

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 362**

51 Int. Cl.:

**G02B 5/20** (2006.01)

**G02B 5/26** (2006.01)

**E06B 3/66** (2006.01)

**E06B 3/67** (2006.01)

**G02B 6/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2012 PCT/AU2012/000778**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2013 WO13003890**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012 E 12807686 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 2726920**

54 Título: **Panel espectralmente selectivo para concentrador luminiscente con una celda fotovoltaica**

30 Prioridad:

**01.07.2011 AU 2011902631**

**02.11.2011 AU 2011904552**

**02.02.2012 AU 2012900381**

**24.04.2012 AU 2012901618**

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

**02.01.2018**

73 Titular/es:

**TROPIGLAS TECHNOLOGIES LTD (100.0%)**

**27 Dryden Street**

**Yokine WA 6060, AU**

72 Inventor/es:

**ROSENBERG, VICTOR;**

**VASILIEV, MIKHAIL y**

**ALAMEH, KAMAL**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 648 362 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 espectralmente selectivo para concentrador luminiscente con una celda fotovoltaica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un panel espectralmente selectivo y se refiere, de forma específica, aunque no exclusivamente, a un panel que es transparente para la luz visible y desvía la luz infrarroja.

10 Antecedentes de la invención

El sobrecalentamiento de espacios interiores, tales como espacios que reciben luz solar a través de grandes ventanas, es un problema que puede superarse utilizando acondicionadores de aire. Una gran cantidad de energía es utilizada de forma global para enfriar espacios interiores. La mayoría de energía eléctrica es generada utilizando fuentes no sostenibles, lo cual es de creciente preocupación ambiental.

15 La patente US No. US 6285495 (propiedad del presente solicitante) da a conocer un material que puede ser utilizado como un cristal de ventana y que es ampliamente transmisor para la luz visible, pero que desvía una porción de la luz incidente a porciones laterales del panel donde es absorbida por celdas fotovoltaicas para generar electricidad. Este material tiene un beneficio dual: como se reduce la transmisión de radiación IR, se puede reducir el calentamiento de espacios interiores y al mismo tiempo se puede generar energía eléctrica.

20 La publicación internacional PCT No. WO 2088/157621 da a conocer un panel para guiado de onda de luminiscencia generada en un medio de dispersión.

25 Resumen de la invención

La presente invención proporciona un panel espectralmente selectivo como el definido por la reivindicación 1. El panel espectralmente selectivo de acuerdo con modos de realización de la presente invención puede considerarse como un protector de calor de banda ancha de IR para luz solar y puede ser utilizado para varios propósitos. Por ejemplo, el panel espectralmente selectivo puede estar previsto en forma de E, o puede comprender, un cristal de ventana de un edificio, un vehículo, un barco, o cualquier otro objeto que comprenda ventanas o persianas. Además, el panel espectralmente selectivo puede formar una cubierta de un objeto.

35 En un modo de realización específico, el elemento difractivo es una rejilla tal como una rejilla de fase o puede o bien ser una rejilla de modo de reflexión o una rejilla de modo de transmisión. El elemento difractivo puede ser una rejilla bidimensional o una tridimensional.

40 El elemento difractivo puede tener un periodo de enrejillado en el rango de la banda de longitud de onda IR. Por ejemplo, el periodo de enrejillado puede estar en el rango de 1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$  a 6  $\mu\text{m}$ , o aproximadamente 4  $\mu\text{m}$ .

45 Además, el elemento difractivo típicamente está dispuesto para permitir una transmisión maximizada del orden de cero de la luz visible. Por consiguiente, el elemento difractivo facilita el mantenimiento de la transmisión de alto rango visible simultáneo con la desviación de luz IR solar incidente que ayuda a la "captación" de la luz IR dentro del panel mediante una reflexión interna total.

En un ejemplo particular, el elemento difractivo está parcialmente o completamente compuesto del primer material.

50 El elemento difractivo puede estar fijado o formado en cualquier cara del panel espectralmente selectivo o cualquiera de sus partes constituyentes. Por ejemplo, el elemento difractivo puede ser una rejilla que está grabada en una cara del panel espectralmente selectivo. De forma alternativa, la rejilla puede ser formada de un material que es depositado en la cara de la porción de panel espectralmente selectivo. Además, la rejilla puede estar estampada en una cara de la porción de panel espectralmente selectivo o en un material que está depositado en la porción de panel espectralmente selectivo, tal como material polimérico.

55 El elemento difractivo puede también comprender una estructura en capas que es reflexiva para luz que tenga una longitud de onda en la banda de longitud de onda IR y que pueda ser transmisora de luz que tenga una longitud de onda en un rango de longitud de onda de luz visible. El elemento difractivo puede ser una rejilla bi o tridimensional que tiene una estructura de enrejillado que está grabada o estampada en la estructura en capas.

60 En un modo de realización específico, el elemento difractivo está interpuesto entre porciones del panel espectralmente selectivo. El elemento difractivo comprende una pluralidad de ranuras. La pluralidad de ranuras está llena al menos parcialmente de un material, por ejemplo, un epoxi, un material de dispersión o un material luminiscente.

65

En un ejemplo comparativo el elemento difractivo es también una rejilla, pero comprende una estructura que tiene variaciones del índice de refracción periódicas sin ranuras. El panel espectralmente selectivo también comprende material de dispersión que está posicionado dentro o en el primer material. El material de dispersión típicamente es representado por nano o micro polvos de un material de alto índice de refracción que también puede tener propiedades fotoluminiscentes debido o bien a su propia composición o a cualquier dopante activador añadido, y dicho polvo(s) se incorpora típicamente en un material de matriz circundante, por ejemplo dentro de un epoxi líquido curable por UV, y este material de dispersión también puede estar dispuesto para dispersar luz en una dirección preferente. Tanto la concentración en tanto por ciento en peso del polvo de dispersión dentro del material epoxi circundante como el tamaño de partícula característico del polvo (y quizás las formas de partícula o los tipos de contenido de fase cristalográficos) son optimizados para lograr una transparencia de rango visible maximizada junto con la mejor capacidad de desviación/captación de luz IR.

Puede haber una pluralidad de estas capas de dispersión utilizadas dentro de la estructura del panel.

El elemento difractivo puede también ser uno de dos o más elementos difractivos.

El material de dispersión puede comprender partículas de micro o nano tamaño y puede ser suministrado en forma de una película.

El panel espectralmente selectivo además comprende un material luminiscente que está dispuesto de tal manera que una porción de la luz IR es absorbida por el material luminiscente resultando en una emisión de luz por fotoluminiscencia, fluorescencia o fosforescencia. Dependiendo del ángulo de incidencia, el material luminiscente además facilita el direccionamiento de la luz IR hacia la porción lateral del panel espectralmente selectivo.

Una porción del material de dispersión puede también ser esparcida dentro de la primera porción de panel. La dispersión de luz puede lograrse de una manera sustancialmente sin fugas dentro del rango de longitud de onda IR y/o visible si por ejemplo el material de dispersión comprende materiales que tienen un amplio salto de banda, tal como partículas de óxidos de tierras raras ( $\text{Yb}_2\text{O}_3$  o  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  por ejemplo). El panel espectralmente selectivo forma un concentrador transmisor visiblemente específico IR. Además, una porción de la luz IR es dirigida a porciones laterales del panel donde es utilizada para la generación de energía eléctrica utilizando celdas fotovoltaicas. El panel espectralmente selectivo puede comprender porciones componentes de panel y el elemento difractivo y/o el material de dispersión pueden estar interpuestos entre porciones adyacentes de las porciones componentes de panel que son posicionadas en una relación cara a cara. Por ejemplo, el elemento difractivo puede ser incluido en una capa que está interpuesta entre porciones componentes de panel y la capa puede comprender el elemento difractivo en una porción lateral. De forma alternativa, el panel espectralmente selectivo puede comprender dos elementos difractivos diferentes que están incluidos en una capa que está interpuesta entre porciones componentes de panel y la capa puede comprender los elementos difractivos en posiciones laterales respectivas. En cualquier caso la capa puede también funcionar como un adhesivo que une las porciones componentes de panel de la capa.

