



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 364 665**

② Número de solicitud: 200803237

⑤ Int. Cl.:
H01L 31/052 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **12.11.2008**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **12.09.2011**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
12.09.2011

⑦ Solicitante/s:
Abengoa Solar New Technologies, S.A.
Avda. La Buhaira, 2
41018 Sevilla, ES

⑦ Inventor/es: **Martínez Antón, Juan Carlos;**
Pereles Ligeró, Óscar;
Vázquez Moliní, Daniel y
Bernabeu Martínez, Eusebio

⑦ Agente: **Arias Sanz, Juan**

⑤ Título: **Sistema de captación y concentración de luz.**

⑤ Resumen:

Sistema de captación y concentración de luz.

Un sistema de captación y concentración de luz consta de un concentrador primario de luz, una estructura de transmisión de luz y una estructura fotodirectora asociada ópticamente con el concentrador primario de luz. El sistema puede constar de un concentrador secundario de luz. Cada sistema-unidad consta de una serie de concentradores primarios de luz y una serie correspondiente de estructuras fotodirectoras, y una sólo una estructura simple de transmisión. Una célula fotovoltaica (PV) puede asociarse de modo ventajoso con cada sistema-unidad. Los concentradores primarios enfocan la radiación solar en las correspondientes estructuras fotodirectoras incorporadas en una estructura de transmisión de luz en forma de guía de onda de tipo laminar de baja relación de aspecto. Cada estructura fotodirectora intercepta la luz enfocada y la desvía transversalmente para que circule a lo largo de una estructura de transmisión por medio de reflexión interna total (TIR) hacia un extremo de salida de la estructura de transmisión de luz, por el que puede ingresar en una célula PV. El concentrador secundario opcional de luz puede concentrar más la luz que sale por la salida de la estructura de transmisión acoplada a la célula PV.

ES 2 364 665 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de captación y concentración de luz.

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

Las realizaciones de la invención se relacionan generalmente con un sistema de captación y concentración de luz. Más concretamente, estas realizaciones están directamente relacionadas con un sistema de captación y concentración de radiación solar y los componentes de tal sistema; con métodos de captación, transporte y concentración de luz y las realizaciones del tal sistema y de sus componentes; y más concretamente con un sistema fotovoltaico de concentración de energía solar (*concentrated photo-voltaic*, CPV).

15 Descripción del estado de la técnica

Desde el siglo XX hasta la fecha se han propuesto y creado numerosos sistemas de energía solar y componentes para materializar estos sistemas. Pese a ese esfuerzo del pasado y a los ingentes recursos dedicados a ello, los sistemas de energía solar existentes hoy en día no pueden competir en coste y rendimiento con las formas alternativas de generación de energía para uso comercial y residencial.

La figura 1 es una vista transversal que ilustra de modo esquemático un sistema fotovoltaico solar convencional genérico. La radiación solar 1 incide en un captador de luz 2, por ejemplo, una lente. La lente concentra (enfoca) la luz captada hacia un componente activo secundario 31 que puede transmitir la energía captada a una célula fotovoltaica (*photovoltaic*, PV) 8. Tal como muestra la figura 1, el sistema consta de una red lineal de tres unidades, cada una con una lente, un componente secundario y una célula PV.

Un objetivo muy conocido con respecto al diseño de los sistemas de captación solar es el de reducir las dimensiones de la unidad y aumentar su rendimiento. Es decir, los sistemas de energía solar podrían disfrutar de ventajas comerciales si fuesen relativamente delgados, compactos, de fácil instalación y acceso para su mantenimiento, y económicos.

Como se ve en la figura 1, hay una correspondencia biunívoca entre cada lente captadora y célula PV.

La figura 2 ilustra de modo análogo a la figura 1 un diseño más compacto del sistema. Se ha sustituido cada lente captadora 2 de la figura 1 por dos lentes captadoras de menor diámetro 2_1 y 2_2 , que captan en conjunto el mismo flujo luminoso que la única lente mayor 2 de la figura 1. Aunque el sistema desplegado en la figura 2 es más delgado que el sistema de la figura 1, la reducción de tamaño se logra a costa del doble de componentes activos 31_1 , 31_2 y células PV 8_1 , 8_2 . Análogamente, si el componente de la lente 2 se dividiese en cuatro lentes más pequeñas, la cantidad de componentes activos y células PV se cuadruplicaría y así sucesivamente. El aumento resultante en la cantidad de componentes incrementa tanto el coste del sistema como su posible tasa de fallos.

A la vista de estos y otros retos conocidos que presenta la tecnología de la energía solar, los inventores han reconocido las ventajas y beneficios que ofrecen los sistemas de energía solar y componentes que son más delgados, compactos, eficaces, fiables, económicos y, en general, mejores con respecto a los modelos actuales.

Resumen de la invención

Una realización de la invención se destina a crear un sistema de captación y concentración de luz. El sistema consta de un concentrador de luz primario, una estructura simple de transmisión de luz y otra estructura fotodirectora. El sistema podría beneficiarse de incorporar un concentrador secundario de luz. El sistema podría además incluir una célula PV asociada a cada sistema-unidad que conste de una serie de concentradores primarios de luz y su correspondiente serie de estructuras fotodirectoras, una estructura simple de transmisión de luz y, opcionalmente, un concentrador secundario de luz.

Ilustrativamente, la radiación solar se enfoca, con una incidencia normal, sobre la superficie amplia de una estructura de transmisión en forma de guía de onda de tipo laminar delgada. Una estructura fotodirectora intercepta la luz enfocada en la estructura de transmisión y la desvía transversalmente para que recorra la superficie plana de la estructura de transmisión. Puede colocarse un concentrador secundario de luz para centrar la luz en la guía de onda y aprovechar la salida de la luz del extremo de salida de la guía de onda conectándola a una célula PV.

En función de realizaciones alternativas y no limitantes, el concentrador primario de luz puede ser de una variedad de componentes conocidos que pueden captar la radiación solar incidente y concentrarla en una superficie más pequeña. Los componentes refractivos (p. ej., lentes), los componentes reflectantes (p. ej., espejos) y los componentes difractores (p. ej., hologramas) son ejemplos no limitativos de concentradores primarios de luz que se pueden usar. De acuerdo con varios aspectos no limitantes, un concentrador de luz primario simple puede adoptar la forma de una

lente convencional de enfoque, una lente de Fresnel, una lente cilíndrica plana, una lente cilíndrica curva (p. ej., una anular o un segmento de arco de esta), un espejo parabólico (o segmento del mismo) y otras formas conocidas en el ámbito. Los sistemas-unidad pueden estar formados, entre otros elementos, por concentradores primarios de luz en forma de lentes espaciadas no solapadas (p. ej., cuadradas, hexagonales, triangulares y con otras disposiciones), una lámina concentradora de tipo lenticular, cilíndrica y recta, y una lámina concentradora de tipo lenticular, cilíndrica y anular (o segmento de arco de esta).

La estructura simple de transmisión de luz asociada al sistema-unidad tiene la forma de una guía de onda laminar delgada; es decir, con un espesor, T , mucho menor que la longitud general, L , de la estructura, con lo que tiene una baja relación de aspecto definida por el cociente T/L . La estructura estará limitada por las superficies superior (arriba) e inferior (abajo), que definen el límite entre un índice de refracción más alto dentro de la estructura y un índice de refracción más bajo fuera de la estructura, con el objeto de facilitar la propagación de la luz a lo largo del interior de la estructura *por medio de* reflexión interna total (*total internal reflection*, TIR) según el estado actual de la cuestión. La estructura tendrá un extremo (en lo sucesivo, “extremo de salida”) desde donde se propaga la luz fuera de la estructura de transmisión. De acuerdo con varios aspectos no limitantes, el interior de la estructura puede constar de materiales gaseosos, sólidos o líquidos adecuados para propagar la luz por medio de TIR, con o sin reflexión difusa o especular.

La estructura fotodirectora antes citada proporciona un medio por el cual la luz acumulada desde el concentrador primario de luz entra y/o se dirige en un determinado sentido de propagación por la estructura de transmisión de luz hacia el extremo de salida de la estructura de transmisión. De este modo, la estructura fotodirectora puede capturar adecuadamente el punto focal, por ejemplo, desde el concentrador primario de luz que en su mayoría incide normalmente en la superficie superior o inferior de la estructura de transmisión y la redirige, ilustrativamente, a 90 grados, para que se propague a lo largo de la estructura de transmisión hacia el extremo de salida. En un aspecto no limitante, la estructura directora de luz puede ser una superficie fotorreflektora cortada lateralmente en la superficie superior o inferior de la estructura de transmisión que refleja la luz de entrada *por medio de* TIR, reflexión especular, reflexión difusa, difracción, interferencia de haz múltiple y otros fenómenos ópticos conocidos para cambiar el sentido de un haz de luz en propagación. En cada estructura de transmisión simple, se asociarán múltiples estructuras fotodirectoras respectivamente con diversos concentradores primarios de luz de un sistema-unidad. Así, cada estructura fotodirectora puede ser una estructura finita o continua, dependiendo de la configuración y geometría de cada uno de los concentradores primarios de luz correspondientes. Según aspectos no limitantes, las superficies superior e inferior de la estructura de transmisión que contiene la estructura fotodirectora como partes integrales de su superficie podría tener una superficie superior o inferior plana, en forma de escalera o escalonada que puede ser plana o curva. Según realizaciones alternativas, las estructuras fotodirectoras pueden disponerse en el interior de la estructura de transmisión en forma de prismas, rejillas, puntos cuánticos, cristales fotónicos y otras estructuras que podrían cumplir la función de las estructuras fotodirectoras, con o sin componentes de enfoque primarios.

