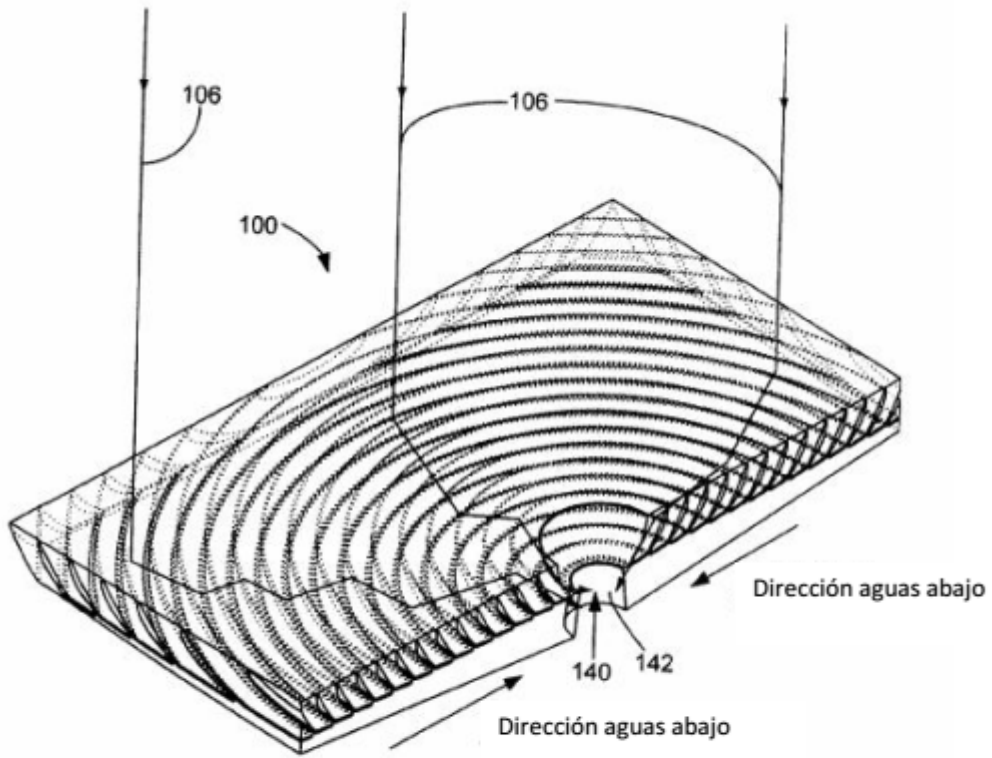


Fig. 10

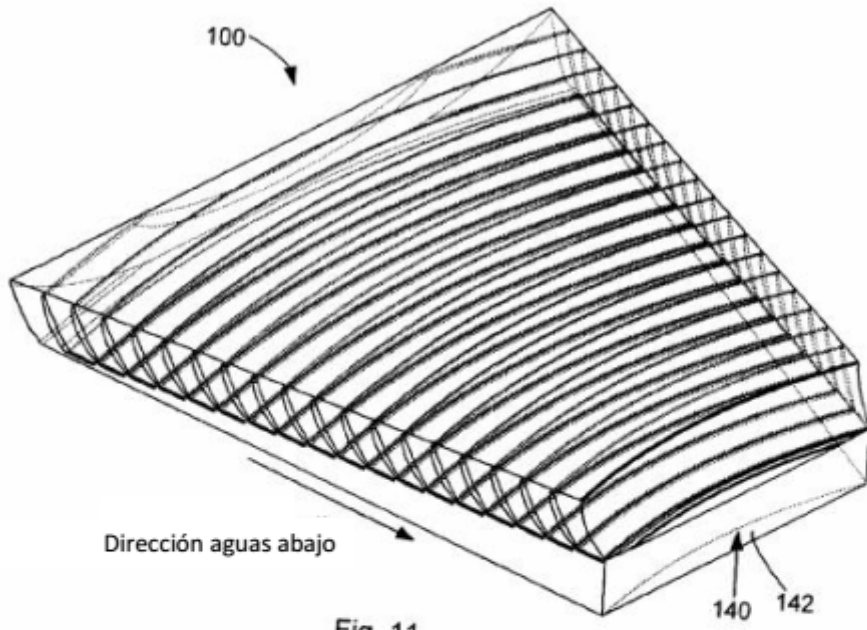


Fig. 11

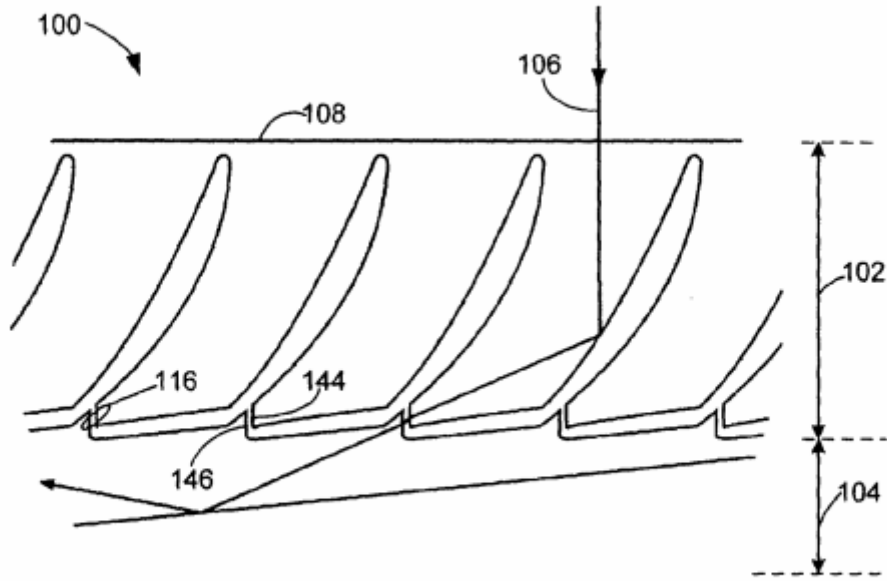


Fig. 12

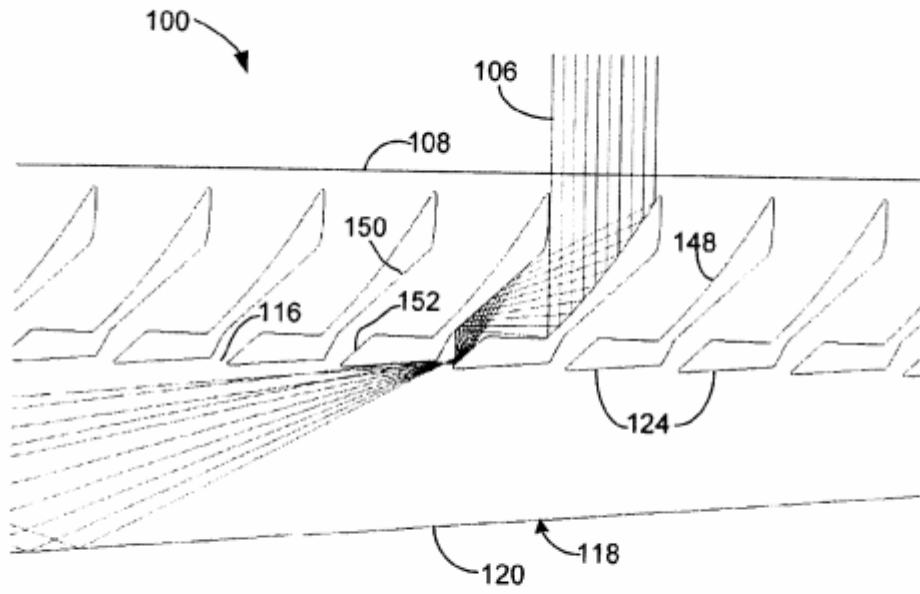


Fig. 13

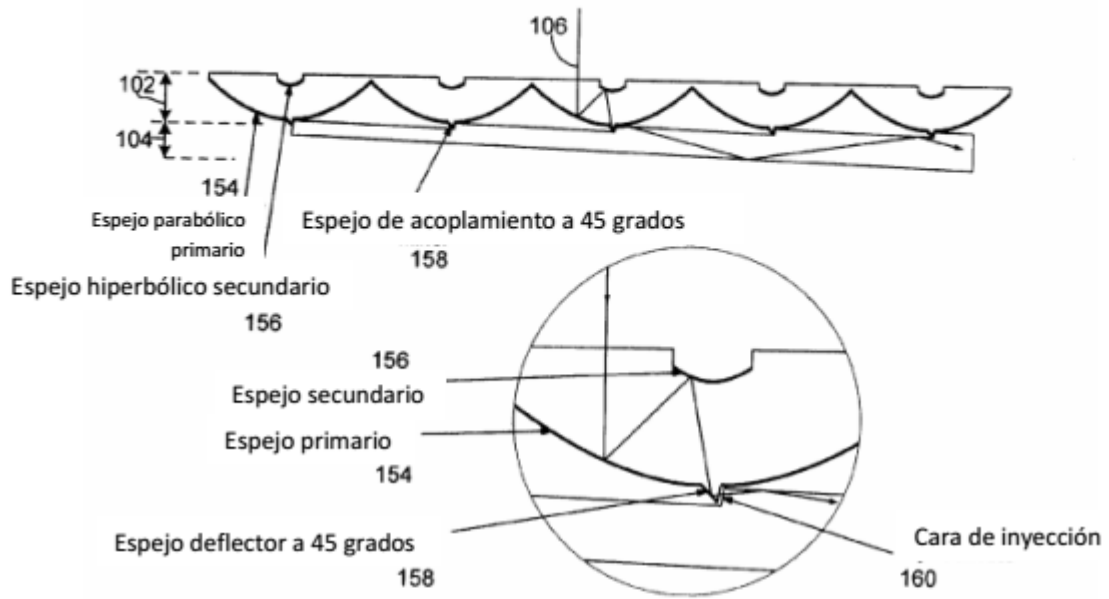


Fig. 14

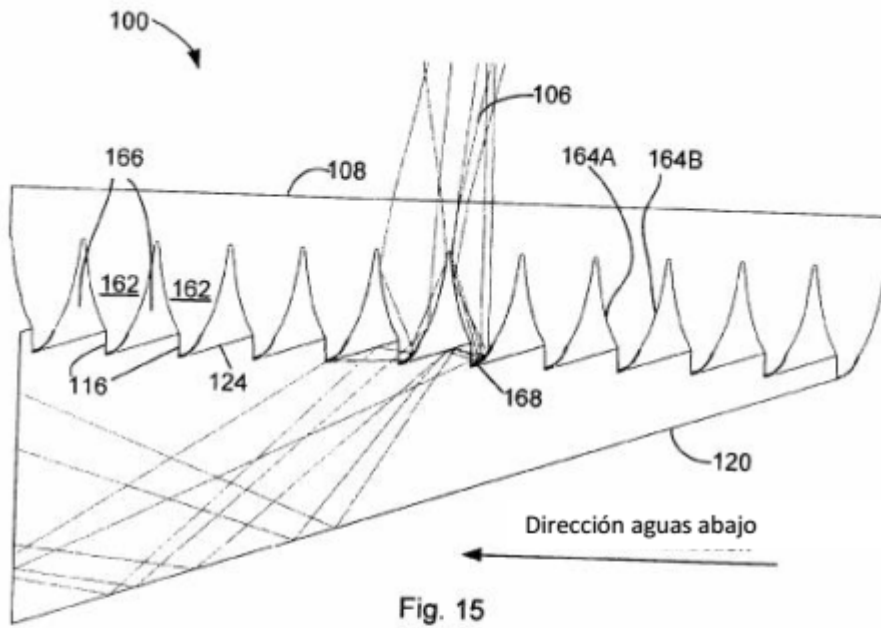


Fig. 15

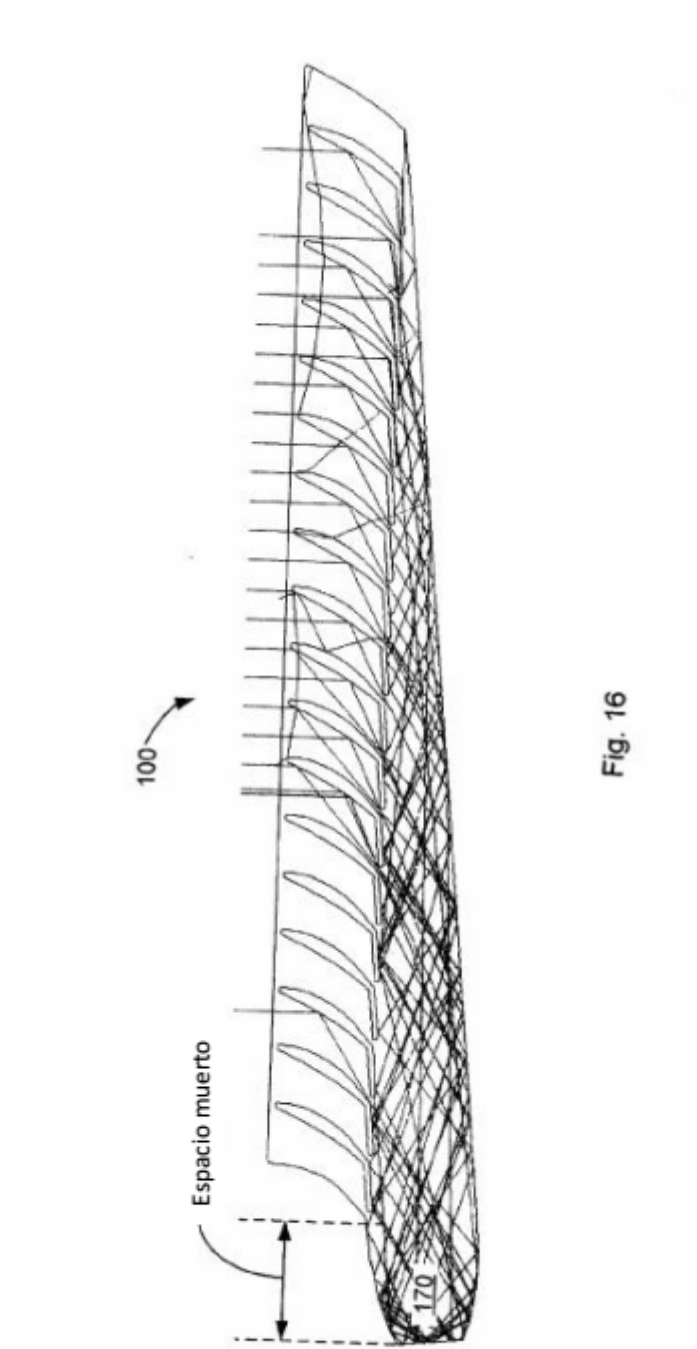
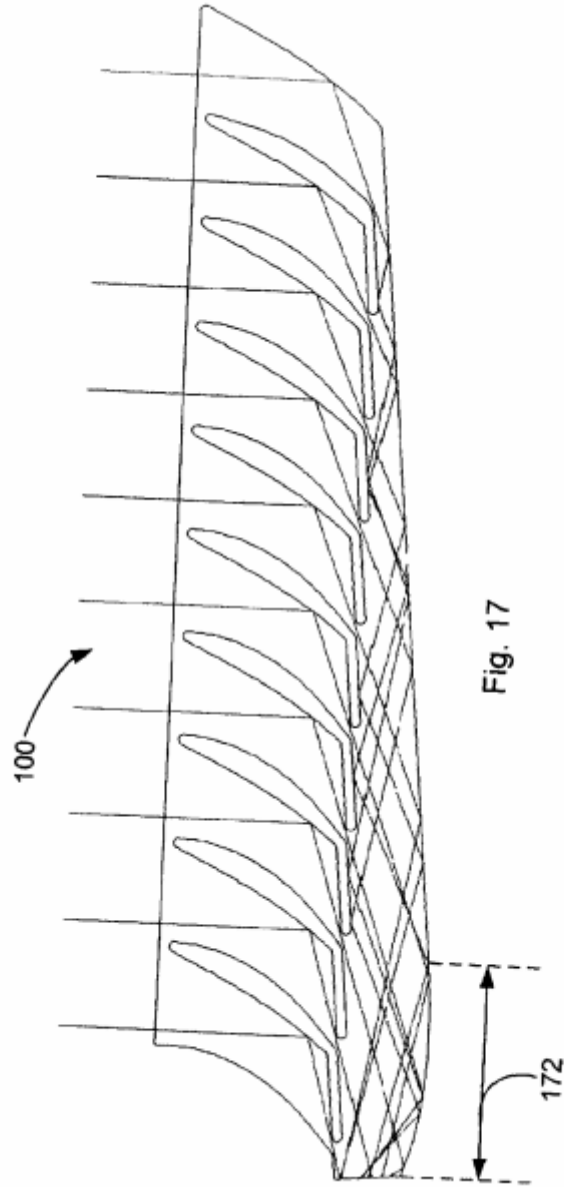