El panel espectralmente selectivo puede también comprender un hueco, tal como un hueco lleno de aire o un gas entre las porciones componentes de panel, que puede estar dispuesto separado utilizando separadores adecuados. En un modo de realización particular, el elemento difractivo y o el material de dispersión están posicionados dentro o en el hueco. Las superficies de las porciones componentes de panel que definen el hueco pueden estar recubiertas con el material de dispersión y/o el material luminiscente. El elemento difractivo comprende una pluralidad de ranuras y está posicionado de tal manera que la pluralidad de ranuras está situada en el hueco.

El panel espectralmente selectivo también incluye una película reflexiva que está dispuesta para reflejar la luz incidente dentro de una longitud de onda infrarroja (IR) a la vez que es ampliamente transmisora para al menos la mayoría de la luz que tiene una longitud de onda dentro de la banda de longitud de onda visible. El panel espectralmente selectivo también puede ser reflexivo para la luz UV.

El panel espectralmente selectivo típicamente está dispuesto de tal manera que la película reflexiva, que típicamente es una capa reflexiva o una película multicapa, está posicionada en una porción inferior del panel espectralmente selectivo (en o cerca de la superficie de la ventana que mira hacia dentro si se utiliza en productos a modo de ventana) y el componente espectralmente reflexivo refleja una porción de luz IR que es transmitida a través de la primera porción del panel.

Además, el panel espectralmente selectivo puede comprender una capa superior sobre la cual la luz incidente antes de la transmisión a través de la primera porción del panel del panel espectralmente selectivo. La capa superior típicamente es una estructura de capas múltiples que es ampliamente transmisora o incluso anti reflexiva para la luz visible y está dispuesta para reflejar una porción de la luz IR de tal manera que la luz es emitida por el material luminiscente.

En un modo de realización, el material luminiscente comprende luminóforos que están dispuestos para la absorción de luz IR. El material luminiscente también puede estar dispuesto de tal manera que una porción (pequeña) de luz

UV incidente (o una pequeña fracción de la radiación visible incidente) es absorbida por el material luminiscente resultando en una emisión de luz luminiscente en direcciones aleatorias.

5 Además el material luminiscente puede estar dispuesto para la emisión de luz luminiscente mediante una conversión ascendente y/o descendente de la frecuencia de la luz recibida.

10 El material luminiscente puede comprender moléculas de tintado orgánico o inorgánico, moléculas de tintado láser y/o un óxido metálico basado en materiales luminiscentes y que puede estar situado dentro de la primera porción del panel y en un lado inferior o superior de la primera porción de panel del panel. De forma llamativa, el material luminiscente puede estar concentrado cerca de una región central de la primera porción del panel. El material luminiscente puede también formar una capa dentro de o sobre la primera porción del panel. De forma alternativa o de forma adicional, el material luminiscente puede estar esparcido dentro de la primera o de la segunda porción del panel. En un ejemplo específico, la primera porción del panel comprende porciones componentes de panel que están dispuestas en una relación cara a cara y el material luminiscente está posicionado entre porciones de componentes de panel adyacentes. El panel espectralmente selectivo comprende al menos una celda fotovoltaica que está posicionada en o cerca de la porción lateral del panel espectralmente selectivo para recibir una porción de la luz IR u otra luz que es dirigida hacia esa porción lateral por el panel espectralmente selectivo. Por ejemplo, al menos una celda fotovoltaica puede estar basada en Ge o GaAs, o una celda fotovoltaica de CIGS (diseleniuro de galio indio cobre), o CIS (diseleniuro de indio cobre) que tiene un salto de banda relativamente pequeño adecuado para la absorción de luz en el rango de longitud de onda IR. Además, la al menos una celda fotovoltaica puede comprender una pila de celdas fotovoltaicas que tengan saltos de banda múltiples.

20 La invención se entenderá de forma más completa a partir de la siguiente descripción de modos de realización específicos de la invención. La descripción se proporciona con referencia a los dibujos que acompañan.

25 Breve descripción de los dibujos

30 La figura 1 es una representación de un panel espectralmente selectivo de acuerdo con un modo de realización específico de la presente invención;

La figura 2 es una representación de un panel espectralmente selectivo de acuerdo con un modo de realización específico adicional de la presente invención;

35 La figura 3 muestra una representación esquemática adicional de un panel espectralmente selectivo de acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención;

La figura 4 muestra un panel espectralmente selectivo de acuerdo con un modo de realización alternativo de la presente invención;

40 La figura 5 ilustra una representación esquemática de un modo de realización adicional de la presente invención; y

Las figuras 6 y 7 muestran resultados de medidas que fueron tomados utilizando componentes de acuerdo con modos de realización específicos de la presente invención.

45 Descripción detallada de modos de realización específicos

50 Con referencia inicialmente a la figura 1 se describe a continuación un panel 100 espectralmente selectivo. El panel 100 espectralmente selectivo puede por ejemplo estar previsto en forma de un cristal de ventana de un edificio, un vehículo, un barco, o cualquier otro objeto adecuado. El panel espectralmente selectivo reduce la transmisión de luz que tiene una longitud de onda en la banda de longitud de onda IR que es ampliamente transmisora de luz visible. El panel 100 espectralmente selectivo está dispuesto para desviar la luz IR y utilizar la luz IR desviada para la generación de energía eléctrica.

55 El panel 100 espectralmente selectivo comprende, en este modo de realización, paneles 102 y 104 de cristal. Un elemento 106 difractivo está previsto en una cara del panel 102 de cristal. Los paneles 102 y 104 de cristal están dispuestos separados mediante un hueco lleno de un material 108 que funciona como un adhesivo así como una matriz transparente dentro de la cual se incorporan materiales de dispersión y/o luminiscentes por lo tanto constituyendo un material funcional compuesto. El material 108 será descrito con más detalle adicionalmente más abajo.

60 Las superficies exteriores de los paneles 102 y 104 están recubiertas con recubrimientos 112 y 110 multicapa, respectivamente. Celdas 114 solares están posicionadas en porciones laterales del panel 100 espectralmente selectivo. Se ha de apreciar que el panel 100 espectralmente selectivo puede comprender cualquier número de celdas solares, tal como sólo una única celda solar posicionada en una porción lateral únicamente, 2, 3 o 4 o más de 65 4 celdas solares. Se puede utilizar una pluralidad de posibles maneras de conectar eléctricamente estas celdas

solares entre sí, es decir, conexiones en serie, en paralelo, o conjuntos más complejos de series de celdas solares conectadas en paralelo.

5 El elemento 106 difractivo está dispuesto para desviar espectralmente la luz IR incidente reflejada, y para la transmisión de luz visible. La desviación de la luz IR incidente es mostrada de forma esquemática mediante flechas 120. En este ejemplo particular, el elemento 106 difractivo es una rejilla de difracción con modo de transmisión de flameado y está diseñada de manera que la mayoría de la luz IR solar incidente es desviada en un único orden de preferencia de difracción, con las características del diseño de rejilla optimizadas para el ángulo de incidencia de luz que es gobernado por el ángulo de incidencia de radiación solar a mediodía típico esperado sobre superficies de ventana. Un experto en la materia apreciará que el elemento 106 difractivo también puede ser operado en un modo de reflexión.

