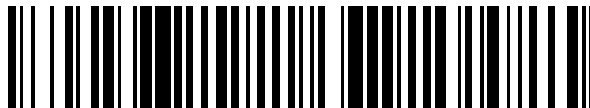


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 658**

51 Int. Cl.:

G02B 5/02 (2006.01)

G02B 5/28 (2006.01)

G02B 5/26 (2006.01)

H02S 40/44 (2014.01)

H01L 31/0525 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2015 PCT/EP2015/057904**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2015 WO15155356**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2015 E 15713958 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 3129810**

54 Título: **Módulo fotovoltaico solar**

30 Prioridad:

10.04.2014 WO PCT/EP2014/057256

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

04.03.2019

73 Titular/es:

**CSEM CENTRE SUISSE D'ELECTRONIQUE ET DE
MICROTECHNIQUE SA (100.0%)
Recherche et Développement, 1 rue Jaquet-Droz
2002 Neuchâtel, CH**

72 Inventor/es:

**BALLIF, CHRISTOPHE;
ESCARRE PALOU, JORDI;
PERRET-AEBI, LAURE-EMMANUELLE y
LI, HENGYU**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 702 658 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

Módulo fotovoltaico solar

5 Campo técnico

La invención se refiere al campo de los módulos fotovoltaicos solares. Más particularmente, la presente invención se refiere a un módulo fotovoltaico solar que comprende una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos colocada frente a un elemento fotosensible de los módulos fotovoltaicos solares.

10

Antecedentes de la invención

15 A pesar de la gran diversidad de tecnologías solares disponibles, los sistemas de energía solar todavía no se consideran tecnologías de corriente principal en la práctica de la construcción. Hasta ahora, la mayoría de los sistemas fotovoltaicos están optimizados solo para la eficiencia, lo que implica absorber un número máximo de fotones y, por lo tanto, conduce a una apariencia de color azul oscuro, e idealmente negro. La mayoría de las células fotovoltaicas en el mercado son células cristalinas con cintas de conexión que tienen un aspecto no estético.

20 Una de las razones de la falta de uso generalizado de las tecnologías solares para edificios es la falta de conocimiento de las posibilidades de integración entre los arquitectos y la falta de productos solares diseñados para la integración de edificios. En paralelo, hay una tendencia reciente a transformar los edificios desde los usuarios de energía a los productores de energía. El antiguo concepto generalizado de agregar paneles solares en el techo de un edificio ha evolucionado y se está haciendo un gran esfuerzo para fusionar la tecnología de la construcción con la ciencia y la tecnología de la energía fotovoltaica en lo que se denomina fotovoltaica integrada en el edificio (BIPV).

25 Se están buscando constantemente soluciones arquitectónicas, estructurales y estéticas para integrar elementos solares fotovoltaicos en los edificios, lo que permite la incorporación de la generación de energía en las estructuras cotidianas, tales como hogares, escuelas, oficinas, hospitales y todo tipo de edificios. Los módulos fotovoltaicos pueden tener una amplia variedad de funciones, tal como protección contra el ruido, seguridad, protección electromagnética, aislamiento térmico, etc. Los elementos fotovoltaicos también pueden utilizarse para combinar estas funciones con una función estética. Con este enfoque, los módulos solares fotovoltaicos se convierten cada vez más en elementos de construcción que sirven como exteriores de edificios, tal como fachadas y techos inclinados. Si se aplican bien, los módulos solares fotovoltaicos pueden aumentar el carácter y el valor de un edificio. Por supuesto, es importante que la eficiencia de conversión fotoeléctrica se mantenga alta.

35 Cuanto más tecnologías estén disponibles para crear efectos estéticos con células fotovoltaicas, más se aceptará la tecnología y disminuirán los costes. No solo la construcción de nuevos edificios se beneficiará de esta tendencia, sino también la mejora y la modificación de los edificios existentes. Los arquitectos que aplican módulos fotovoltaicos de manera inteligente pueden, como tales, contribuir en gran medida a la aceptación de esta tecnología.

40

Más particularmente, un número creciente de aplicaciones fotovoltaicas requieren células fotovoltaicas que tienen, dispuestas en su lado de la luz incidente, películas de color que satisfacen al mismo tiempo cuatro criterios fundamentales:

- 45
- las películas de color deben tener una transmisión muy alta cercano al infrarrojo;
 - se debe proporcionar una amplia gama de efectos de color en la reflexión;
 - la intensidad de la luz visible transmitida a través de las películas de color debe ser lo suficientemente pequeña como para que cuando se conecta a una célula fotovoltaica, esta célula fotovoltaica se vuelva invisible para un observador. La cantidad aceptable de luz visible transmitida dependerá del color y del contraste de color de las
- 50
- áreas de la célula fotovoltaica. La luz residual transmitida a través de la película de color se convierte en electricidad;
 - también se desea que el efecto de color de reflexión producido sea altamente insensible al ángulo de incidencia de la luz incidente en la película y/o al ángulo de visión de un observador colocado en el lado de la luz incidente del módulo fotovoltaico.

55

Una de las mejoras tecnológicas sería disponer de un módulo fotovoltaico solar que tenga un aspecto más estético que el aspecto clásico azul-negro. En otros enfoques, el vidrio de color frontal está integrado con los módulos fotovoltaicos, tal como se explica en la siguiente publicación: "Efficiency of silicon thin-film photovoltaic modules with a front colored glass; S.Pelisset et al., Proceedings CISBAT 2011, páginas 37-42". Este enfoque no cumple los

60

cuatro criterios mencionados. También es caro. En otros enfoques, se han iniciado soluciones tecnológicas para generar un color específico para una célula fotovoltaica mediante la deposición de recubrimientos antirreflectantes multicapa sobre dichos elementos fotovoltaicos, como se describe en el artículo: "Reduction of optical losses in colored solar cells with multilayer antireflection coatings; J.H.Selj et al., Solar Energy Materials & Solar Cells 95, páginas 2576-2582, 2011". Estos enfoques no permiten alcanzar los cuatro criterios ópticos mencionados y tienen

65

específicamente una alta dependencia angular del efecto de color que es inaceptable para las aplicaciones fotovoltaicas previstas.

En otro enfoque descrito en el documento EP 1837920 A1, una cubierta de transmisión de infrarrojos transmite luz cercana a infrarroja y refleja una parte de la luz visible, de modo que la película aparece con un cierto color. La luz visible es parcialmente reflejada por una multicapa dieléctrica. Para evitar que la luz visible se transmita a través de la película, se coloca una capa absorbente negra, tal como pintura negra, en el lado opuesto al lado de la luz incidente de la multicapa dieléctrica. La limitación de este enfoque es que el efecto de apariencia de color depende del ángulo incidente del haz de luz incidente. Además, el dispositivo descrito bloquea completamente toda la luz visible, haciéndolo menos adecuado para aplicaciones fotovoltaicas, ya que absorbe toda la luz visible transmitida residual. Aunque esta luz visible residual puede ser un pequeño porcentaje de la luz incidente en la película, es importante que las células fotovoltaicas conviertan esta luz residual en electricidad.

El objetivo de la presente invención es aportar un nuevo enfoque en este campo.

Sumario

La presente invención proporciona un nuevo módulo fotovoltaico solar que comprende una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos colocada frente a un elemento de conversión fotoeléctrico cercano al infrarrojo de un módulo fotovoltaico solar, permitiendo dicha cubierta de transmisión de infrarrojos proporcionar un aspecto coloreado de módulos fotovoltaicos solares. La invención se realizó mientras se buscaban soluciones innovadoras para integrar elementos fotovoltaicos en edificios y dar a estos elementos fotovoltaicos un aspecto estético, permitiendo que los elementos fotovoltaicos sean más atractivos para su integración en construcciones nuevas o existentes, tal como, por ejemplo, techos o fachadas.

Para ese problema, se ha encontrado una solución con el módulo fotovoltaico solar de la invención, que comprende una cubierta de transmisión de infrarrojos que pasa lo menos posible la porción de luz visible de la luz incidente a un elemento fotovoltaico o dispositivo de fotoconversión. La luz incidente se define como un haz de luz incidente que tiene al menos una porción visible de luz y al menos una porción de luz cercana a la infrarroja, definiéndose la luz visible como luz que tiene una longitud de onda de 380 nm a 700 nm, excluyendo 700 nm y la luz cercana a infrarroja se define como luz que tiene una longitud de onda entre 700 nm y 2000 nm. La hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, también definida como filtro de color, lámina de color u hoja de color, proporciona un aspecto de color homogéneo a un módulo fotovoltaico. La disposición de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos frente a dispositivos o elementos fotosensibles de infrarrojos permite ocultar a un observador los elementos de conexión, bordes u otras características y/o colores no estéticos de las partes fotosensibles de dichos dispositivos o elementos fotosensibles de infrarrojos.

El color percibido de la célula fotovoltaica que comprende dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos también es sustancialmente independiente del ángulo de incidencia de la luz incidente y/o del ángulo de visión del observador.

Al mismo tiempo, debe garantizarse que el elemento o dispositivo de fotoconversión debe mantener una eficiencia de fotoconversión aceptable, preferiblemente superior al 10 %. Por lo tanto, debe garantizarse una alta transmitancia cercana a infrarrojo de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos del módulo fotovoltaico solar.

La hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos también debe pasar luz visible residual que no se utiliza para crear el efecto de reflexión de color. La recuperación de esta luz residual es importante en el caso de que la hoja de color esté dispuesta en un dispositivo fotoeléctrico, porque cualquier pequeña mejora, incluso solo un porcentaje de la luz incidente, aumenta la eficiencia de conversión fotoeléctrica de la célula.

El módulo fotovoltaico inventado que comprende dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos permite proporcionar una solución al problema de proporcionar módulos fotovoltaicos solares con una estética mejorada y eficiencias de conversión aceptables para usar en aplicaciones BIPV. Permite proporcionar al módulo fotovoltaico un aspecto de color homogéneo, incluido el blanco, permite convertir la luz cercana a infrarroja y la luz visible residual que pasa a través de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos del módulo fotovoltaico en electricidad, y el aspecto coloreado del módulo fotovoltaico es sustancialmente independiente del ángulo de la luz incidente y/o del ángulo de visión.

Más específicamente, la invención se refiere a un módulo fotovoltaico solar que comprende las características definidas en la reivindicación 1.

La hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta en dicho elemento fotovoltaico del módulo fotovoltaico solar puede realizarse de acuerdo con diferentes tipos: un primer tipo, un segundo tipo y un tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos. La provisión de tres tipos complementarios de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, de los cuales al menos uno está dispuesto en dicho módulo fotovoltaico solar, permite cubrir una amplia gama de posibilidades de apariencia de color del módulo fotovoltaico solar para un observador.

Estos aspectos de color son sustancialmente independientes del ángulo de incidencia de la luz incidente y/o del ángulo de visión del observador.

Cada una de dicho primer tipo, segundo tipo y tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos comprenden dicha multicapa de interferencia y esta multicapa de interferencia se denomina la primera multicapa de interferencia, la segunda multicapa de interferencia y la tercera multicapa de interferencia en respectivamente un primer tipo, un segundo tipo y un tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos. Dicha primera multicapa de interferencia, dicha segunda multicapa de interferencia y dicha tercera multicapa de interferencia pueden ser tipos diferentes de multicapas de interferencia, pero siempre tienen las características de transmisión óptica mencionadas anteriormente de dicha multicapa de interferencia.

El módulo fotovoltaico solar puede comprender un elemento fotovoltaico bifacial o puede comprender dos elementos fotovoltaicos. En cada lado de un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial, o dos elementos fotovoltaicos dispuestos espalda con espalda, se puede colocar una cubierta de transmisión de infrarrojos. Se puede disponer un tipo diferente de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos a cada lado de dicho módulo fotovoltaico solar.

Un primer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos comprende al menos

- una hoja frontal dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos,
- una capa de dispersión dispuesta en dicha hoja frontal, hacia el lado opuesto al lado de la luz incidente,
- una primera multicapa dispuesta sobre dicha capa de dispersión, comprendiendo dicha primera multicapa al menos una primera multicapa de interferencia, comprendiendo dicha primera multicapa de interferencia al menos una capa de absorción.

Dicha hoja frontal, dicha capa de dispersión y dicha primera multicapa cooperan entre sí para formar dichos medios de transmisión de infrarrojos, dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión.

Dicho primer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos es una solución adecuada para las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos que tienen aspectos de color preferidos de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos para un observador, tal como los colores gris, marrón, terracota, dorado y rojo. A diferencia del segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, dicho primer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos es menos adecuado para los colores azul, verde y de alta luminancia.

Un segundo tipo de capa de cubierta de transmisión de infrarrojos comprende al menos

- un sustrato;
- una segunda multicapa dispuesta sobre dicho sustrato, comprendiendo dicha segunda multicapa al menos una segunda multicapa de interferencia, comprendiendo dicha segunda multicapa de interferencia al menos una capa de absorción, dicho sustrato y dicha segunda capa multicapa cooperan entre sí para formar dichos medios de transmisión de infrarrojos, dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión.

Dicho segundo tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos es una solución adecuada para las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos que tienen apariencias de color preferidas de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, tales como colores de tipo metálico, y es menos adecuado para hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos que tienen aspectos de color azul y verde.

Un tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos comprende al menos:

- una hoja frontal de absorción, dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos y que comprende sustancias que absorben al menos una porción de dicha luz visible incidente,
- una tercera multicapa dispuesta en dicha hoja frontal de absorción, hacia el lado opuesto al lado de la luz incidente, comprendiendo dicha tercera multicapa al menos una tercera multicapa de interferencia,

Dicha hoja frontal de absorción y dicha tercera capa multicapa cooperan entre sí para formar dichos medios de transmisión de infrarrojos, dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión.

Dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos es una solución adecuada para una amplia gama de posibles apariciones de color de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos y no hay un rango de color preferido para dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos.

El módulo fotovoltaico solar puede comprender diferentes tipos de capas que permiten tener una amplia flexibilidad de diseño de la apariencia de color del módulo fotovoltaico solar. En una realización, puede disponerse una capa de difusión de luz que comprende microperlas. En otra realización, se puede disponer una capa de dispersión. En una variante, dicha capa de difusión de luz puede combinarse con una capa de dispersión.

Además, dependiendo del tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos que se elija, se pueden usar capas encapsulantes específicas, tal como una capa encapsulante dopada con sustancias coloreadas.

En una realización, el módulo fotovoltaico solar puede comprender al menos una capa de protección, que es preferiblemente una capa de vidrio. Dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos puede estar dispuesta en dicha capa de protección. Dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos puede estar dispuesta a cada lado de dicha capa de protección. En el caso de un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial o dos elementos fotovoltaicos, se pueden colocar diferentes capas de protección y diferentes tipos de cubiertas de transmisión de infrarrojos a cada lado del módulo fotovoltaico solar.

El módulo fotovoltaico solar puede comprender al menos una capa antirreflectante dispuesta en dicha capa de protección o en dicha primera, segunda o tercera capa de cubierta de transmisión de infrarrojos.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo;
 La figura 2 ilustra la captura de luz de una porción de luz visible en una capa de alto índice de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos;
 La figura 3 muestra otra hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo;
 La figura 4 muestra una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo;
 La figura 5 muestra otra hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo;
 La figura 6a muestra una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;
 La figura 6b muestra otra hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;
 Las figuras 7a-d muestran diferentes variantes de una capa de dispersión de luz;
 Las figuras 8a-c muestran diferentes realizaciones de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;
 La figura 9 muestra un módulo fotovoltaico solar estándar de la técnica anterior;
 La figura 10a muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende una cubierta de transmisión de infrarrojos;
 La figura 10b muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende una cubierta de transmisión de infrarrojos y una capa de protección dispuesta en el lado de la luz incidente;
 La figura 10c muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende una capa de protección y una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta en la capa de protección, en el lado de la luz incidente;
 La figura 11a muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial y una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta en un primer lado del elemento fotovoltaico bifacial.
 La figura 11b muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial, una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta en un primer lado del elemento fotovoltaico bifacial, y una capa de protección dispuesta en la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos;
 La figura 11c muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial, una capa de protección dispuesta en un primer lado del elemento fotovoltaico bifacial y una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta en la capa de protección;
 La figura 12a muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial y una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta en cada lado del elemento fotovoltaico bifacial.
 La figura 12b muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial que comprende una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta a cada lado del elemento fotovoltaico bifacial, una capa de protección dispuesta en una primera hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos y una capa de hoja trasera dispuesta en una segunda hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos;
 La figura 12c muestra un módulo fotovoltaico solar que comprende un elemento fotovoltaico bifacial que comprende una capa de protección dispuesta a un lado del elemento fotovoltaico bifacial, una capa de hoja trasera dispuesta en un segundo lado del elemento fotovoltaico bifacial, y que comprende una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta en el primer y segundo lado del módulo fotovoltaico solar;
 La figura 13 muestra una tabla de colores con coordenadas de color CIE de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo;
 La figura 14a muestra las características de reflexión de las cubiertas de transmisión de infrarrojos de primer tipo que comprenden una capa de dispersión de ZnO;
 La figura 14b muestra las características de transmisión de las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo que comprenden una capa de dispersión de ZnO;
 La figura 15a muestra las características de reflexión de un primer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos que comprenden una capa de dispersión acrílica;
 La figura 15b muestra las características de transmisión de un primer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos que comprenden una capa de dispersión acrílica;
 La figura 16 muestra una tabla con las coordenadas de color CIE de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo que comprenden una capa de dispersión de ZnO;
 La figura 17 muestra otra tabla con coordenadas de color CIE de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo que comprenden una capa de dispersión acrílica;
 La figura 18a muestra la curva de densidad-tensión actual medida bajo la iluminación de un sol de un módulo fotovoltaico solar con y sin hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo;
 La figura 18b muestra una tabla con valores de tensión de circuito abierto (V_{oc}), factor de llenado (FF), densidad de corriente de cortocircuito (J_{sc}) y eficiencia de conversión (Ef.) medidos para un módulo fotovoltaico solar con y sin una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo;

La figura 19 muestra una tabla de colores con coordenadas de color CIE de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo y de una capa de referencia de oro;

La figura 20 muestra las características de reflexión y transmisión de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo y de una capa de referencia de oro;

La figura 21 muestra una tabla con coordenadas de color CIE de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo y de una capa de referencia de oro;

La figura 22a muestra la curva de eficiencia cuántica externa de un módulo fotovoltaico solar con y sin una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo;

La figura 22b muestra una tabla con valores de densidad de corriente de cortocircuito medidos para un módulo fotovoltaico solar con y sin una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo;

La figura 23 muestra una tabla de colores con coordenadas de color CIE de hojas de absorción y hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 24 muestra las características de transmisión de las hojas de absorción utilizadas en las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 25a muestra las características de reflexión de las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 25b muestra las características de transmisión de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 26 muestra una tabla con las coordenadas de color CIE de las hojas de absorción de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 27 muestra otra tabla con coordenadas de color CIE ejemplares de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 28a muestra una curva de densidad-tensión actual medida bajo la iluminación de un sol de un módulo fotovoltaico solar con y sin hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 28b muestra una tabla con valores de tensión de circuito abierto (V_{oc}), factor de llenado (FF), densidad de corriente de cortocircuito (J_{sc}) y eficiencia de conversión (Ef.) medidos para un módulo fotovoltaico solar con y sin una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo;

La figura 29 muestra una tabla con las coordenadas de color CIE de los colores preferidos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer, segundo y tercer tipos;

La figura 30 muestra la transmisión de luz visible de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos y la eficiencia cuántica externa (EQE) de un módulo fotovoltaico solar con la misma hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos unida en la parte superior por medio de una capa encapsulante;

La figura 31 compara, en una tabla de colores con coordenadas de color CIE, la variación de color de una cubierta de transmisión de infrarrojos de la técnica anterior con una cubierta de transmisión de infrarrojos usada para producir módulos fotovoltaicos solares de la presente invención.