El concentrador secundario de luz opcional sirve para captar la luz que se propaga en la estructura de transmisión de baja relación de aspecto y concentrarla más para aprovechar la salida del extremo de salida de la estructura de transmisión conectándola a una célula PV dispuesta para recibir directamente la luz. Según un aspecto no limitante, un componente óptico concentrador de luz (p. ej., moldeado, cementado, alineado con espacio libre, etc.) puede acoplarse funcionalmente al extremo de salida de la estructura de transmisión para concentrar la luz de modo secundario y acoplar la salida de la luz a una célula PV. El componente óptico puede estar hecho del mismo material que la estructura de transmisión adecuada para realizar la función especificada, o puede estar hecho de otro material. Alternativamente, puede darse forma al extremo de salida de la estructura de transmisión (p. ej., de forma parabólica, recta, trapezoidal; o cualquier otra forma adecuada) para conformar integralmente el concentrador secundario en el extremo de salida de la estructura de transmisión. Dichas formas pueden soportar la TIR y/o la reflexión especular y/o difusa de la luz que se propaga en la estructura de transmisión.

En la descripción detallada que se presenta a continuación, que incluye las reivindicaciones y las figuras anexas, se explicarán las características y ventajas adicionales de la invención, que en parte serán evidentes para aquellos expertos en la materia o podrán reconocerse poniendo en práctica la invención como se describe en el presente documento.

Se sobreentiende que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada que sigue son meros ejemplos de la invención y tienen la intención de proporcionar una visión general o un marco para entender la naturaleza y carácter de la invención que se reivindica. Los planos anexos se incluyen para ofrecer más información sobre la invención y se incorporan y forman parte de esta especificación. Las figuras ilustran varias realizaciones de la invención y sirven, junto con la descripción, para explicar sus principios y su funcionamiento.

60 Breve descripción de las figuras

La figura 1 es una vista esquemática trasversal de un sistema de energía solar genérico del estado de la técnica;

La figura 2 es una vista esquemática trasversal de un sistema de energía solar genérico anterior más compacto similar al ilustrado en la figura 1;

La figura 3 es una vista esquemática trasversal de un sistema de captación y concentración de luz conforme a un ejemplo de realización de la invención;

ES 2 364 665 A1

La figura 4 es una vista esquemática trasversal de un sistema de captación y concentración de luz más compacto, similar al ilustrado en la figura 3 conforme a un ejemplo de realización de la invención;

5 Las figuras 5A-5E muestran varios aspectos ilustrativos de las configuraciones del concentrador primario de luz conforme a ejemplos de variantes de realización de la invención;

Las figuras 6A, 6B muestran diferentes vistas de un componente concentrador primario de luz anular-circular del sistema conforme a un ejemplo de realización de la invención;

10 La figura 7 muestra una vista esquemática trasversal de un concentrador primario de luz conforme a un ejemplo de realización de la invención;

15 La figura 8 muestra una vista esquemática trasversal de un sistema de tipo reflectante conforme a un ejemplo de realización de la invención;

Las figuras 9A, 9B muestran una vista esquemática trasversal de un concentrador primario de luz en forma de sistema catadióptrico conforme a un ejemplo de realización de la invención;

20 La figura 10 muestra una vista esquemática en perspectiva de una estructura genérica de transmisión de luz a efectos de ilustración;

La figura 11 muestra de modo esquemático un corte trasversal de una estructura de transmisión de luz que consta de dos estructuras fotodirectoras conforme a un ejemplo de realización de la invención;

25 La figura 12 muestra de modo esquemático un corte trasversal de una estructura de transmisión de luz alternativa y de estructuras fotodirectoras integradas conforme a un ejemplo de realización de la invención;

30 La figura 13 muestra de modo esquemático un corte trasversal de una estructura de transmisión de luz alternativa y de estructuras fotodirectoras integradas conforme a un ejemplo de realización de la invención;

La figura 14 muestra de modo esquemático un corte trasversal de una estructura de transmisión de luz alternativa y de estructuras fotodirectoras integradas de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención;

35 La figura 15 es una vista esquemática superior de una estructura de transmisión de luz con estructuras fotodirectoras discretas conforme a un ejemplo de realización de la invención;

La figura 16 es una vista esquemática superior de una estructura de transmisión de luz con estructuras fotodirectoras continuas conforme a un ejemplo de realización de la invención;

40 La figura 17 es una vista esquemática superior de una estructura de transmisión de luz con estructuras fotodirectoras continuas conforme a un ejemplo de realización de la invención; y

45 Las figuras 18A, 18B muestran vistas en perspectiva de concentradores secundarios de luz alternativos con distintas formas: un concentrador parabólico y un concentrador trapezoidal recto, respectivamente, conforme a ejemplos de realizaciones, no limitativas, de la invención.

Descripción detallada de la invención

50 La figura 3 muestra de modo esquemático un corte trasversal esquemático de un sistema-unidad de captación y concentración de luz 100-1 de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención que proporciona una visión general de los componentes, la configuración y el funcionamiento del sistema. Como se ilustra, la radiación solar (luz) 301 incide en el concentrador primario de luz 302_n. Mediante la refracción, reflexión o difracción, en función de la naturaleza de los concentradores primarios de luz, la luz 301 se concentra en las regiones respectivas 305_n,
55 mostradas como puntos focales en un plano focal. Las correspondientes estructuras fotodirectoras 306_n interceptan los puntos focales de luz y proporcionan medios para inyectar la luz en una estructura de transmisión simple del sistema-unidad 350 y para dirigirla de modo que se propague dentro de la estructura de transmisión en el sentido de las flechas 313. Según se observa por la intensificación de las flechas 313 en el sentido de propagación, la intensidad de la luz que se propaga hacia la derecha en la figura 3 aumenta acumulativamente debido a la luz inyectada desde
60 de la serie de concentradores primarios de luz y desde las correspondientes estructuras fotodirectoras. La estructura de transmisión 350 dispone de un extremo de salida designado en 309 donde la luz que se propaga sale de la estructura de transmisión. Se muestra un concentrador secundario de luz 310 directamente acoplado al extremo de salida de la estructura de transmisión. Esto sirve para concentrar más la luz que sale desde la estructura de transmisión a través de un extremo de salida del concentrador secundario, que tiene una superficie reducida, ventajosamente dimensionada
65 para coincidir con la abertura de entrada de una célula fotovoltaica (PV). Se muestra una célula PV 380 dispuesta en el extremo de salida del concentrador secundario que recibe directamente la luz, más concentrada proveniente de la salida acoplada.

ES 2 364 665 A1

La figura 4 muestra de modo esquemático un corte trasversal de un sistema-unidad de captación y concentración de luz 100-2 conforme a un ejemplo de realización de la invención, que es similar al 100-1 de la figura 1, salvo que la cantidad y el tamaño de los concentradores primarios de luz 402_n han aumentado o disminuido, respectivamente, y la cantidad de estructuras fotodirectoras 406_n ha aumentado para casar con su correspondiente concentrador primario, lo que da un sistema más compacto (más delgado al menos) que el que muestra la figura 3. Conviene tener en cuenta, de nuevo, que cada sistema-unidad tiene sólo una estructura simple de transmisión de luz y una única célula P V.

Lo que sigue es una descripción de los diversos componentes y sistemas adecuados para uso en realizaciones de la invención conforme a aspectos no limitantes de la invención.

Concentrador primario de luz

El concentrador primario de luz desempeña dos funciones principales: captar la radiación solar incidente y concentrar esa radiación incidente en el tamaño de punto adecuado en un lugar de concentración coincidente con la respectiva estructura fotodirectora. De este modo, el concentrador primario de luz se caracterizará, entre otras cosas, por un parámetro de enfoque de energía. De aquí en adelante, para cada concentrador primario de luz, nos referiremos al punto de luz concentrada como “foco” y al lugar de concentración como “plano focal”, aunque no se pretende que esta terminología limite la concentración de luz al foco óptico *per se* de un concentrador primario de luz.

De acuerdo con una realización, el concentrador primario de luz es un componente refractario (p. ej., una lente de diversos tipos conocidos en la disciplina). Basándose en los parámetros de diseño del sistema, el componente refractario puede ser de un material que tenga las características físicas y ópticas deseadas, como índice de refracción, tamaño, forma, curvatura, constante cónica, orientación, geometría, etc.

Se valorará que un sistema-unidad de captación y concentración de luz conforme a varios aspectos no limitantes de la invención consten de una serie de concentradores primarios de luz dispuestos de modo discreto, es decir, en configuración no solapada, en forma de grupo de lentes individuales interconectadas, p. ej., en un complejo no solapado de grupos, como una interconexión de lentes anular o secuencial de cualquier tipo, y otras configuraciones.