Fig. 16



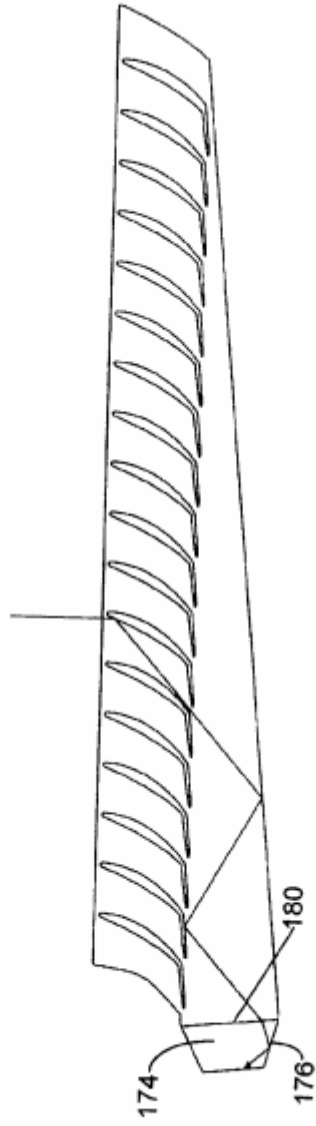


Fig. 18

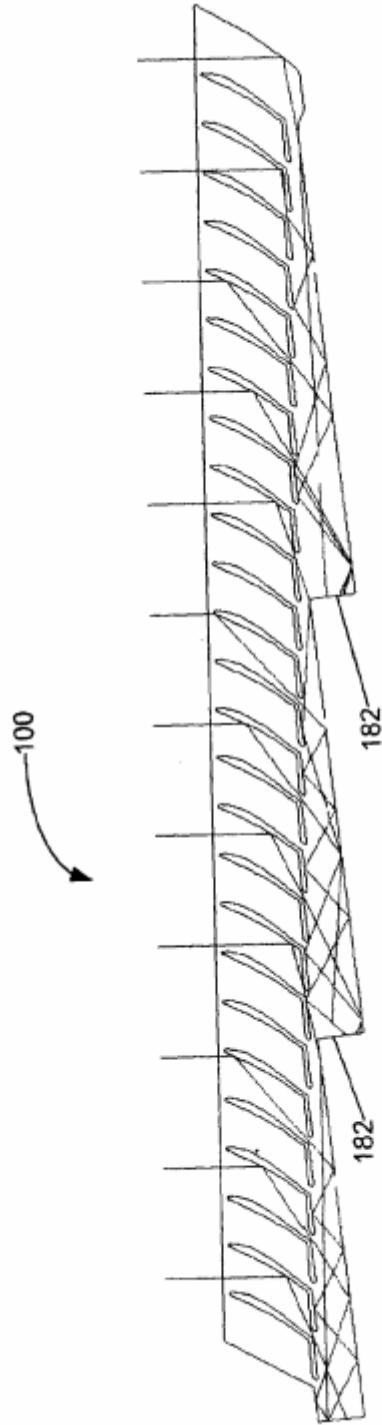


Fig. 19

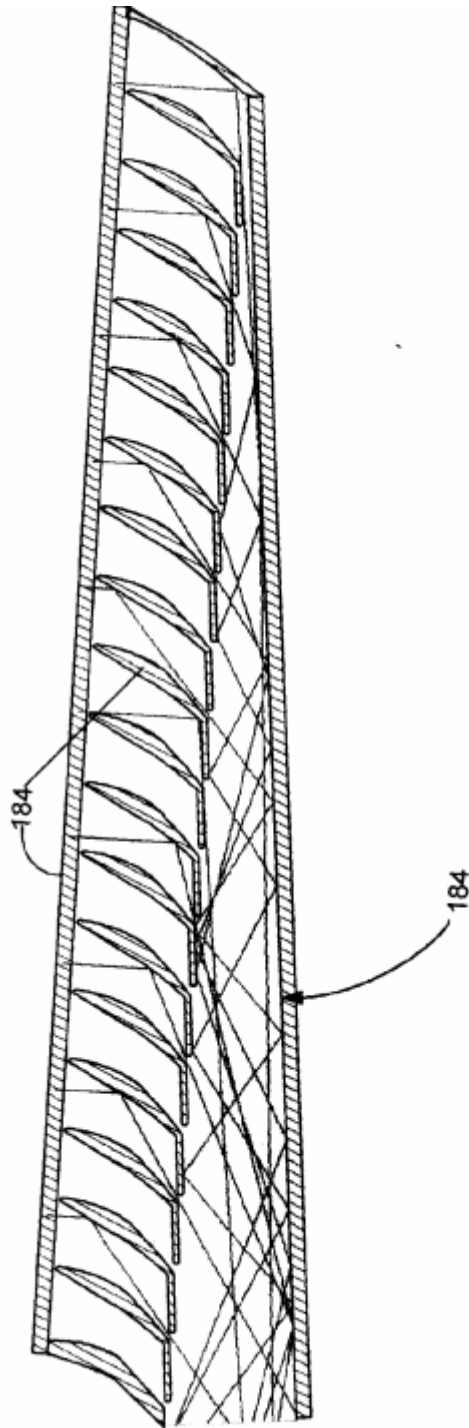


Fig. 20

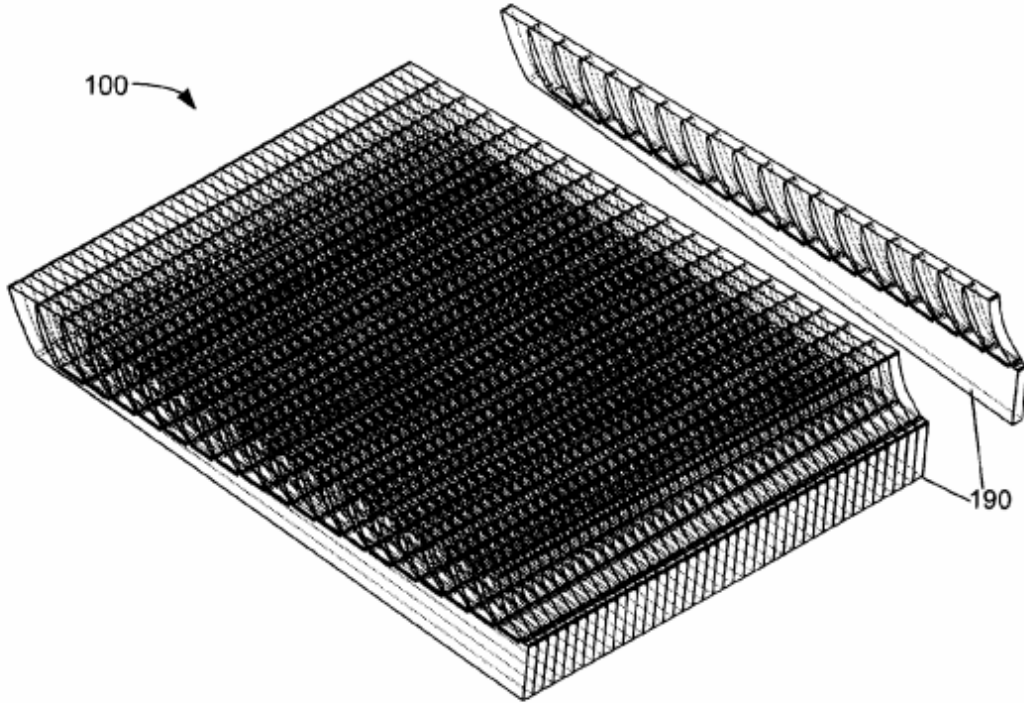
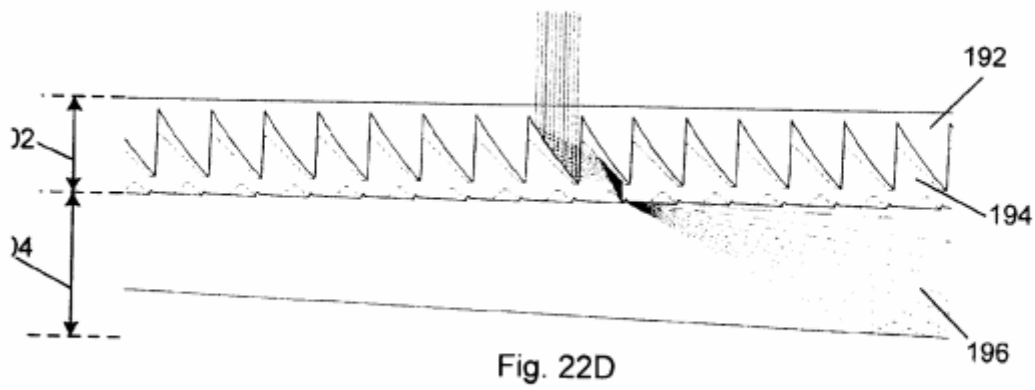
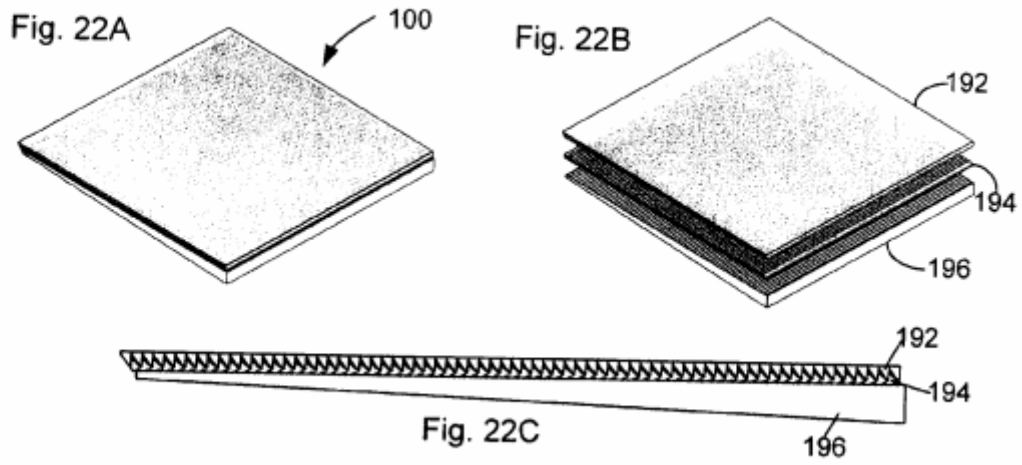
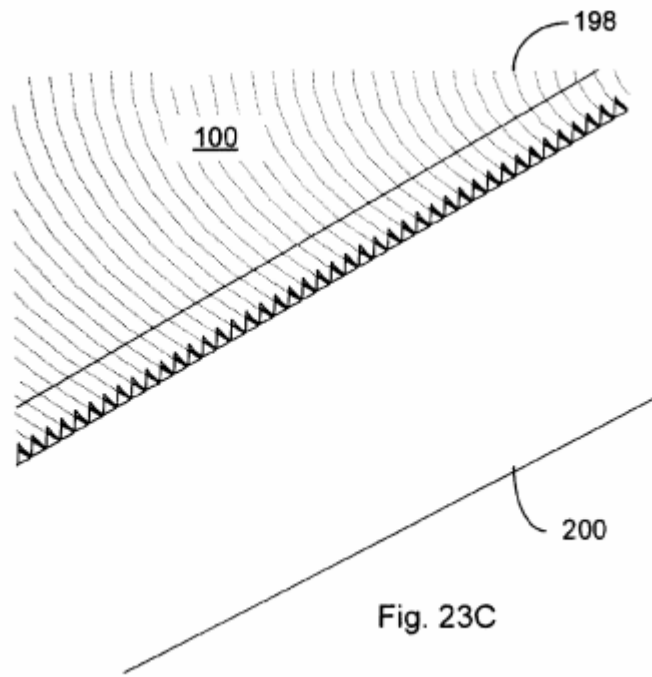
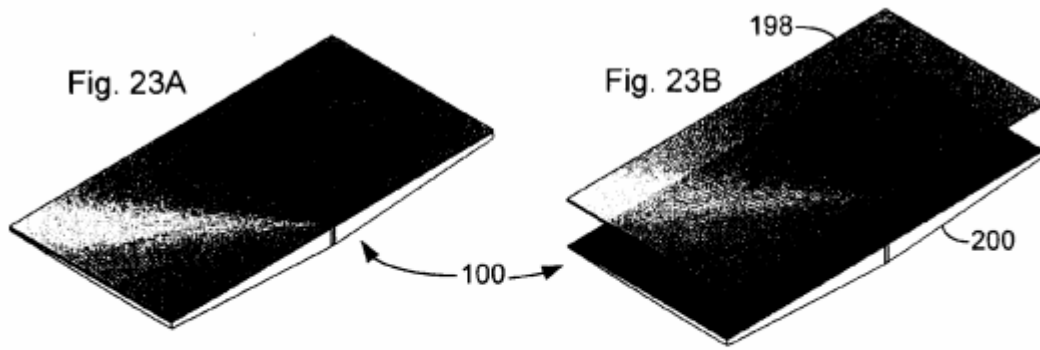