15 En este modo de realización particular, el elemento 106 difractivo está formado en una cara del panel 102 de cristal por ejemplo mediante grabado. Por consiguiente, el elemento 106 difractivo también está compuesto de cristal, o de forma alternativa de una capa de película transparente (como SiO<sub>2</sub>) se puede depositar sobre un sustrato de cristal y después esta capa de película puede ser grabada o procesada mecánicamente para formar una estructura difractiva. Sin embargo, un experto en la materia apreciará que se pueden contemplar otras disposiciones. Por ejemplo, el elemento 106 difractivo puede estar formado por estampado de una estructura de rejilla en un material polimérico. En este caso, la rejilla 106 puede estar formada en una posición remota y después adherirse al panel 20 102 de cristal. De forma alternativa, la rejilla 106 puede estar formada en el panel 102 de cristal aplicando inicialmente un material polimérico (u otro material adecuado) a una cara del panel 102 de cristal.

25 En un ejemplo, el panel espectralmente selectivo comprende una capa (no mostrada) que puede comprender un butiral de polivinilo (PVB) y que está intercalada entre los otros paneles de cristal. La capa comprende en este ejemplo materiales luminiscentes y de dispersión. Una rejilla difractiva es estampada en cada cara de la capa y la capa es después adherida a los paneles de cristal en las rejillas de tal manera que se cierran ranuras de las rejillas por las porciones de superficie de los paneles de cristal. La capa típicamente también funciona como un adhesivo para unirse a los paneles de cristal.

30 Las propiedades espectrales del elemento 106 difractivo pueden diseñarse por los expertos en la materia ajustando los siguientes parámetros: índice de refracción, forma del perfil de la rejilla, ángulo de flameado, ciclo de trabajo, periodo de enrejillado, número de niveles de fase y profundidad(es) de grabado. En este ejemplo particular, el elemento 106 óptico difractivo comprende una pluralidad de ranuras, teniendo cada ranura una distancia en el rango de 4 μm hasta una ranura adyacente (período de enrejillado).

35 La pluralidad de ranuras y el hueco entre los paneles 102, 104 de cristal son rellenados con el material 108. El material 108 es un polvo de dispersión luminiscente que comprende un epoxi. El material 108 proporciona funciones adhesivas, luminiscentes y también de dispersión.

40 La dispersión de la luz incidente mediante el polvo de dispersión luminiscente aumenta una porción de la luz que es dirigida hacia las porciones laterales del panel 100. Esta función se indica de forma esquemática mediante flechas 122.

45 La luz que incide desde una dirección transversal del panel espectralmente selectivo puede ser absorbida por el material luminiscente resultando en una emisión de radiación luminiscente que es emitida en direcciones aleatorias que son mostradas de forma esquemática mediante flechas 124. Esto resulta en que la radiación está orientada menos transversalmente que la radiación incidente y por consiguiente facilita el direccional miento de la luz hacia las porciones laterales de los paneles 102 y 104 de cristal hacia las celdas 114 solares para la generación de energía eléctrica.

50 Un experto en la materia apreciará que los paneles 102 y 104 de cristal pueden también ser dopados con materiales luminiscentes que absorban una porción de la luz IR y UV entrante y emitan una radiación luminiscente en direcciones aleatorias.

55 El recubrimiento 110 es un recubrimiento multicapa y está dispuesto para reflejar la luz IR incidente dentro de una banda de longitud de onda IR amplia. Además, el recubrimiento 110 multicapa es antirreflexivo para la luz visible y reflexivo para la luz UV incidente. Por consiguiente, una porción de luz IR y UV que es incidente desde una porción superior del panel 100 espectralmente selectivo es transmitida a través de los paneles 102 y 104 de cristal y después reflejada por el recubrimiento 110 multicapa. Los paneles 102 y 104 de cristal están dispuestos de tal manera que dependiendo del ángulo de reflexión, una porción de la luz reflejada es guiada a lo largo de los paneles 60 102 y 104 de cristal hacia las celdas 114 solares, donde la luz IR puede ser absorbida para generar energía eléctrica.

65 Una porción de la luz IR que es reflejada por la capa 110 en una dirección transversal es dispersada por las capas 108 de tal manera que la intensidad de luz correspondiente es dirigida mediante una reflexión múltiple de dispersión

y/o interna hacia las celdas 114 solares. Por consiguiente, las propiedades de dispersión de las capas 108 facilita la reducción del rendimiento total de radiación IR y de eficiencia de generación de energía.

5 El recubrimiento 112 superior puede tener o bien propiedades antirreflexivas en los rangos de longitud de onda UV y visible, con el fin de utilizar tanta energía de UV incidente dentro de la estructura del panel como esté disponible, y por lo tanto excitar un rango de luminóforos inorgánicos, o de forma alternativa, puede tener propiedades de reflexión altas en el UV y propiedades de anti reflexión también a través del rango de longitud de onda visible y al mismo tiempo funcionar como un reflector IR parcial. Las propiedades de antireflexión en el rango visible pueden también ajustarse diseñando para minimizar la reflexión de la energía de luz incidente dentro de un rango particular de ángulos de incidencia. En otro modo de realización, el recubrimiento 112 superior está dispuesto para ser altamente reflexivo para la radiación UV mientras que es antirreflexivo para la luz visible o de forma opcional también altamente reflexivo dentro de la longitud de onda IR (sub)banda dentro de la cual emite luz los materiales luminóforos. La propiedad de alta reflexividad en la banda UV es utilizada en este ejemplo para proteger los luminóforos de que sean afectados de forma adversa por la radiación UV incidente. El recubrimiento es una estructura de capas múltiples que está diseñado para reflejar la luz IR de forma predominante dentro del rango de longitud de onda al cual el material luminiscente emite luz. Por consiguiente, el recubrimiento 112 evita de forma importante que la radiación luminiscente generada escape sin ser dirigida a las celdas 114 fotovoltaicas.

20 La función del panel 100 espectralmente selectivo puede resumirse como sigue. Después de la desviación por el elemento 106 difractivo y los eventos de dispersión múltiple a través del material 108, una porción aumentada de fotones se propagará en ángulos que exceden el ángulo de reflexión interna total. Considerando que una gran fracción de la luz IR solar es incidente a grandes ángulos (facilitada por la dispersión y la emisión de la radiación luminiscente), una gran porción de esta luz IR será atrapada dentro del panel 100 espectralmente selectivo y alcanzará las porciones laterales del panel 100. El recubrimiento 112 superior está diseñado para reflejar la luz emitida por los luminóforos y es visiblemente transparente. El recubrimiento 110 inferior refleja la gran mayoría de luz IR en todos los ángulos y longitudes de onda. Estas propiedades combinadas con la redistribución angular de los fotones entrantes por la desviación y la dispersión de paso múltiple es una característica única de los paneles 100 espectralmente selectivos de acuerdo con modo de realización de la presente invención.

30 Se ha de apreciar que en un modo de realización alternativo, el panel 100 espectralmente selectivo puede que no necesariamente comprenda celdas 114 fotovoltaicas, pero puede por ejemplo comprender ventilaciones o similares que están dispuestas para retirar la energía térmica que dirigirá en forma de radiación IR a las porciones laterales del panel 100 espectralmente selectivo. Alguna de las porciones laterales puede también estar recubierta con materiales altamente reflexivos incluyendo Al o Ag o cualquier recubrimiento dieléctrico adecuado que redirige la luz lejos de dichas superficies laterales hacia las superficies del otro lado del panel.

35 Con referencia ahora a las figuras 2 y 3, se describirán ahora elementos 206, 306 difractivos de los paneles 200, 300 espectralmente selectivos de acuerdo con modos de realización adicionales de la presente invención.

40 El elemento 206 difractivo está formado en una cara del panel 102 de cristal y es una rejilla de difracción de transmisión en modo flameado o una rejilla de difracción ranurada de un tipo de perfil diferente (diente de sierra, rectangular o trapezoidal).

45 En este ejemplo particular, el elemento 206 difractivo comprende una pluralidad de ranuras en donde cada ranura tiene una forma en sección transversal rectangular.

50 Los paneles 102 y 104 de cristal están dispuestos separados mediante un hueco lleno con un material 208. El material 208 está compuesto de un epoxi óptico en el cual están esparcidos polvos y pigmentos de dispersión luminiscentes. El epoxi une el panel 104 de cristal al panel 102 de cristal. El material 208 además tiene propiedades luminiscentes y de dispersión.