Según un ejemplo de realización, el concentrador primario de luz 502 es una lente cilíndrica de forma rectangular, tal como se muestra en la ilustración con dos lentes conectadas de lado a lado y de extremo a extremo, respectivamente, en las figuras 5A, 5B. Cada lente puede, por ejemplo, tener una apertura de 1 mm x 3 mm y un contorno de superficie esférico. Un concentrador primario de luz conforme a este ejemplo de realización tendría focos alineados en línea recta, en oposición, por ejemplo, a un punto focal circular o con forma de arco. Las figuras 5C, 5D y 5E ilustran formas alternas de lentes del concentrador primario de luz y la combinación de formas mediante lentes cuadradas, triangulares y hexagonales respectivamente. Se observará que un concentrador primario de luz no tiene por qué limitarse a estas lentes o combinaciones de formas tal como se analiza posteriormente.

En otro ejemplo de realización, cada concentrador primario de luz 602_n es una lente cilíndrica circular o en arco, tal como ilustran las figuras 6A y 6B. Tal como se muestra, una serie de lentes 602_n están interconectadas de modo anular (radial).

Cada lente 602 tiene un diámetro, d , que puede o no ser constante. Como se ilustra mejor en la figura 6A, cada lente 602 tiene un perfil transversal que se extiende en un arco de 180 grados. Asimismo, tal como se indica, todas las lentes 602_n tienen el mismo $f/\#$. No obstante, el perfil y/o $f/\#$ pueden variar entre las lentes, tal como se describe a continuación junto con la figura 7. Según la realización del sistema ilustrativo de la figura 6, la luz de entrada captada se propagará en sentido radial hacia el interior (flecha en negrilla L) hacia una célula PV 680 situada en el origen radial de cada sistema unitario. De este modo, la forma de la unidad puede ser un arco geométrico que va desde unos pocos grados, mostrado en forma de sector circular en la figura 6B, hasta los 360 grados en función de la apertura de entrada de la célula PV asociada con cada sistema unitario.

La figura 7 muestra en un perfil transversal un ejemplo de realización no limitativo del sistema de captación y concentración de luz con una serie de colectores primarios 702_n y una estructura de transmisión de luz 720 de índice n_2 con estructuras fotodirectoras incorporadas integralmente 710. Cada lente 702_n tiene un perfil transversal en diente de sierra curvado con un radio variable R desde cero grados (p. ej., R horizontal) hasta 90 grados (R vertical) o menos. Aunque $f/\#$ tiene el mismo valor en este ejemplo, las aperturas, D , de las lentes aumentan monótonamente desde el anillo más ancho (extremo derecho del diagrama) hasta el anillo más pequeño (extremo izquierdo del diagrama). Las estructuras fotodirectoras 710 se forman en la superficie inferior 715 de la estructura de transmisión de luz 720, y conforman una superficie escalonada tal como se muestra. La superficie superior 716 de la estructura de transmisión de luz es plana y representa el límite del índice alto/bajo ($n_1 \leq n_2$) que permite la TIR dentro de la estructura de transmisión. En un diseño de prototipo, las aperturas de la lente estuvieron comprendidas aproximadamente entre 0,5 mm y 7 mm. El tamaño de las estructuras fotodirectoras se optimizó para que fueran de entre 0,05 mm x 0,05 mm y 1 mm x 1 mm. El ángulo de las estructuras fotodirectoras se optimizó para que tengan entre 41° y 45°. El ángulo del cono de la luz que incide desde los concentradores primarios en las estructuras fotodirectoras se optimizó para que sea de entre 20° y 23°. La luz se propaga dentro de la estructura de transmisión de luz en el sentido L.

ES 2 364 665 A1

De acuerdo con otra realización, el concentrador primario de luz es un componente reflectante (p. ej., un espejo de diversos tipos conocidos en la disciplina). La figura 8 muestra una vista trasversal de un sistema de tipo reflectante ilustrativo en la que el número de referencia 802 representa un concentrador primario reflectante de luz. La luz solar incidente 1 se recoge en el concentrador primario y se enfoca hacia una estructura fotodirectora 810 en una estructura de transmisión 820. La luz concentrada se refleja por completo internamente, o bien se refleja en el sentido de las flechas L hacia el centro de la unidad donde se sitúa una célula PV. Los expertos en la materia apreciarán que las geometrías de los concentradores primarios reflectantes de luz pueden ser similares a las del tipo refractario descrito antes, conforme a las funciones que se pretende que desarrollen los concentradores primarios de luz.

Según un ejemplo de realización alternativo, la unidad del concentrador primario de luz puede constar de un sistema catadióptrico tal como se esquematiza a grandes rasgos en las figuras 9A y 9B. La radiación solar 1 incide en un componente refractario 932 y luego se propaga en estado semiconcentrado a un componente reflectante 934 antes de ser enfocada hacia una estructura fotodirectora en una estructura de transmisión 920.

Estructura fotodirectora y estructura de transmisión de luz

Conforme a una realización de la invención, la estructura fotodirectora y la estructura de transmisión de luz conforman un componente integrado. Tal como se indicó anteriormente, la función de la estructura fotodirectora es recibir el punto focal (que se propaga en un sentido) desde el concentrador primario de luz y dirigir esa luz hacia la estructura de transmisión de modo que se pueda propagar dentro de la estructura de transmisión en una dirección generalmente transversal a la de la luz incidente.

La figura 10 muestra una vista esquemática en perspectiva de una estructura de transmisión de luz 1050 genérica y de tipo laminar, según las realizaciones de la invención. La estructura tiene dimensiones generales de ancho (W), largo (L) y espesor (T) según las leyendas del sistema de coordenadas x-y-z correspondiente. La estructura de transmisión de luz tiene una baja relación de aspecto definida por el cociente T/L. En un diseño típico, T es del orden de 3 a 5 mm y L está entre los 300 mm y los 500 mm. El ancho (W) puede variar en función de la geometría del sistema global (p. ej., rectangular, circular, sector circular, etc.). La estructura de transmisión de luz tiene una superficie superior 1021 y una inferior 1022 separadas por el espesor (T), y tiene un extremo de salida 1024 por el que sale la luz de la estructura de transmisión de luz según muestran las flechas negras. La estructura de transmisión de luz, esencialmente una guía de onda óptica, se beneficia de tener un índice de refracción más alto n_1 dentro de la estructura y un índice de refracción más bajo o igual a n_2 en las partes de las superficies superior e inferior, o inmediatamente adyacentes, de modo que la luz se propaga principalmente dentro de la estructura *por medio de* reflexión interna total (TIR) tal como representan las flechas de puntos. Partes de las superficies superior e inferior apropiadas pueden tener también un recubrimiento reflectante para ayudar en la propagación de la luz residual que no se refleja por completo internamente.

La figura 11 muestra de modo esquemático un corte transversal de una estructura de transmisión de luz 1150 que dispone de dos estructuras fotodirectoras ilustrativas 1102 y 1104. La estructura fotodirectora 1104 es una superficie de la estructura de transmisión de luz realizada mediante un corte lateral transversal parcial que se extiende desde una región de la superficie inferior 1022. Para una estructura fotodirectora 1104, la radiación enfocada 1130 desde un concentrador primario (no ilustrado) asociado con la estructura fotodirectora 1104 se intercepta en su punto focal mediante la estructura fotodirectora 1104. Dependiendo de la orientación del ángulo de la estructura fotodirectora 1104, la radiación enfocada se refleja casi por completo internamente desde la superficie 1104 ya que la zona estriada situada debajo de la superficie tiene un índice n_2 (p. ej., aire) menor o igual que el índice n_1 de la estructura de transmisión de luz (p. ej., PMMA). Alternativamente o en combinación, la estructura fotodirectora similar 1102 es una superficie de la estructura de transmisión de luz realizada mediante un corte lateral transversal parcial que se extiende desde una región de la superficie superior 1021. Para una estructura fotodirectora 1102, la radiación enfocada 1132 desde un concentrador primario (no ilustrado) asociado con la estructura fotodirectora 1102 se intercepta en su punto focal mediante la estructura fotodirectora 1102. La zona sombreada 1103 representa un recubrimiento reflectante de la superficie 1102 que refleja la luz enfocada incidente 1132 en la estructura para ser luego propagada por medio de TIR hacia el extremo de salida de la estructura. La orientación angular exacta de las estructuras fotodirectoras dependerá de la naturaleza del fenómeno de reflexión, el f/# de la lente y el índice de refracción n_2 de la estructura de transmisión. La región estriada situada detrás de la estructura fotodirectora 1104 puede llenarse, por ejemplo, con un material dieléctrico de índice más bajo para facilitar la TIR en la estructura de transmisión de luz.

Las figuras 12-14 ilustran aspectos alternativos de la estructura de transmisión de luz y de las estructuras fotodirectoras integradas. En cada caso, la estructura de transmisión de luz tiene un índice de refracción $n_2 > 1$ y está rodeada por aire de índice $n_1 = 1$.