Fig. 21





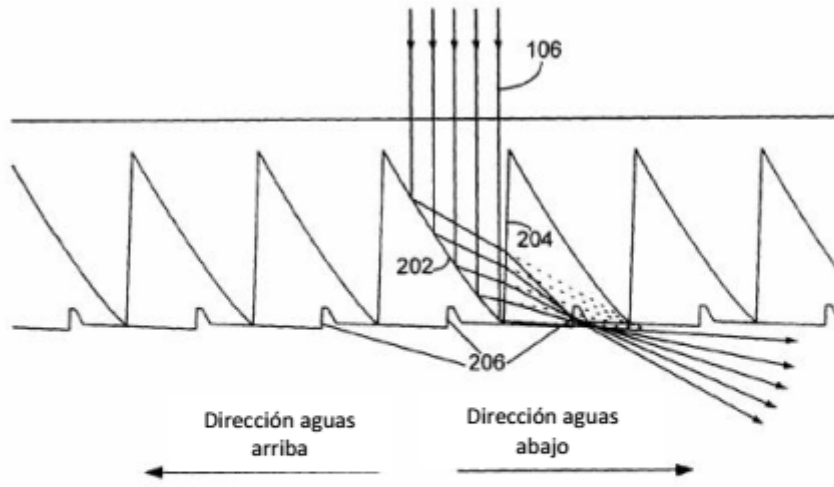


Fig. 24A

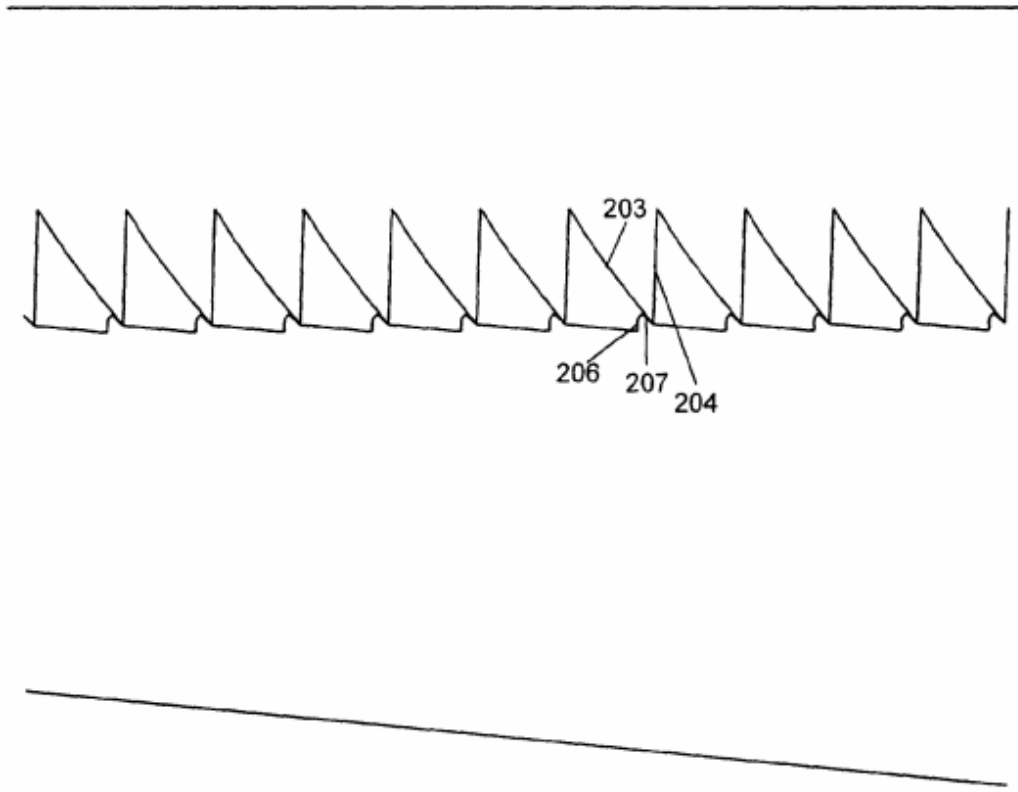


Fig. 24B

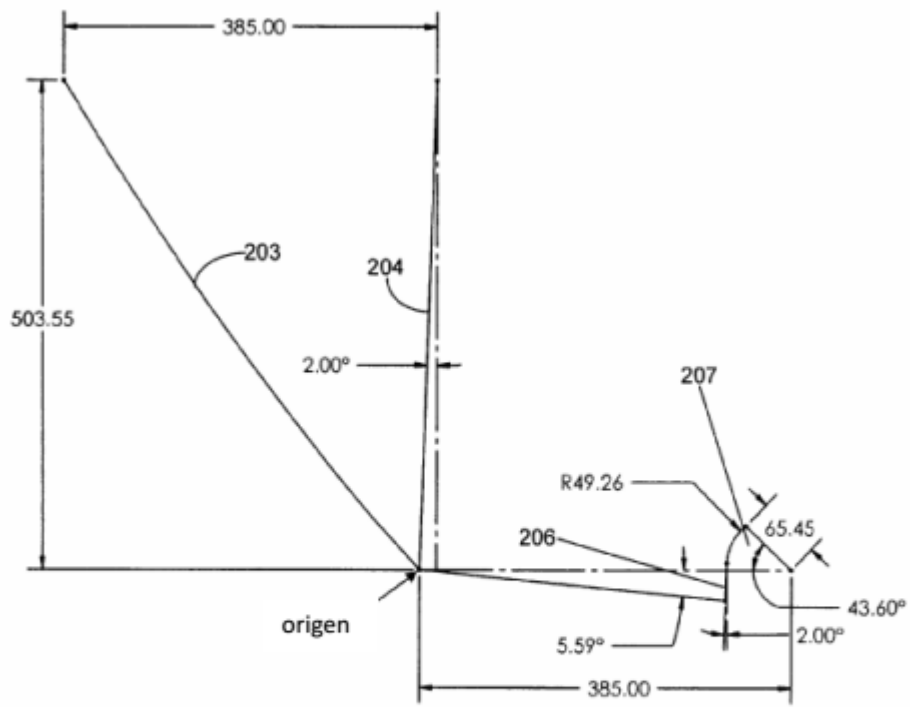
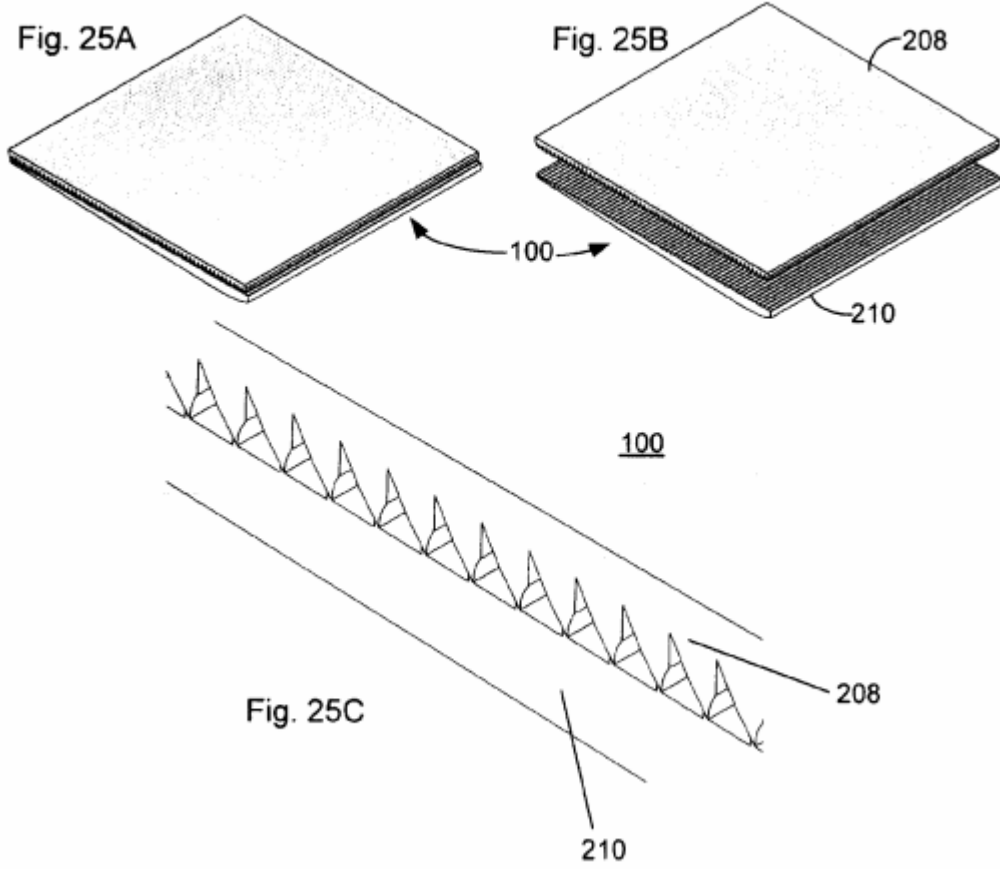