55 La figura 3 muestra un panel 300 espectralmente selectivo que comprende un elemento 306 difractivo. En este modo de realización, el elemento 306 difractivo también comprende ranuras, pero cada ranura tiene una forma en sección transversal triangular.

Similar al panel 200 espectralmente selectivo, los paneles 102 y 104 de cristal están dispuestos separados mediante un hueco que es llenado con un material 308 que está compuesto de un epoxi en el cual se han esparcido o disuelto polvos y pigmentos luminiscentes.

60 Con referencia ahora a la figura 4, se describirá ahora un panel 400 espectralmente selectivo de acuerdo con otro modo de realización de la invención.

65 En este modo de realización en hueco entre los paneles 102 y 104 de cristal es llenado con aire. Similar a una estructura de ventana de doble vidrio, el hueco proporciona un aislamiento térmico, una estabilidad estructural global mejorada, un aislamiento de ruido y unas interfaces de alto índice de contraste adicionales que llevan a mejorar la

probabilidad de captación de luz en múltiples reflexiones dentro de los paneles de cristal debido a las reflexiones internas totales.

5 Se ha de apreciar que en modos de realización alternativos el hueco puede estar llenado con otro material dieléctrico adecuado. También se apreciará que en variaciones del modo de realización descrito el panel 100 espectralmente selectivo puede comprender cualquier número de paneles de cristal que pueden o no definir huecos entre paneles de cristal adyacentes. Además, el panel de cristal o paneles de cristal pueden ser reemplazados por un panel(es) de otro material adecuado, tal como un material polimérico incluyendo por ejemplo butiral de polivinilo (PVB) o cloruro de polivinilo (PVC) y también pueden estar previstos en forma de un laminado tal como un cristal de seguridad.

Las superficies interiores de los paneles 102 y 104 de cristal están recubiertas con un recubrimiento 408. Los paneles 102 y 104 de cristal están dispuestos separados mediante un espaciador 406 de cristal transparente.

15 Los recubrimientos 408 cada uno comprenden en este ejemplo una estructura de capas múltiples que está dispuesta para una dispersión preferente de luz ir en una dirección hacia las porciones laterales del panel 400. En este modo de realización, los recubrimientos 408 comprenden partículas de óxido de tierras raras de nano o micro-tamaño que tienen un salto de banda relativamente amplio de manera que la dispersión es de forma efectiva sin pérdidas (no absorbente). Además, los recubrimientos (o capas) 408 pueden comprender un epoxi que une los paneles 102 y 104 de cristal a los espaciadores 406.

25 Las capas 408 también comprenden materiales luminiscentes y los óxidos de tierras raras mencionados anteriormente están dopados para tener esa función. Por ejemplo, si la luz es incidente desde una dirección transversal del panel espectralmente selectivo y entonces es absorbida por el material luminiscente, la radiación luminiscente emitida posteriormente es emitida en direcciones aleatorias. Esto resulta en que la radiación está orientada menos transversalmente y una porción de la radiación luminiscente se emitirá en direcciones tales que los paneles 102 y 104 de cristal guiarán la radiación luminiscente hacia las celdas 114 solares para la generación de energía eléctrica.

30 Los paneles 102 y 104 de cristal también pueden estar dopados con materiales luminiscentes que absorben una porción de la luz IR y UV entrante y emiten una radiación luminiscente en direcciones aleatorias, pero de una forma espacialmente isotrópica.

35 Una porción de la luz IR que es reflejada por la capa 110 en una dirección del cabezal es dispersa por las capas 408 de tal manera que la intensidad de luz correspondiente es dirigida mediante una dispersión múltiple y/o una reflexión interna hacia las celdas 114 solares. Por consiguiente, las propiedades de dispersión de las capas 408 facilitan la reducción del rendimiento total de la radiación IR y de la eficiencia de generación de energía.

40 En este modo de realización, el hueco entre los paneles 102 y 104 de cristal es llenado con aire. Sin embargo, un experto en la materia apreciará que el hueco puede ser llenado con cualquier otro material dieléctrico adecuado.

45 El material luminiscente, en este ejemplo incluido previsto en la cámara 408, está situado en las caras superior e inferior de los paneles 102 y 104 de cristal, respectivamente. De forma alternativa, el material luminiscente puede estar posicionado en sólo uno de los paneles 102 y 104 de cristal, puede estar dopado con, o puede comprender, el material luminiscente.

50 Con referencia ahora a la figura 5, se describirá ahora un panel 500 espectralmente selectivo de acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención. El polvo de dispersión luminiscente comprende un único material que es una composición y que proporciona funciones de luminiscencia y también de dispersión. De forma alternativa, el polvo de dispersión luminiscente puede ser una mezcla de materiales componentes y cada material componente puede tener una función respectiva. El panel 500 espectralmente selectivo comprende paneles 102 y 104 de cristal. En este modo de realización, los paneles de cristal están dispuestos separados mediante una capa 506 que comprende un epoxi óptico en el cual se esparcen polvos y pigmentos de dispersión luminiscentes. De forma alternativa, la capa 506 puede comprender una suspensión o una solución que incluye el material de dispersión y/o el material luminiscente. Por consiguiente, la capa 506 combina las funciones de unión de los paneles 102 y 104 de cristal entre sí, proporcionando un material luminiscente y actuando como capas de dispersión.

60 Las capas de dispersión de los paneles 400 y 500 espectralmente selectivos fueron formados utilizando una pulverización catódica de RF y comprenden óxidos de tierras raras. Las capas de dispersión pueden ser incluidas o previstas en lugar de, las capas 408 y 506 descritas anteriormente. Estas capas de óxido de tierras raras son preparadas de tal manera que tienen propiedades de dispersión/difusión preferentes en el rango de longitud de onda IR y tienen una cubierta superficial amorfa (formada por un proceso de recocido en horno), que es responsable de la dispersión preferente en el rango de longitud de onda IR. Estas capas de óxido de tierras raras microcristalinas, que pueden comprender por ejemplo una capa de  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ , tienen un espesor de 700-1500 nm y son depositadas en cristal utilizando un magnetron de pulverización catódica de RF en una atmósfera de Ar puro y un proceso de deposición posterior, re-oxidado y recocido (cristalizado) en horno durante 3 horas a una temperatura de 600°C en aire).

Las capas 408 y 506 de dispersión combinan funciones de dispersión, tal como una dispersión ópticamente sin pérdidas, con funciones de conversión de energía luminiscente. Las capas 408 y 506 tienen un espesor de unos pocos 100 nm y comprenden partículas de nano o micro-tamaño de materiales de tierras raras (tales como  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  o  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ) que tienen amplios saltos de banda dentro de sus estructuras de nivel energía electrónico y permiten una dispersión de luz esencialmente sin pérdidas en el IR y también longitudes de onda visibles. Las partículas de tierras raras son unidas mediante epoxis curables por UV ópticamente transparentes (tales como epoxi Norland NOA63).

Además, los luminóforos (pigmentos y materiales de nano-polvos) son dispersados dentro del material epoxi de las capas 408 y 506. En un ejemplo, luminóforos orgánicos-inorgánicos híbridos excitables por IR son dispersados en el epoxi en una concentración de aproximadamente alrededor de 0,25-1 % (p/p).

Los óxidos de tierras raras también pueden ser dopados con materiales luminiscentes de tierras raras representados por ejemplo por iones de metal de tierras raras, y pueden por ejemplo ser proporcionados en forma de  $\text{Y}_2\text{O}_3$ : Eu,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ : Er o  $\text{NaYF}_4$ : Yb.

El panel 400 y 500 espectralmente selectivo típicamente también comprende unos elementos difractivos (no mostrados), tales como un elemento 106 difractivo descrito con referencia la figura 1.