En la figura 12, se muestra la estructura de transmisión de luz 1250 con una superficie superior plana 1201 y una superficie inferior en forma de escalera 1202; es decir, la superficie inferior consta de una serie de estructuras fotodirectoras 1210_n similares a las descritas y rotuladas 1104 en la figura 11. Las partes de la superficie inferior 1209_n que conducen a cada estructura fotodirectora son rampas rectas. La luz enfocada 1230_1 que procede del concentrador primario de luz respectivo (no ilustrado) asociado con la estructura fotodirectora 1210_1 se refleja casi por completo internamente desde la superficie 1210_1 a la rampa 1209_2 . Desde allí, la luz se sigue reflejando casi por completo internamente a medida que se propaga en el sentido L hacia el extremo de salida 1224 por el que sale.

ES 2 364 665 A1

La figura 13 muestra de modo esquemático un corte de una estructura escalonada de transmisión de luz 1350 similar a la estructura de transmisión de luz 1250, salvo que las partes de la superficie inferior 1309_n que preceden a cada estructura fotodirectora respectiva 1310_n son paralelas a la parte de la superficie superior 1301 y, que el ancho de la estructura de transmisión de luz aumenta en cada escalón por la altura de cada estructura fotodirectora, tal como se muestra.

La figura 14 muestra otro diseño alternativo de la estructura de transmisión de luz y de las estructuras fotodirectoras. En este caso, la parte de la superficie superior 1401 es escalonada y paralela a la parte de la superficie inferior continuamente plana 1402. Se observará que las estructuras de transmisión ilustradas en corte transversal en las figuras 11-14 pueden, por ejemplo, extruirse y con ello tener una dimensión ancha recta o curva, por ejemplo, para seguir la forma de los concentradores primarios de luz (p. ej., anular/cilíndrico).

La figura 15 es una vista esquemática superior de una estructura de transmisión de luz 1550 con estructuras fotodirectoras discretas 1510_{TOP} que se extienden desde la parte de la superficie superior 1501 y de las estructuras fotodirectoras 1510_{BOT} que se extienden desde la parte de la superficie inferior 1502.

Las figuras 16 y 17, respectivamente, ilustran estructuras de transmisión de luz alternativas 1650 y 1750 que tienen estructuras fotodirectoras individuales superior e inferior continuas 1610_{TOP}, 1610_{BOT} y 1710_{TOP}, 1710_{BOT}, que dependen de la geometría de cada uno de los concentradores primarios de luz respectivos (no ilustrados).

El ancho de los puntos de luz enfocada en sus respectivas estructuras fotodirectoras dependerá, en parte, del espesor del sistema. El espesor puede influir en las dimensiones de las estructuras fotodirectoras. Así, por ejemplo, si la superficie reflectora inclinada de una estructura fotodirectora está comprendida entre 130 μm y 140 μm , con una base de unos 130 μm y una altura aproximada de 140 μm , entonces el ancho de la luz enfocada puede ser, de modo ventajoso, de unos 100 μm (es decir, 100 μm de diámetro; 100 μm x longitud del concentrador primario cilíndrico, etc.). Estas dimensiones dejan cierto margen para el error de alineación entre la dirección de foco del concentrador primario y la situación de cada estructura fotodirectora correspondiente. Más abajo se describirá un ejemplo numérico de forma más detallada.

Debido a los estrictos y rigurosos requisitos de alineación, las superficies del concentrador primario y las estructuras fotodirectoras pueden fabricarse ventajosamente como una unidad integrada para aliviar o minimizar la desalineación entre ellas.

Las realizaciones alternativas contempladas para la estructura de transmisión de luz pueden constar de estructuras fotodirectoras que estén totalmente integradas en la estructura de transmisión de luz. Entre los ejemplos de tal estructura de transmisión de luz cabe citar los prismas, las rejillas, los puntos cuánticos, los cristales fotónicos y otras estructuras que podrían brindar la función necesaria de las estructuras fotodirectoras, con o sin componentes de enfoque primarios.

Concentrador secundario de luz

Tal como se ha descrito anteriormente, la luz que se propaga en la estructura de transmisión de luz sale por el extremo de salida acoplado de la estructura de transmisión de luz, p. ej., en 1024 en la figura 10. Mientras el espesor, T, de la estructura de transmisión de luz puede ser del orden de entre 3 mm y 5 mm en un aspecto típico, no hace falta limitar el ancho, W, de la estructura de transmisión de luz (ver la figura 10), salvo que se pretenda que la estructura concentre acumulativamente toda la entrada de luz en el extremo de salida de la estructura de transmisión de luz para que finalmente ingrese en una célula PV, tal como se ilustra en el esquema de las figuras 3 y 4. La apertura de entrada limitada de una célula PV situada junto al extremo de salida de la estructura de transmisión (inmediatamente adyacente es aún mejor) puede beneficiarse de una mayor concentración de la luz que se propaga, en cuyo caso será ventajoso un concentrador secundario entre el extremo de salida de la estructura de transmisión y la célula PV.

Las figuras 18A y 18B esquematizan de modo esquemático dos concentradores de formas diferentes 1800-1 y 1800-2 en forma de concentrador parabólico y de concentrador trapezoidal recto, respectivamente. Como muestra, por ejemplo, la figura 18A, un tramo del concentrador primario 1802 tiene una serie de concentradores primarios de luz, que enfocan la luz incidente 1 en una estructura simple de transmisión de luz 1804 que tiene una serie correspondiente de estructuras fotodirectoras (no ilustradas). La luz se propaga por la estructura de transmisión en el sentido L mediante TIR. Se muestra un concentrador secundario parabólico independiente 1800-1 directamente acoplado (p. ej., cementado) al extremo de salida de la estructura de transmisión, con lo cual la superficie 1801 del concentrador secundario es el extremo de salida final de la estructura de transmisión. Más que ser un componente independiente, el concentrador secundario 1800-1 (1800-2) puede ser, por ejemplo, un extremo integrado de una estructura de transmisión de luz extruida o colada en forma de parábola compuesta (1800-1) o trapezoide recto (1800-2) (no se excluyen otras formas apropiadas). En función del diseño del concentrador secundario de luz, la luz que se propaga puede seguir estando reflejada casi por completo internamente hasta el acoplamiento de salida, o puede reflejarse hasta que salga por la salida acoplada. Consecuentemente, el concentrador secundario puede ser del mismo material que la estructura de transmisión, o de otro material; puede ser macizo o hueco, estar relleno con gas, o estar hecho de cualquier otro modo apropiado a la función que va realizar.

ES 2 364 665 A1

Se han descrito hasta ahora distintas realizaciones de un sistema de captación y concentración de luz, y varias realizaciones y aspectos de los componentes que constituyen el sistema. Los entendidos en la materia apreciarán que basándose en la geometría del sistema y en otros parámetros de diseño, hará falta adaptar el diseño para optimizar algunos de los diversos parámetros de diseño, como por ejemplo, el rendimiento de captación, la relación de concentración, las dimensiones del sistema y de los componentes, las técnicas de dirección de la luz y otros aspectos.

Aunque en lo que antecede se han descrito realizaciones concretas de la presente invención, los expertos en la materia apreciarán que se pueden realizar muchas equivalencias, modificaciones, sustituciones y variaciones sin salirse de la idea y alcance de la invención tal y como se define en las siguientes reivindicaciones.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de captación y concentración de luz que comprende:

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

un concentrador primario de luz dotado de poder de enfoque, dispuesto para interceptar una entrada de luz solar y concentrar dicha entrada en un lugar de concentración de luz;

una estructura de transmisión de luz que tiene una parte de la superficie superior y una superficie inferior frente a ella separadas por una región interior, y un extremo de salida, **caracterizado** por una dimensión longitudinal en una dirección de propagación de luz determinada hacia el extremo de salida, en la que la citada región inferior tiene un índice de refracción mayor que el índice de refracción inmediatamente adyacente a las superficies superior e inferior; y

una estructura fotodirectora dispuesta integralmente dentro la estructura de transmisión de luz (o sobre ella) en un sitio que coincide con el lugar de concentración de luz, que está acoplado ópticamente al concentrador primario de luz, en el que la estructura fotodirectora puede dirigir una entrada de luz solar concentrada desde el concentrador primario a lo largo de la dirección de propagación de luz hacia el extremo de salida.