Fig. 24C



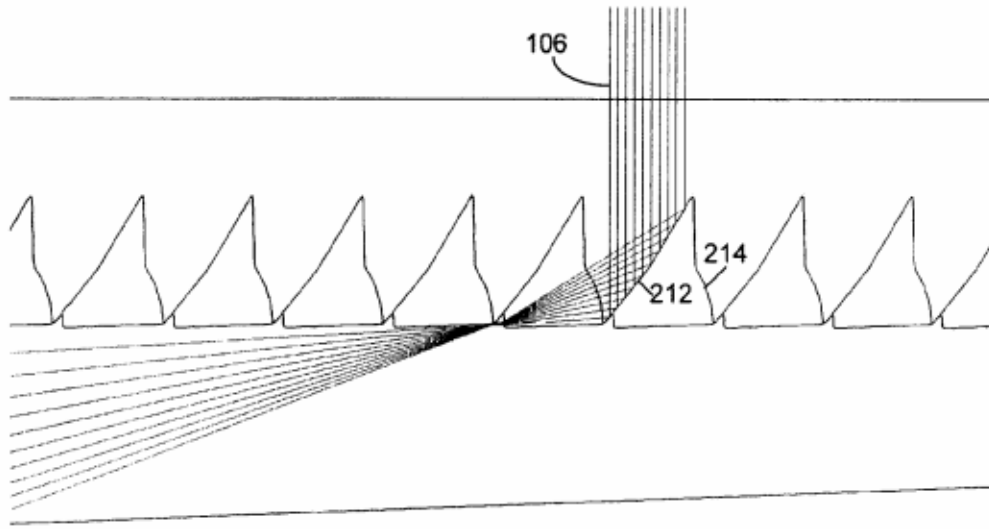


Fig. 26

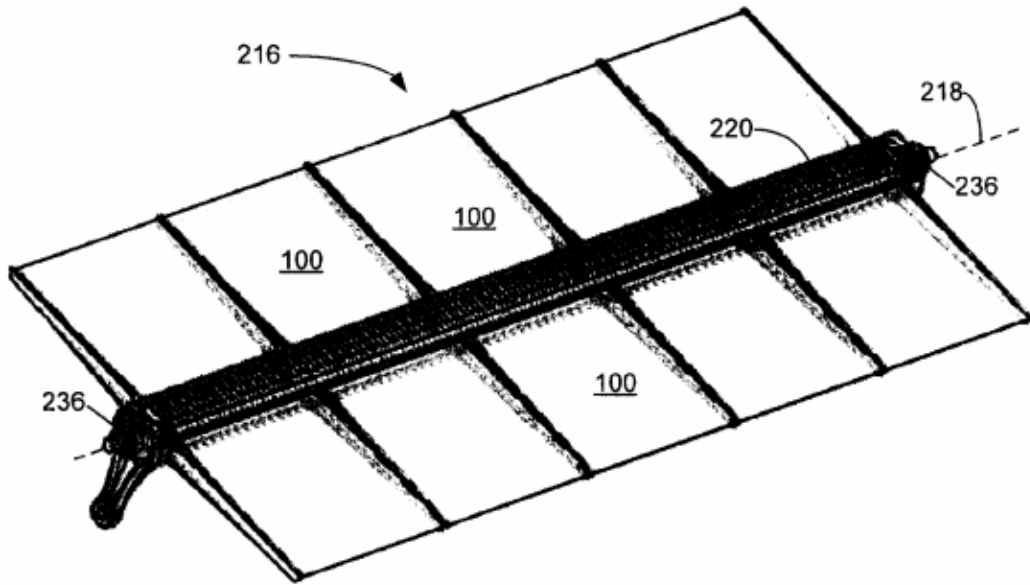


Fig. 27

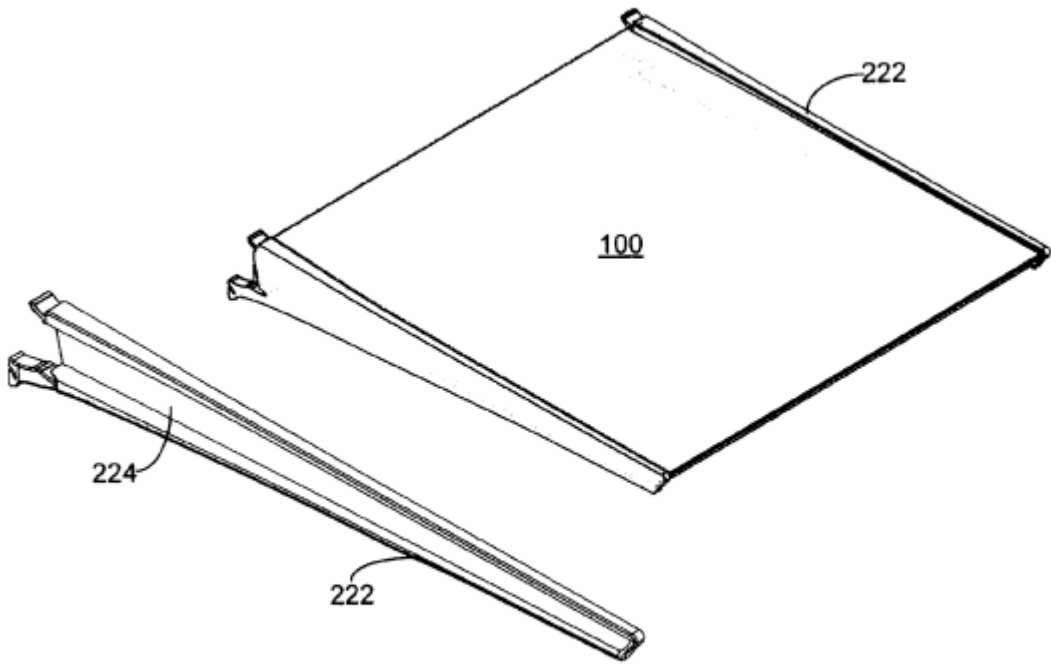
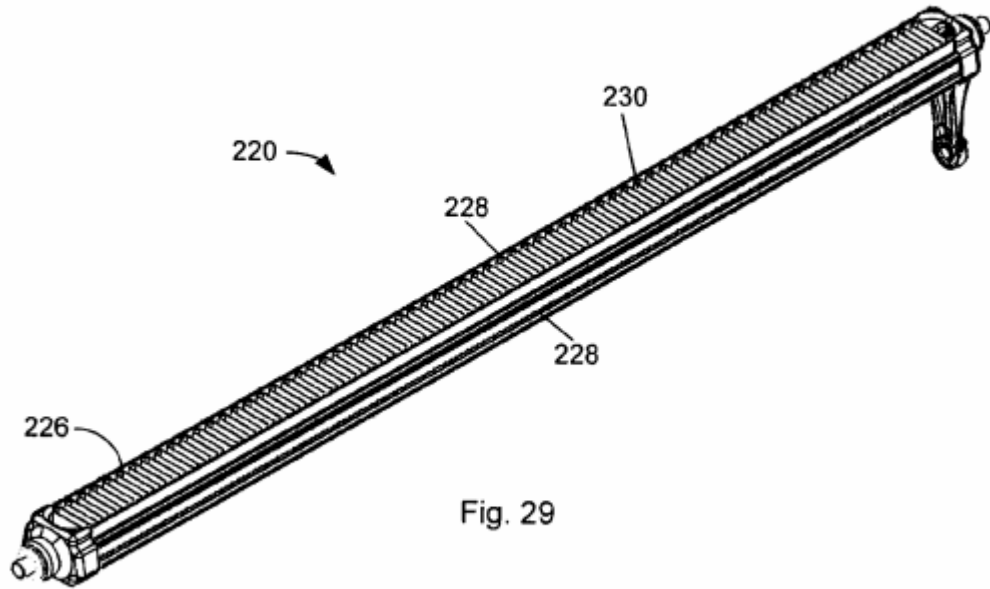