La capa 110 reflexiva IR de los paneles espectralmente selectivos de acuerdo con modos de realización como, por ejemplo, los mostrados en las figuras 1 a 5, se describirán ahora con mayor detalle.

La capa 110 está prevista en forma de filtros de recubrimiento de interferencia óptica de capa múltiple que tienen propiedades de calentamiento de espejo de banda ultra ancha y utilizan un diseño de filtro de borde de apilamiento triple. La capa 110 es también reflexiva en el rango UV. La capa 110 está formada de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  utilizando técnicas de pulverización catódica de RF. Un espesor total de dicho recubrimiento en estos modos de realización está entre 4-8  $\mu\text{m}$  y el orden de materiales ópticos dentro de la secuencia de capas puede variar, dependiendo del diseño elegido. Los experimentos de recogida (3 horas a 600°C con tasas de rampa de temperatura de 5°C/min) demostraron una estabilidad excelente. La capa 110 es resistente a los arañazos y a la rotura, resistente al calor, no higroscópica y estable con respecto a la acción de tipos de solventes químicos comunes.

Las características de rendimiento del recubrimiento 110 sobre el cristal fueron ensayadas y modeladas. Los resultados indicaron que la fracción de potencia de luz IR solar integrada total contenida dentro del rango de longitud de onda de 700-1700 nm y que se transmite ópticamente a través del sistema de sustrato-recubrimiento es solo aproximadamente de un 4%. Dado que el recubrimiento 110 tiene propiedades de banda ultra ancha, la reflectividad de potencia IR es eficiente para un amplio rango de ángulos incidentes.

Tal y como se indicó anteriormente, el recubrimiento 112 superior está previsto en forma de espejo de emisión espectralmente selectiva. El recubrimiento 110 comprende las capas (20-25) de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  y es preparado utilizando técnicas de pulverización catódica de RF. En estos modos de realización, la capa 112 está diseñada de tal manera que la radiación especialmente luminiscente que es generada dentro del panel espectralmente selectivo se evita que se transmita a través del recubrimiento 112 por reflexión. El espesor de dichos recubrimientos varía con requerimientos de diseño y están el rango de varios  $\mu\text{m}$ .

La figura 6 muestra un espectro de transmisión y absorción de dicha capa de óxidos de tierras raras sobre cristal (intensidad con una función de la longitud de onda en nm) como, por ejemplo, se describe para los modos de realización mostrados en las figuras 4 y 5. El gráfico 600 muestra que el espectro de transmisión para una capa dispersa que tiene un espesor de alrededor de 1  $\mu\text{m}$ , el diagrama 602 muestra la reflexión total (especular y difusa) y el diagrama 604 muestra el espectro de pérdida óptica correspondiente (representado por la suma de la absorción y la pérdida de transmisión de dispersión y las contribuciones de pérdida de reflexión). La capa mostró una dispersión preferente dentro del rango espectral IR que cubría la mayoría del rango IR cercano. La transparencia visible fue de cerca de un 80%. Después de haberse puesto en contacto con un epoxi óptico de índice de refracción próximo a 1,49 (coincidente con cristal), la dispersión se redujo y se mejoró la transferencia. Esta capa de dispersión de óxido de tierras raras tiene propiedades luminóforas cuando se excita por una luz adecuada.

La figura 7 muestra espectros de transmisión para los paneles 400 y 500 espectralmente selectivos (fracción transmitida de intensidad como una función de la longitud de onda en nm). El diagrama 700 muestra los datos de transmisión medidos de un panel del tipo del panel 400 espectralmente selectivo (con un hueco de aire) y el diagrama 702 muestra los datos de transmisión medidos de un panel del tipo del panel 500 espectralmente selectivo (sin hueco de aire).

Vale la pena señalar que el hueco de aire del panel 400 no afecta de forma significativa la transmisión visible. Además, como el epoxi tiene un índice coincidente con el cristal, el propio epoxi no provoca ninguna pérdida de transmisión significativa.

5 La función del panel 400 espectralmente selectivo se puede resumir como sigue. Después de que pasen dispersiones múltiples a través de las capas de dispersión y de las interfaces (estáticamente) se propagarán más  
10 protones en ángulos que exceden el ángulo de reflexión interna total para rayos de luz que se propagan dentro de un panel de cristal rodeado por aire. Considerando que una gran fracción de la luz IR solar es incidente a grandes  
15 ángulos (habilitada por la dispersión y la emisión de la radiación de luminiscencia), una gran fracción de esta luz IR será atrapada dentro del panel 400 espectralmente selectivo y alcanzará las porciones laterales del panel 400. El recubrimiento 112 superior está diseñado para reflejar la luz emitida por los luminóforos y es visiblemente transparente. En algunas implementaciones, las características espectrales de este recubrimiento se pueden utilizar para proporcionar una coloración visible deseada para el panel en un rango de colores que se adecúan a diferentes tipos de productos. El recubrimiento 110 inferior refleja la gran mayoría de luz IR en todos los ángulos y longitudes de onda. Estas propiedades combinadas con la redistribución angular de los fotones entrantes mediante una dispersión de paso múltiple dentro de capas 408 relativamente delgadas más solventes o débilmente absorbentes y luminiscentes es una característica única de los paneles 400 espectralmente selectivos de acuerdo con modos de realización de la presente invención. Los efectos de dispersión son también capaces de potenciar los procesos de luminiscencia mejorando las longitudes de trayectoria de absorción luminófora.

20 Aunque la invención ha sido descrita con referencia a ejemplos particulares, se apreciará por los expertos en la materia que la invención puede implementarse de muchas otras formas. Por ejemplo, los paneles 100 y 200 espectralmente selectivos comprenden recubrimientos 112, 110 y 210, 208 superiores inferiores reflexivos, respectivamente. Se apreciará que en variaciones de los modos de realización descritos, los paneles 100 y 200 espectralmente selectivos puede que no comprendan dichos recubrimientos superiores e inferiores reflexivos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un panel (100) espectralmente selectivo que comprende:
- 5 Un primer material que es al menos parcialmente selectivo para la luz que tiene una longitud de onda en el rango de longitud de onda visible y que está dispuesto para guiar luz adecuada, comprendiendo el panel espectralmente selectivo un material luminiscente que está dispuesto de tal manera que una porción de la luz IR es absorbida por el material luminiscente resultando en una emisión de luz por fotoluminiscencia, fluorescencia o fosforescencia;
- 10 un elemento (106) difractivo que está posicionado dentro de o en el primer material;
- una película (110) reflexiva que está dispuesta para reflejar la luz incidente dentro de una banda de longitud de onda IR a la vez que es ampliamente transmisora para al menos la mayoría de la luz que tiene una longitud de onda dentro de la banda de longitud de onda visible; y
- 15 al menos una celda (114) fotovoltaica que está posicionada en o cerca de la porción lateral del panel (100) espectralmente selectivo para recibir luz que es dirigida hacia una porción lateral; en donde el elemento (106) difractivo está dispuesto para desviar predominantemente luz que tiene una longitud de onda en la banda de longitud de onda IR y que tiene una pluralidad de ranuras (110) que están al menos parcialmente llenas de un material (108) dentro del cual se incorporan materiales luminiscentes y/o de dispersión, en donde el primer material está dispuesto y el elemento (106) difractivo está orientado de tal manera que al menos una porción de la energía asociada con la luz IR incidente desde una dirección transversal del panel (100) espectralmente selectivo es dirigida hacia la porción lateral del panel.
- 20
- 25 2. El panel (100) espectralmente selectivo de la reivindicación 1, en donde el elemento (106) difractivo está parcialmente compuesto del primer material.
3. El panel (100) espectralmente selectivo de la reivindicación 1 o 2, en donde el elemento (106) difractivo es una rejilla (206, 306).
- 30 4. El panel (100) espectralmente selectivo de la reivindicación 3, en donde el elemento (106) difractivo es una rejilla (206, 306) de fase y tiene un período de enrejillado en el rango de 2  $\mu\text{m}$  a 6  $\mu\text{m}$ .
5. El panel (100) espectralmente selectivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores; en donde el elemento (106) difractivo está interpuesto entre porciones del panel (100) espectralmente selectivo.
- 35 6. El panel (100) espectralmente selectivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento (106) difractivo comprende un material de dispersión que está posicionado en el primer material.
- 40 7. El panel (100) espectralmente selectivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento (106) difractivo está incluido en una capa que está interpuesta entre porciones (102, 104) componentes de panel y en donde la capa comprende un elemento (106) difractivo en una porción lateral.
- 45 8. El panel (100) espectralmente selectivo de la reivindicación 7, en donde la capa también funciona como un adhesivo que une las porciones (104, 106) componentes de panel a la capa.
9. El panel (100) espectralmente selectivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende el material de dispersión que comprende partículas de micro o nano-tamaño.
- 50 10. El panel (100) espectralmente selectivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende un hueco entre porciones (102, 104) del panel.
11. El panel (100) espectralmente selectivo de la reivindicación 10 en donde el elemento (106) difractivo está posicionado dentro o en el hueco.
- 55 12. El panel (100) espectralmente selectivo de la reivindicación 11, en donde el elemento (106) difractivo está posicionado de tal manera que la pluralidad de ranuras está situada en el hueco.
- 60 13. El panel (100) espectralmente selectivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende una capa (112) superior sobre la cual es incidente la luz antes de la transmisión a través de la primera porción (102) del panel del panel (100) espectralmente selectivo y en donde la capa (112) superior es una estructura de capas múltiples que es ampliamente transmisora o incluso antirreflexiva para la luz visible y está dispuesta para reflejar una porción de la luz IR.