Descripción detallada

Las figuras 10 a 12 se refieren a un módulo fotovoltaico solar 1, destinado a recibir luz incidente, que comprende:

- un elemento fotovoltaico 2, sensible a la luz cerca de infrarrojo,
- al menos una primera hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, dispuesta en un lado de dicho elemento fotovoltaico, que comprende:
 - medios de transmisión infrarrojos dispuestos para transmitir al menos el 65 % de la luz infrarroja incidente, definida entre 700 nm y 2000 nm, a través de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, definiéndose dicho 65 % como el valor de transmisión medio integrado en el rango de longitudes de onda entre 700 nm y 2000 nm. Dicha transmisión se define como la relación, expresada en %, de la luz cercana a infrarroja transmitida e incidente.
 - medios de transmisión de luz visible dispuestos para tener una transmisión de luz incidente de la menor longitud posible, con longitudes de onda inferiores a 600 nm, preferiblemente inferiores a 650 nm, más preferiblemente inferiores a 700 nm, excluyendo la longitud de onda de 700 nm, a través de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, denominada menos como sea posible, la transmisión es preferiblemente inferior al 20 %, preferiblemente inferior al 15 %, y más preferiblemente inferior al 10 %. Dicha transmisión se define como el promedio de los valores de transmisión medidos en cada longitud de onda inferior a 700 nm. Dicha transmisión se define como la relación, expresada en %, entre la luz visible transmitida y la incidente. Los valores de transmisión más bajos posibles permiten ocultar a un observador cualquier estructura subyacente del módulo fotovoltaico solar a un observador colocado en un lado de luz incidente.
 - medios de reflexión dispuestos para reflejar una porción de dicha luz visible incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, hacia el lado de dicha luz incidente. Dicha porción, también definida como luz visible reflejada o haz de luz visible devuelto o haz de luz visible reflejada, se define como una parte visible de la luz incidente, proporcionada por una fuente de luz, que se devuelve al lado de la fuente de luz que proporciona dicha luz incidente, siendo dicha porción preferiblemente superior al 10 %, preferiblemente superior al 20 % y más preferiblemente superior al 40 %. Como ejemplo, el 40 % de la luz visible incidente entre 500 nm y 600 nm puede ser reflejada por dichos medios de reflexión. Como otro ejemplo, el 15 % de la

luz visible incidente entre 450 nm y 550 nm puede reflejarse por dichos medios de reflexión. En lo sucesivo, la superficie de la luz incidente se define como una superficie de dicha célula fotovoltaica en la que incide la luz incidente, proporcionada por una fuente de luz. Dicha luz incidente puede ser directamente proporcionada y transmitida por una fuente de luz al módulo fotovoltaico solar 1, pero también puede ser luz proporcionada por la reflexión al menos parcial de la luz, proporcionada por una fuente de luz, de una superficie reflectante o dispersante, tal como una pared, un suelo o una superficie cubierta, por ejemplo, por nieve, sin limitación del tipo de dicha superficie reflectante o dispersante.

Dichos medios de transmisión de infrarrojos y dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión comprenden una multicapa de interferencia, teniendo dicha multicapa de interferencia una transmisión promediada de menos del 10 %, para luz visible incidente normal en dicha interferencia, definiéndose dicha incidencia normal como siendo paralela a una normal a una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4.

La intensidad de la luz visible transmitida a través de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 debería ser lo suficientemente pequeña para que cuando esté dispuesta en el elemento fotovoltaico 2, este elemento fotovoltaico 2 o algunas partes del elemento fotovoltaico 2 se vuelvan invisibles para un observador. La cantidad aceptable de luz visible transmitida dependerá del color y del contraste de color de las diferentes áreas del elemento fotovoltaico 2 y de la capa de hoja trasera 20.

Por ejemplo, una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, dispuesta en un panel solar que comprende elementos fotovoltaicos 2, que transmite el 30 % de la luz visible hace que los elementos fotovoltaicos individuales 2 sean visibles para un observador cuando se utiliza una capa de hoja trasera 20 de color blanco. Sin embargo, una capa de hoja trasera 20 de color negro da como resultado un aspecto homogéneo del panel solar 1 que hace que los elementos fotovoltaicos individuales 2 no se puedan distinguir. Los elementos fotovoltaicos, también definidos como células fotovoltaicas, que comprenden áreas de contraste claro-oscuro muy contrastadas, requieren que se transmita menos luz visible a través de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 para que la célula de PV 2, dispuesta detrás de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 sea invisible.

Cuando la hoja de cubierta de infrarrojos transparente 4 se aplica a un panel solar, la luz visible transmitida a través de esa hoja de cubierta transparente de infrarrojos 4 se convierte en electricidad.

La fuente de luz que proporciona la luz incidente a la célula fotovoltaica solar es preferiblemente una fuente de luz de banda ancha que cubre al menos un rango del espectro electromagnético que tiene longitudes de onda entre 380 nm y 2000 nm, pero puede ser una fuente de luz que emite luz en al menos una porción del espectro visible y en al menos una porción de la parte cercana a infrarrojo del espectro.

La invención se refiere más específicamente a un módulo fotovoltaico solar 1 que puede comprender una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo, o una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo, o una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo, o dos de dichos tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, estando dispuestas dichas hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer, segundo y tercer tipo para proporcionar una solución técnica para dichos medios de transmisión de infrarrojos, dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión. Dichas hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos también se definen a continuación como películas de color.

La figura 1 ilustra una realización de la invención correspondiente a dicho primer tipo 1 de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos. Una hoja frontal 210 está dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. Dicha hoja frontal 210 se basa en un material seleccionado del grupo que comprende vidrio, tereftalato de polietileno (PET), policarbonato (PC), naftalato de polietileno (PEN), metacrilato de polimetilo (PMMA), poliésteres, polietileno (PE), polipropileno (PP), furanoato de polietileno, polímeros a base de condensados de poli(bis-ciclopentadieno), polímeros a base de flúor, poliimida incolora (CP), celulosa, polímeros PEEK y una combinación de los mismos. La opción de elegir uno de estos materiales o una combinación permite proporcionar una amplia gama de soluciones en términos de resistencia mecánica, rigidez, resistencia a los impactos, impermeabilidad al agua y resistencia a la temperatura y radiación UV para dicha hoja frontal.

Una capa de dispersión 220 está dispuesta en dicha hoja frontal 210. Dicha capa de dispersión 220 comprende, en el lado opuesto a la luz incidente 10, una superficie estructurada 221a que comprende nanocaracterísticas de superficie 221 dispuestas para dispersar al menos una porción de dicha luz visible incidente 10. Dichas nanocaracterísticas de superficie 221 pueden tener una distribución aleatoria o periódica, definiéndose dicha distribución sustancialmente en el plano de dicha capa de dispersión 220. En una variante en la que dichas nanocaracterísticas de superficie 221 tienen una distribución aleatoria, las alturas de los picos de dichas características de superficie nanoestructuradas tienen una desviación cuadrática media (sRMS) menor que 200 nm, preferiblemente comprendida entre 10 nm y 75 nm. Las dimensiones laterales de dichas nanocaracterísticas superficiales se definen por su longitud de correlación (L) que se calcula como el radio donde el pico de autocorrelación cae a 1/e de su valor máximo, asumiendo una forma circular. Dicha longitud de correlación (L) es menor que 1 micrómetro, pero preferiblemente está comprendida entre 100 nm y 500 nm.

En una variante, dichas nanocaracterísticas de superficie 221 tienen una distribución periódica, definiéndose dicha distribución sustancialmente en el plano de dicha capa de dispersión 220, la altura de pico a valle de cada período es menor que 1 micrómetro, y está preferiblemente comprendida entre 100 nm y 300 nm. El período de distribución de dichas nanocaracterísticas de superficie 221 es menor que 2 micrómetros, y preferiblemente está comprendido entre 200 nm y 500 nm.

El índice de refracción de dicha capa de dispersión 220 está comprendido generalmente entre 1,48 y 2,3. El material de dicha capa de dispersión 220 puede ser una resina de curado térmico o UV, que puede haberse realizado mediante estampado o moldeado. Dicha capa de dispersión 220 también puede ser un material recubierto hecho crecer de tal manera que proporcione una textura que tenga nanoestructuras que tengan una forma predeterminada, tal como una forma piramidal. El material de dicha capa de dispersión 220 puede elegirse del grupo que comprende ZnO, SnO₂:F, resinas acrílicas o epoxi basadas en epoxi, curables térmicamente o por UV, o una combinación de las mismas. Una capa de ZnO puede realizarse mediante técnicas de deposición tal como Deposición de Vapores Químicos a Baja Presión (LPCVD). Dicha capa de ZnO tiene un índice de refracción sustancialmente cercano a 2 y puede, bajo ciertas condiciones, crecer de modo que se formen nanocaracterísticas de superficie 221 piramidales de ZnO en dicha capa de dispersión 220. Bajo ciertas condiciones, como las descritas en "Rough ZnO layers by LPCVD process and their effect in improving performances of amorphous and microcrystalline silicon solar cells; S. Fay et al. Solar Energy Materials & Solar Cells 90, páginas 2960 (2006)", la deposición de ZnO por LPCVD produce capas que tienen una estructura columnar que consiste en microcristales cónicos. Dichos microcristales emergen hacia la superficie de dicha capa de ZnO formando nanocaracterísticas superficiales con forma piramidal. El tamaño de dichas nanocaracterísticas superficiales aumenta con el espesor de la capa de dispersión 220. Los espesores entre 400 nm y 2 μm conducen a las nanocaracterísticas 221 preferidas cuando se utiliza una capa de dispersión 220 hecha de ZnO.

Alternativamente, dicha capa de dispersión 220 puede estar hecha de SnO₂:F depositada por deposición química de vapor a presión atmosférica (APCVD). Las nanocaracterísticas piramidales 221 se pueden obtener en la superficie de dicha capa de dispersión 220 adaptando los parámetros de deposición tales como temperatura, tiempo de deposición, precursor de estaño, aditivos o tasa de crecimiento. Dicha capa de dispersión 220 puede ser una combinación de al menos una capa de ZnO y al menos una capa de SnO₂:F. Otra técnica para obtener una superficie estructurada 221a para dicha capa de dispersión 220 es raspar, mediante ataque químico, tratamiento con plasma o técnicas mecánicas, la superficie de dicha hoja frontal 210 hacia el lado opuesto a la luz incidente. Una técnica de texturización ejemplar comprende la etapa de grabar químicamente la superficie de una hoja frontal de vidrio con una solución de ácido fluorhídrico. En una variante, una capa plana de ZnO se deposita sobre una hoja frontal de vidrio mediante pulverización catódica y la técnica de texturización comprende la etapa de grabar químicamente la capa de ZnO en una solución de ácido clorhídrico. En otra variante, la técnica de texturización comprende la etapa de grabar la superficie de una hoja frontal polimérica 210 basada en poliéster utilizando plasma de oxígeno-argón. La textura de dicha capa de dispersión 220 también se puede obtener estampando en relieve una lámina u hoja polimérica o imprimiendo una resina acrílica térmica curable por UV.

Una primera multicapa 230, ilustrada en la figura 1, está dispuesta en dicha capa de dispersión 220, hacia el lado de dicha capa de dispersión 220 opuesta a la luz incidente. Dicha primera multicapa 230 comprende una primera multicapa de interferencia, definida como primer filtro interferencial, y está diseñada y dispuesta para proporcionar una reflexión parcial de una porción de la luz visible incidente y una transmisión sustancialmente total de dicha parte del espectro cerca de infrarrojo.

Dicho primer filtro interferencial está formado por una pila de capas, teniendo cada capa de dicha pila un índice de refracción diferente al de la capa adyacente de dicha pila de capas. Los materiales de dicha pila de capas se eligen del grupo que comprende TiO₂, Nb₂O₅, Ta₂O₅, ZrO₂, Al₂O₃, SiO₂, Si₃N₄, MgF₂ y dicha pila de capas comprende al menos una capa elegida del grupo que comprende silicio amorfo (a-Si:H), silicio microcristalino (μc-Si:H), aleaciones de óxido de silicio (SiOx), germanio (Ge), aleaciones de silicio-germanio (SiGe). Al menos una de las capas de dicha multicapa 230 comprende una capa absorbente dispuesta para absorber una fracción de dicha luz incidente visible.

La gran variedad de materiales posibles que se pueden usar para formar dicha primera multicapa de interferencia permite proporcionar una amplia gama de capacidades de diseño para proporcionar una amplia gama de posibilidades para crear una apariencia de color específica de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo 4 para un observador posicionado en su lado de luz incidente.

En una disposición elegida ventajosamente, la primera capa 231 de dicho primer filtro interferencial es una capa de alto índice de dicho primer filtro interferencial, definiéndose dicha capa de alto índice como la capa de dicho primer filtro interferencial que tiene el mayor índice de refracción de las diferentes capas que constituyen dicho primer filtro interferencial. Al disponer dicha capa de alto índice 231 en dicha superficie texturizada 221a de dicha capa de dispersión 220, y al disponer el tamaño y la distribución de dichas características de superficie 221, una porción 261 del espectro de luz visible se dispersa en dicha capa de alto índice 231 y dicha porción 261 es guiada, por múltiples reflexiones y dispersión, en dicha capa de alto índice 231.

La figura 2 ilustra la captura de luz de una porción 261 de la luz visible en dicha capa de alto índice. Una capa de índice de refracción alto 231 rodeada por medios de índice bajo, 232 y 220, se comporta como una guía de onda óptica. Si la textura en la interfaz 221a de dicho medio está adaptada para dispersar una porción de la luz visible incidente, dicha porción 261 quedará atrapada por la reflexión interna total dentro del medio de alto índice 231 y su absorción aumentará a medida que la trayectoria de luz de dicha porción 261 en dicha capa de alto índice 231 se incrementa considerablemente. La absorción de la fracción 262 de luz visible 10 que no se dispersa en las interfaces es baja y dicha fracción 262, definida como el haz de luz visible transmitido, se transmite a las capas de dicho primer filtro interferencial dispuesto en el lado opuesto al lado de la luz incidente. La cantidad de dispersión en dicha interfaz 221a depende de la longitud de onda efectiva de la luz incidente en dicha interfaz 221a, y está relacionada con el índice de refracción de la capa ondulada 220 mediante la siguiente expresión: $\lambda_{ef} = \lambda/n_{capa}$, definiendo λ la longitud de onda de la luz en el aire. Por lo tanto, la absorción de luz en dicha multicapa 230 y, por lo tanto, en dicha capa de cubierta de transmisión de infrarrojos puede adaptarse a una cantidad predeterminada modificando la dimensión de las características de dispersión 221 y/o el índice de refracción de la capa de dispersión 220.

Diseñando y disponiendo ventajosamente dicha capa de dispersión 220 de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo, una porción preseleccionada de dicha luz visible incidente 10 puede dispersarse e incorporarse y guiarse hacia la primera capa de la primera multicapa de interferencia y proporcionar dicha la porción predeterminada es una longitud de trayectoria efectiva larga y así obtener una alta absorción en dicha primera capa, que es preferible una capa de alto índice de refracción. Al elegir selectivamente la porción absorbida de luz visible, uno puede tener un parámetro de diseño adicional para proporcionar una apariencia de color específica de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo para un observador colocado en su lado de luz incidente.

Por ejemplo, al diseñar y disponer las características de superficie 221 de dicha capa de dispersión 220 de modo que la longitud de correlación (L) de dichas características de superficie 221 sea sustancialmente cercana a 120 nm y eligiendo ventajosamente el espesor de dicha capa de alto índice 231 así como el material apropiado, dicha capa de alto índice 231 puede diseñarse y disponerse para absorber selectivamente al menos una porción de la parte de luz azul y verde del espectro, definida como el rango de longitudes de onda entre 380 nm y 580 nm. Al absorber una porción de la parte azul y verde del espectro visible, la parte visible reflejada del espectro, mediante dicho filtro interferencial, comprenderá todo el espectro visible, excluyendo dicha porción absorbida de luz azul y verde, de modo que la aparición de dicho filtro interferencial, visto por un observador posicionado en el lado de la luz incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, es rojo, marrón o de color terracota debido a que sustancialmente solo la parte roja de la luz visible incidente se refleja en dicho filtro interferencial, en el lado de la luz incidente.

En una variante, cualquier capa de dicha primera multicapa 230 puede estar dispuesta para mejorar la captura de luz, y como tal mejorar la absorción de una porción de dicha luz visible incidente, en esa capa. En una variante, más de una capa de dicha multicapa puede estar dispuesta para mejorar la captura de luz y así mejorar dicha absorción. En otra variante, al menos una estructura de rejilla de difracción puede estar dispuesta en dicha multicapa.

En una variante, mostrada en la figura 3, una primera capa encapsulante 240 puede estar dispuesta en dicha primera multicapa 230, hacia el lado opuesto al lado de la luz incidente. Ejemplos de materiales encapsulantes se basan en un material elegido entre etileno acetato de vinilo (EVA), polivinil butiral (PVB), acetato de polivinilo (PVA), poliuretano (TPU), poliolefina térmica (TPO), elastómeros de silicona, resinas epoxídicas y combinaciones de los mismos.

La disposición de una capa de encapsulante 240 en dicha primera multicapa 230, en el lado opuesto de la luz incidente, permite proporcionar una solución para mejorar la adherencia de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo a una superficie tal como un elemento de fotoconversión infrarroja o similar. Si la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos se aplica sobre un elemento de fotoconversión de infrarrojos, la capa encapsulante 240 junto con la hoja frontal tiene la función de proteger el elemento de fotoconversión de infrarrojos, a partir de la acción combinada de las condiciones cambiantes de temperatura y humedad del entorno, y garantiza una alta fiabilidad a largo plazo del elemento de fotoconversión de infrarrojos. El uso de los materiales mencionados de dicha capa de encapsulación proporciona una amplia gama de soluciones para dicha capa de encapsulante.

En una realización, se puede disponer una capa difusora adicional en dicha hoja frontal 210 para dar una apariencia mate y/o para reducir la reflexión total de dicha capa de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. Dicha capa de difusión puede estar dispuesta en una lámina adicional dispuesta en dicha primera capa de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. En una realización, dicha hoja frontal 210 puede comprender al menos una superficie texturizada o rugosa. En una variante, al menos un revestimiento antirreflectante puede estar dispuesto en dicha hoja frontal 210.

La figura 4 ilustra una realización de la invención correspondiente a dicho segundo tipo de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos.

En la realización de la figura 4, una segunda multicapa 320 está dispuesta en una hoja frontal 310. Dicha segunda multicapa 320 comprende al menos una segunda capa interferencial, siendo dicha segunda capa interferencial

similar a la primera capa interferencial de la realización de las figuras 1, 2, 3, explicada en los párrafos [00041] a [00043], con la diferencia de que dicho segundo filtro interferencial no tiene textura, pero tiene una forma plana sustancial, que comprende una pila de capas sustancialmente paralelas a la superficie de dicho sustrato frente a dicha luz incidente 10. Además, dicho segundo filtro interferencial comprende al menos una capa dispuesta para absorber una porción de la luz incidente visible 10. Los materiales de dicha capa absorbente se basan en un material elegido entre aleaciones de a-Si, $\mu\text{-Si:H}$, SiOx, Ge, SiGe, o su combinación. Se pueden elegir otros materiales de absorción de luz visible en la medida en que sean sustancialmente transparentes a la luz cercana a infrarrojo. En una variante, todas las capas pueden estar basadas en materiales que absorben la luz visible y cada una de las capas puede tener diferentes absorciones para diferentes porciones de la luz visible.

La disposición de al menos una capa absorbente, en dicha segunda multicapa de interferencia, que absorbe una porción de la luz visible incidente en dicho segundo tipo de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, permite proporcionar aspectos específicos del color similar al metálico de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo para un observador posicionado en su lado de luz incidente. Materiales tales como a-Si, SiOx, Ge, SiGe, se pueden usar en dicha al menos una capa absorbente, ya que tienen una mayor absorción en la parte azul del espectro que en la parte roja del espectro. El uso de materiales poliméricos en dicha al menos una capa absorbente que comprende pigmentos y tintes permite tener materiales con una mejor absorción de las proporciones verde o roja del espectro visible que la parte azul del espectro, lo que permite ampliar el rango de apariencias de color de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos que se puede obtener.