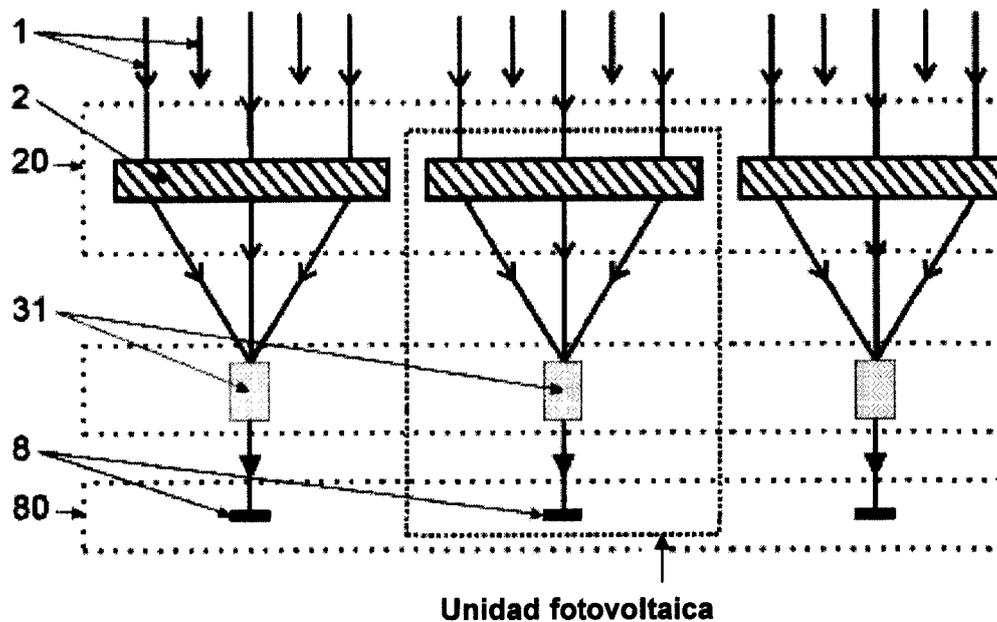


FIG. 1

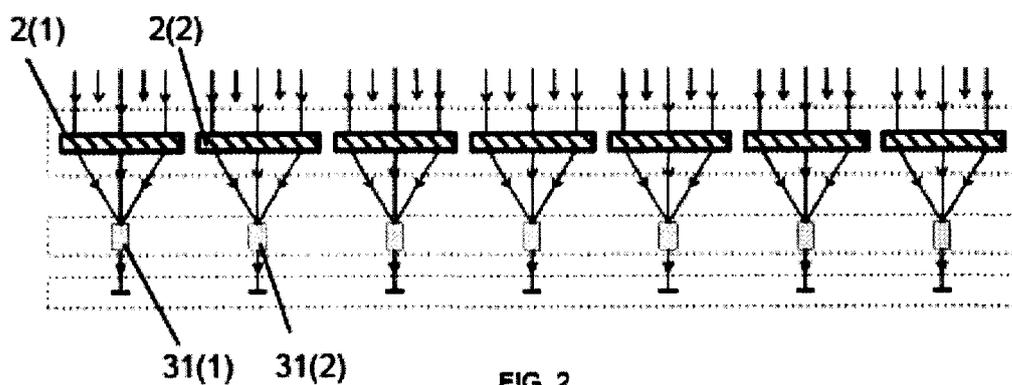


FIG. 2

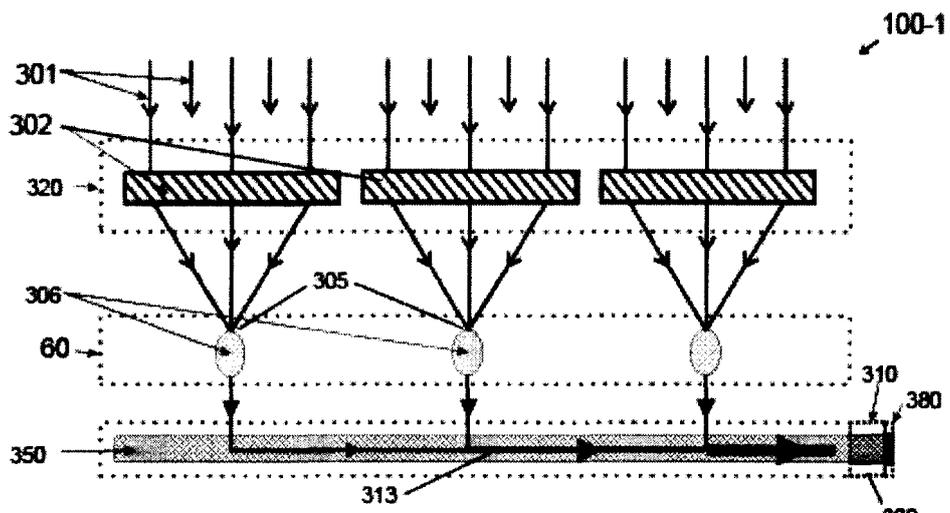


FIG. 3

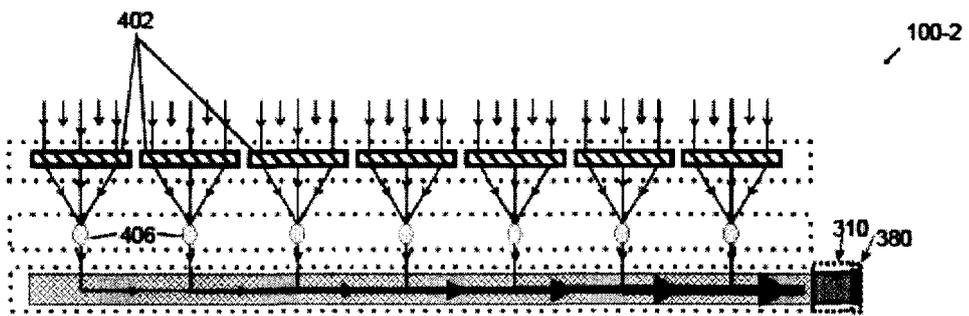
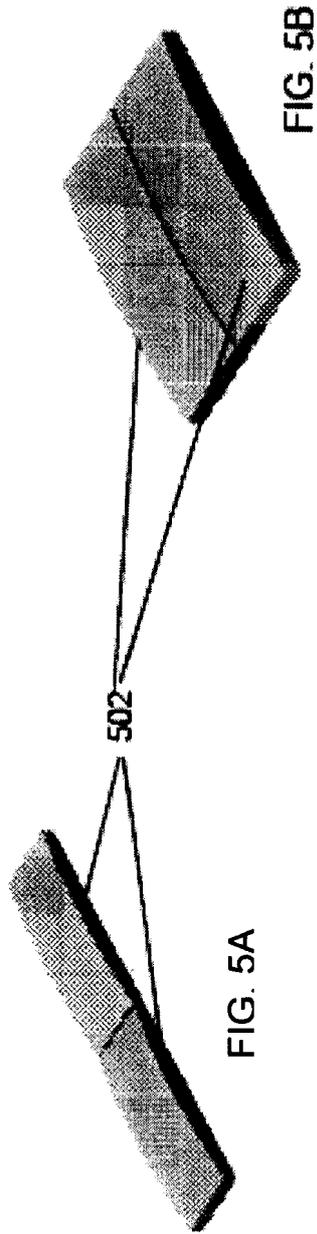