Fig. 28



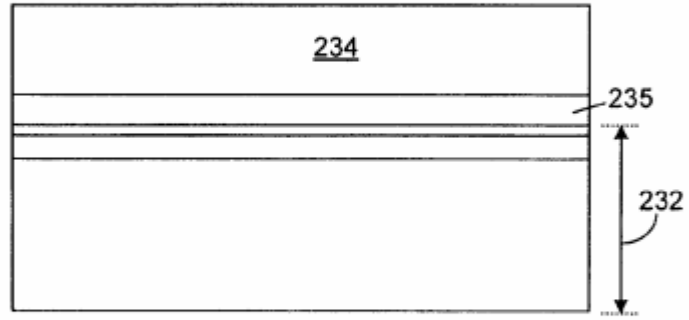


Fig. 30

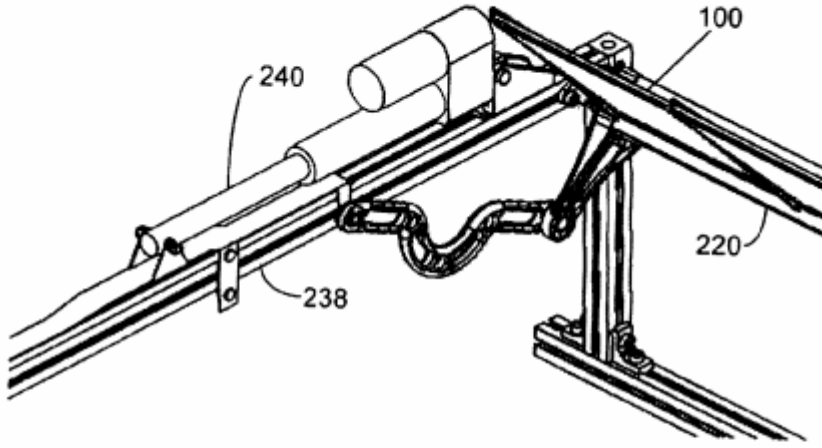
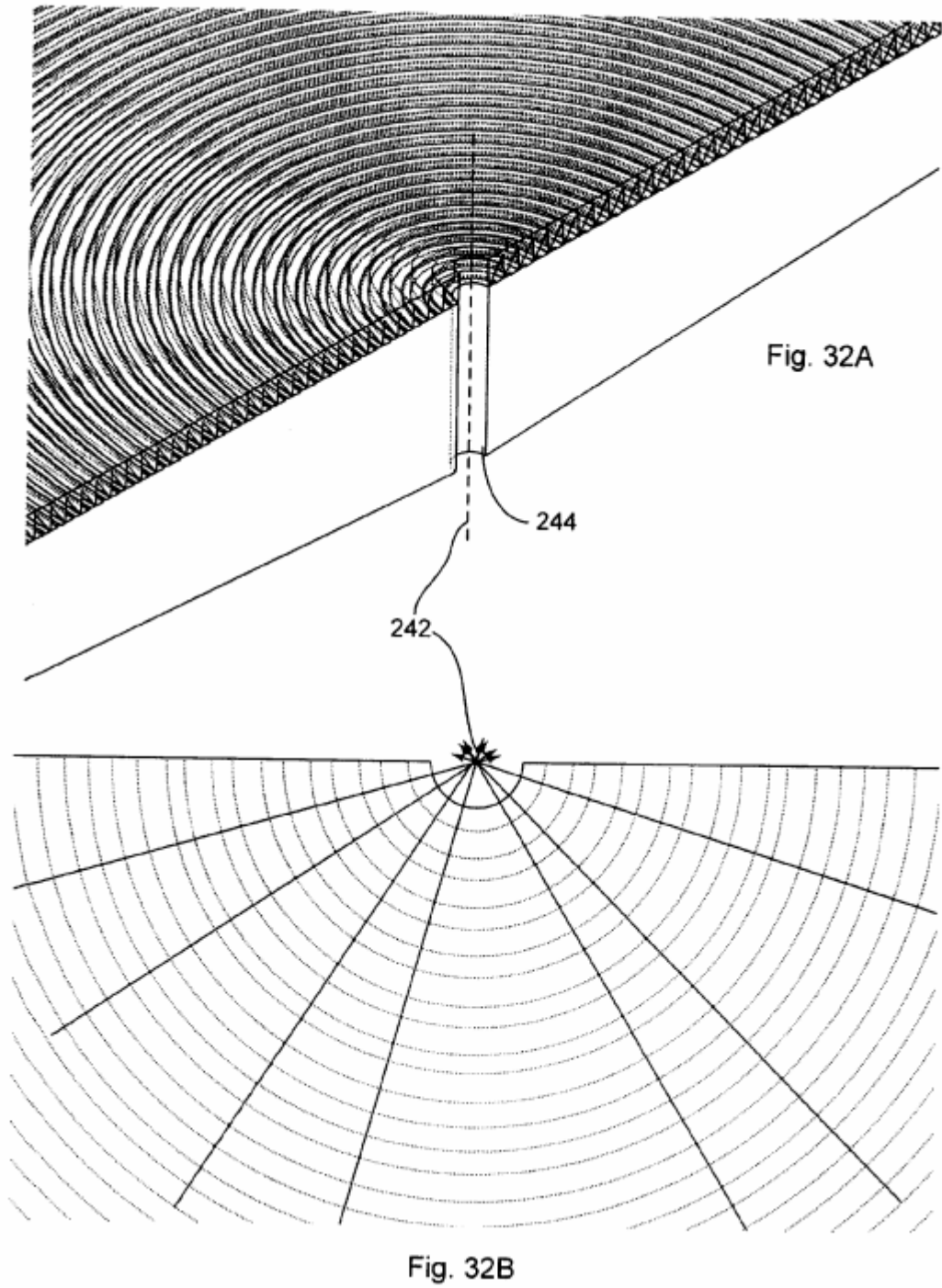
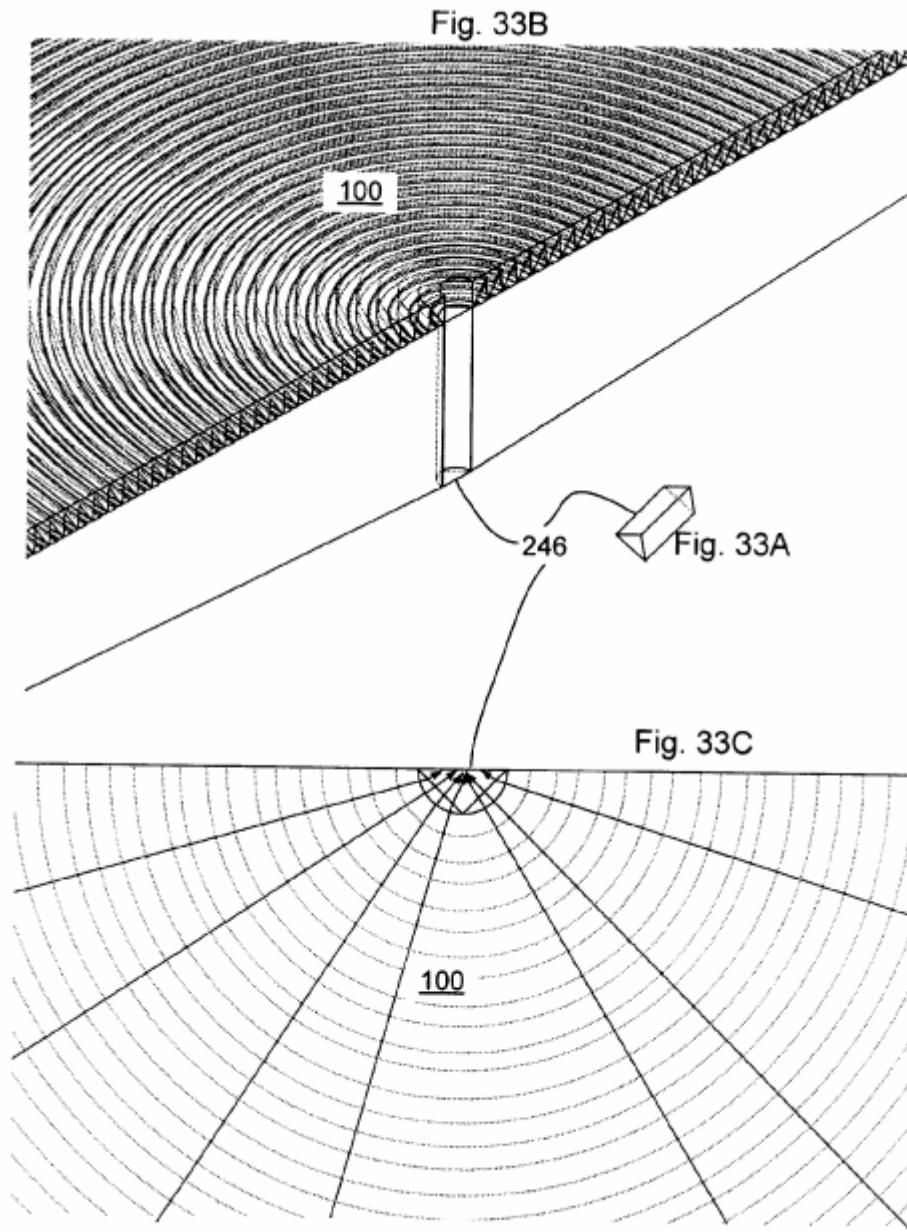
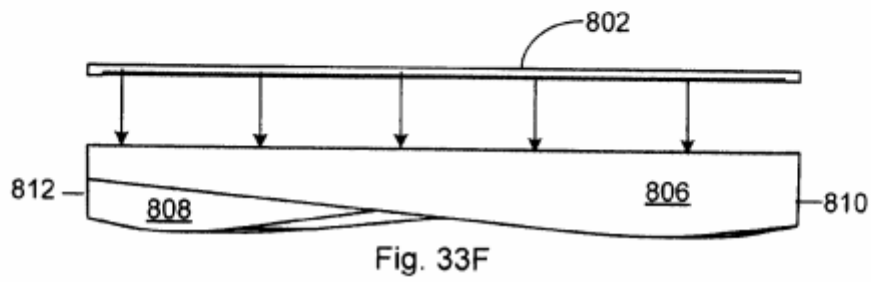
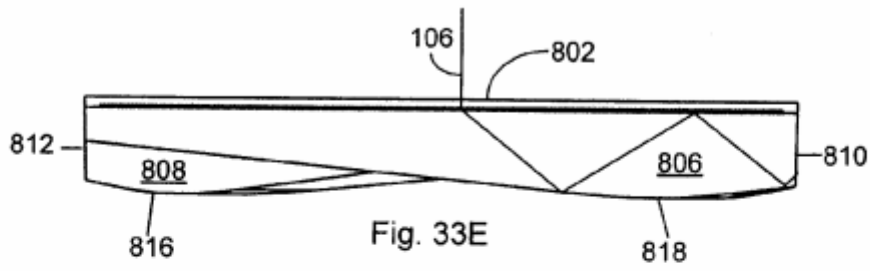
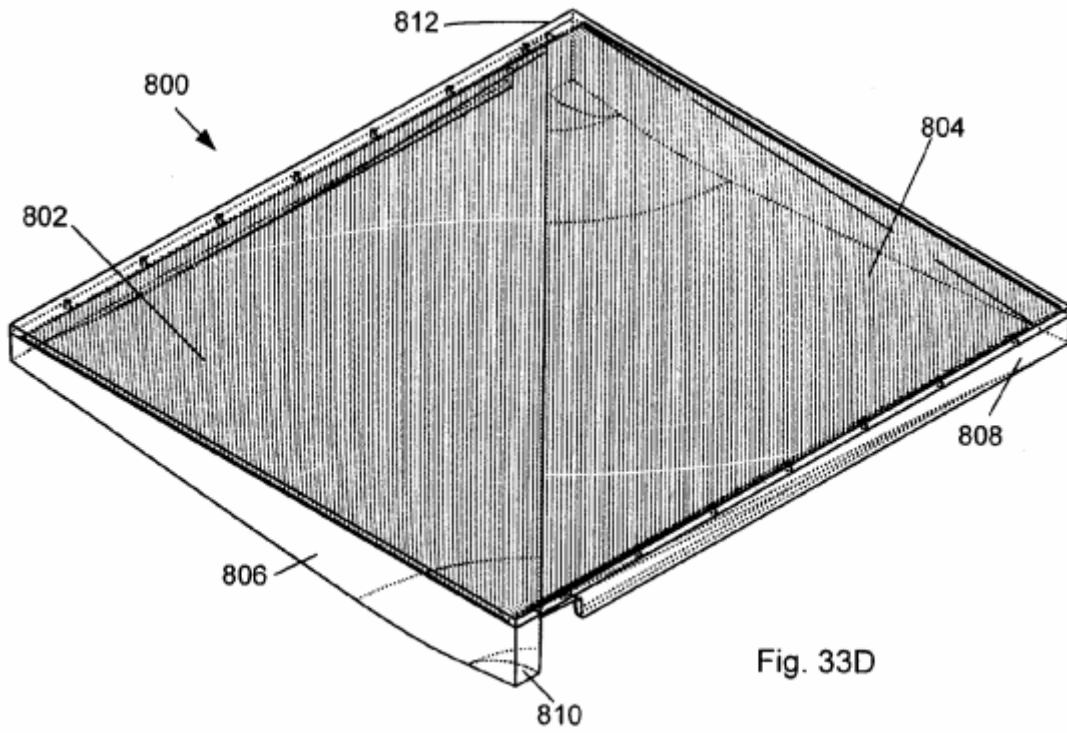