Dicha segunda multicapa de interferencia de dicha segunda hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos puede comprender una pluralidad de capas poliméricas dispuestas de manera que las capas de polímero adyacentes tengan diferentes índices de refracción. Dicha segunda multicapa de interferencia puede estar hecha de un polímero, más específicamente de un material seleccionado del grupo que comprende poliestireno (PS), policarbonato (PC), polietileno (PE), polimetilmetacrilato (PMMA), y comprende al menos una capa polimérica hecha parcialmente absorbente a la luz visible mediante la adición de pigmentos o tintes a dicha capa polimérica.

El uso de polímeros para dicha segunda multicapa de interferencia permite proporcionar posibilidades de diseño alternativas de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos, especialmente en los casos en los que se desea una flexibilidad mejorada de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos.

Dicha hoja frontal 310 se puede hacer de un material seleccionado del grupo que comprende vidrio, tereftalato de polietileno (PET), policarbonato (PC), naftalato de polietileno (PEN), metacrilato de polimetilo (PMMA), poliésteres, polietileno (PE), polipropileno (PP), furanoato de polietileno, polímeros a base de condensados de poli(bis-ciclopentadieno), polímeros a base de flúor, poliimida incolora (CP), celulosa, polímeros PEEK y una combinación de los mismos. La opción de elegir uno de estos materiales o una combinación permite proporcionar una amplia gama de soluciones en términos de resistencia mecánica, rigidez, resistencia a los impactos, impermeabilidad al agua y resistencia a la temperatura y radiación UV para dicha hoja frontal.

En una realización, mostrada en la figura 5, una segunda capa de encapsulación 330 puede estar dispuesta en dicha segunda capa interferencial, hacia el lado alejado de dicha hoja frontal 310. La disposición de una segunda capa encapsulante 330 en dicha segunda multicapa permite proporcionar una solución para mejorar la adherencia de dicho segundo tipo de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 a un elemento subyacente tal como una hoja de vidrio o un módulo de elemento fotosensible a los infrarrojos o similar. La capa encapsulante combinada con dicha hoja frontal 310 tiene la función de proteger el dispositivo subyacente e invisible a partir de la acción combinada de las condiciones cambiantes de temperatura y humedad del ambiente y permite garantizar una alta confiabilidad a largo plazo.

En una realización, dicha hoja frontal 310 puede comprender una capa de dispersión de luz 160. Las figuras 7a-d muestran diferentes variantes de una capa de dispersión de luz 160. La figura 7a muestra una capa de dispersión de luz 160 que comprende un material aglutinante 161 y al menos una pluralidad de zonas 162 que tienen un índice de refracción diferente que dicho material aglutinante. Dichas zonas pueden comprender microperlas 163 que son transparentes a la luz infrarroja, siendo dichas microperlas 163 perlas sustancialmente esféricas 163, pero pueden tener otra forma y tener un diámetro típico entre 0,5 μm y 100 μm . Dichas microperlas 163 están dispuestas para dispersar y difundir al menos una porción de la luz visible.

La diferencia de índice de refracción entre dichas microperlas 163 y dicho material aglutinante 161 se elige de modo que proporcione suficiente dispersión de luz. Para obtener dicha diferencia de índice de refracción, las microperlas pueden disponerse para dejar huecos entre dichas microperlas, o también pueden usarse microperlas huecas o microperlas que tienen una superficie recubierta. La forma de dichas microperlas puede ser esférica, pero también pueden usarse perlas de forma irregular. Las microperlas 163 tienen un diámetro medio preferido menor de 100 μm , preferiblemente entre 1 μm y 50 μm .

Dichas microperlas 163 pueden estar hechas de materiales elegidos del grupo de polímeros acrílicos, polimetilmetacrilato (PMMA), poliestireno (PS), polietileno, vidrio, sílice, polisilsesquioxano, silicona o alúmina. Dicho material aglutinante puede ser una resina de base acrílica que se polimeriza bajo radiación UV. Dicho material

aglutinante puede hacerse poroso o puede contener partículas pequeñas, por ejemplo, partículas basadas en TiO_2 de alto índice de refracción. Ejemplos de dichas hojas de sustratos poliméricos son los que se usan típicamente como difusores de fondo en pantallas de pantalla de cristal líquido (LCD), como la lámina Optigrafix DFPM de Grafix Plastics (Ohio).

5 Dicha capa de dispersión de luz 160 puede realizarse de diferentes maneras, ilustradas en las figuras 7a-d.

10 En una variante mostrada en la figura 7b, se utiliza una lámina de polímero 160a como vehículo para un aglutinante que comprende microperlas 163. La figura 7c muestra una variante en la que una capa encapsulante 160b comprende dichas microperlas 163, dicha capa encapsulante 160b puede servir como una capa de adherencia de dicha hoja frontal 310 a dicha segunda multicapa 320. En la variante de la figura 7d, una capa encapsulante adicional está dispuesta a ambos lados de dicha capa de dispersión de luz 160. La disposición de una capa encapsulante a ambos lados de dicha lámina de polímero permite disponer dicha capa de dispersión de luz 160 entre dicha hoja frontal 310 y dicha segunda multicapa 320. Dicha lámina portadora de polímero puede fijarse a 15 dicha hoja frontal mediante pegado, prensado en caliente o un proceso de laminación. Dicha lámina de polímero de soporte puede estar hecha de polietileno (PET) o policarbonato (PC). La disposición de una superficie texturizada y/o una capa de microperlas comprendidas en dicha capa de absorción amplía las posibilidades de diseño de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, especialmente en los casos en los que se desea una apariencia mate de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4.

20 La figura 6a ilustra una realización de dicho tercer tipo de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4.

25 Dicho tercer tipo de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 comprende al menos una hoja de absorción 140 y una tercera multicapa 120. En la realización de la figura 6a, dicha tercera multicapa 120 está dispuesta directamente sobre dicha hoja de absorción 140, también definida como un filtro de color 140. En una realización preferida de la realización de la figura 6a, dicha tercera multicapa 120 se deposita capa por capa sobre dicha hoja de absorción.

30 Dicho filtro de color 140 puede ser un filtro de color comercial o puede ser una hoja de absorción que comprende sustancias absorbentes que absorben al menos una porción de dicha luz incidente, siendo dicha hoja de absorción 140 transparente a la luz infrarroja. Dichas sustancias absorbentes pueden ser pigmentos o tintes incorporados en un material seleccionado del grupo que comprende vidrio, tereftalato de polietileno (PET), policarbonato (PC), naftalato de polietileno (PEN), metacrilato de polimetilo (PMMA), poliésteres, polietileno (PE), polipropileno (PP), furanoato de polietileno, polímeros a base de condensados de poli(bis-ciclopentadieno), polímeros a base de flúor, poliimida incolora (CP), celulosa, polímeros PEEK y una combinación de los mismos.

35 En una realización, dicha hoja de absorción 140 puede comprender varias capas, absorbiendo cada capa una porción diferente de la luz incidente visible. Una capa puede, por ejemplo, tener una mayor transparencia para la luz roja y otra capa puede tener una mayor transparencia a la luz azul, de modo que se obtenga una apariencia púrpura de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4.

40 La adición de sustancias colorantes que absorben una porción de la luz visible incidente a una hoja de absorción que es transparente para la luz visible y cercana a infrarrojo, permite proporcionar un tercer tipo de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 que tiene una amplia gama de opciones de aspecto de color predeterminadas. Como no hay compatibilidad entre todos los tintes y plásticos, un gran número de materiales plásticos y combinaciones elegibles permiten proporcionar una amplia gama de posibilidades para crear una apariencia de color específica de dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos para un observador posicionado en su lado de luz incidente.

45 Dicha tercera multicapa 120 comprende al menos una tercera multicapa de interferencia que comprende capas hechas de materiales elegidos del grupo que comprende TiO_2 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , ZrO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , Si_3N_4 , MgF_2 , a-Si, c-Si:H, Ge, SiO_x , SiGe. La combinación de dicha tercera multicapa con dicha hoja frontal de absorción 140 permite reflejar de nuevo al lado de la luz incidente la porción de luz visible que no es absorbida por la hoja frontal de absorción. La función principal de dicha tercera multicapa es garantizar la opacidad de las cubiertas de transmisión de infrarrojos del tercer tipo para la luz visible, y como tal asegurar que la luz visible sea transmitida por el tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos.

50 En una realización, dicha hoja de absorción 140 puede ser una capa encapsulante que comprende tintes o pigmentos añadidos. Los materiales típicos a usar en tal realización son etileno acetato de vinilo coloreado (EVA) o polivinil butiral (PVB). Ejemplos de hojas de absorción 140 basadas en encapsulantes son láminas de color Evalam de Hornos Industriales Pujol S.A. o láminas de PVB de colores de la división Trosifol del Grupo Kuraray en Japón.

55 En una realización de dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, ilustrada en las figuras 8a-c, una tercera capa de encapsulación 180 puede estar dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha tercera multicapa 120. La ventaja de usar dicha tercera capa encapsulante 180 es proporcionar una solución para colocar la tercera multicapa 120 en la hoja de absorción 140 cuando dicha hoja de absorción 140 no se basa en un material

encapsulante y la tercera multicapa interferencial 120a ha sido dispuesta sobre un sustrato diferente 120b que la propia hoja de absorción 140. El tercer material encapsulante 180 puede colorearse ampliando la gama de colores posibles permitiendo la combinación de hojas de absorción 140 con encapsulantes coloreados 180. En una variante, una cuarta capa de encapsulación adicional 130 adicional puede estar dispuesta en dicha tercera capa de interferencia, hacia el lado alejado de dicha hoja de absorción 140. En una variante, una tercera y una cuarta capas de encapsulación pueden estar dispuestas en ambos lados de dicha tercera multicapa 120. La ventaja de disponer una cuarta capa de encapsulación 130 en dicha tercera capa interferencial es proporcionar una solución para organizar, adaptar o arreglar dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos a un dispositivo fotosensible a los infrarrojos.

En un ejemplo de realización, dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 se puede realizar mediante el montaje o laminación de dos capas, una primera capa que comprende dicha hoja de absorción 140 y una segunda capa que comprende dicha tercera multicapa 120 en la cual una capa de encapsulación 180 se ha dispuesto en el lado de la luz incidente. Dichas dos capas se pueden montar mediante prensado en caliente o una técnica de laminación. En una segunda variante de realización, una primera capa comprende una hoja frontal 170 y una segunda capa comprende dicha tercera multicapa 120 que comprende una hoja de absorción que es un material de encapsulación coloreado. En dicha segunda variante, dicha primera capa y dicha segunda capa pueden montarse mediante prensado en caliente o mediante una técnica de laminación.

En una realización, una capa de dispersión de luz 160, similar a la descrita en los párrafos [00059] a [00063] para dicha segunda hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, puede estar dispuesta en dicha hoja de absorción. En una variante, dicha capa de dispersión de luz 160 puede comprender una capa encapsulante, de modo que dicha hoja de absorción pueda disponerse sobre dicha capa de dispersión de luz 160, por ejemplo, mediante una técnica de laminación o una técnica de prensado en caliente. En un ejemplo de realización, dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos se puede realizar mediante el montaje o laminación de tres capas, una primera capa que comprende dicha hoja de absorción 140, una segunda capa que comprende dicha capa de dispersión de luz 160 sobre la cual se ha dispuesto una capa de encapsulación 160b en el lado de luz incidente y una tercera capa que comprende dicha tercera multicapa 120 en la que se ha dispuesto una capa de encapsulación 180 en el lado de luz incidente. Dichas tres capas se pueden montar mediante prensado en caliente o una técnica de laminación.

En una realización de dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, la superficie de dicha hoja de absorción a la luz incidente 10 puede ser una superficie rugosa, definida como una superficie que puede dispersar la luz visible incidente, estando dispuesta dicha superficie texturizada para dar una apariencia mate y/o reducir la reflexión total de dicha tercera hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos.

En una realización de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, se puede disponer una capa de difusión de luz visible 150 en el lado de la luz incidente de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, dicha capa difusora de luz visible 150 está dispuesta para dar una apariencia mate y/o para reducir la reflexión total de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. Dicha capa difusora de luz visible 150 puede estar dispuesta en una lámina adicional, estando dispuesta dicha lámina adicional en dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos. Las capas de difusión de luz a modo de ejemplo comprenden una lámina polimérica con características retrorreflectantes en relieve en su superficie. Estas características retrorreflectantes, que suelen estar en el rango de micrómetro-milímetro, pueden tener una forma piramidal, cúbica o lenticular. En otro ejemplo, la capa difusora de luz consiste en una hoja de vidrio texturizada mediante chorro de arena de su superficie. La disposición de una capa difusora de luz visible a cualquiera de los tres tipos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 amplía las posibilidades de diseño de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, especialmente en los casos en que se desea una apariencia similar de dichos tres tipos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4.

En una realización de dicho primer, segundo y tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, puede disponerse un revestimiento antirreflectante para la superficie de la luz incidente. Un revestimiento antirreflectante ejemplar consiste en una sola capa hecha de MgF_2 . En otro ejemplo, el revestimiento antirreflectante puede comprender tres capas hechas de Al_2O_3 , ZrO_2 y MgF_2 .

En una realización de dicho primer, segundo y tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, se puede disponer una capa encapsulante 400 adicional en el lado de la luz incidente de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. Dicha capa encapsulante 400 adicional permite proporcionar una solución para mejorar la adherencia de dicho tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 a un sustrato tal como una capa de vidrio. Dicha capa encapsulante 400 adicional combinada con la hoja frontal tiene la función de proteger, por ejemplo, un dispositivo de fotoconversión subyacente de la acción combinada de las condiciones cambiantes de temperatura y humedad del ambiente y permite garantizar una alta fiabilidad de una fotoconversión subyacente durante al menos 20 años.

En una realización de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, se puede disponer una capa encapsulante 400 adicional en el lado de luz incidente de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 y se puede disponer una capa encapsulante adicional en el

lado opuesto de la luz de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. La disposición de una capa encapsulante en cada uno de los dos lados de dicho primer, segundo y tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 permite colocar y fijar dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 en un primer elemento colocado en el lado de la luz incidente de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 y un segundo elemento colocado en el lado opuesto a la luz incidente de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. Dicho primer y dicho segundo elementos pueden estar hechos de un material rígido o al menos uno de dichos primer o segundo elementos puede ser un elemento flexible, tal como una capa de polímero. En una realización de dicho primer, segundo y tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, la apariencia de color puede no ser uniforme y las características estructurales de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de hoja de cubierta 4 pueden estar dispuestas para obtener apariencias multicolor a un observador, pudiendo representar dichas apariencias de color, por ejemplo, logotipos, símbolos, adiciones, banderas.

1) Colores preferidos para cada uno de los tres tipos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4.

La película de color 4 del tercer tipo permite obtener una gran variedad enorme de apariencias de color. La apariencia coloreada se debe principalmente al filtro de absorción 140 dispuesto en dicho tercer tipo de película de color 4, y hay varios productos comerciales disponibles para dicho filtro de absorción 140: Trosifol (láminas de colores basadas en poli(vinil butiral) (PVB), Roscolux (láminas de colores basadas en policarbonato y materiales de poliéster) o filtros Lee. Por lo tanto, es posible una gran gama de colores para el tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, por lo que no hay una región de color preferida en el diagrama CIE.

Las películas de color 4 del primer tipo son adecuadas para una gama de colores más estrecha que las películas de color del tercer tipo. El material de absorción que se utiliza principalmente en las películas de color 4 del segundo tipo es a-Si, que se absorbe principalmente en longitudes de onda cortas (es decir, más pequeñas que 480 nm). Al utilizar a-Si como material absorbente en dicho primer tipo de multicapa 230, dicho primer tipo de película de color es más adecuado para producir colores de baja luminancia tales como: gris, marrón, terracota, amarillo-naranja y rojizo.

El segundo tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 puede elegirse para colores preferidos similares a los de una película de color de primer tipo, pero con la excepción de los colores gris oscuro y marrón. Los colores obtenidos utilizando el segundo tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 tienen una mayor luminancia y tienen un aspecto más metálico que dicho tercer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, incluso si las coordenadas CIE son similares.

La siguiente tabla resume los colores preferidos para los tres tipos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4.

Tabla 1. Colores preferidos para cada tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos.

| Opción de lámina de color | Colores preferidos | Colores posibles |
|---------------------------|--|--|
| III | Todos | Todos |
| I | Gris oscuro, marrón, terracota, dorado y rojizo. | Colores azules, verdes y de alta luminosidad en general. |
| II | Oro, cobre, plata (colores metálicos), blanco, gris claro. | Azul y verde |

La figura 29 muestra una tabla que define las coordenadas de color de los colores preferidos de la Tabla 1 que se pueden obtener para el primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. El área dentro del diagrama CIE que cubre cada uno de los colores preferidos está definida por las coordenadas x10 e y10 de los cuatro puntos de la esquina que delimitan dicha área. En la tabla de la figura 29, los colores blanco y gris claro del filtro de color tipo II se realizan mediante una realización que comprende una capa de difusión (160) que permite obtener una apariencia mate.

En general, se entiende que la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos puede adaptarse a la textura y/o al color del elemento fotovoltaico 2 que tiene que estar oculto por la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4, y también puede adaptarse al contraste de color entre elementos fotovoltaicos 2 y capas de hoja trasera 20. Más precisamente, la luz visible residual aceptable que se transmite por las cubiertas de transmisión de infrarrojos 4 siempre es inferior al 20 % de la intensidad total de la luz incidente en la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. En algunos casos, esta intensidad de luz transmitida residual debe ser inferior al 15 %, incluso inferior al 10 % o incluso inferior al 5 %, por ejemplo, en el caso de células fotovoltaicas altamente reflectantes o células fotovoltaicas que comprenden elementos altamente reflectantes, tales como partes metálicas.

En general, también se entiende que hay diferentes formas de gestionar la luz transmitida a través de las cubiertas de transmisión de infrarrojos.

La luz visible transmitida a través de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 que llega al elemento fotovoltaico 2 cuando la cubierta está dispuesta en ese elemento fotovoltaico 2 por una capa encapsulante (240, 330, 130) puede ser significativamente más alta que la luz visible transmitida por la propia cubierta. Por ejemplo, una cubierta infrarroja transparente 4 de la presente invención acoplada ópticamente a un elemento fotovoltaico 2 por una capa encapsulante (240, 330, 130), puede permitir que pase el 30 % de la luz visible residual, siendo esta luz residual convertida en electricidad por el elemento fotovoltaico 2, mientras que la misma cubierta de infrarrojos transparente 4 sola puede transmitir menos del 5 % de la luz visible incidente normal. Un ejemplo de este tipo se ilustra en la figura 30, que ilustra las características de transmisión de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 (OB) y la eficiencia cuántica externa de un módulo fotovoltaico solar 1 (OA) construido utilizando la misma hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. La eficiencia cuántica externa (EQE) indica la probabilidad de que un fotón de una longitud de onda particular tenga que generar un electrón cuando incida en un módulo fotovoltaico solar.

Se pueden concebir diferentes variantes con los tres tipos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos utilizando una capa de dispersión de luz 160. Una capa de dispersión de luz de este tipo dispersa la luz visible que incide en la multicapa de interferencia en ángulos de incidencia elevados y aumenta su transmitancia. Esta luz visible transmitida puede ser absorbida y convertida en electricidad por los elementos fotovoltaicos 2.