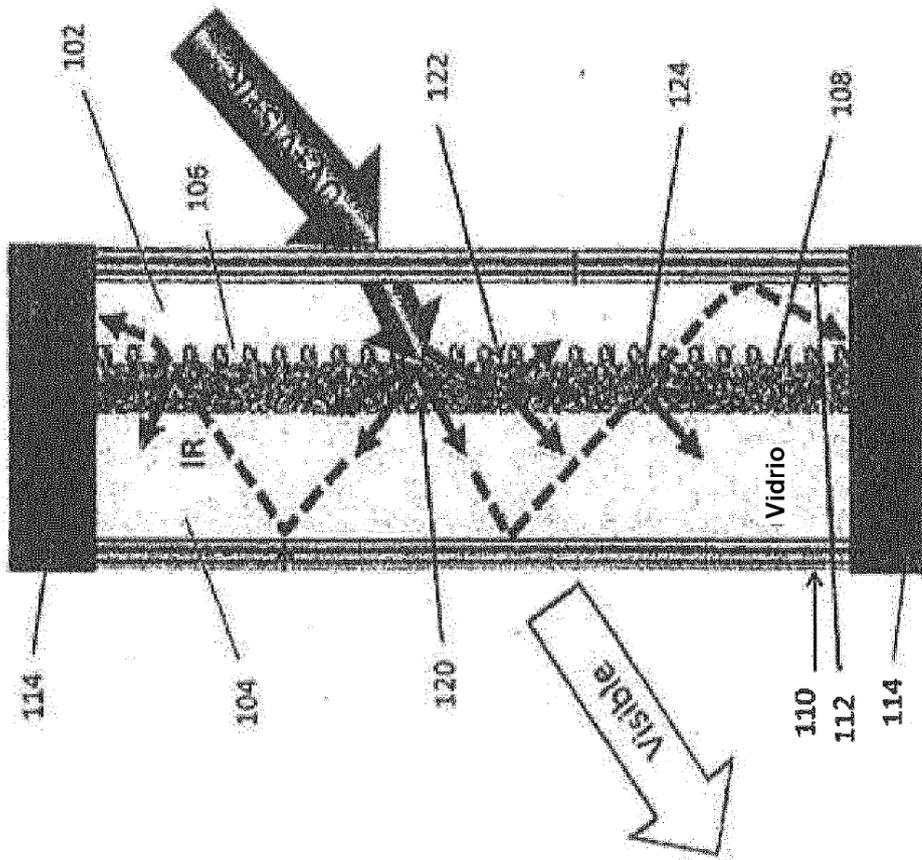


Fig. 1

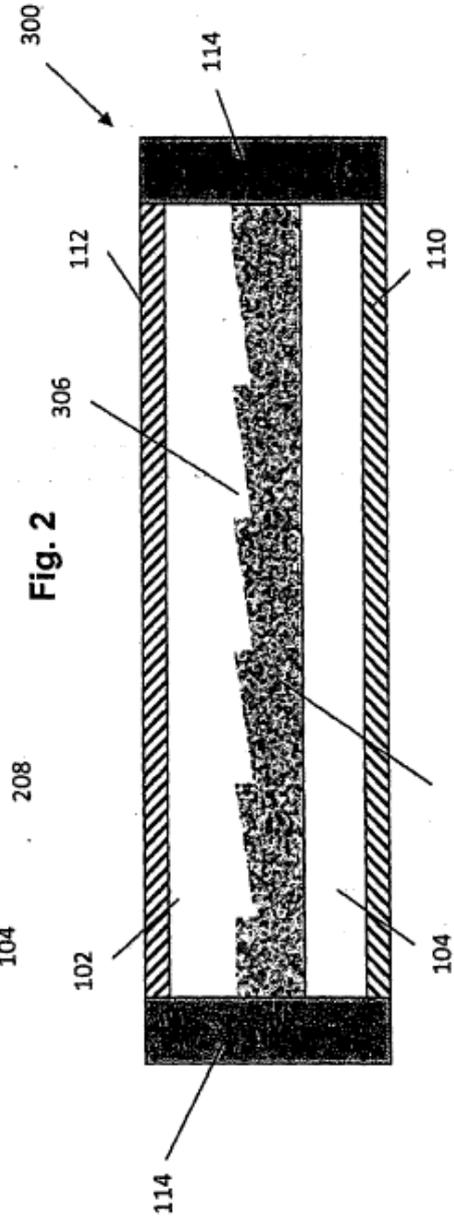
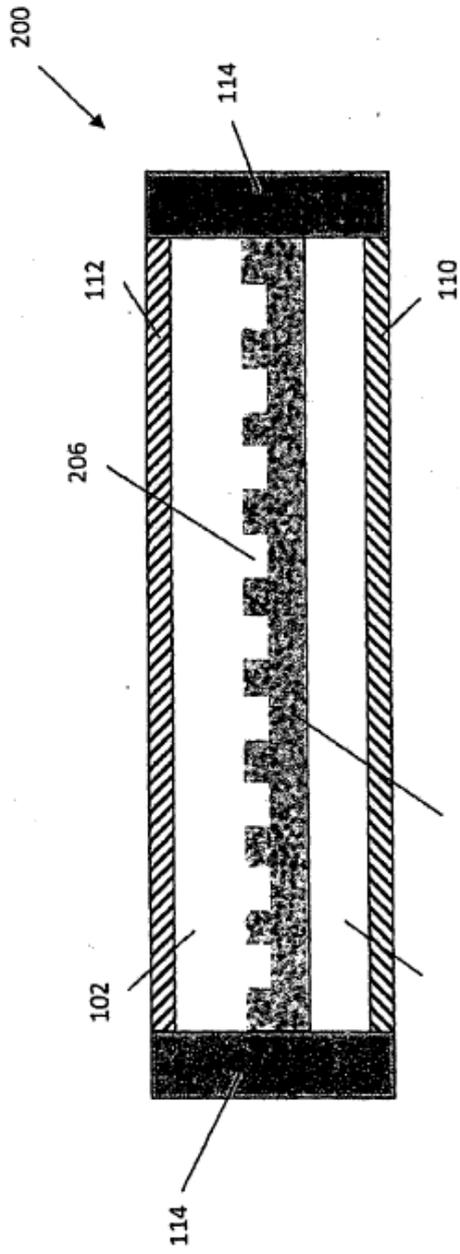