Fig. 31







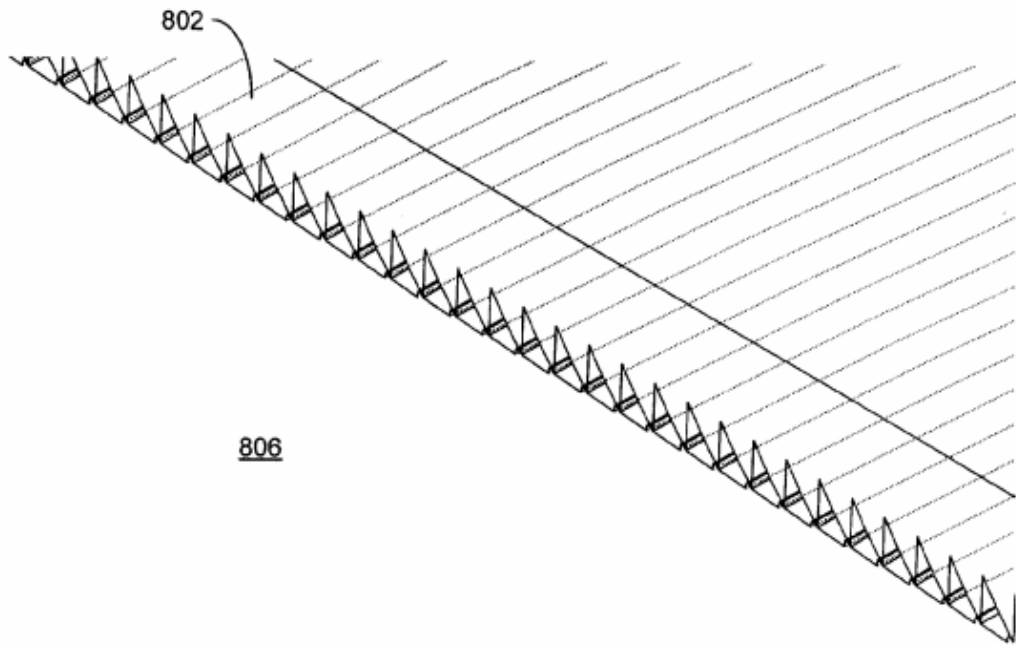


Fig. 33G

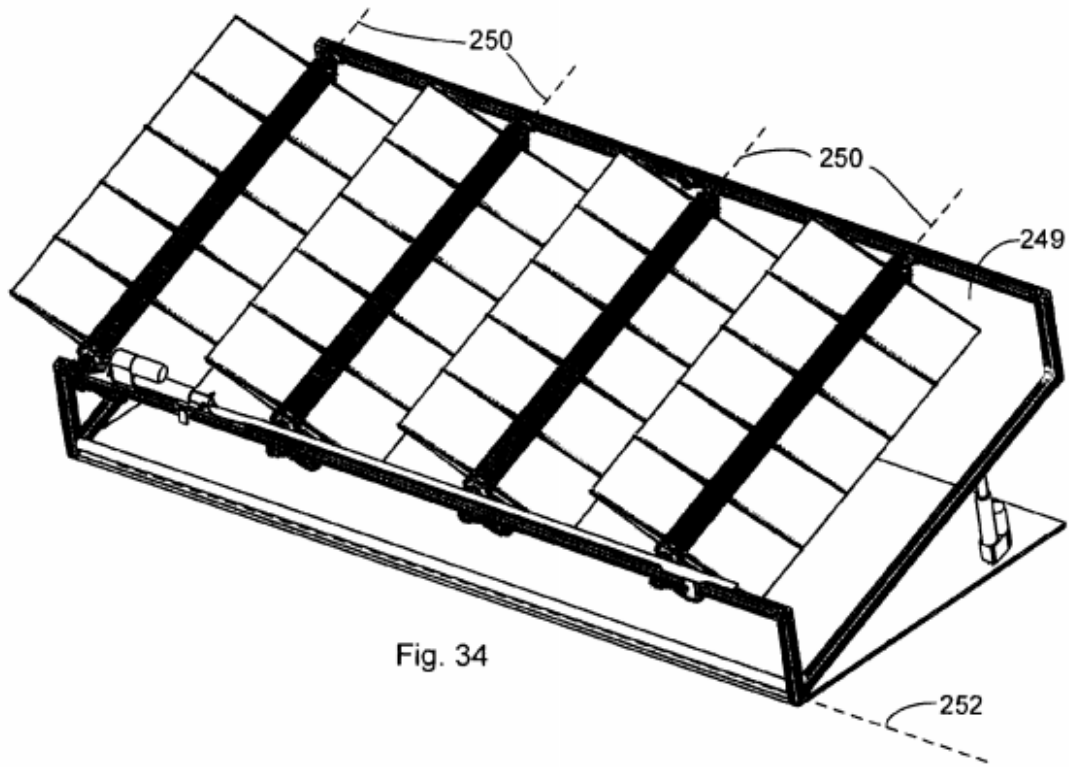


Fig. 34

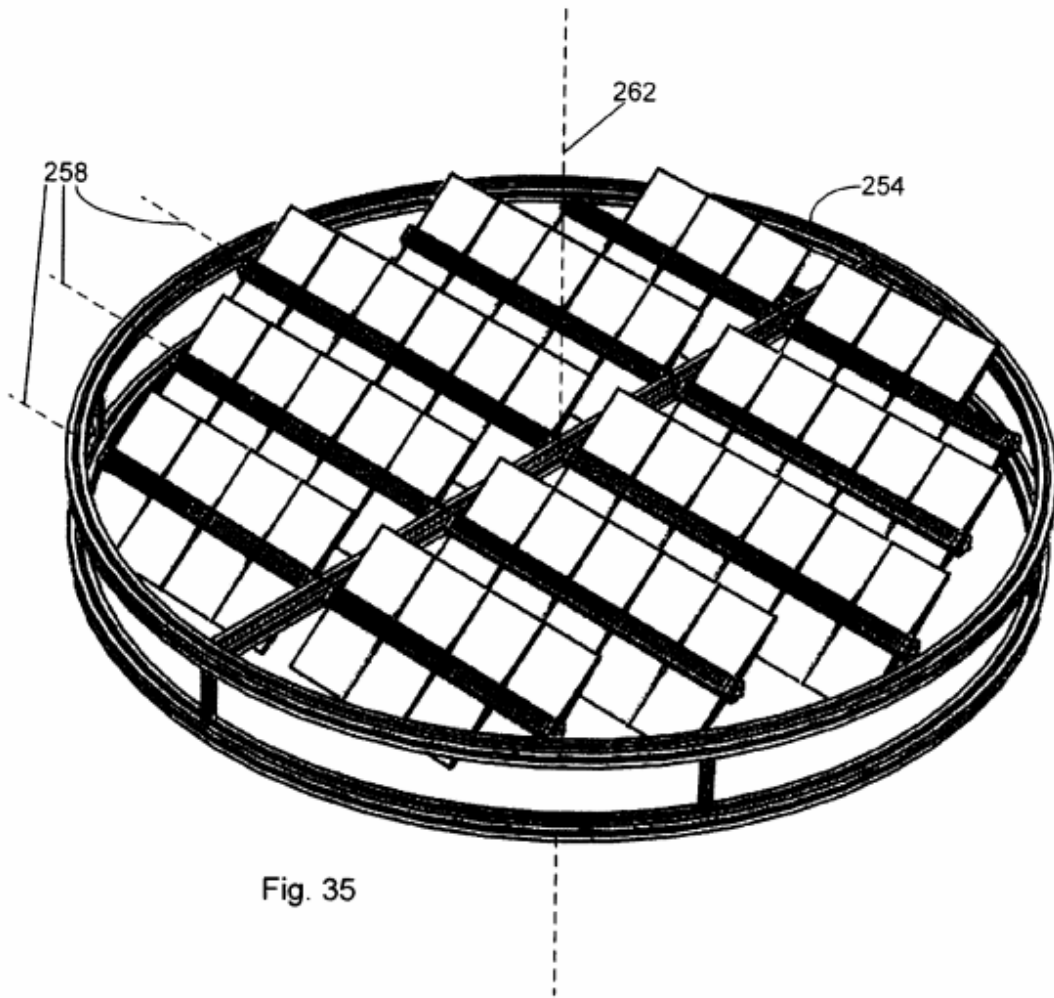


Fig. 35

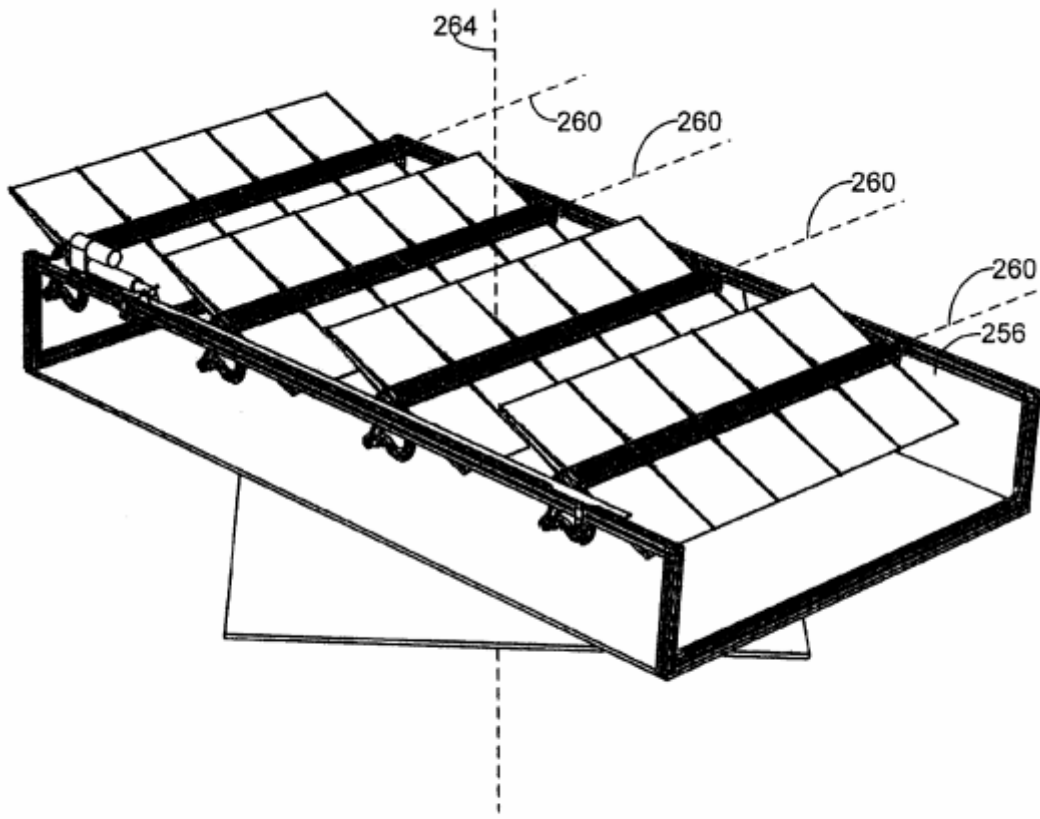


Fig. 36

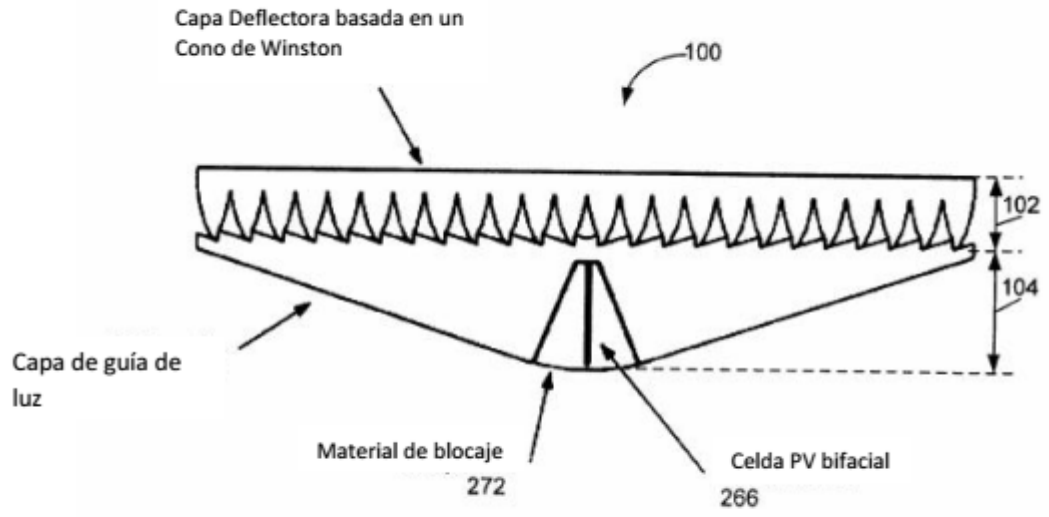


Fig. 37

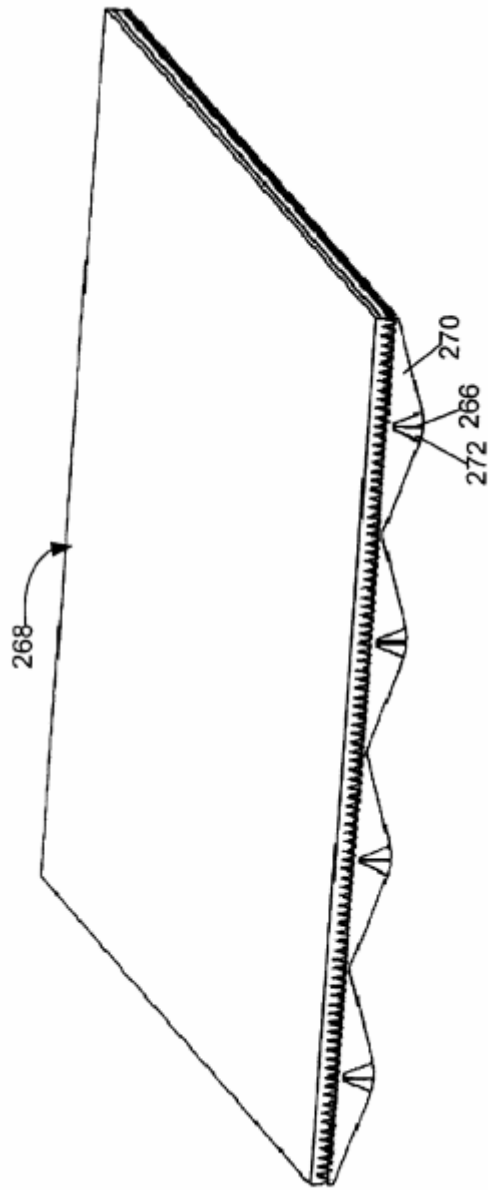