El uso de materiales que absorben luz visible, tal como silicio (Si) en la multicapa de interferencia, puede concebirse con los tres tipos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos. Tales materiales permiten controlar la cantidad de luz visible que llega al elemento fotovoltaico 2 a través de la cubierta de transmisión de infrarrojos 4. Por ejemplo, una multicapa de interferencia incrustada entre dos medios de índice de refracción de 1,5 y que contiene solo materiales transparentes transmitirá alrededor del 35 % de la luz visible incidiendo a 50°, una pila similar que contiene silicio reducirá la luz visible transmitida en el mismo ángulo al 15 %. El uso de tales materiales permite controlar la cantidad de luz visible que se transmite a través de la cubierta de transmisión de infrarrojos 4 para mantener el elemento fotovoltaico 2 unido invisible, incluso si se necesita una capa de dispersión de luz 160 con un alto poder de dispersión para dar a un módulo fotovoltaico solar 1 del aspecto deseado.

Se entiende que las capas de absorción se pueden colocar en cualquier posición dentro de la multicapa de interferencia. Por ejemplo, en una realización solo se agrega una capa de absorción a la multicapa de interferencia al lado opuesto al lado de la luz incidente.

Los materiales que absorben la luz visible, tal como el silicio, el germanio o las aleaciones basadas en los mismos, tienen altos índices de refracción que, en algunos casos, están cerca de 4. El contraste del índice de refracción entre estos materiales y los materiales de bajo índice de refracción como el dióxido de silicio puede ser tan alto como 2,5, lo que permite fabricar multicapas de interferencia más delgadas incorporando tales capas de absorción de luz en su diseño. Por ejemplo, una multicapa de interferencia que consiste en TiO₂ y SiO₂ puede comprender 17 capas con un espesor total de 1,3 μm. En otro ejemplo de realización, se puede fabricar una multicapa de interferencia con la mitad del espesor (es decir, 0,65 μm) y una transmitancia y reflectancia equivalentes como la multicapa de interferencia que tiene un espesor de 1,3 μm agregando silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H) en la multicapa de interferencia. En los casos en que el efecto de color deseado no requiere una mayor reflectancia de la luz visible por parte de la multicapa de interferencia, las multicapas de interferencia pueden diseñarse utilizando solo materiales de absorción de luz como materiales de alto índice de refracción. Dichas multicapas de interferencia pueden consistir en no más de 5 capas con espesores totales inferiores a 0,3 μm. Las multicapas de interferencia más delgadas son preferibles, ya que su coste de fabricación aumenta con su espesor.

También se entiende que, en todas las realizaciones, las capas de difusión de luz 160 y las capas de absorción de luz pueden combinarse para obtener los colores de reflexión deseados y/o la transmisión deseada de luz visible.

Una característica importante de todos los tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 es que el color reflejado percibido es sustancialmente independiente del ángulo de la luz incidente en la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 y del ángulo con el que un observador mira la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. La hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 tiene una variación de color muy baja cuando los ángulos de visión de incidencia son inferiores a 70°, definiéndose dichos ángulos en relación con la normal al plano de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos. La variación de color se define como el cambio en la coordenada x y/o la coordenada y del diagrama de color CIE 1964 al variar dichos ángulos de visión de incidencia, en relación con el color percibido cuando la luz incide paralela a la normal al plano de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos y percibida por un observador que mira a lo largo de esa normal. La variación de color es inferior al 30 %, más preferiblemente inferior al 20 %, incluso más preferiblemente inferior al 10 % para cualquier ángulo de visión de incidencia dentro de 70° con respecto a dicha normal.

Como un ejemplo, la figura 31 muestra la variación de color de una hoja de transmisión de infrarrojos del tipo III. Bajo luz incidente normal y observando la hoja de transmisión de infrarrojos paralela a la normal, el color percibido es amarillo, definido por un valor de x, y de 0,4105, 0,4927 en el diagrama de color CIE 1964. Al cambiar los ángulos de visión e incidente a 50° con respecto a la normal, las coordenadas x e y se varían en un valor máximo del -5 %. La figura 24 también muestra la variación de color de una cubierta de transmisión de infrarrojos como la descrita en

el documento EP 1837920. Bajo luz incidente normal y observando la cubierta de transmisión de infrarrojos paralela a la normal, el color percibido es también amarillo, definido por un valor de x , y de 0,4876, 0,4699 en el diagrama de color CIE 1964. Al cambiar el ángulo de visión y los ángulos incidentes a 50° en relación con la normal, las coordenadas x e y cambian significativamente con una variación en los valores x , y respecto a los anteriores de -39 % y -29 %, respectivamente.

En una realización, al menos una capa difractiva está dispuesta en al menos una de las capas de dicha primera multicapa o dicha segunda multicapa o dicha tercera multicapa. Dicha capa de difracción puede estar dispuesta para reducir la sensibilidad del aspecto del color en relación con el ángulo incidente de la luz incidente y/o el ángulo de observación de un observador colocado en el lado de la luz incidente de dicho módulo fotovoltaico solar. Una capa de difracción puede ser cualquier estructura de difracción, por ejemplo, una rejilla de difracción, una rejilla de longitud de subonda o un filtro de orden cero, o una combinación de las mismas, realizada en una de las superficies de al menos una de la primera, segunda o tercera multicapas.

La figura 9 muestra un ejemplo de un módulo fotovoltaico solar de la técnica anterior, que comprende:

- Un elemento fotovoltaico 2;
- Una capa de hoja trasera 20;
- Una capa de encapsulación posterior 22;
- Una capa de encapsulación frontal 24;
- Una capa de protección 40, que es típicamente una placa de vidrio.

El módulo fotovoltaico solar 1 de la invención comprende un elemento fotovoltaico 2 que es sensible a la luz cercana a infrarroja. Los elementos fotovoltaicos preferidos del módulo fotovoltaico solar 1 son células solares basadas en obleas de silicio como células de heterounión de silicio (HIT), células interdigitadas de alta eficiencia (IBC), células solares de silicio cristalino estándar (c-Si) o células solares basadas en silicio multicristalino (mc-si). El uso de células solares a base de germanio (Ge), diselenuro de cobre indio/galio (CIGS), seleniuro de cobre indio (CIS), arseniuro de galio (GaAs) y arseniuro de indio galio (InGaAs) es también una posibilidad debido a su buena respuesta cercano al infrarrojo. Menos preferible es la combinación del filtro con células solares basadas en silicio amorfo (a-Si), telururo de cadmio (CdTe), colorantes absorbentes de luz y células solares basadas en semiconductores orgánicos debido a su menor respuesta cerca del infrarrojo. Además, en el módulo fotovoltaico solar 1 de la invención, la luz visible alcanza, en la medida de lo posible, el elemento fotovoltaico 2. Preferiblemente, entre 380 nm y 600 nm, más preferiblemente entre 380 nm y 650 nm y más preferiblemente entre 380 nm y 700 nm, preferiblemente menos del 30 % de la luz alcanza dicho elemento fotovoltaico 2, más preferiblemente menos del 20 %, incluso más preferiblemente menos del 10 %. La transmisión residual de la luz visible puede depender de la longitud de onda. Puede ser, por ejemplo, que menos del 2 % de la luz visible incidente entre 350 y 600 nm alcance dicho elemento fotovoltaico 2 y que menos del 10 % de la luz visible incidente entre 600 nm y 700 nm alcance dicho elemento fotovoltaico 2. Como otro ejemplo, más de 2 rangos de longitud de onda pueden tener diferentes valores de transmisión bajos, siendo dichos valores de transmisión siempre inferiores al 35 %. El módulo fotovoltaico solar 1 de la invención está dispuesto para convertir sustancialmente solo luz cercana a infrarroja en electricidad.

En una realización preferida de la invención, y diferenciándose de un módulo fotovoltaico solar de la técnica anterior, mostrada en la figura 10a, uno de dicho primer, segundo y tercer tipos de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 está dispuesto en dicho elemento fotovoltaico 2, a dicho lado de la luz incidente. El lado de la luz incidente se define como el lado del módulo fotovoltaico solar 1 en el cual se coloca una fuente de luz, que proporciona la luz incidente 10.

La figura 10b muestra una realización de la invención en la que una de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 está dispuesta entre dicho elemento fotovoltaico 2 y dicha capa de protección 40, que es típicamente una placa de vidrio. Dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 pueden ser cualquiera de las realizaciones de dichas hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 que contienen una capa encapsulante 400 y una de las capas encapsulantes 240, 330, 130. En esta realización, la lámina de color 4 reemplaza la capa encapsulante frontal estándar 24 durante el proceso de montaje del módulo fotovoltaico mediante una prensa en caliente o una técnica de laminación. Dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 y dicha capa de protección 40 están dispuestas en el lado de la luz incidente de dicho elemento fotovoltaico 2. Para todas las realizaciones de la invención que comprenden una capa de protección 40, dicha capa de protección 40 puede ser una capa de vidrio o una capa de polímero.

La figura 10c ilustra una realización en la que una capa de protección 40 está dispuesta en dicha capa de encapsulación frontal 24 y en la que una de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 está dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha capa de protección 40.

La figura 11a muestra una realización en la que uno de dicho primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 está dispuesta en un elemento fotovoltaico bifacial 2, definido como una célula fotovoltaica 2 que tiene dos lados fotosensibles. Un primer lado fotosensible está dispuesto al lado de una fuente de luz, tal como el sol, proporcionando dicha fuente de luz un haz de luz directo del cual al menos una porción incide en

dicho módulo fotovoltaico solar 1. Una segunda superficie fotosensible está dispuesta en el lado opuesto de dicho primer lado fotosensible.

5 En una realización ilustrada en la figura 11b, un primer, un segundo o un tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 está dispuesto en el lado de la luz incidente de dicho elemento fotovoltaico 2 y una capa de protección 40 está dispuesta en el lado de la luz incidente de dicho primer, segundo y tercer tipo de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4. Dicho elemento fotovoltaico bifacial 2 puede ser dos elementos fotovoltaicos dispuestos espalda con espalda de modo que sus lados no sensibles estén uno frente al otro. En todas las realizaciones de la invención que comprenden elementos fotovoltaicos bifaciales, dichos elementos fotovoltaicos
10 bifaciales 2 pueden ser dos elementos fotovoltaicos dispuestos espalda con espalda de modo que sus lados no sensibles estén uno frente al otro. Además, todas las realizaciones del módulo fotovoltaico solar de acuerdo con la invención, que comprenden elementos fotovoltaicos bifaciales pueden estar orientadas con cualquiera de las caras A, B al haz de luz incidente principal. Por ejemplo, el módulo fotovoltaico solar 1 de la realización de la figura 11a puede tener su primer lado A orientado hacia el haz de luz incidente 10, definido también como un haz de luz
15 entrante directo 10, o puede tener su primer lado A orientado hacia un haz de luz reflejado o dispersado 11 proporcionado por la reflexión o dispersión de una porción de dicho haz de luz incidente 10 sobre una superficie reflectante. Como ejemplo, dicha superficie reflectante puede ser una superficie metálica, puede ser una superficie cubierta de nieve o puede ser una superficie de tipo vidrio o una superficie líquida.

20 En otra realización mostrada en la figura 11c, uno de los tipos de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 está dispuesto en dicha capa de protección 40. Esta realización, como la que se muestra en la figura 10c, brinda la posibilidad de colocar la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 en módulos fotovoltaicos estándar de la técnica anterior en una etapa posterior después de su montaje. Esto permite que los módulos estándar puedan tener una apariencia de color una vez que se hayan realizado. Las realizaciones ejemplares de la figura 11c y la figura 10c
25 permiten reemplazar las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 de los módulos fotovoltaicos 1 y cambiar su apariencia de color durante su vida útil con una inversión menor. Este proceso se puede ver equivalente a volver a pintar una fachada de PV existente al reemplazar las láminas frontales de color 4.

30 El uso de un elemento fotovoltaico bifacial 2 permite recoger la luz reflejada 11 proporcionada por la reflexión de una porción del haz de luz 10 para una superficie, por ejemplo, una superficie blanca, que puede estar cubierta de nieve. Dicha superficie puede ser, por ejemplo, un suelo o una pared o cualquier superficie parcialmente reflectante o dispersante de luz.

35 En otra realización, ilustrada en la figura 12a, una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 puede estar dispuesta a cada lado de dicho elemento fotovoltaico bifacial 2. La hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos dispuesta a cada lado de dicho elemento fotovoltaico bifacial 2 puede ser de diferentes tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4A, 4B. En una variante, mostrada en la figura 12b, una capa de protección 40 está dispuesta en el lado de la fuente de luz, y una capa de hoja trasera 20 está dispuesta en el otro lado. En una variante, los módulos solares fotovoltaicos pueden girarse 180°, de modo que dicha capa de hoja trasera 20 se
40 enfrenta al haz de luz entrante directo 10 proporcionado por una fuente de luz.

45 En una realización mostrada en la figura 12c, el módulo fotovoltaico solar 1 comprende un elemento fotovoltaico 2 en el que está dispuesta una capa de encapsulación frontal 24 y trasera 22. En dicha capa de encapsulación frontal 24 y trasera 22 se disponen respectivamente una capa de protección 40 y una capa de hoja trasera 20. En dicha capa de protección 40 y en dicha capa de hoja trasera 20 se dispone una cubierta de transmisión de infrarrojos de primer, segundo o tercer tipos 4. La realización de la figura 12c puede girarse 180°, ya que todas las realizaciones comprenden un elemento fotovoltaico bifacial 2.

50 II) Ejemplos de realización de módulos solares fotovoltaicos 1 que comprenden hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer, segundo y tercer tipos 4.

IIA) Ejemplos de la realización de un módulo fotovoltaico solar 1 que comprende una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo 4:

55 En una realización ejemplar de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 de dicho primer tipo, se han fabricado diferentes muestras que tienen un aspecto gris, dorado, marrón o similar a la terracota, representándose dichas muestras como Gr1 y Gr2 en el gráfico de colores CIE 1964 de la figura 13, que muestra las coordenadas de color CIE 1964 calculadas utilizando el iluminante D65 estándar para las muestras depositadas en ZnO (Gr1) y las muestras depositadas en un material acrílico rugoso (Gr2). La línea discontinua en la figura 13 muestra el rango
60 preferido de colores que se puede obtener con una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 de dicho primer tipo.

65 Para obtener muestras de tipo I, se han utilizado dos tipos diferentes de capas de dispersión: la primera hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos coloreada (Gr1) se basa en una capa de ZnO (el índice de refracción de ZnO es sustancialmente igual a 2) y la segunda (Gr2) se basa en material acrílico (índice de refracción sustancialmente

igual a 1,5). El mismo primer filtro interferencial hecho de capas alternativas de silicio amorfo (a-Si) y dióxido de silicio (SiO₂) se depositó encima de los dos tipos de capas de dispersión (ZnO, material acrílico).

5 La figura 14a muestra la curva de reflexión de un filtro interferencial (M1R) de ejemplo de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de dicho primer tipo, que se deposita sobre un vidrio de borofloat de 0,5 mm de espesor, y que tiene la siguiente estructura: a-Si (15 nm)/SiO₂ (115 nm)/a-Si (30 nm)/SiO₂ (115 nm)/a-Si (30 nm)/SiO₂ (115 nm)/a-Si (15 nm).

10 La figura 14a muestra también las curvas de reflexión de diferentes filtros de color (1A, 1B, 1C, 1D, 1E) del primer tipo que comprende dicho filtro interferencial depositado, para cada uno de dichos filtros de color en diferentes capas de ZnO:

15 - un filtro interferencial que comprende una primera textura suave (curva de película de color 1A) y un filtro interferencial que comprende una segunda textura rugosa (curva de película de color 1E). Los filtros de color de tipo 1A y 1E comprenden una capa de ZnO de 0,5 μm y 1,5 μm de espesor depositada por LPCVD, respectivamente. El filtro de color 1A se deposita en la textura de ZnO más suave, mientras que el filtro 1E se deposita sobre la textura de ZnO más rugosa. Los filtros interferenciales (230) también se depositaron en una capa de ZnO de 1 μm de espesor (curva de película de color 1B) o en una capa de ZnO de 1,5 μm de espesor y la rugosidad de la capa de ZnO original se ha suavizado bajo un tratamiento con plasma de oxígeno-argón (curva de película de color 1C y 1D).

20 La figura 14b muestra la transmisión de infrarrojos de dichos filtros de color 1A, 1B, 1C, 1D, 1E. Todas las curvas muestran una transmisión de infrarrojos superior al 65 % para longitudes de onda entre 700 nm y 2000 nm, y una transmisión de luz visible sustancialmente cero a menos de 600 nm y una transmisión inferior al 25 % entre 600 nm y 650 nm. Al adaptar las capas del filtro de color, la transmisión entre 600 nm y 700 nm puede ser inferior al 20 %.

25 La figura 15a muestra la reflectancia medida de un filtro interferencial (M1R) ejemplar, idéntico al de la figura 14a, depositado sobre un vidrio de borofloat de 0,5 mm de espesor. La figura 15a también muestra las curvas de reflectancia del mismo filtro interferencial (M1R) depositadas en dos capas de dispersión diferentes (filtros de color 2A y 2B) hechas de una resina acrílica curable por UV con un índice de refracción cercano a 1,5.

30 La figura 15b muestra la transmisión de infrarrojos de dichos filtros de color 2A, 2B y el filtro de interferencia M1R. Todas las curvas muestran una transmisión de infrarrojos superior al 65 % para longitudes de onda entre 700 nm y 2000 nm, y una transmisión de luz visible sustancialmente inferior a 600 nm. Puede ser posible adaptar las capas de la película de color para que la transmisión entre 600 nm y 700 nm sea inferior al 20 %.

35 La figura 16 y la figura 17 resumen las características de color de los diferentes ejemplos de realizaciones de películas de color del primer tipo (filtros de color 1A-1E y 2A-2B).

40 La tabla de la figura 16 resume las coordenadas de color CIE 1964 (x₁₀, y₁₀) y el valor de luminancia (Y) calculados utilizando el iluminante D65 estándar para diferentes muestras de película de color tipo 1 utilizando una capa dispersante de ZnO (Gr1).

45 La tabla en la figura 17 resume las coordenadas de color CIE 1964 (x₁₀, y₁₀) y el valor de luminancia (Y) calculados utilizando el iluminante D65 estándar para 2 películas de color de tipo 1 diferentes que comprenden una capa de dispersión 220 depositada sobre un material acrílico rugoso (Gr2).

50 Las figuras 13 a 17 ilustran que el uso de una capa de dispersión de ZnO es una opción preferida para lograr colores de baja luminosidad, tal como dorado, marrón y terracota. El uso de materiales acrílicos para la capa de dispersión permite lograr aspectos de color más neutros que tienen una luminosidad baja, tal como colores gris oscuro. Este tipo de colores se produce con frecuencia en tejados y fachadas de edificios, lo que hace que el uso de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de dicho primer tipo sea muy interesante, por ejemplo, para adaptarse a células fotovoltaicas e integrar sistemas fotovoltaicos en edificios y darles un aspecto estético.

55 La figura 18a muestra la curva de densidad-tensión actual medida bajo la iluminación de un sol de un módulo fotovoltaico solar 1 con y sin hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo. Los resultados mostrados en la figura 18a demuestran que la densidad de corriente es aún mayor que 18 mA/cm² cuando se coloca una cubierta de transmisión de infrarrojos de primer tipo 4 en el módulo fotovoltaico solar 1.

60 La figura 18b muestra una tabla con los principales parámetros de células solares medidos para un módulo fotovoltaico solar con y sin primer tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos. Los resultados mostrados en la figura 18b muestran que la eficiencia de conversión fotoeléctrica de un módulo fotovoltaico solar que tiene un primer tipo de cubierta de transmisión de infrarrojos es tan alta como del 10 %. En la tabla de la figura 18, Voc (V) es la tensión de circuito abierto, FF es el factor de relleno, J_{sc} es la densidad de corriente de cortocircuito.