FIG. 4



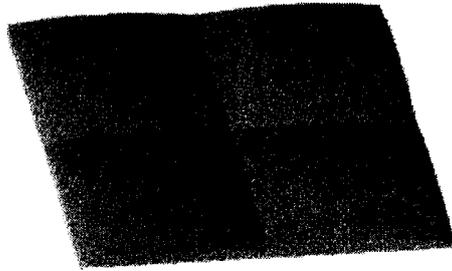


FIG. 5C

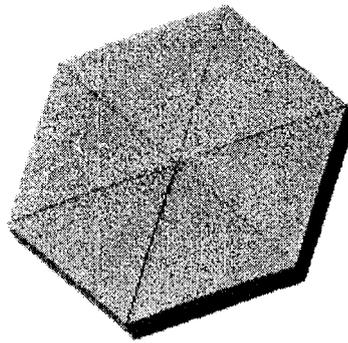


FIG. 5D

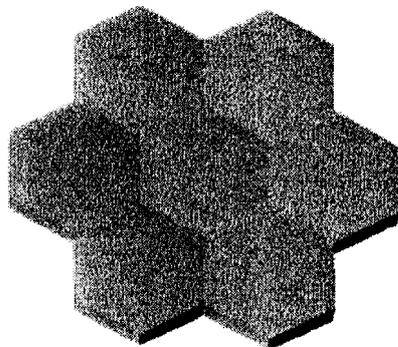


FIG. 5E

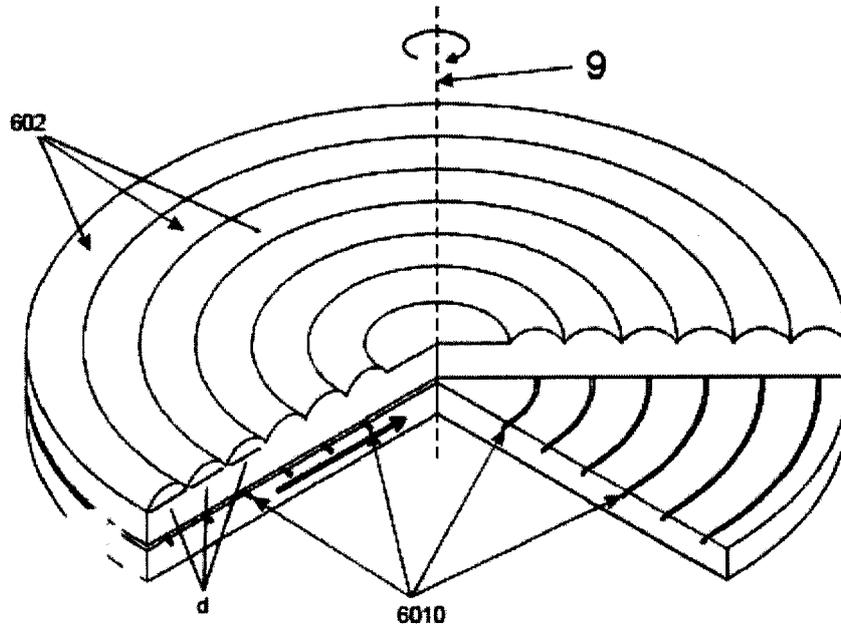


FIG. 6 A

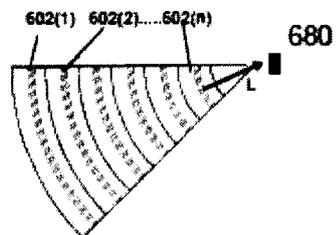


FIG. 6 B

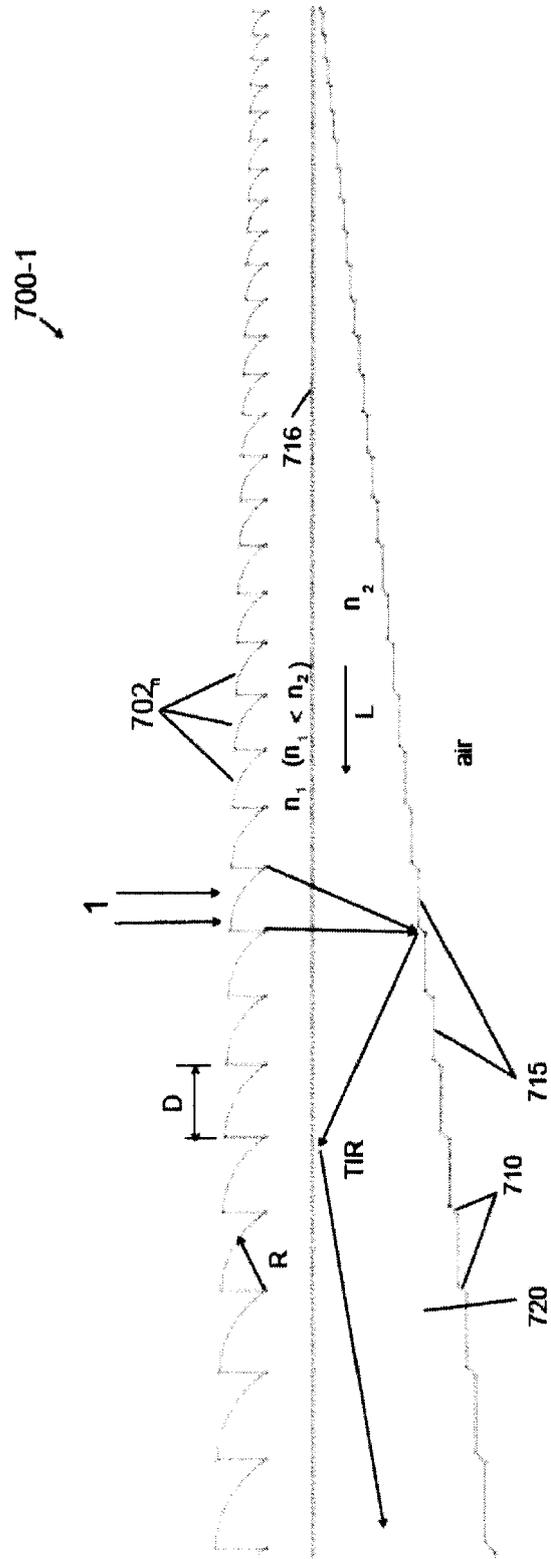


FIG. 7

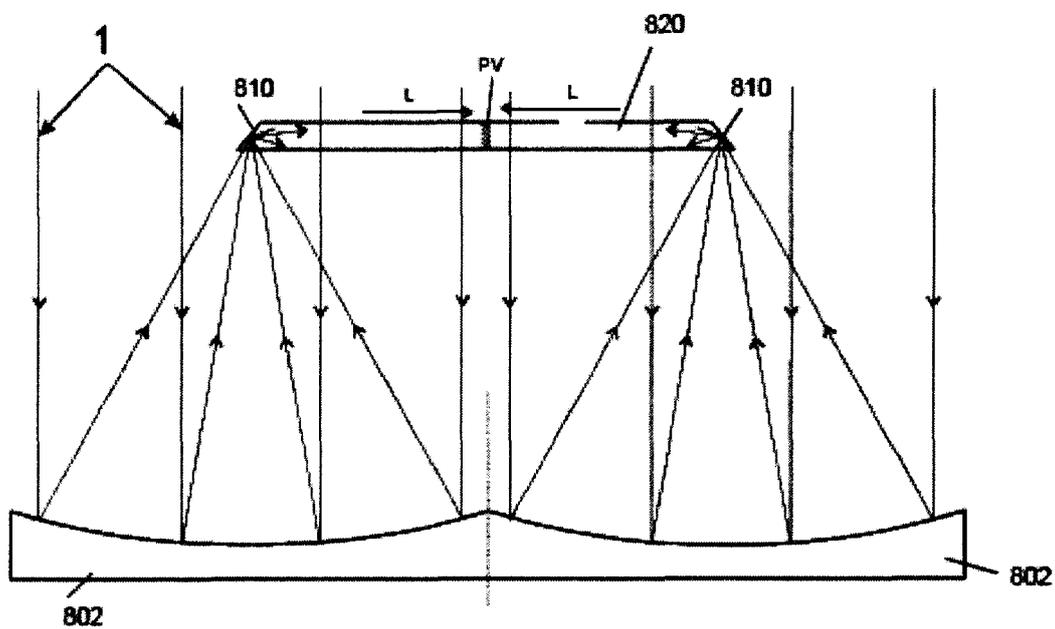


FIG. 8

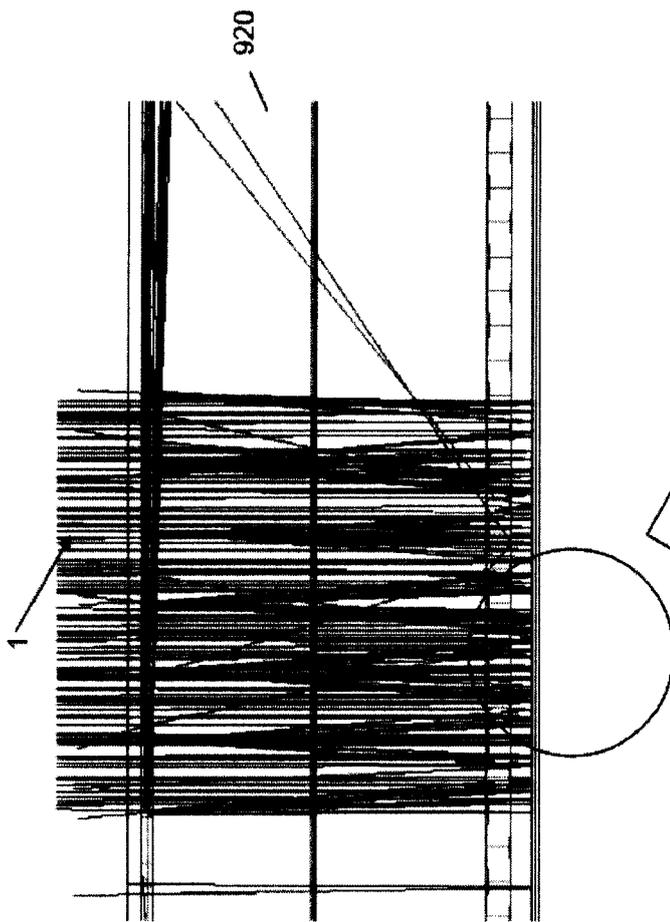


FIG. 9A

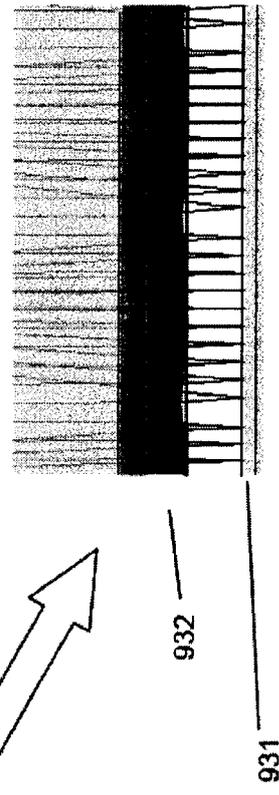
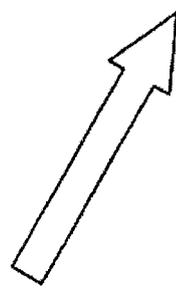