Fig. 38

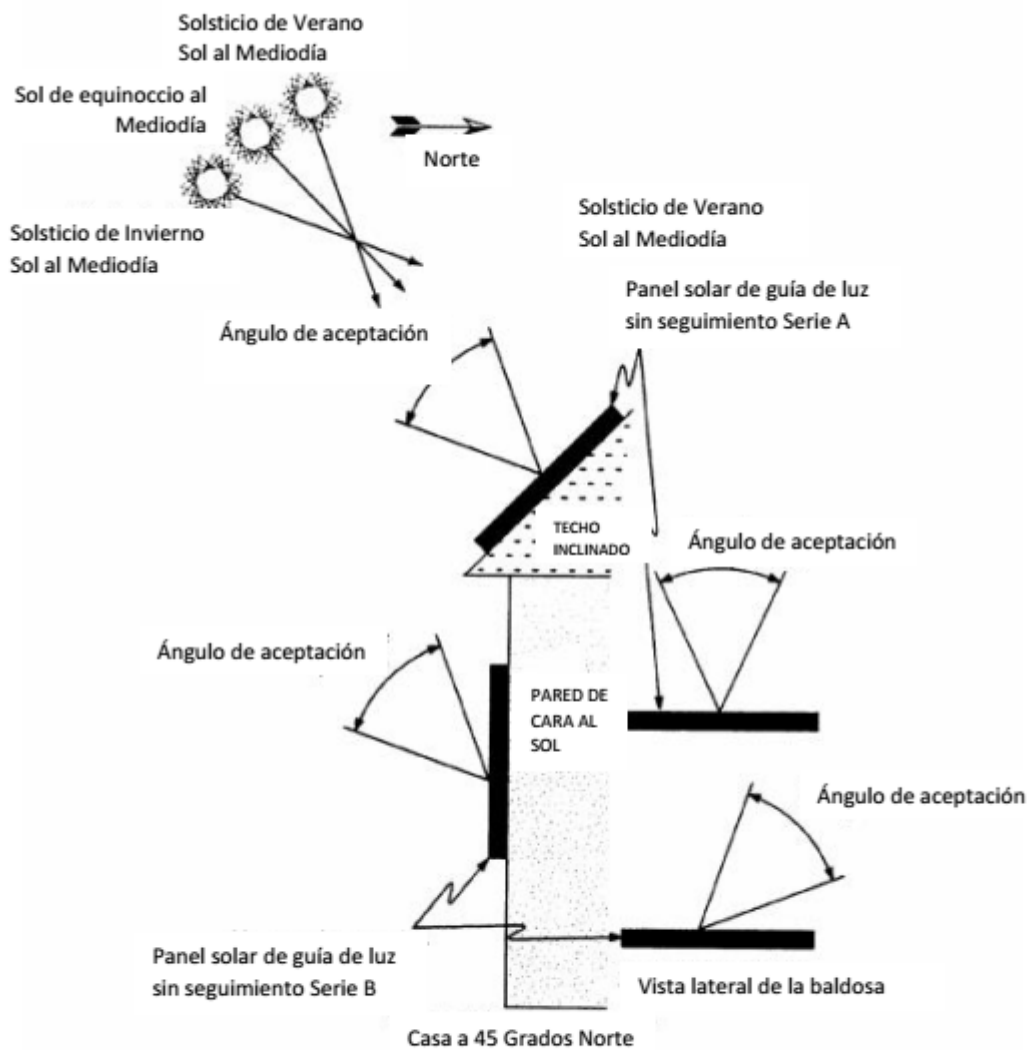
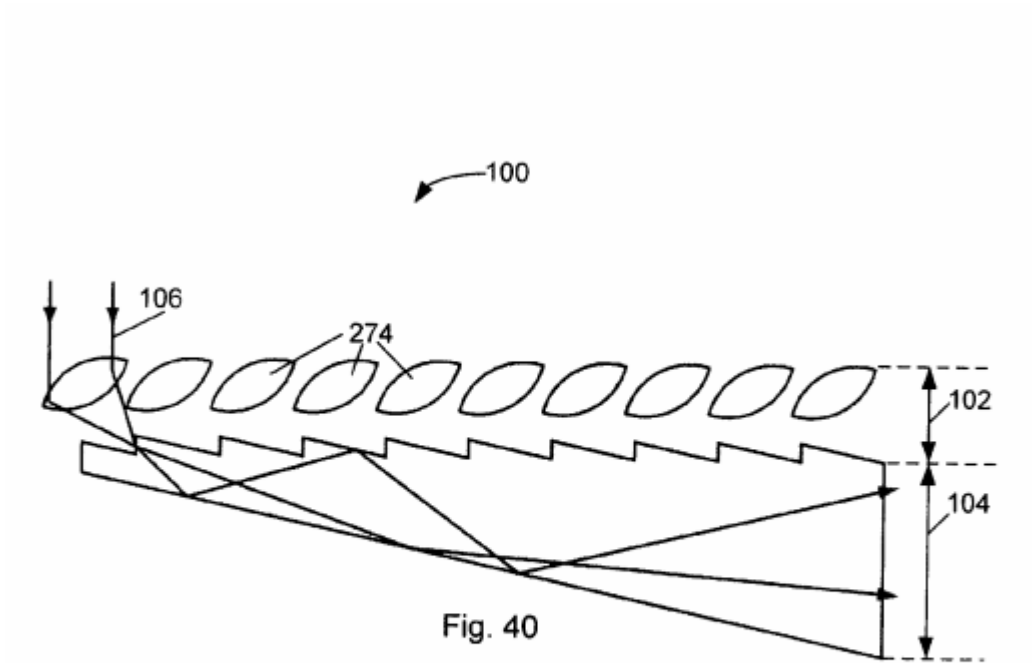
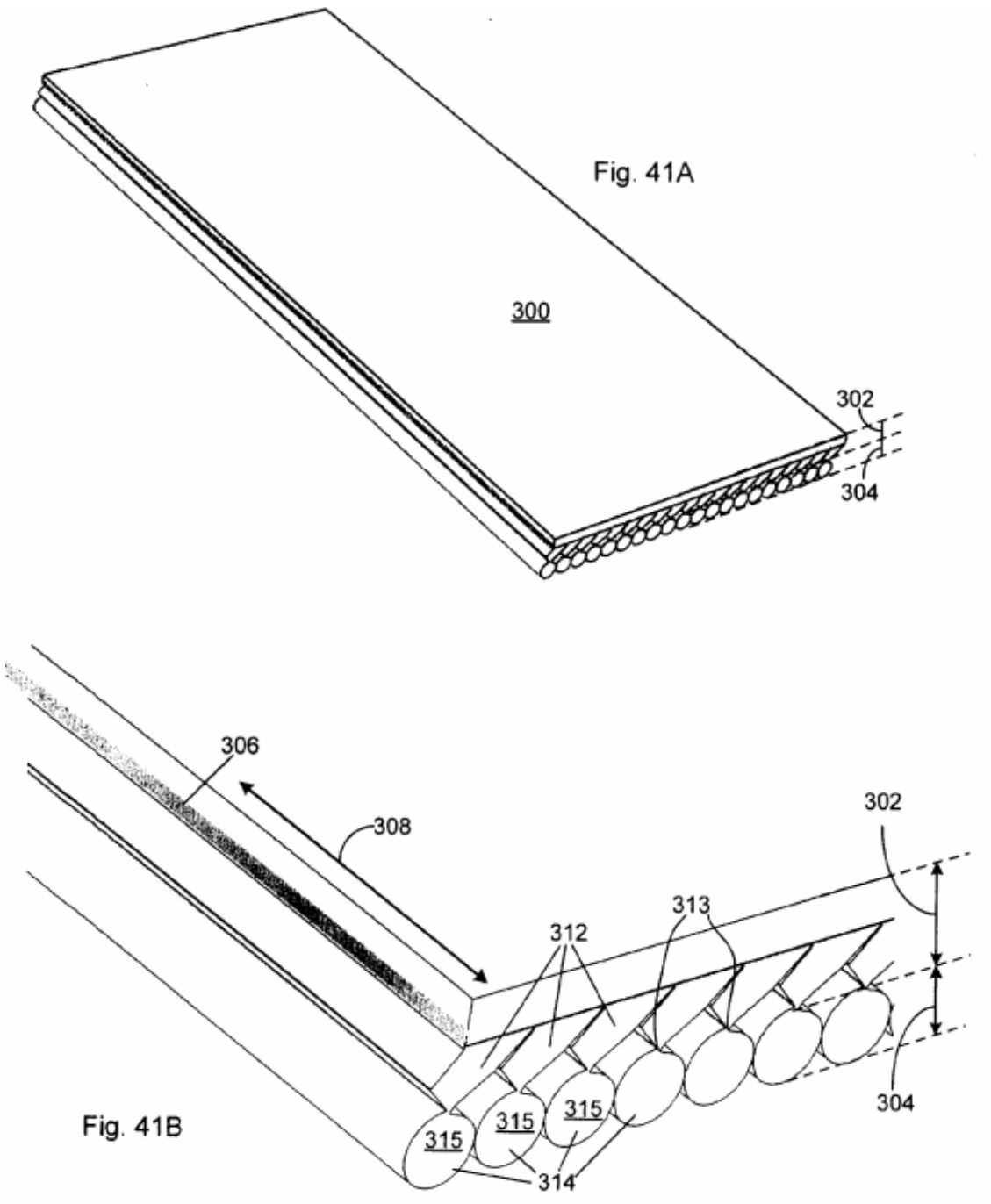
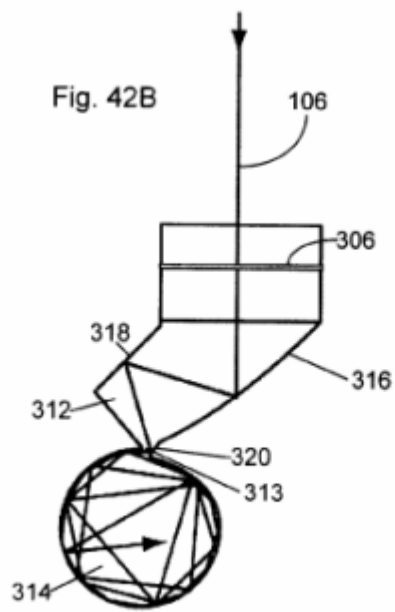
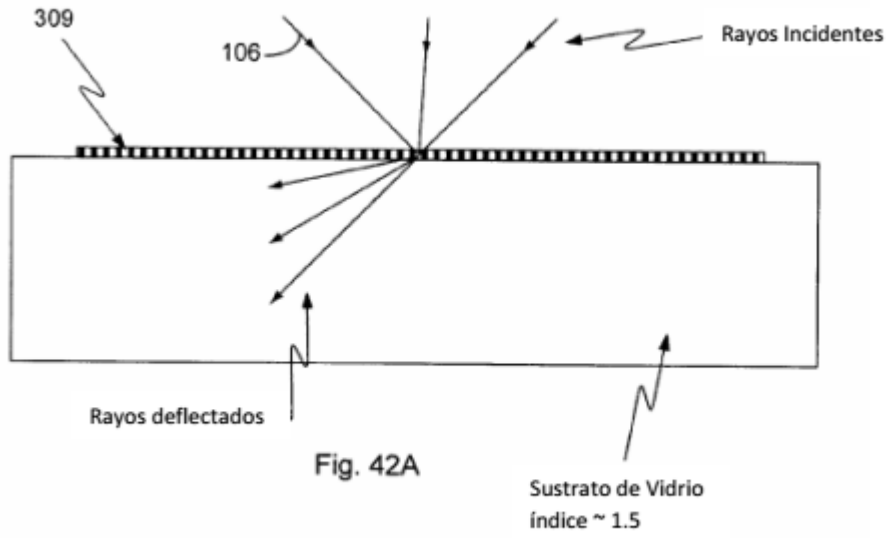
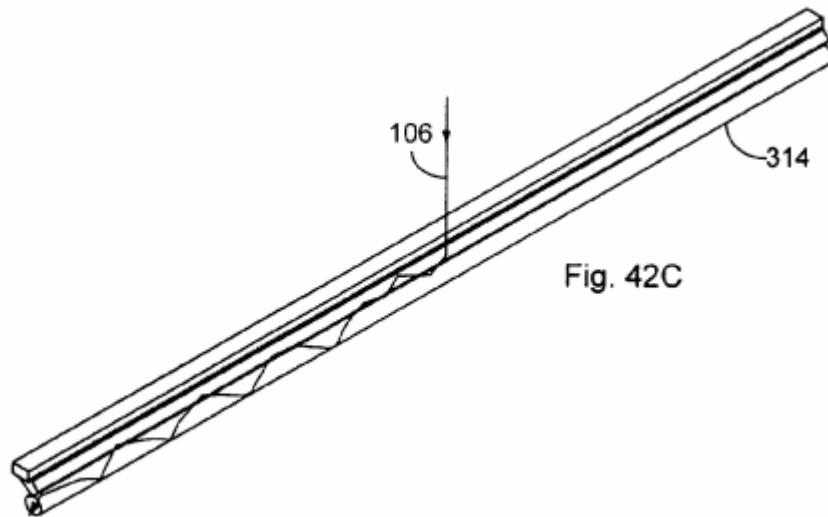
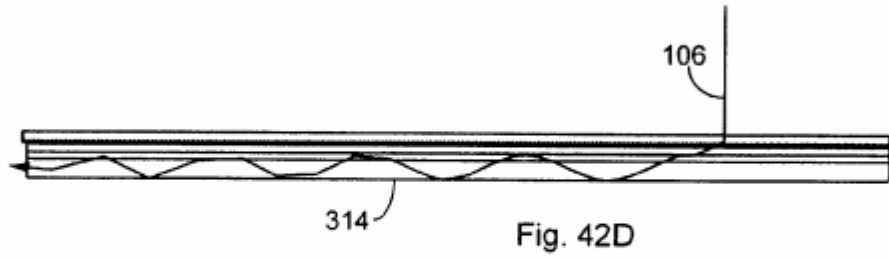