65

IIB) Ejemplo de la realización de un módulo fotovoltaico solar 1 que comprende una cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo 4:

La figura 4 muestra las características estructurales de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo a modo de ejemplo que tiene un espectro de reflexión visible, de modo que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos tiene un aspecto de color dorado para un observador que mira desde el lado de la luz incidente. Dicha apariencia de color dorado se representa en la figura 19 y muestra las coordenadas de color CIE 1964 calculadas utilizando el iluminante D65 estándar para la película de color dorado del segundo tipo (GF) y una muestra de referencia hecha de oro (GR).

La tabla de la figura 21 resume las coordenadas de color CIE 1964 (x10, y10) y el valor de luminancia (Y) calculados utilizando el iluminante D65 estándar para la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo que tiene una apariencia de color dorado (GF) y también para una muestra de referencia hecha de oro (GR).

El filtro interferencial 330 de dicho segundo tipo de cubierta de transmisión de infrarrojos, que tiene un aspecto dorado, se realiza depositando capas alternativas de silicio amorfo (a-Si) y dióxido de silicio (SiO₂) crecido en vidrio de borofloat de 1,1 mm de espesor. La estructura de capas de la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo de ejemplo es la siguiente: sustrato de vidrio a-Si (30 nm)/SiO₂ (120 nm)/a-Si (40 nm)/SiO₂ (120 nm)/a-Si (40 nm)/SiO₂ (120 nm)/a-Si (20 nm). El segundo tipo de filtro de color tiene un total de siete capas y su espesor total es: 0,495 µm.

La figura 20 muestra las reflectancias medidas para la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo ejemplar que tiene una apariencia dorada (GFr) y para una muestra de referencia hecha de oro (GRr). La figura 15 también muestra las transmitancias medidas para un segundo tipo de filtro de color dorado (GFt) y la muestra de referencia hecha de oro (GRt).

La figura 22a muestra la curva de eficiencia cuántica externa de un módulo fotovoltaico solar, con (GFc) y sin (c) una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo. La figura 22a muestra que la eficiencia cuántica externa de un módulo fotovoltaico solar que tiene un segundo tipo de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos es superior a 0,7 entre 930 nm y 1060 nm.

La figura 22b muestra una tabla con valores de densidad de corriente de cortocircuito obtenidos al integrar las curvas de eficiencia cuántica externas ponderadas con el espectro solar AM1,5 en el rango que comprende 380 nm y 1100 nm para el mismo módulo fotovoltaico solar que en la figura 22a, con y sin una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo. Los resultados mostrados en la figura 22b muestran que el valor de J_{sc} de un módulo fotovoltaico solar que comprende una cubierta de transmisión de infrarrojos de segundo tipo aún es superior a 9 mA/cm².

IIC) Ejemplos de la realización de un módulo fotovoltaico solar 1 que comprende una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo 4:

La realización de la figura 8c, sin comprender las capas 160 y 130, representa las características estructurales de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo a modo de ejemplo que tiene un espectro de reflexión visible, de modo que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos puede tener una amplia gama de apariencia de color a un observador que mira desde el lado de la luz incidente. Dicho amplio rango de apariencia de color se representa en la figura 23, que muestra las coordenadas de color CIE 1964 calculadas utilizando el iluminante D65 estándar para diferentes hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo y hojas de absorción de PVB de color (3R). Los cuadrados vacíos y los puntos circulares completos en el gráfico de la figura 23 representan los filtros de absorción de PVB y las diferentes películas de color del tipo 3, respectivamente.

Para las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos del tercer tipo, que comprenden una hoja de absorción, también definida como filtro de color o película de color, se pueden usar, por ejemplo, láminas de poli(vinil butiral) (PVB) de color disponibles comercialmente por parte de Trosifol. Un filtro interferencial ejemplar dispuesto en dicha película de color 140 está hecho de capas alternativas de silicio amorfo (a-Si) y dióxido de silicio (SiO₂) crecido en vidrio de borofloat de 1,1 mm de espesor. La estructura de la capa del filtro interferencial es la siguiente: a-Si (15 nm)/SiO₂ (115 nm)/a-Si (30 nm)/SiO₂ (115 nm)/a-Si (30 nm)/SiO₂ (115 nm)/a-Si (15 nm). El filtro tiene un total de siete capas y su espesor total es de 0,435 µm. Las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de diferente tipo del tercer tipo se fabricaron laminando el filtro interferencial a diferentes filtros de absorción de PVB y a una hoja frontal de 125 µm hecha de polietileno naftalato (PEN).

La figura 24 muestra las transmitancias medidas de diferentes láminas de poli(vinil butiral) (PVB) de color disponibles comercialmente de Trosifol usadas para fabricar películas de color del tercer tipo. Los símbolos B, G1, G2, Y, O, R representan las películas de color azul, verde oscuro, verde, amarillo, naranja y rojo 140.

La figura 25a muestra la reflectancia medida de diferentes hojas de absorción de transmisión de infrarrojos de tercer tipo 140 realizadas mediante laminación de láminas de colores de PVB, usadas como hojas frontales de absorción, a la tercera capa multicapa interferencial.

5 Los símbolos 3B, 3G1, 3G2, 3Y, 3O, 3R representan las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo de azul, verde oscuro, verde, amarillo, naranja y rojo. La reflectancia total (MR) del filtro interferencial de tercer tipo solo se muestra en la figura 25a.

10 La figura 25b muestra la transmitancia medida del filtro interferencial de tercer tipo en solitario (MT) y de una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos del tercer tipo roja 4 (3RT). Las curvas de transmisión para el resto de hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo 3B, 3G1, 3G2, 3Y y 3O no difieren significativamente de la roja (3RT) y, por motivos de claridad, no se han representado en la figura 25b.

15 La figura 23 muestra las coordenadas de color CIE 1964 calculadas utilizando el iluminante D65 estándar para filtros de absorción de PVB y diferentes hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo fabricadas al usarlas.

La figura 26 muestra una tabla que resume las coordenadas de color CIE 1964 (x_{10} , y_{10}) y el valor de luminancia (Y) calculados utilizando el iluminante D65 estándar para los filtros de absorción de PVB 140 utilizados.

20 La figura 27 muestra una tabla que resume las coordenadas de color CIE 1964 (x_{10} , y_{10}) y el valor de luminancia (Y) calculados utilizando el iluminante D65 estándar para las hojas de cubierta de transmisión de infrarrojos fabricadas 4 del tercer tipo.

25 La figura 28a muestra una curva de densidad-tensión actual medida bajo la iluminación de un sol de un módulo fotovoltaico solar con y sin hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo 4. Los resultados que se muestran en la figura 18a demuestran que la densidad de corriente es aún mayor que $19,5 \text{ mA/cm}^2$ cuando una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo 4 está dispuesta en el módulo fotovoltaico solar 1.

30 La figura 28b muestra una tabla con los principales parámetros de células solares medidos de un módulo fotovoltaico solar con y sin una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo 4. Los resultados mostrados en la figura 28b muestran que la eficiencia de conversión fotoeléctrica de los módulos fotovoltaicos solares que tienen una cubierta de transmisión de infrarrojos de tercer tipo es superior al 10 %. En la tabla de la figura 28b, Voc (V) es la tensión de circuito abierto, FF es el factor de relleno, J_{sc} es la densidad de corriente de cortocircuito.

35 En conclusión, según la invención, se ha demostrado que un módulo fotovoltaico solar que comprende una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 puede realizarse, permitiendo dicha cubierta de transmisión de infrarrojos transmitir luz cercana a infrarrojos, teniendo la menor transmitancia de luz visible posible, siendo lo menos posible al menos inferior al 25 % para longitudes de onda inferiores a 650 nm, y al mismo tiempo refleja una porción de la luz visible incidente, de modo que un observador situado al lado de la luz incidente no puede mirar a través de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 y perciba un color predeterminado del módulo fotovoltaico solar. También se ha demostrado experimentalmente que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 puede realizarse de acuerdo con tres tipos, cada uno de los cuales está adaptado a una gama de colores específica. También se ha demostrado que se puede obtener una reflexión de al menos el 10 % para al menos una porción preseleccionada de luz incidente visible y que para algunas apariencias de color al menos dos de dichos tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos se pueden usar para la misma gama de colores. Se ha demostrado que parte de las capas de dichos primer, segundo y tercer tipos de hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos se pueden adaptar para obtener efectos de color especiales, tal como una apariencia metálica de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos a un observador colocado al lado de la fuente de luz que proporciona la luz incidente.

50 También se ha demostrado que se pueden alcanzar eficiencias de conversión fotoeléctrica del 10 % colocando una hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos 4 en un módulo fotovoltaico solar 1 que comprende un elemento fotosensible a la luz cercana a infrarrojos.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo fotovoltaico solar (1) destinado a recibir luz incidente, comprendiendo dicha luz incidente luz visible incidente y luz incidente cercana a infrarroja, definiéndose luz visible como luz que tiene una longitud de onda entre 380 nm y 700 nm, excluyendo 700 nm y definiéndose luz cercana a infrarroja como luz que tiene una longitud de onda entre 700 nm y 2000 nm, en el que dicho módulo fotovoltaico solar (1) comprende:
- un elemento fotovoltaico (2), sensible a la luz cerca de infrarrojo,
 - al menos una primera hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4), dispuesta en un lado de dicho elemento fotovoltaico (2), que comprende:
 - medios de transmisión de infrarrojos dispuestos para transmitir al menos el 65 % de dicha luz infrarroja incidente a través de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos,
 - medios de transmisión de luz visible,
 - medios de reflexión dispuestos para reflejar una porción de dicha luz visible incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4), hacia el lado de dicha luz incidente,
- dichos medios de transmisión de infrarrojos y dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión están comprendidos en una multicapa de interferencia, teniendo dicha multicapa de interferencia una transmisión de menos del 10 %, para luz visible incidente normal en dicha multicapa de interferencia, estando dispuesta dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) de tal manera que la luz visible que es transmitida por la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos es inferior al 35 % de la intensidad total de la luz incidente en la hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) de manera que, cuando está unida a dicho elemento fotovoltaico (2), este elemento fotovoltaico (2) se vuelve invisible para un observador.
2. El módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende además una segunda hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4), dispuesta al otro lado de dicho elemento fotovoltaico (2).
3. El módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) comprende al menos:
- una hoja frontal (210) dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4),
 - una capa de dispersión (220) dispuesta en dicha hoja frontal, hacia el lado opuesto al lado de la luz incidente,
 - una primera multicapa (230) dispuesta en dicha capa de dispersión (220), comprendiendo dicha primera multicapa (230) al menos dicha multicapa de interferencia, denominada primera multicapa de interferencia, y dicha primera multicapa de interferencia comprende al menos una capa de absorción, dicha hoja frontal (210), dicha capa de dispersión (220) y dicha primera multicapa (230) cooperan entre sí para formar dichos medios de transmisión de infrarrojos, dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión.
4. El módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) comprende al menos una hoja frontal (310) y una segunda multicapa (320) dispuesta en dicha hoja frontal (310), comprendiendo dicha segunda multicapa (320) al menos dicha multicapa de interferencia, llamada segunda multicapa de interferencia, comprendiendo dicha segunda multicapa de interferencia al menos una capa de absorción, cooperando dicha hoja frontal (310) y dicha segunda multicapa (320) entre sí para formar dichos medios de transmisión de infrarrojos, dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión.
5. El módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 4, caracterizado por que una capa de dispersión de luz (160) está dispuesta en dicha hoja frontal (310), comprendiendo dicha capa de dispersión de luz (160) un material aglutinante (161) y al menos una pluralidad de zonas (162) que tienen un índice de refracción diferente que dicho material aglutinante (161).
6. El módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) comprende al menos:
- una hoja de absorción (140) dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) y que comprende sustancias que absorben al menos una porción de dicha luz visible incidente,
 - una tercera multicapa (120) dispuesta en dicha hoja de absorción (140), en el lado opuesto al lado de la luz incidente, comprendiendo dicha tercera multicapa (120) al menos dicha capa de interferencia, llamada tercera capa de interferencia, cooperando dicha hoja de absorción (140) y dicha tercera multicapa (120) entre sí para formar dichos medios de transmisión de infrarrojos, dichos medios de transmisión de luz visible y dichos medios de reflexión.

- 5 7. El módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 6, caracterizado por que dicha hoja de absorción (140) es una capa encapsulante basada en un material seleccionado del grupo que comprende etileno vinil acetato (EVA), polivinil butiral (PVB), polivinilo acetato (PVA), poliuretano (TPU), poliolefina térmica (TPO), elastómeros de silicona, resinas epoxi, y una combinación de los mismos, comprendiendo dicha capa encapsulante sustancias que absorben una porción de la luz visible incidente.
8. La hoja de módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 6 y 7, caracterizada por que una hoja frontal (170) está dispuesta en dicha hoja de absorción (140) hacia el lado de la luz incidente.
- 10 9. El módulo fotovoltaico solar (1) según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado por que dicha tercera multicapa de interferencia se basa en materiales elegidos del grupo que comprende TiO₂, Nb₂O₅, Ta₂O₅, ZrO₂, Al₂O₃, SiO₂, Si₃N₄, MgF₂, a- Si, SiO_x, o combinaciones de los mismos.
- 15 10. El módulo fotovoltaico solar (1) según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado por que dicha tercera multicapa (120) comprende una tercera capa encapsulante (130) dispuesta al lado de dicha tercera multicapa (120) opuesta al lado de la luz incidente.
- 20 11. El módulo fotovoltaico solar (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, caracterizado por que una capa de dispersión de luz (160) está dispuesta sobre dicha hoja de absorción (140), comprendiendo dicha capa de dispersión de luz (160) un material aglutinante (161) y al menos una pluralidad de zonas (162) que tienen un índice de refracción diferente que dicho material aglutinante (161).
- 25 12. El módulo fotovoltaico solar (1) según la reivindicación 11, caracterizado por que dichas zonas (162) comprenden microperlas (163) que son transparentes a la luz infrarroja, estando dispuestas dichas microperlas (163) para difundir al menos una porción de la luz visible, teniendo dichas microperlas (163) un diámetro entre 0,5 μm y 100 μm.
- 30 13. El módulo fotovoltaico solar (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) comprende un revestimiento antirreflectante dispuesto en el lado de la luz incidente de dicha capa de cubierta de transmisión de infrarrojos.
- 35 14. El módulo fotovoltaico solar (1) según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) comprende una capa difusora de luz visible (150), comprendiendo dicha capa difusora de luz visible (150) en el lado de la luz incidente una superficie texturizada (151) dispuesta para difundir la luz visible, comprendiendo dicha capa de difusión de luz visible (150) microcaracterísticas superficiales que tienen dimensiones laterales comprendidas entre 0,1 μm y 100 μm y dimensiones pico a valle comprendidas entre 0,1 μm y 100 μm.
- 40 15. El módulo fotovoltaico solar (1) según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por que dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4) comprende una capa de encapsulación (400) adicional dispuesta en el lado de la luz incidente de dicha hoja de cubierta de transmisión de infrarrojos (4).