FIG. 9B

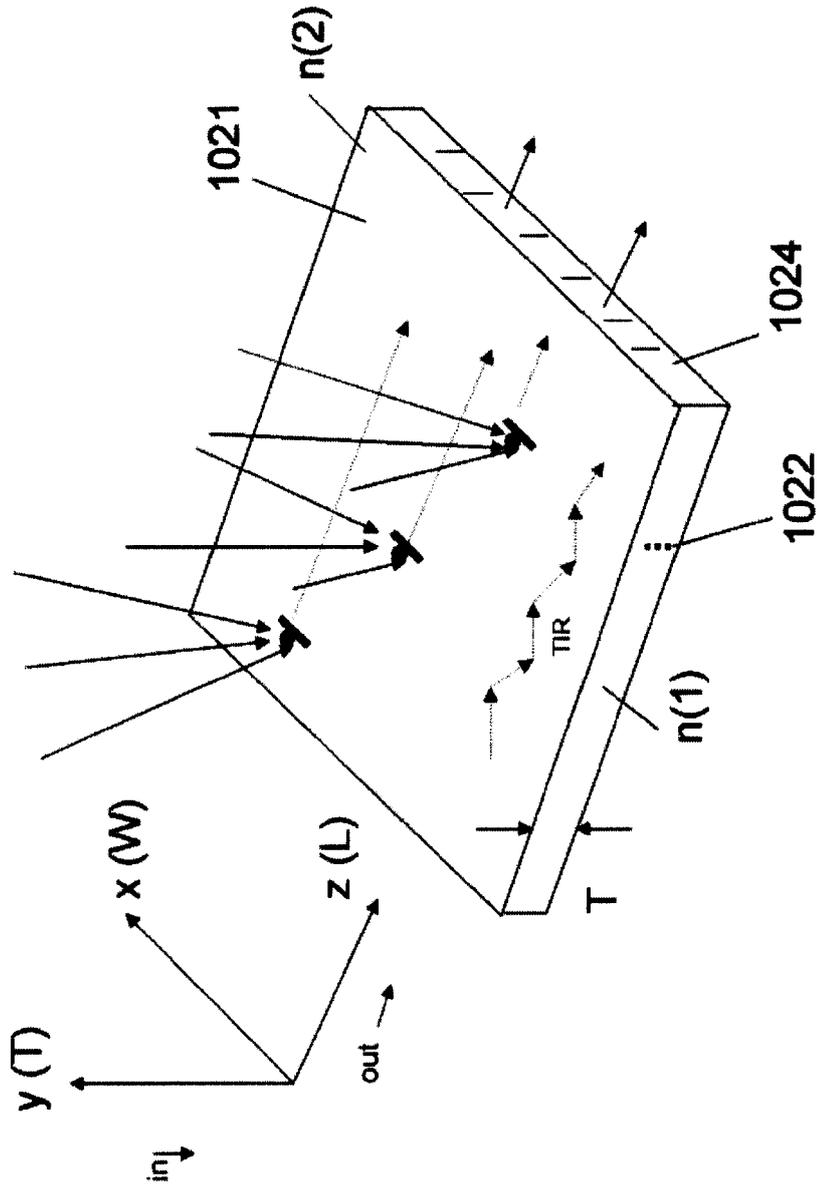


FIG. 10

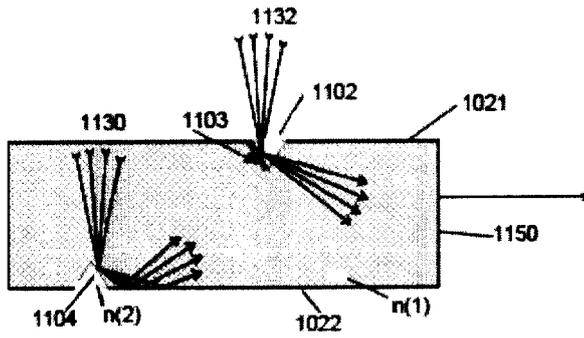


FIG. 11

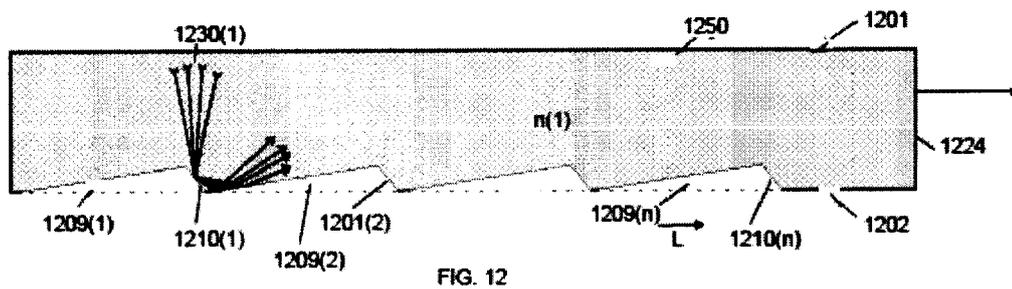


FIG. 12

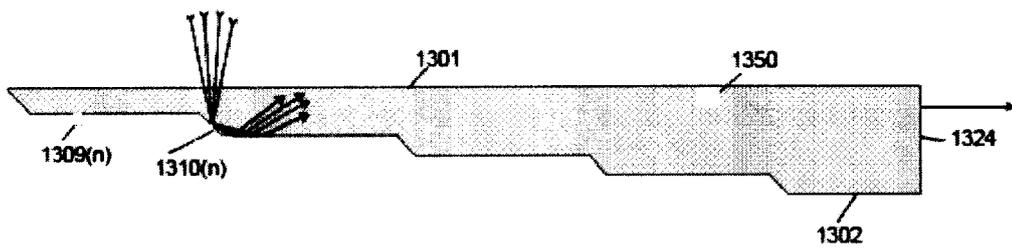


FIG. 13

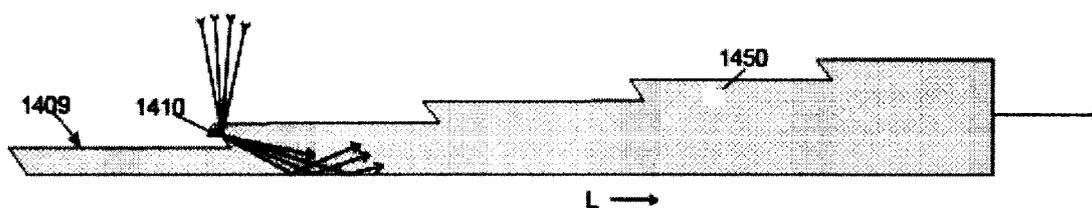


FIG. 14

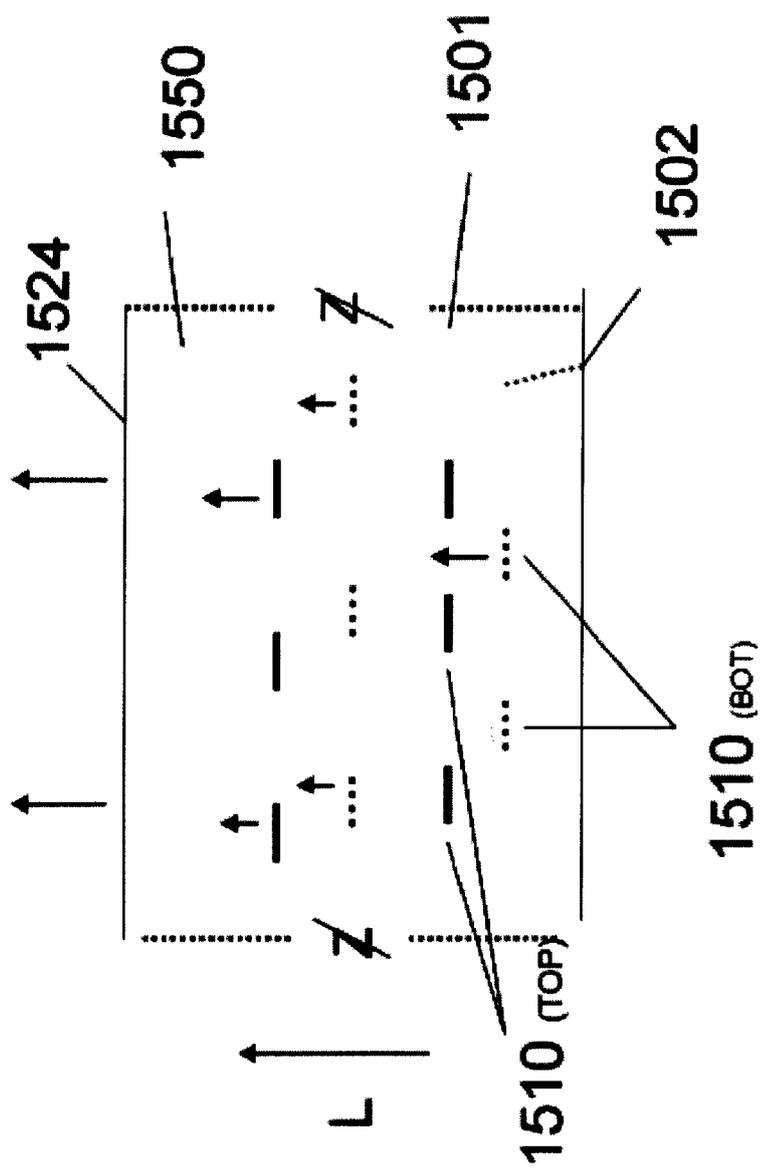


FIG. 15

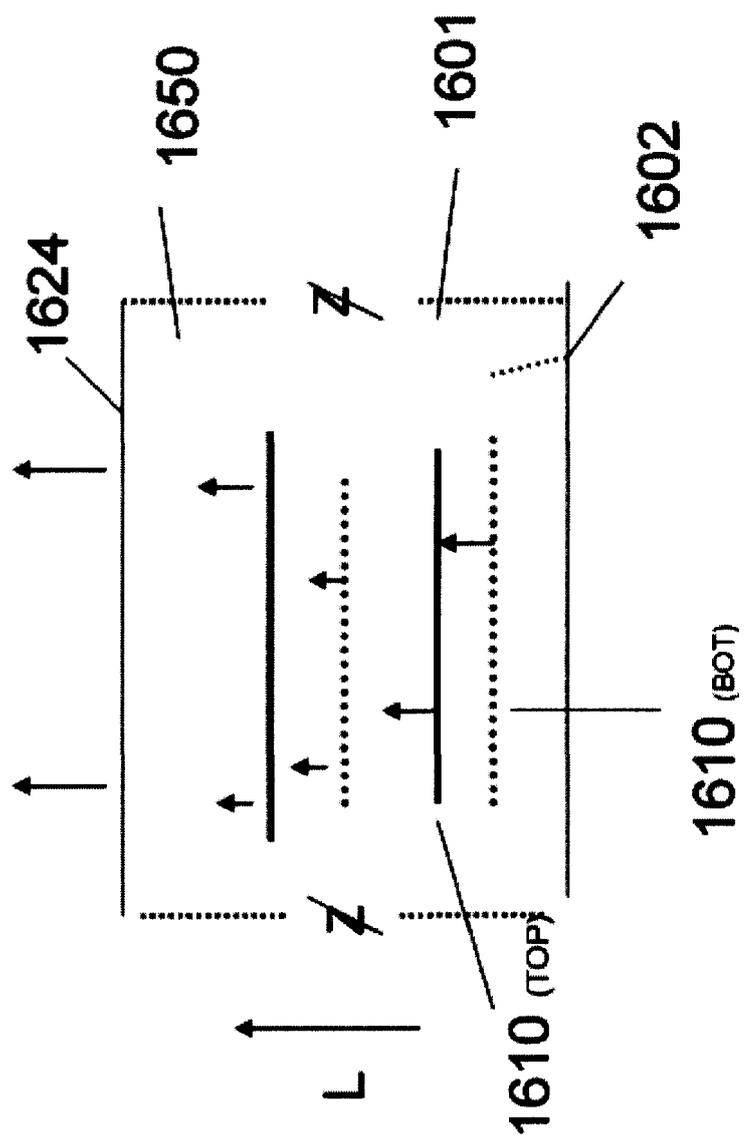


FIG. 16

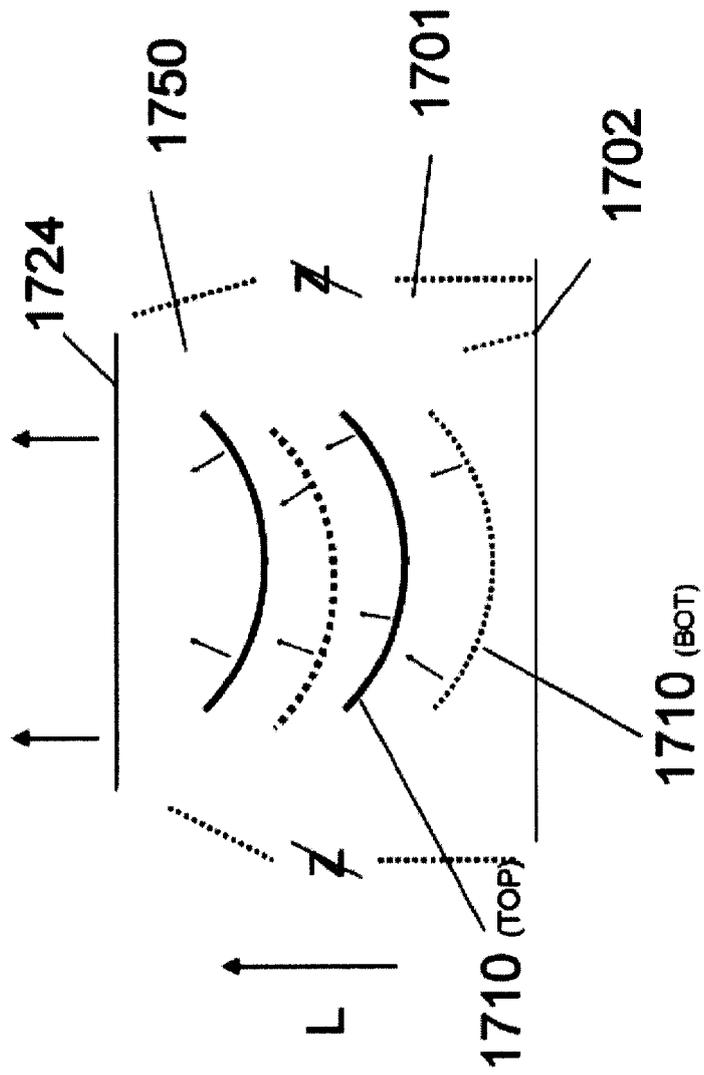


FIG. 17

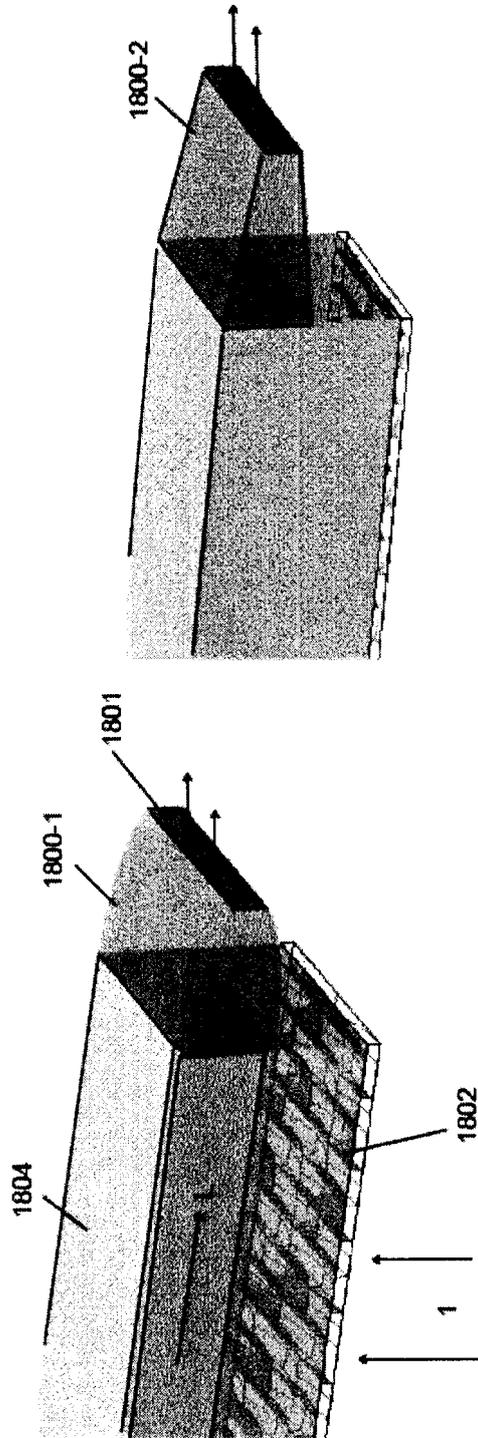


FIG. 18B

FIG. 18A



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200803237

②② Fecha de presentación de la solicitud: 12.11.2008

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H01L31/052** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 2008131561 A1 (MORGAN SOLAR INC et al.) 06.11.2008, párrafos [30-31],[39]; figuras 1-3,7,8A-8C.	1
A	US 2006016448 A1 (HO EDWARD) 26.01.2006, resumen; reivindicación 15.	1
A	ES 2157846 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA) 16.08.2001, resumen; figuras; columna 16, líneas 26-38; reivindicación 1.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
12.08.2011

Examinador
E. Pina Martínez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01L, F24J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 12.08.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2008131561 A1 (MORGAN SOLAR INC et al.)	06.11.2008

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud. Este documento afecta a la novedad de la reivindicación independiente y única.

Así el documento D01 describe el siguiente sistema (las referencias entre paréntesis se refieren a D01):