Fig. 39









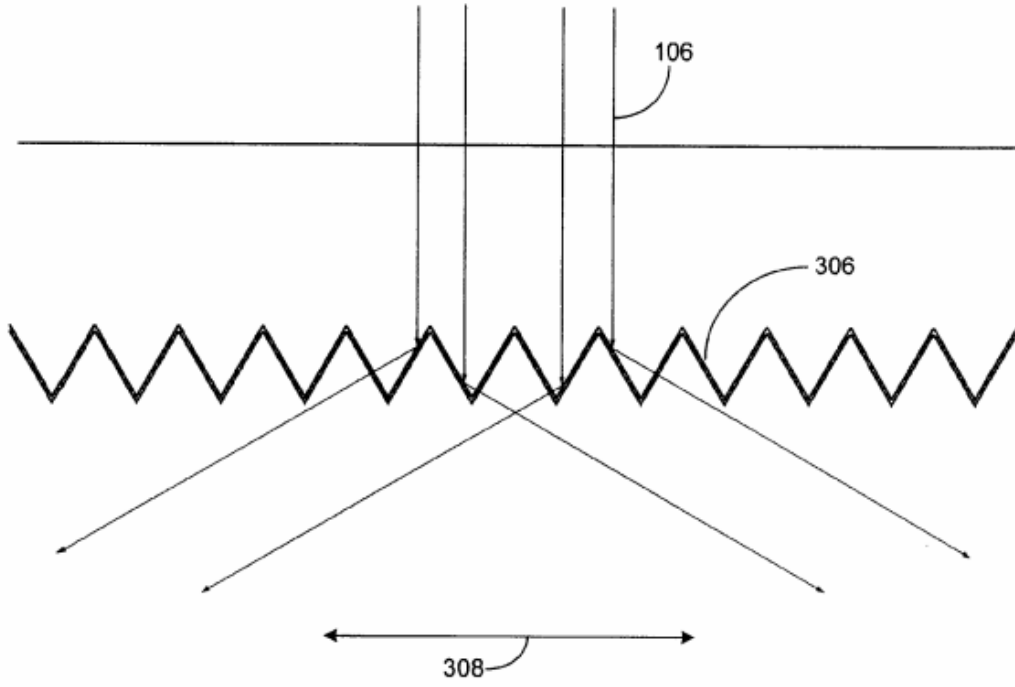
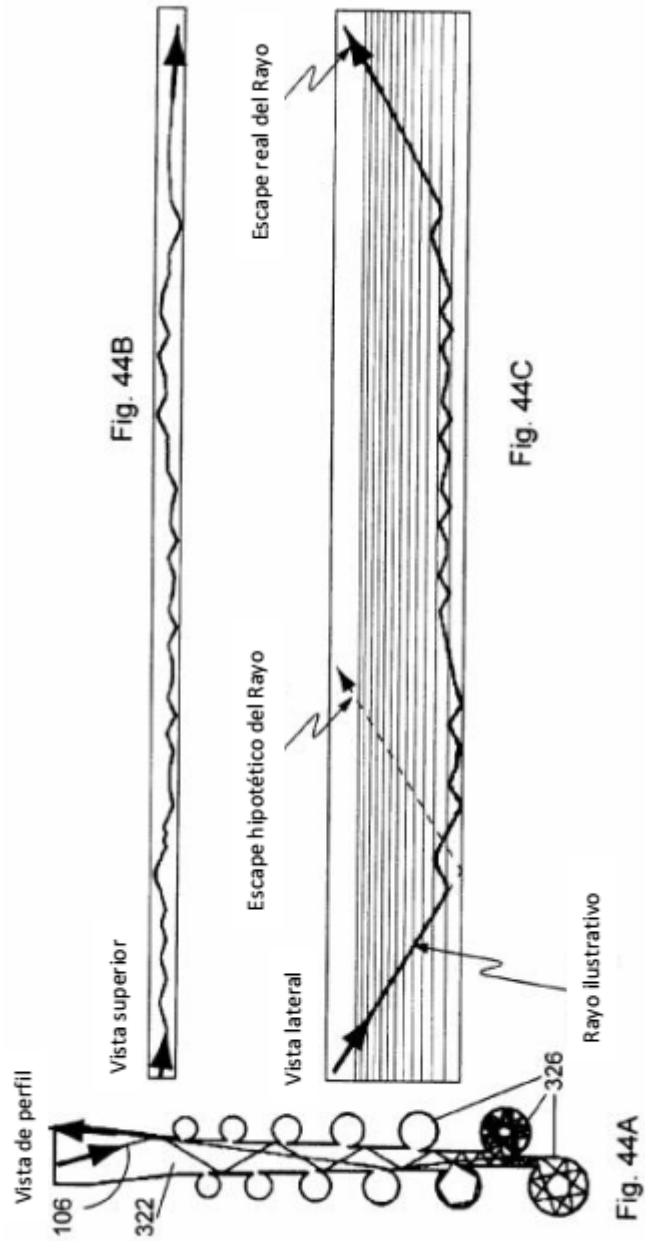
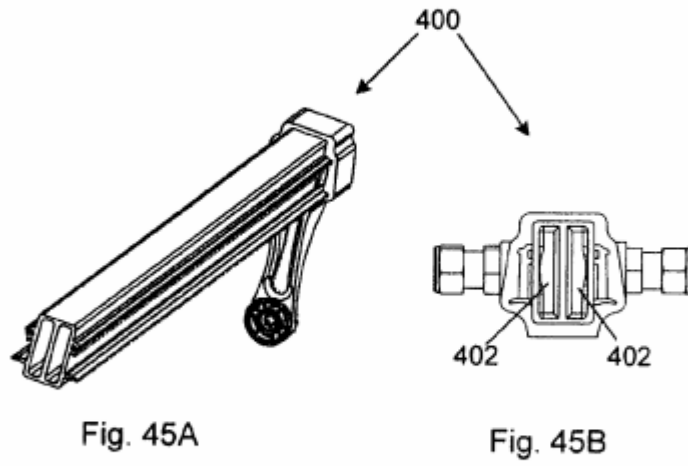


Fig. 43





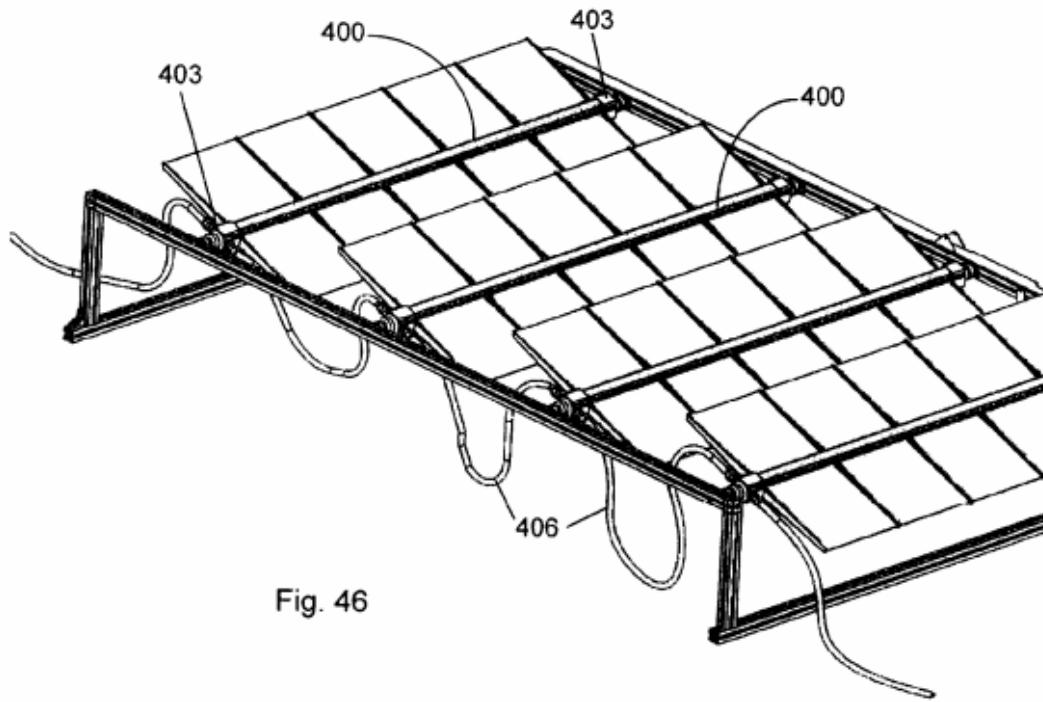


Fig. 46

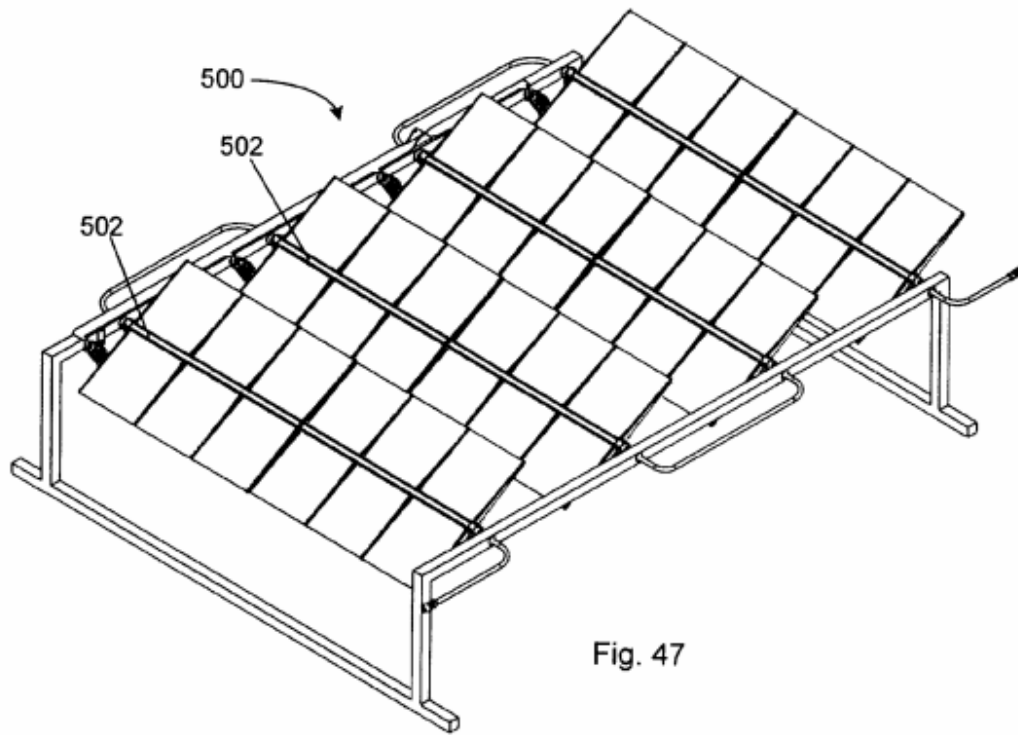


Fig. 47

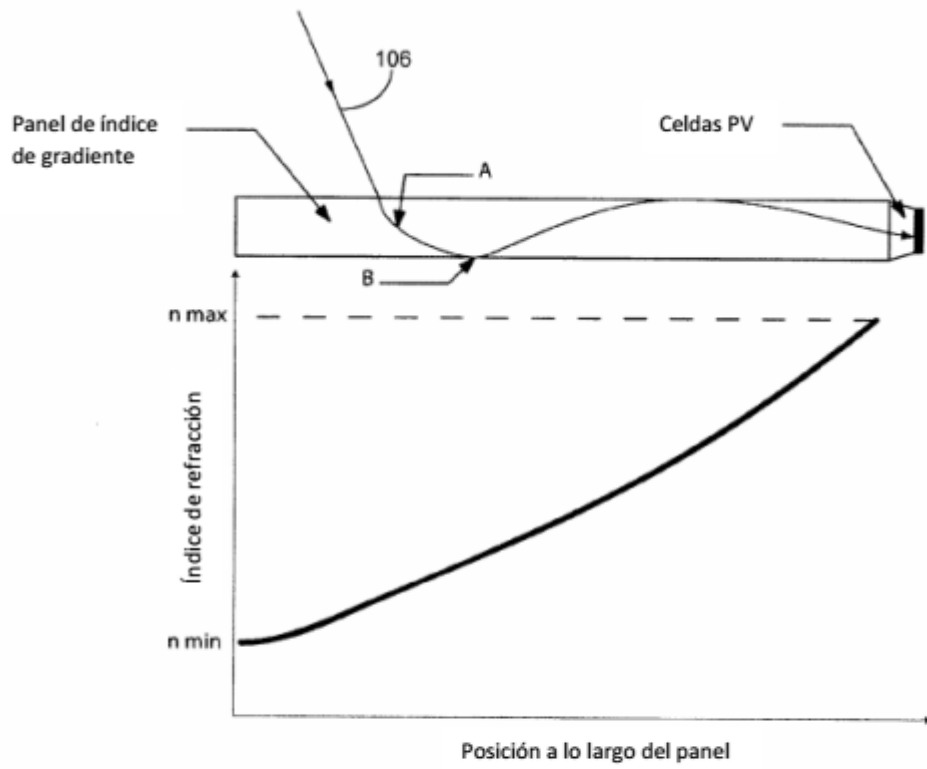


Fig. 48

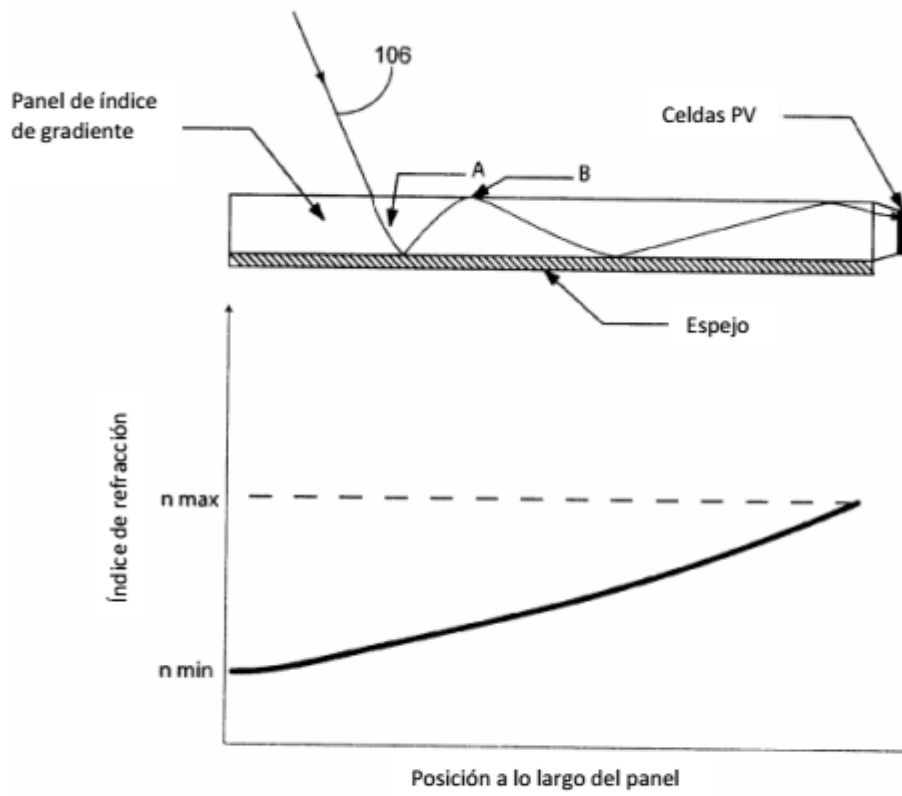


Fig. 49