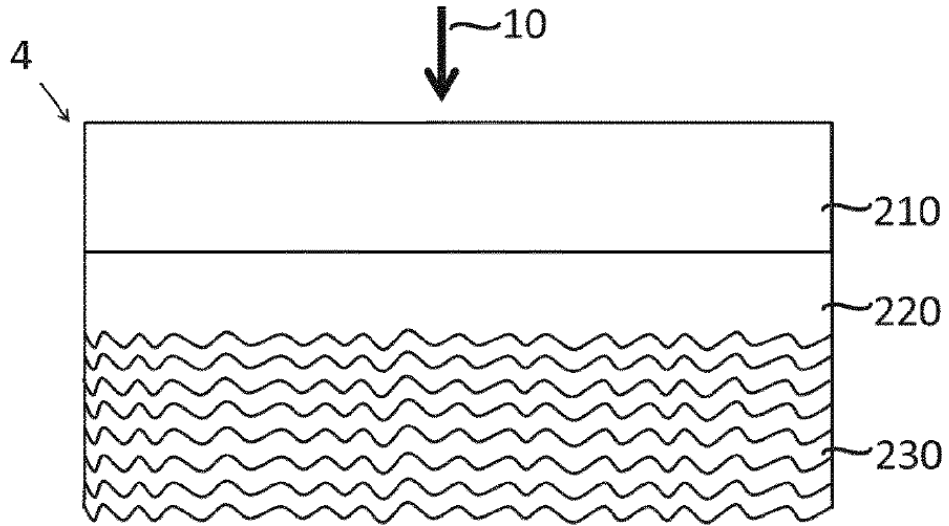


Fig. 1

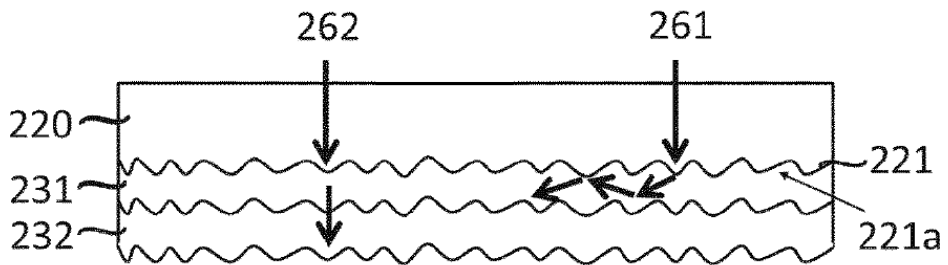


Fig. 2

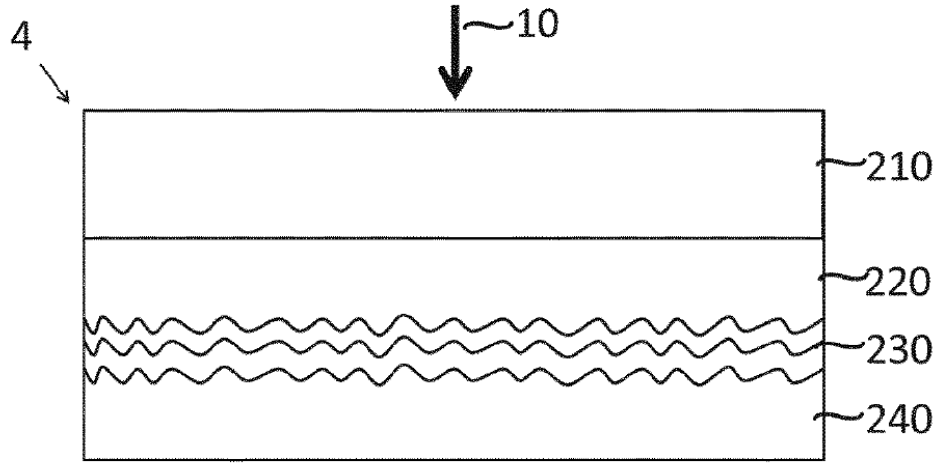


Fig. 3

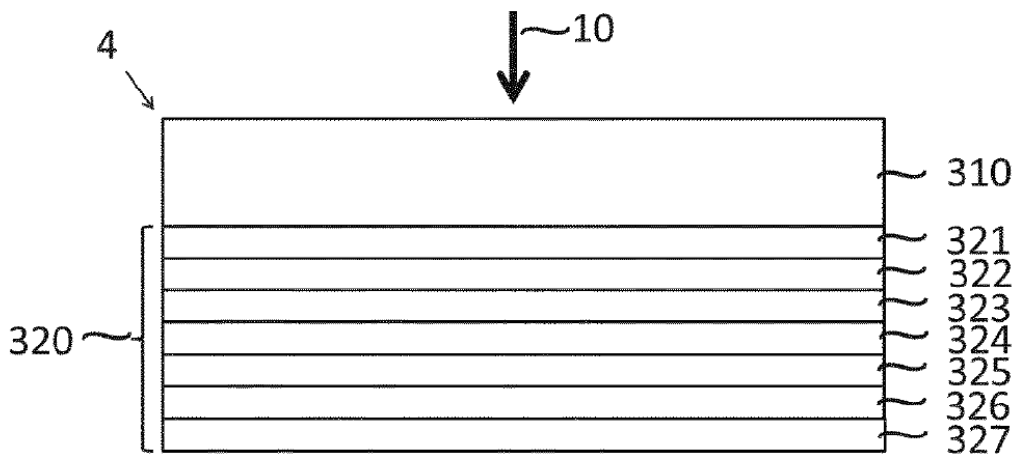


Fig. 4

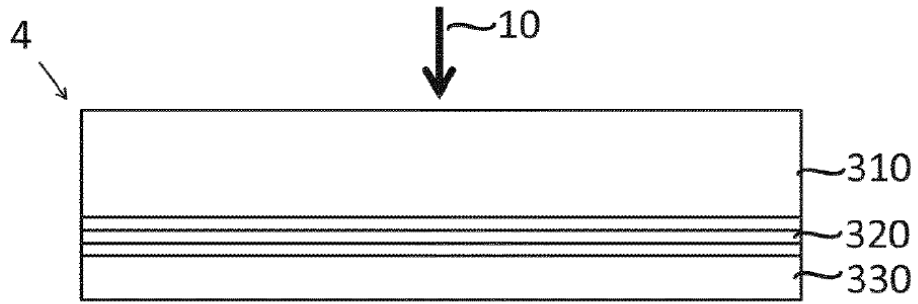


Fig. 5

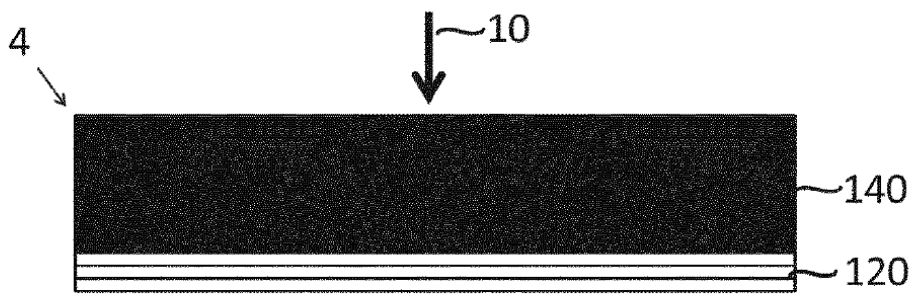


Fig. 6a

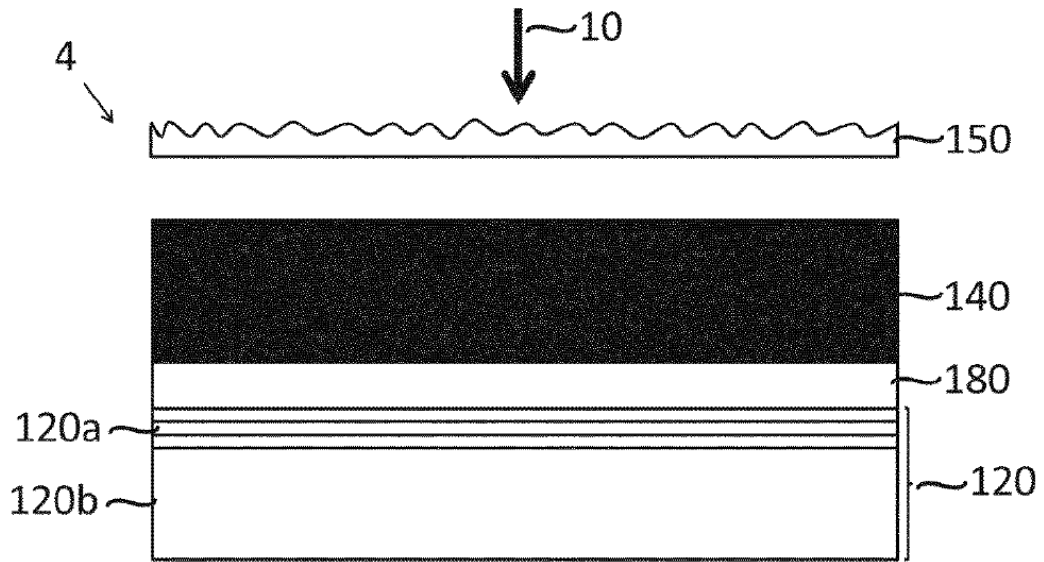


Fig. 6b

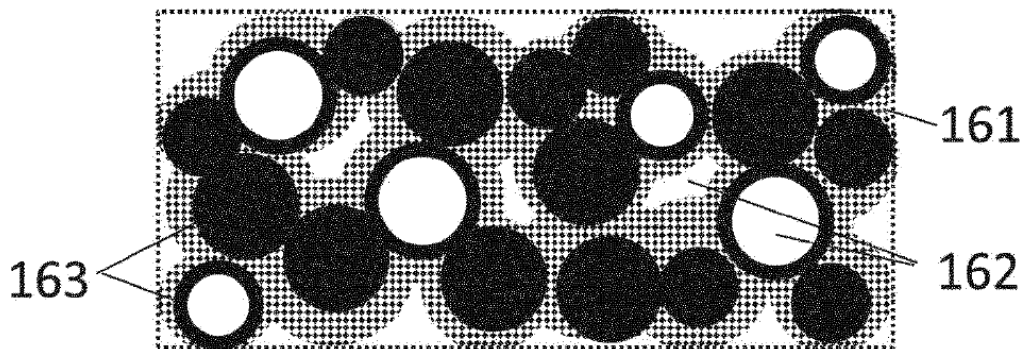


Fig. 7a

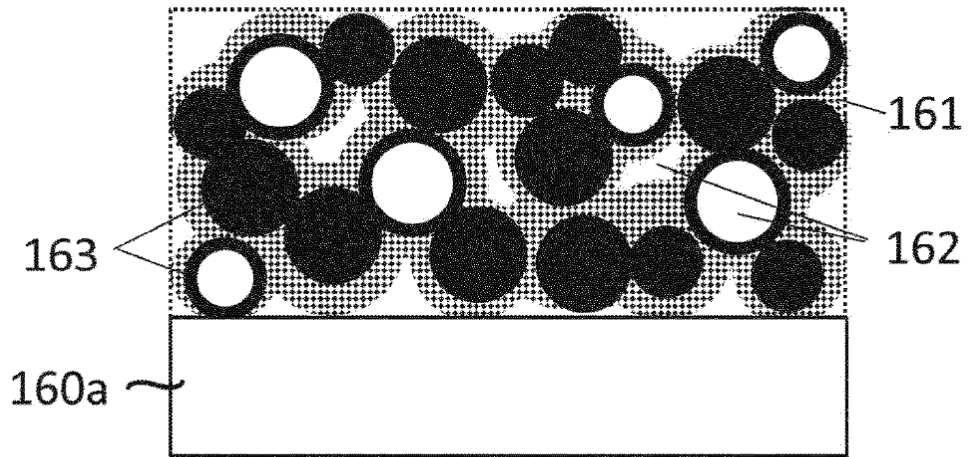


Fig. 7b

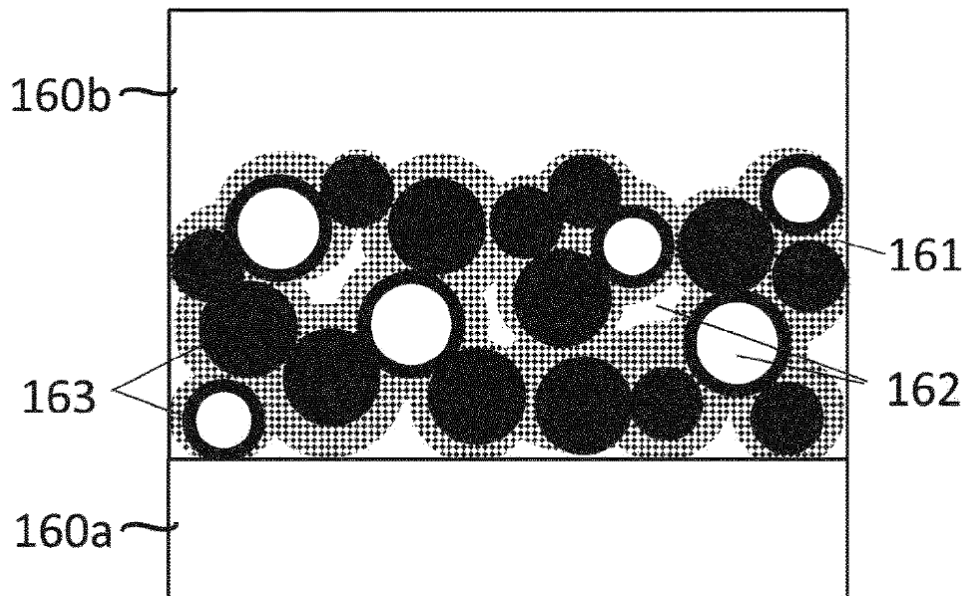


Fig. 7c

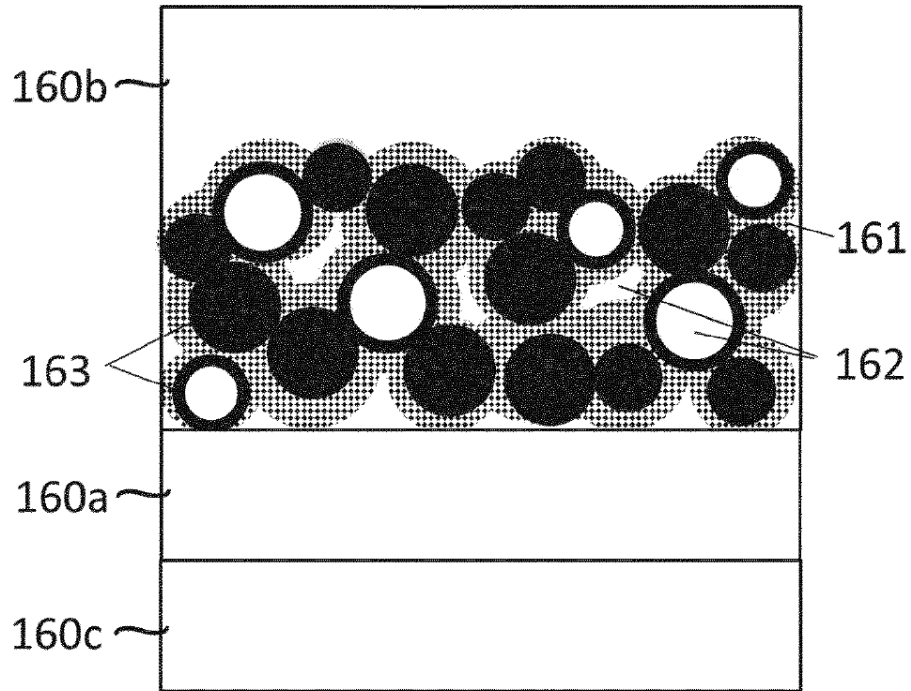


Fig. 7d

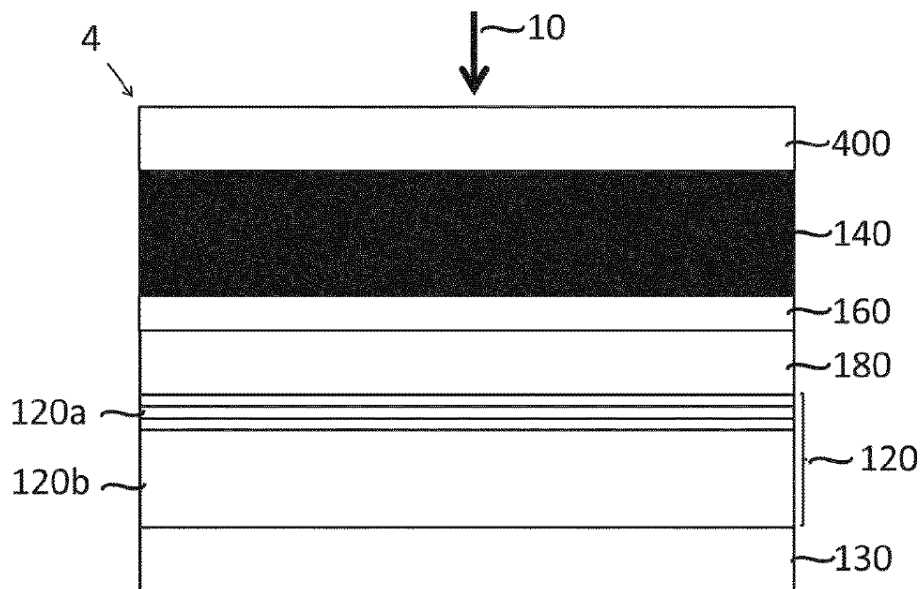


Fig. 8a

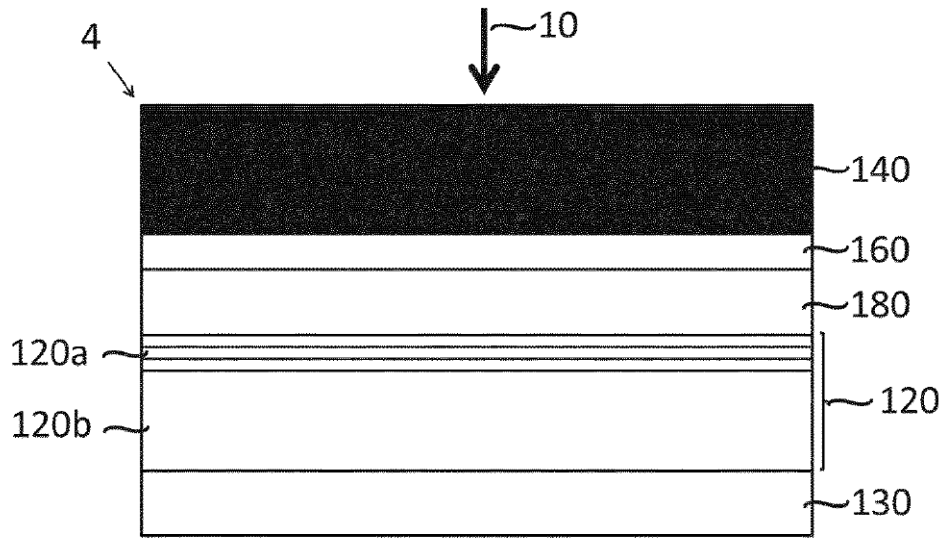


Fig. 8b

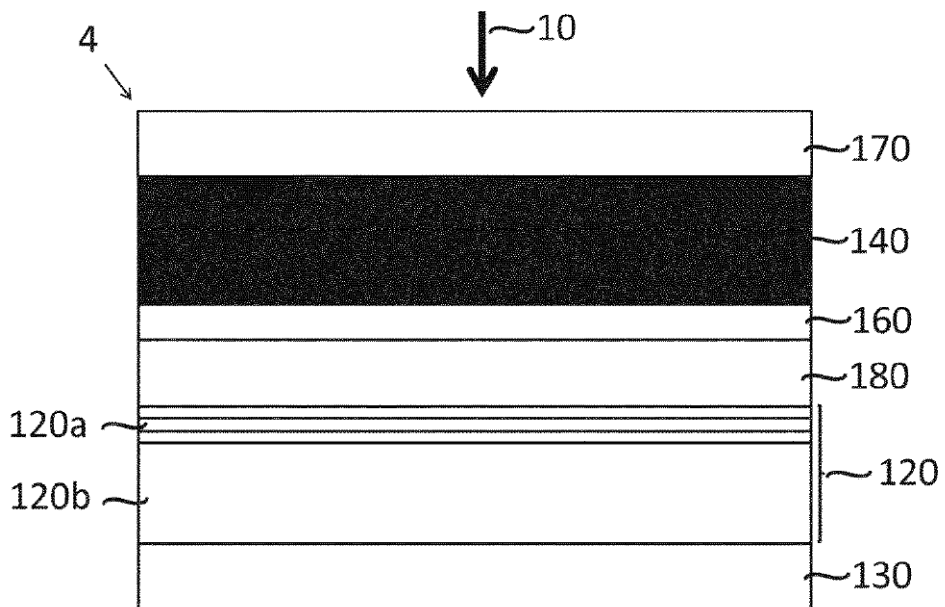


Fig. 8c

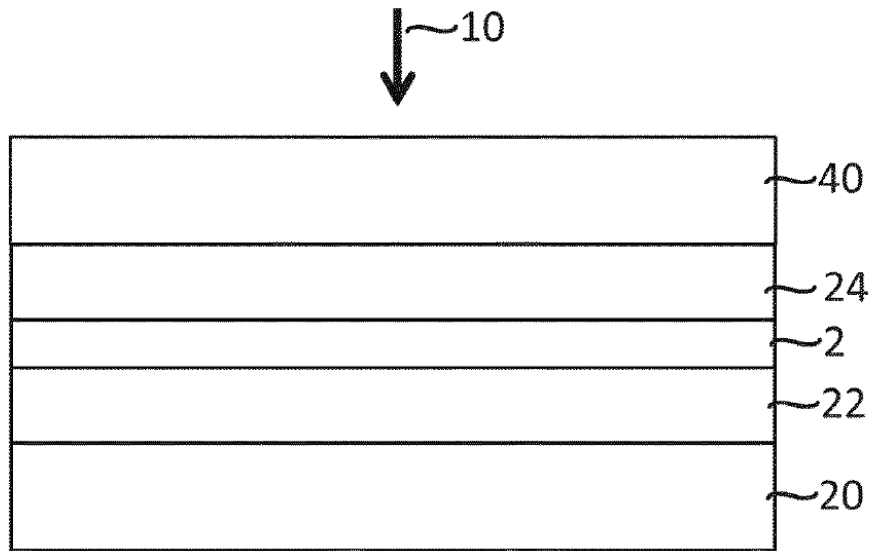


Fig. 9

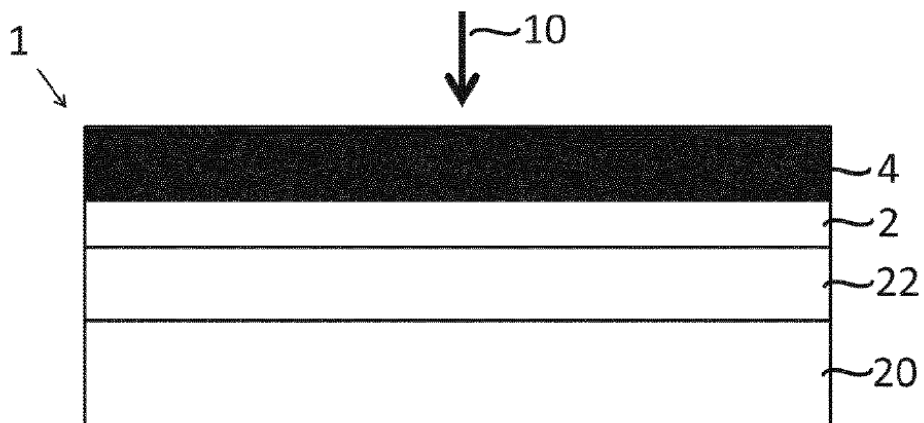


Fig. 10a

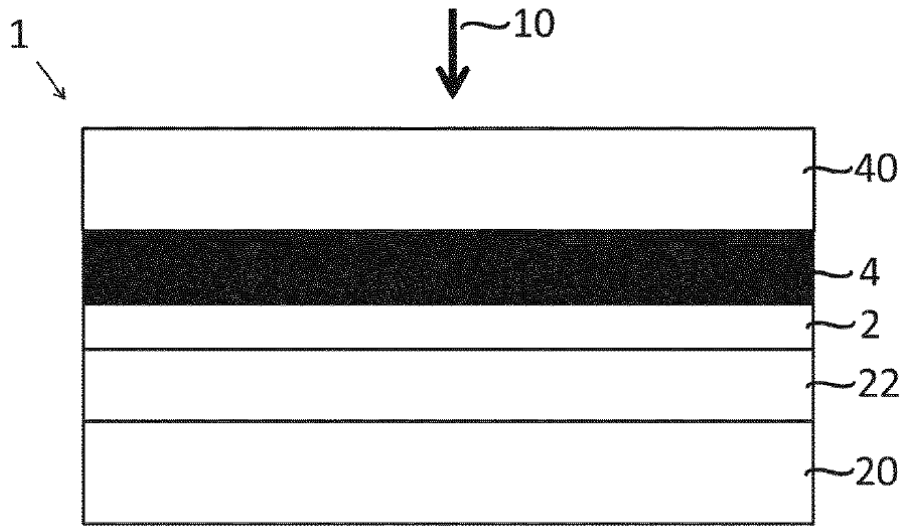


Fig. 10b