Fig. 2

Fig. 3

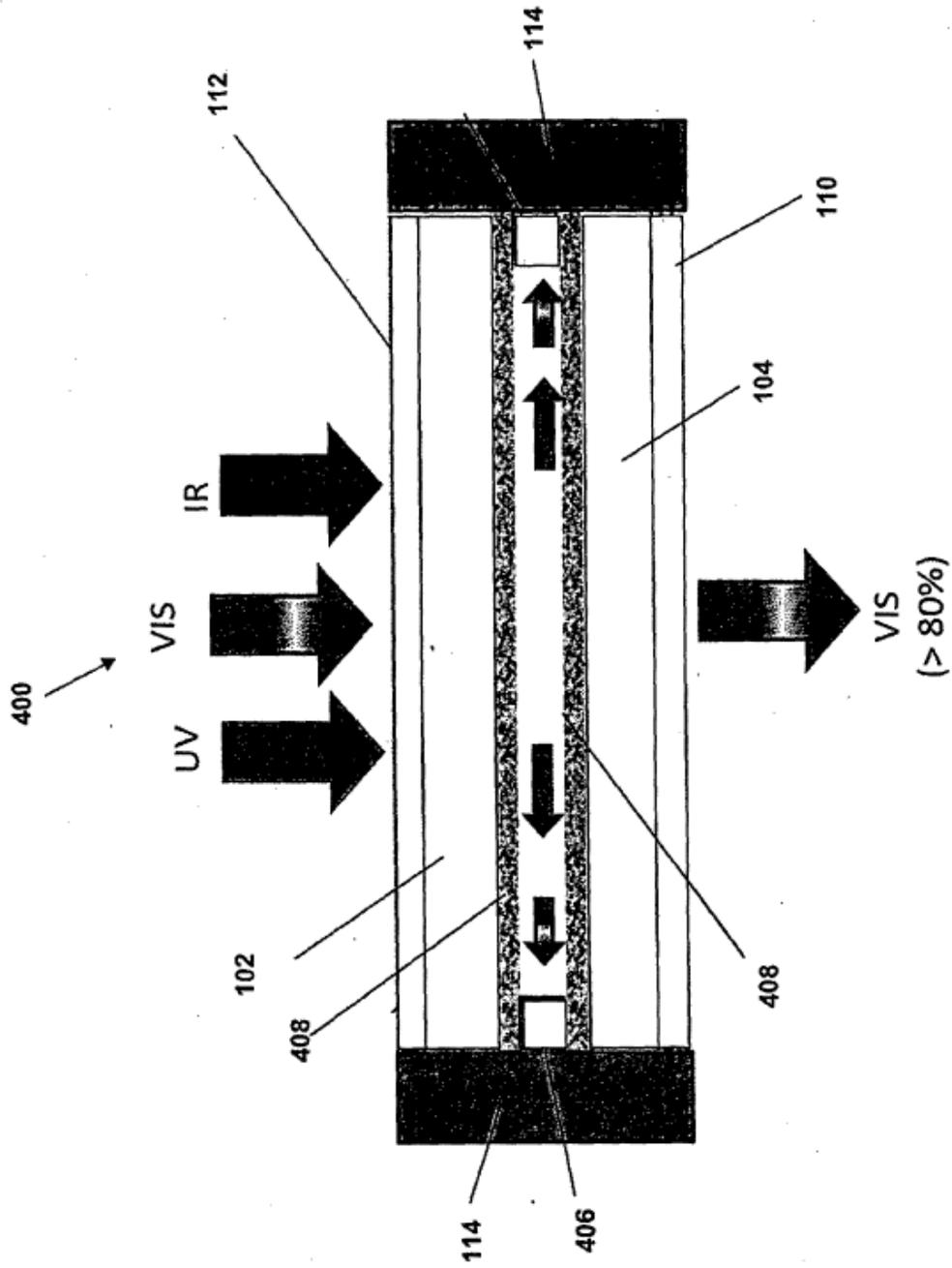


Fig. 4

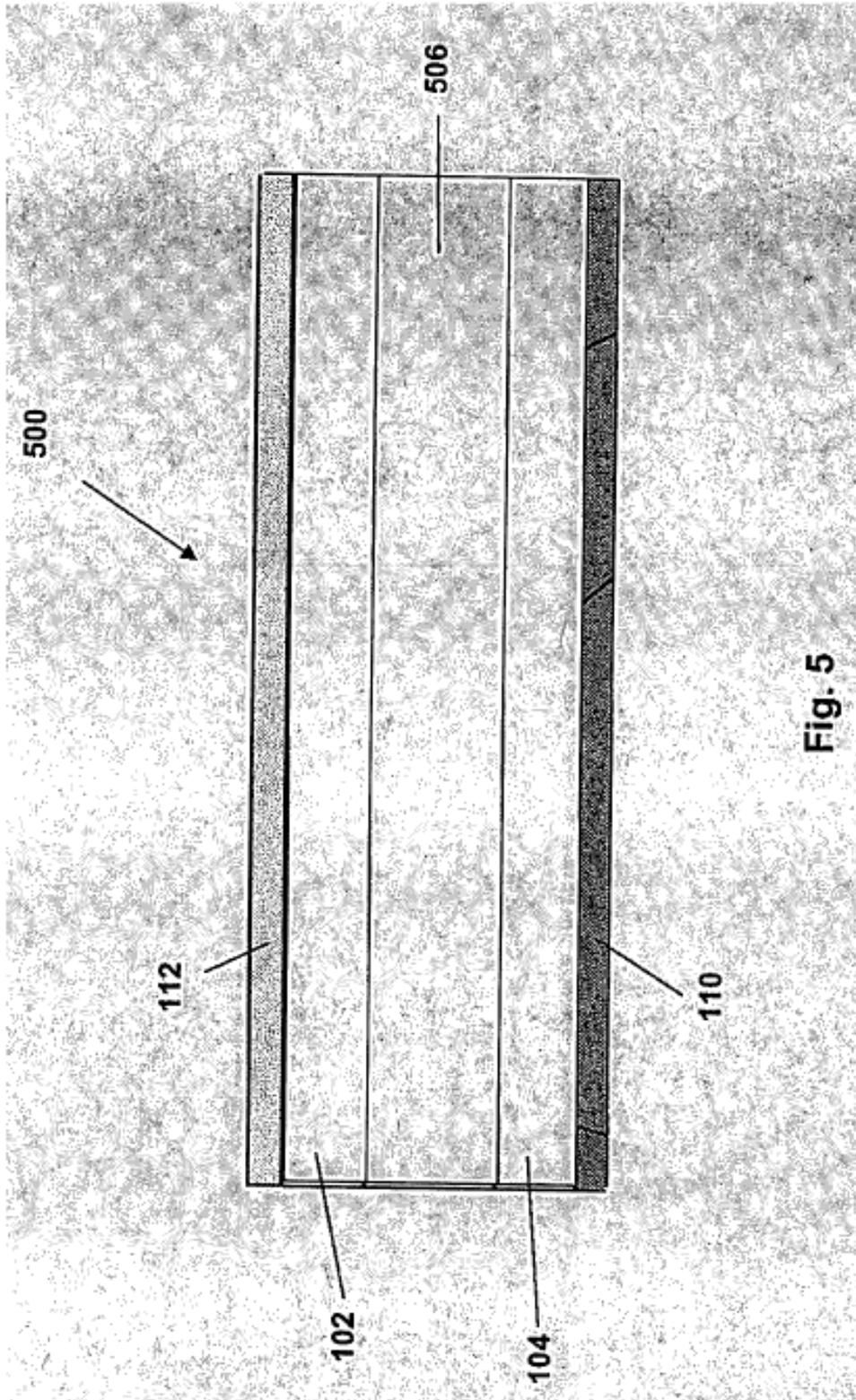