Un sistema de captación y concentración de luz que comprende:

un concentrador primario (102) de luz dotado de poder de enfoque, dispuesto para interceptar una entrada de luz solar y concentrar dicha entrada en un lugar de concentración de luz (ver figura 2);

una estructura de transmisión de luz (104) que tiene una parte de la superficie superior (108) y una superficie inferior (118) frente a ella separadas por una región interior, y un extremo de salida (130), con una dimensión longitudinal en una dirección de propagación de luz determinada hacia el extremo de salida (ver figuras 5 y 8C), en la que la citada región inferior tiene un índice de refracción mayor que el índice de refracción (122) inmediatamente adyacente a las superficies superior e inferior (ver pág. 11, párr. 31) ; y

una estructura fotodirectora (110, 112, 114) dispuesta integralmente dentro de la estructura de transmisión de luz en un sitio que coincide con el lugar de concentración de luz (ver figura 2), que está acoplado ópticamente al concentrador primario de luz, en el que la estructura fotodirectora dirige una entrada de luz solar concentrada desde el concentrador primario a lo largo de la dirección de propagación de luz hacia el extremo de salida.

A la vista de lo anterior, la reivindicación 1 no satisface el requisito de novedad que se establece en el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/86, ya que todos los elementos técnicos que la definen están idénticamente divulgados en el estado de la técnica anterior.

En consecuencia, la solicitud no satisface los requisitos de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 LP.