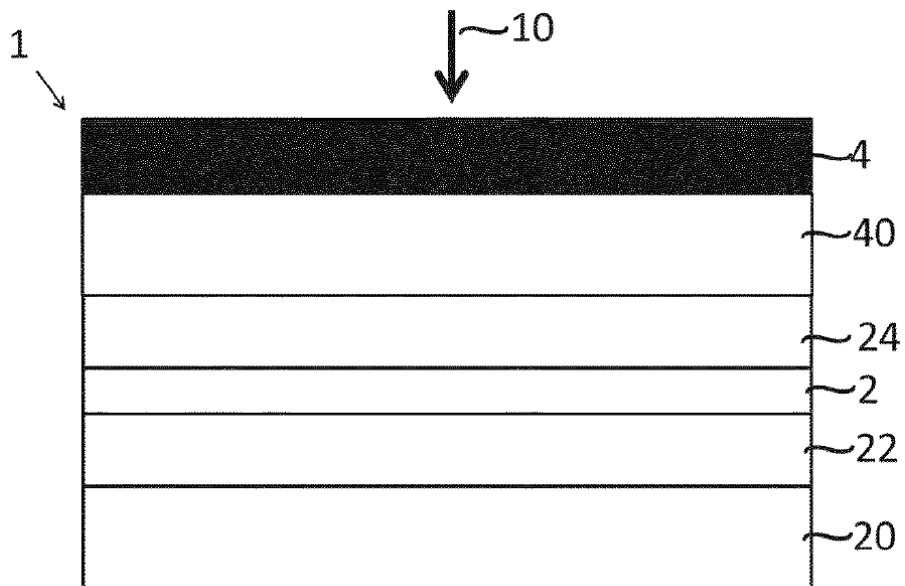


Fig. 10c

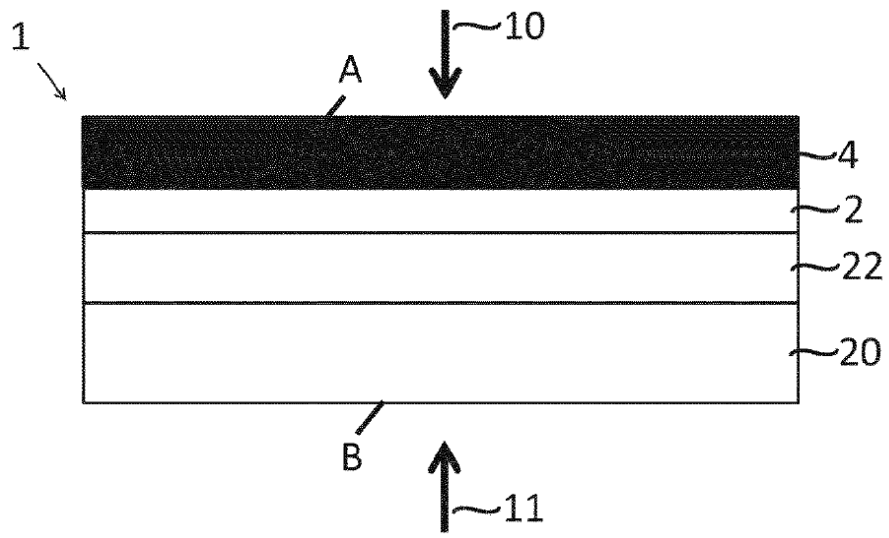


Fig. 11a

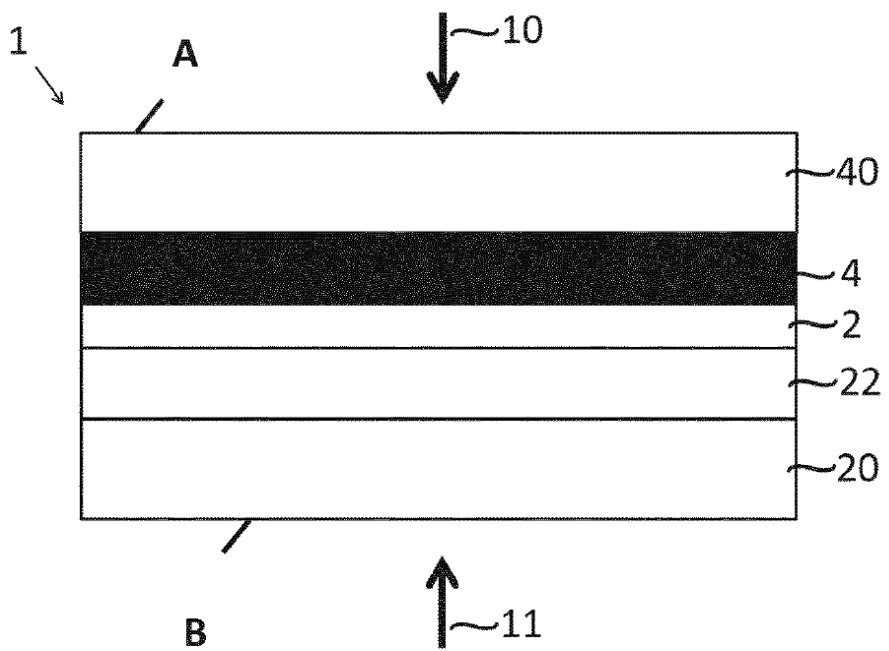


Fig. 11b

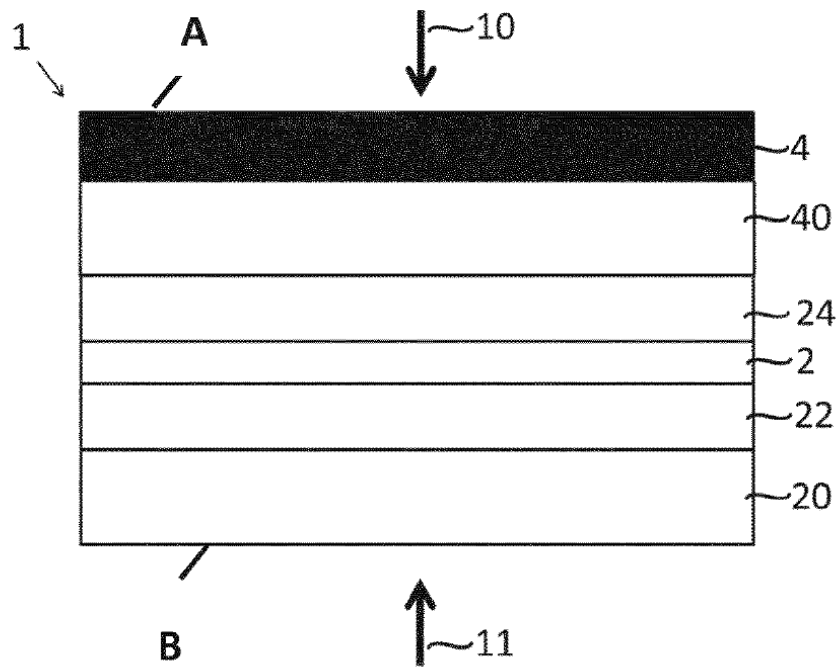


Fig. 11c

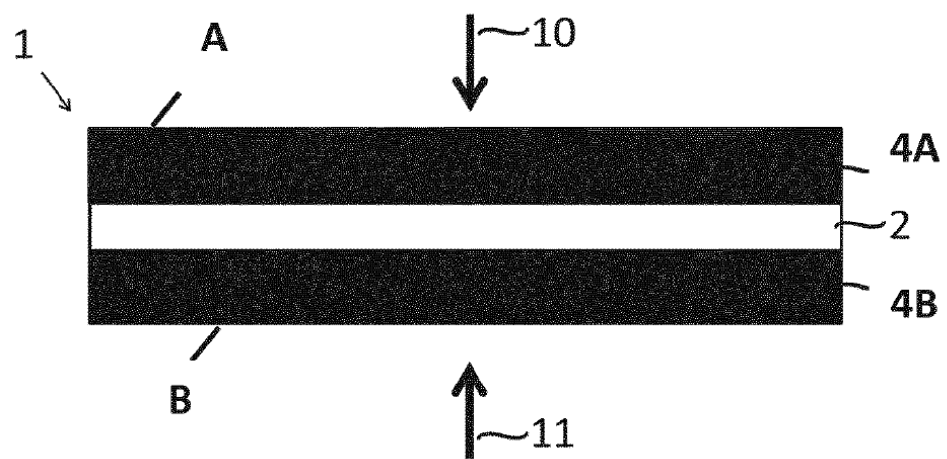


Fig. 12a

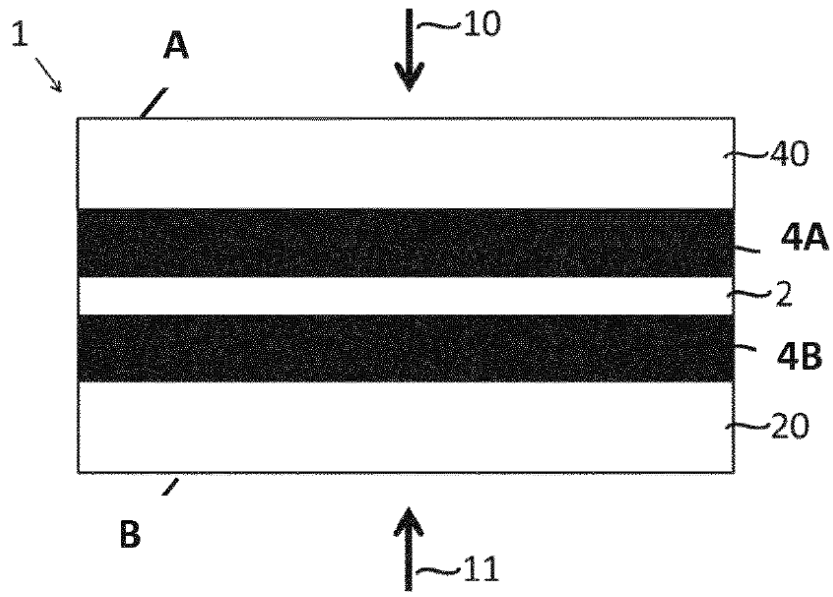


Fig. 12b

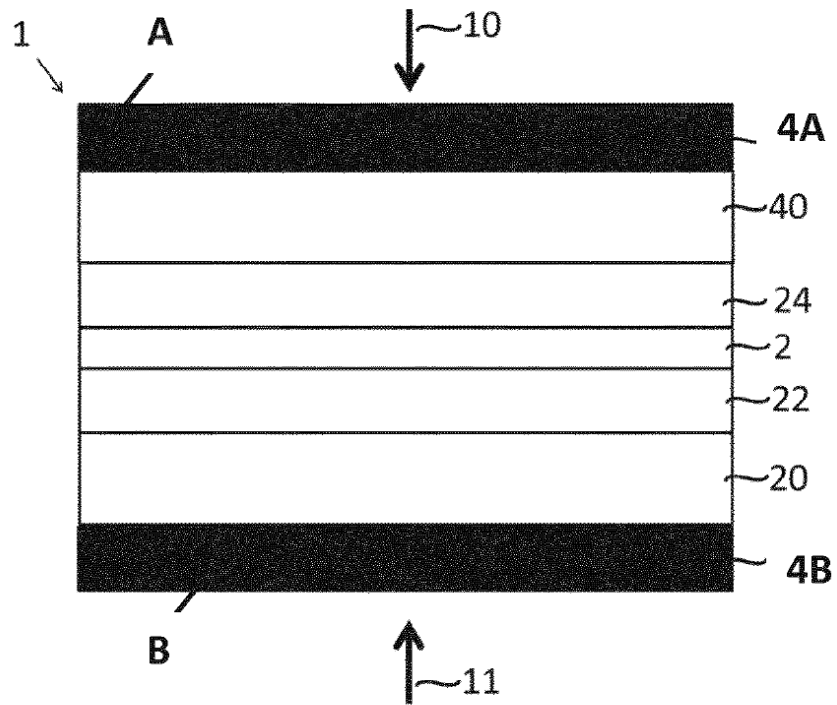


Fig. 12c

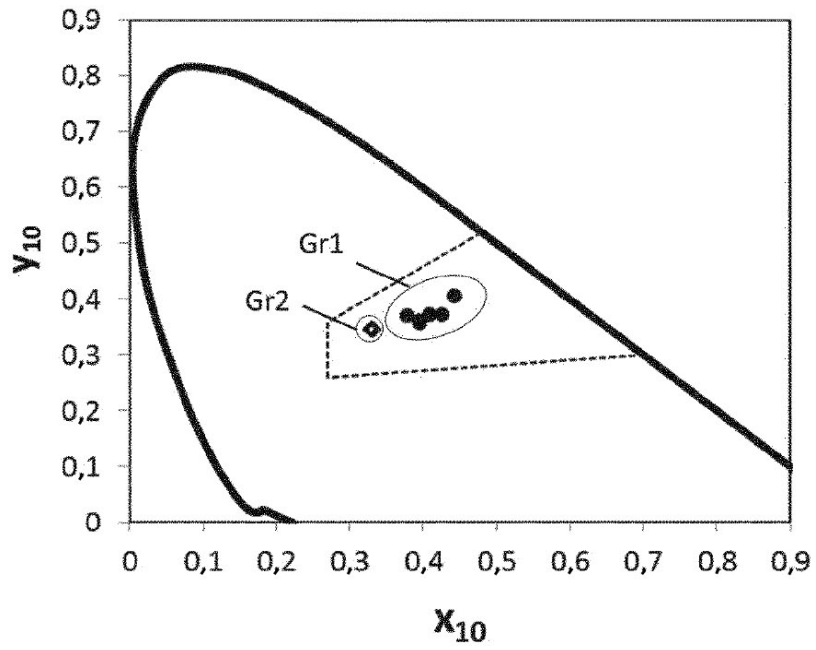


Fig. 13

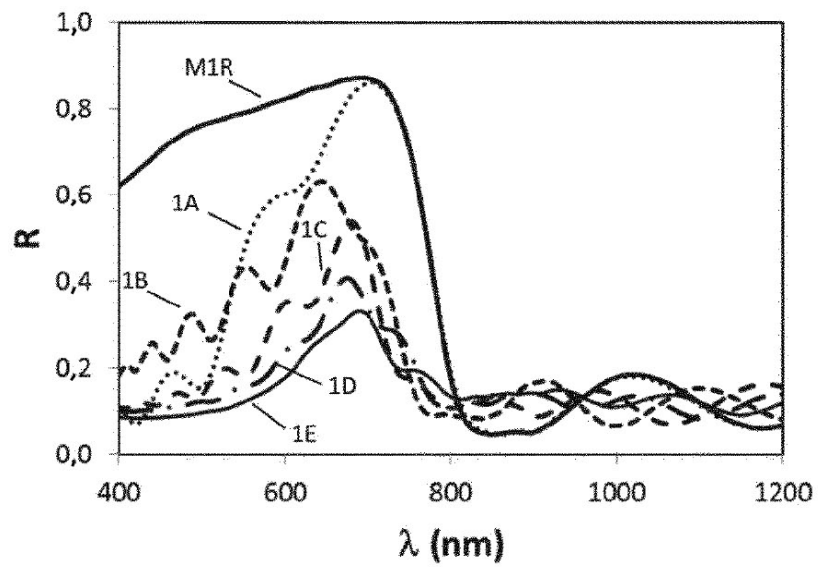


Fig. 14a

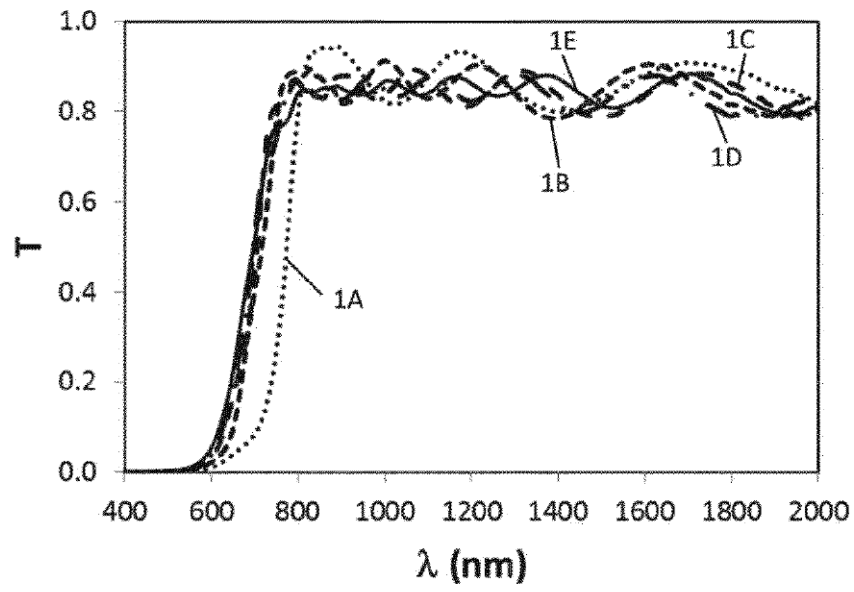


Fig. 14b

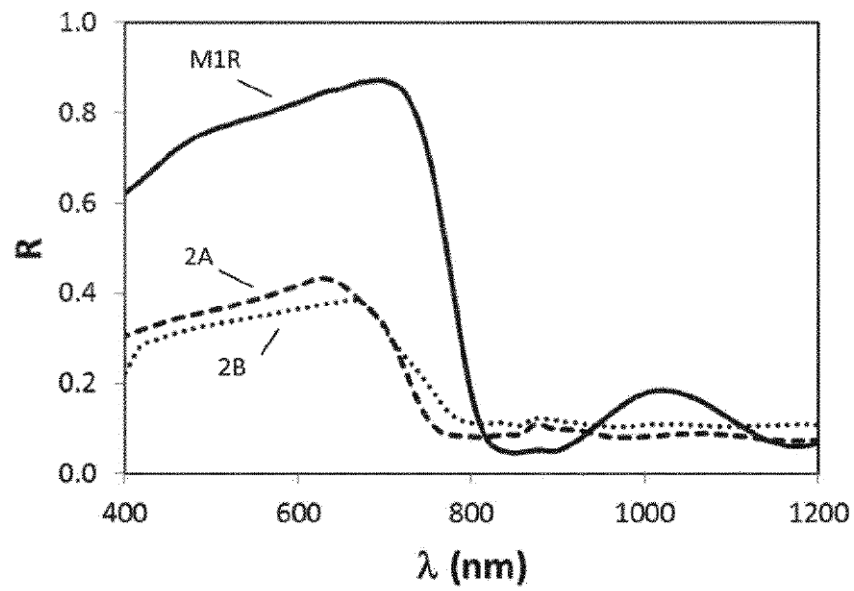


Fig. 15a

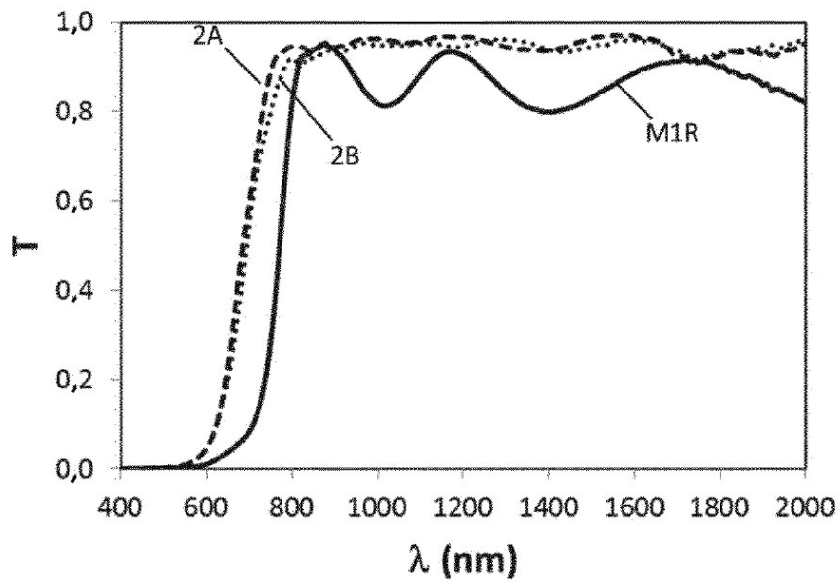


Fig. 15b

| Características de color (Gr1) | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------|
| Muestra | X ₁₀ | Y ₁₀ | Y |
| 1A | 0,4425 | 0,4062 | 42,7 |
| 1B | 0,3787 | 0,3705 | 38,7 |
| 1C | 0,4091 | 0,3716 | 22,6 |
| 1D | 0,3951 | 0,3607 | 16,9 |
| 1E | 0,3953 | 0,3565 | 13,4 |