Fig. 5

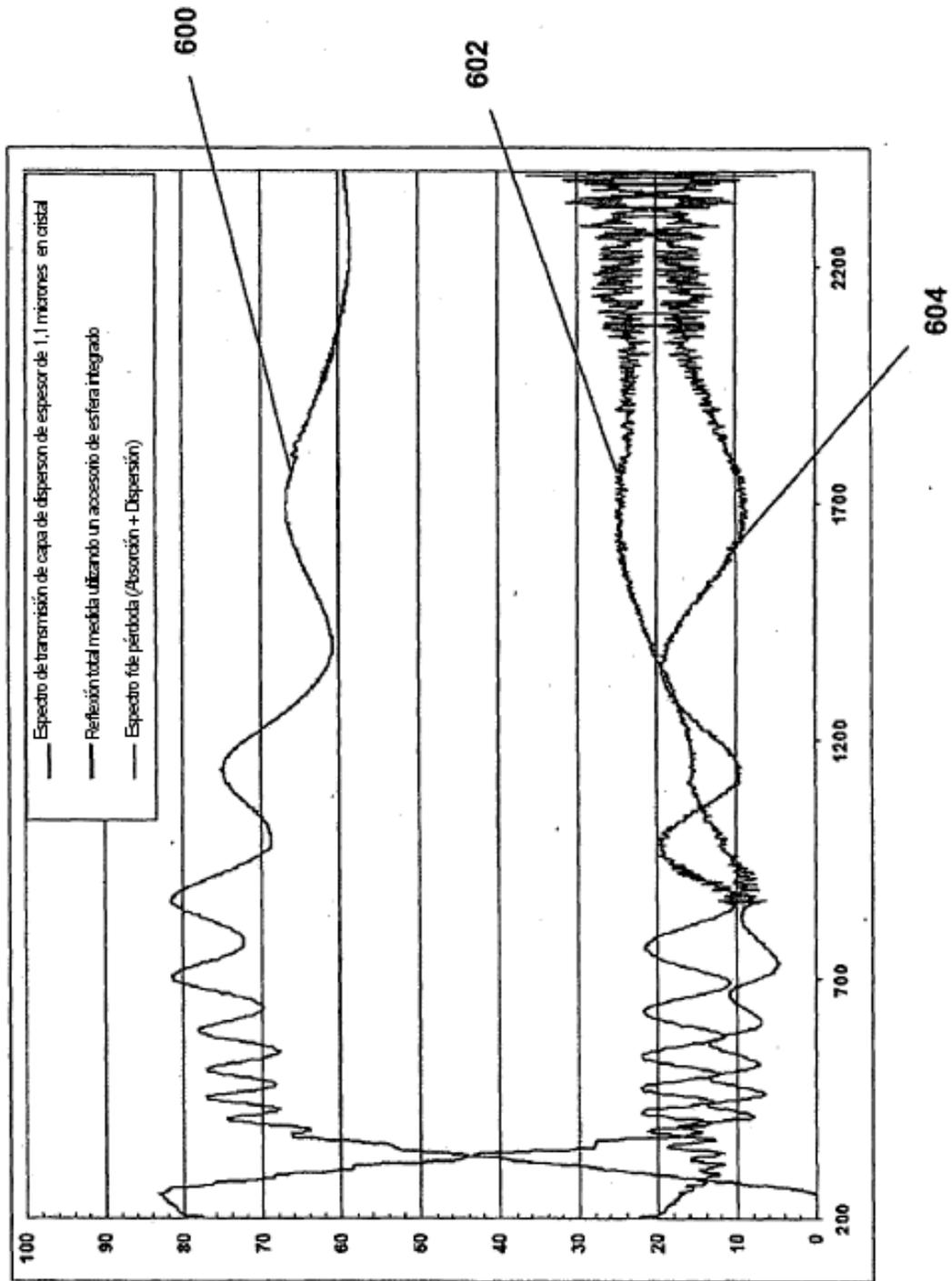


Fig. 6

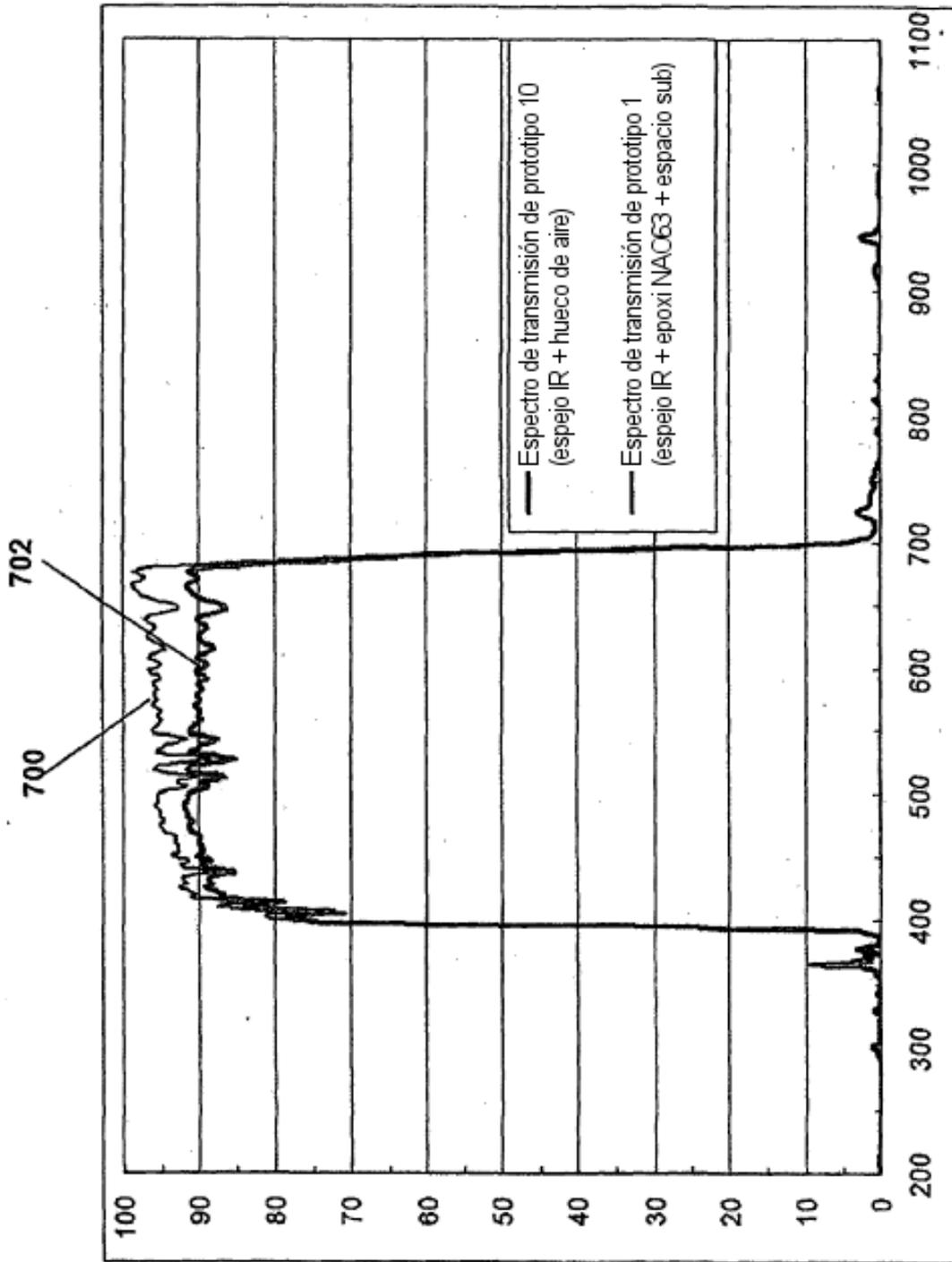


Fig. 7