Fig. 16

| Características de color (Gr2) | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------|
| Muestra | X ₁₀ | Y ₁₀ | Y |
| 2A | 0,3324 | 0,3447 | 38,8 |
| 2B | 0,3298 | 0,3448 | 34,7 |

Fig. 17

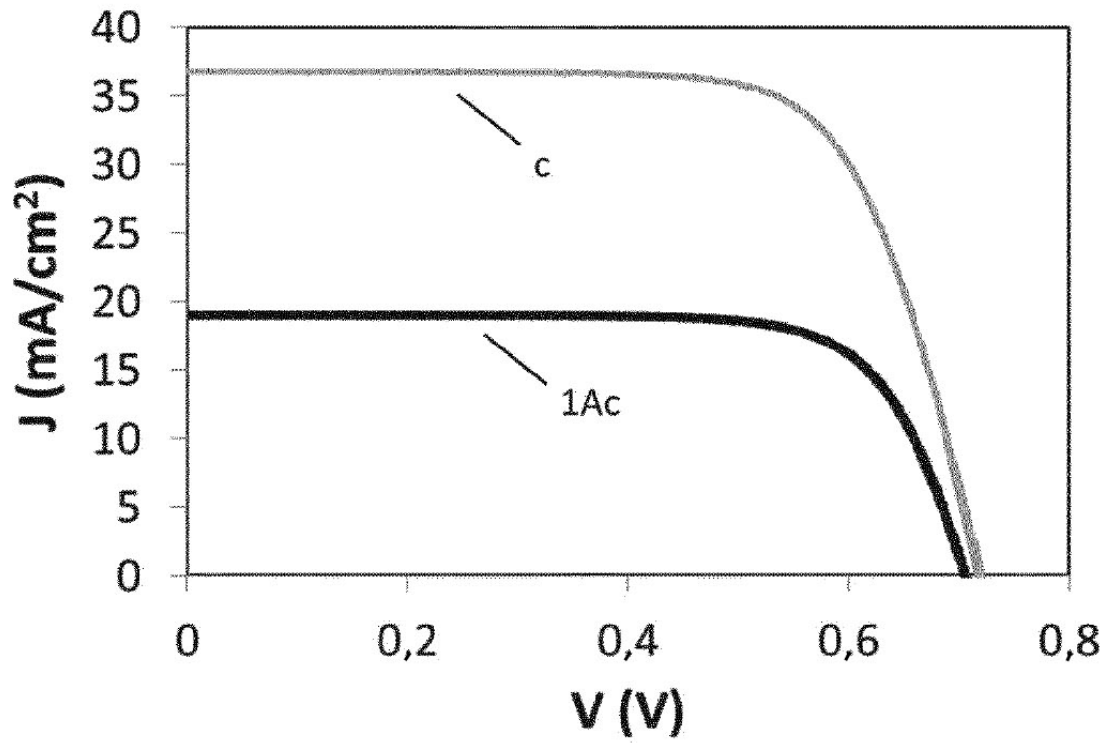


Fig. 18a

| Muestra | V_{oc} (V) | FF | J_{sc} (mA/cm ²) | Ef. (%) |
|---------|--------------|------|--------------------------------|---------|
| c | 0,721 | 71,4 | 36,77 | 18,9 |
| 1Ac | 0,706 | 74,1 | 19,11 | 10,0 |

Fig. 18b

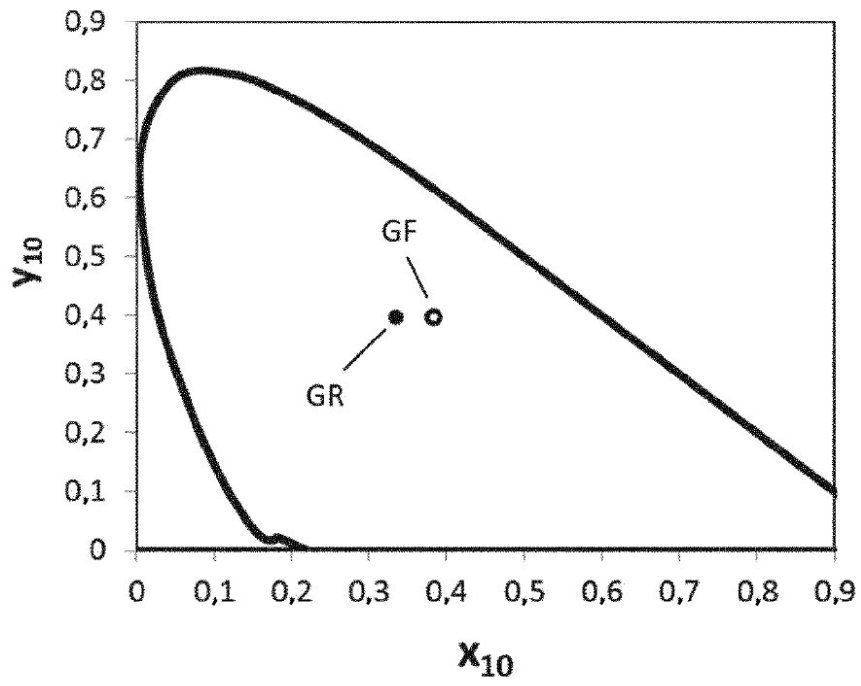


Fig. 19

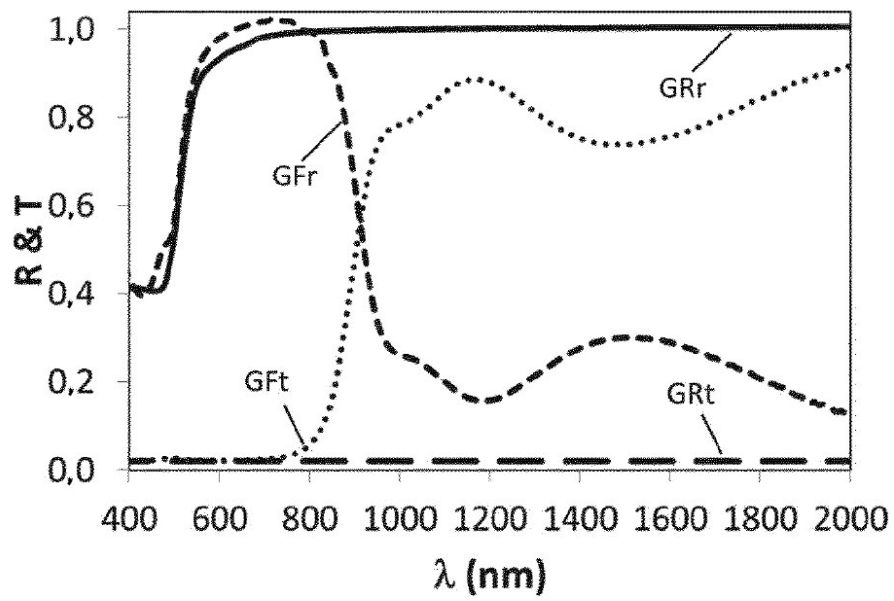


Fig. 20

| Características de color | | | |
|--------------------------|----------|----------|------|
| Muestra | X_{10} | Y_{10} | Y |
| GR | 0,3860 | 0,3953 | 77,4 |
| GF | 0,3360 | 0,3954 | 81,7 |

Fig. 21

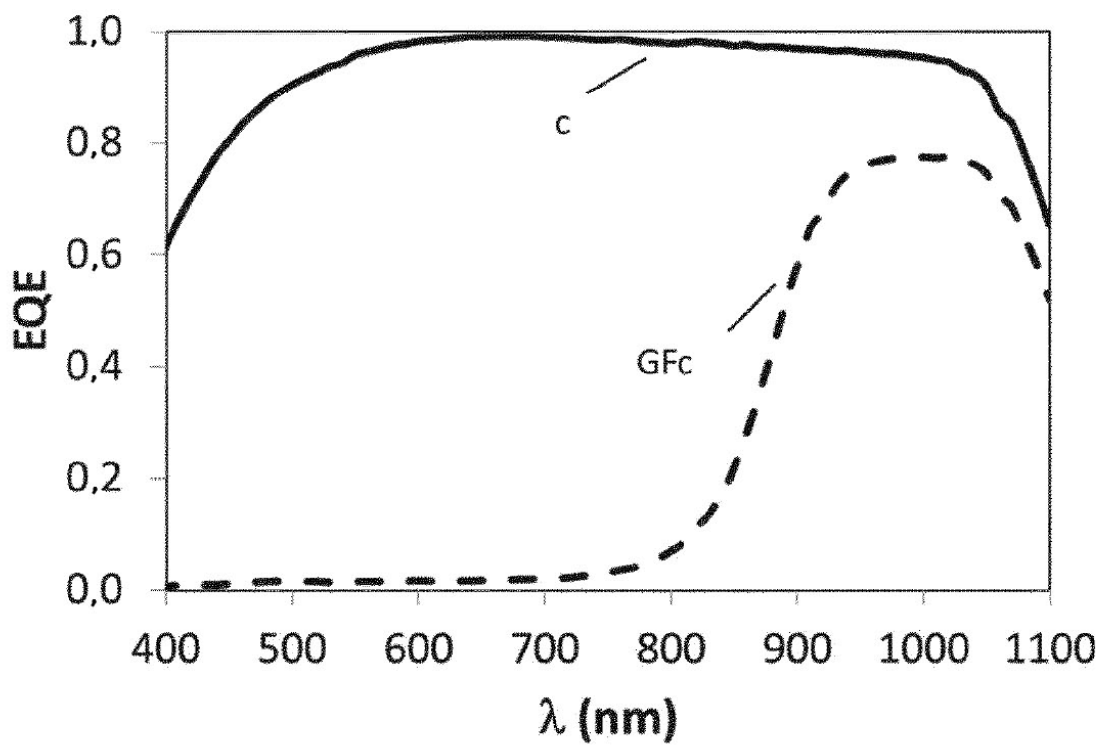


Fig. 22a

| Muestra | J_{sc} (mA/cm ²) |
|---------|--------------------------------|
| c | 39,99 |
| GFc | 9,27 |

Fig. 22b

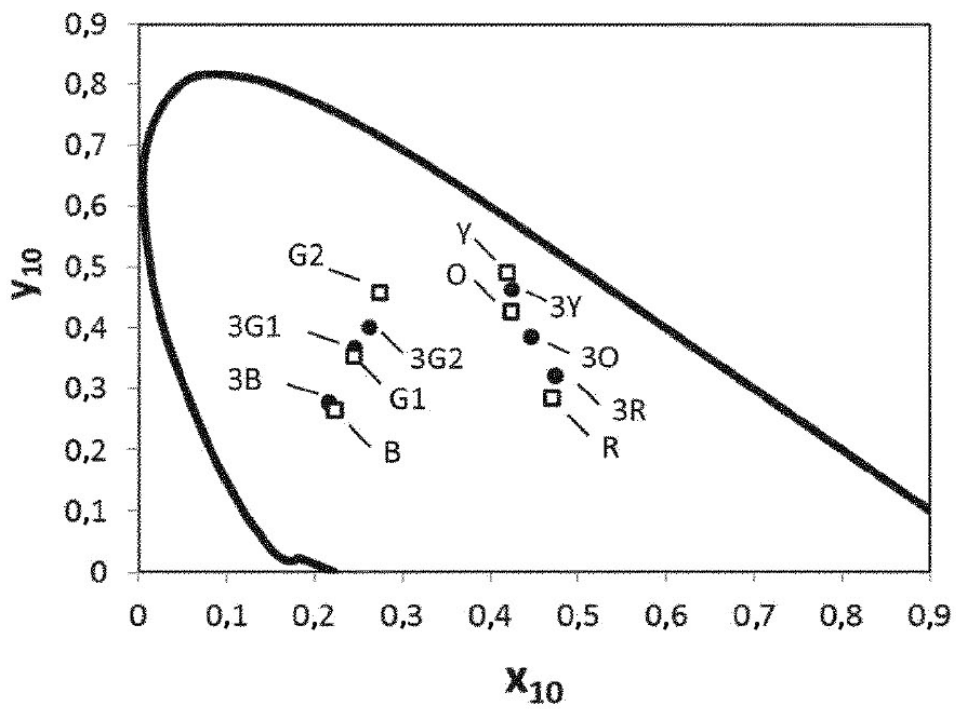


Fig. 23

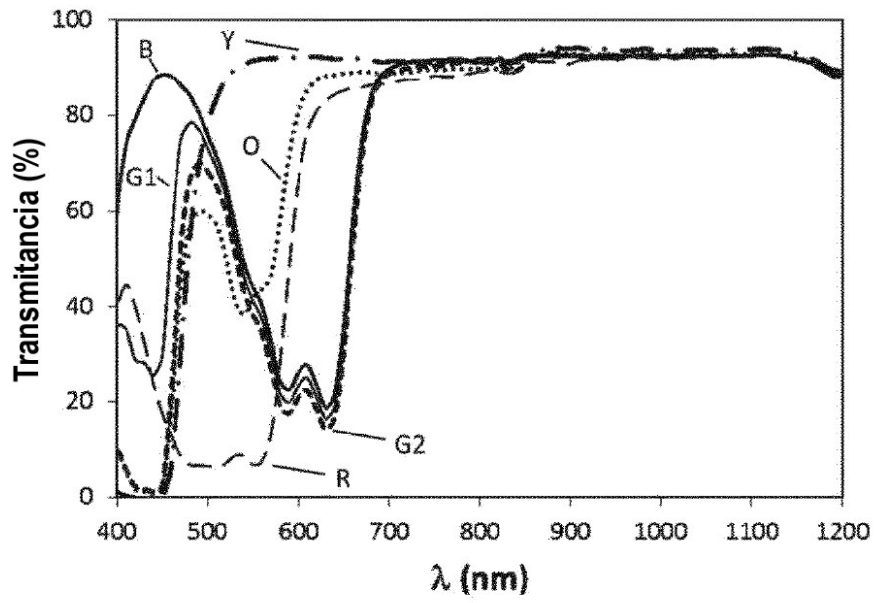


Fig. 24

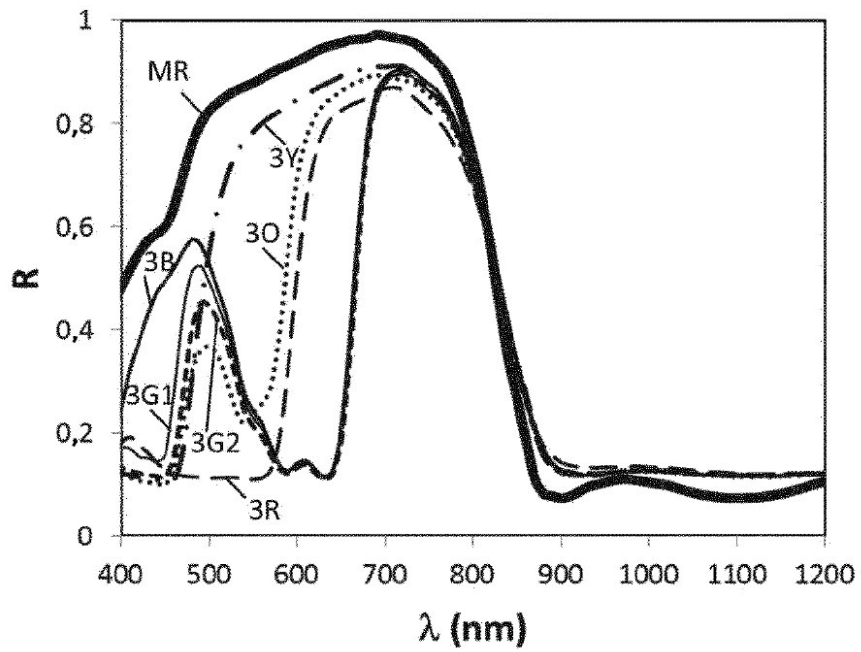


Fig. 25a

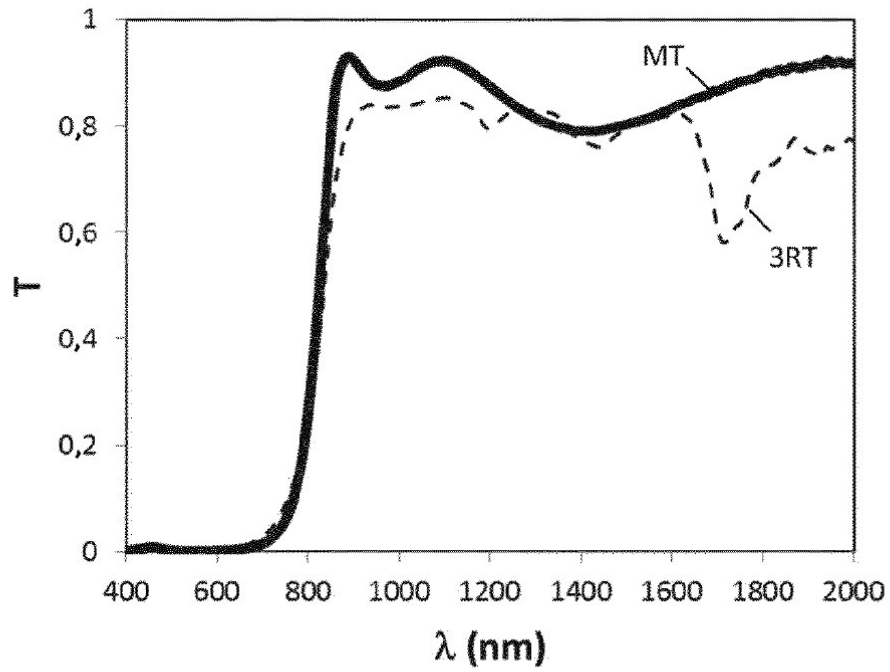


Fig. 25b

| Características de color (Hoja de absorción) | | | |
|--|-----------------|-----------------|------|
| Muestra | X ₁₀ | Y ₁₀ | Y |
| Azul [B] | 0,2228 | 0,2664 | 47,5 |
| Verde oscuro [G1] | 0,2446 | 0,3551 | 43,1 |
| Verde [G2] | 0,2735 | 0,4589 | 38,6 |
| Amarillo [Y] | 0,4186 | 0,4922 | 84,4 |
| Naranja [O] | 0,4236 | 0,4275 | 54,5 |
| Rojo [R] | 0,4694 | 0,2845 | 24,1 |

Fig. 26

| Características de color (Multicapa de interferencia + Hoja de absorción) | | | |
|---|-----------------|-----------------|------|
| Muestra | X ₁₀ | Y ₁₀ | Y |
| Azul [3B] | 0,2176 | 0,2774 | 28,8 |
| Verde oscuro [3G1] | 0,2466 | 0,3664 | 26,3 |
| Verde [3G2] | 0,2639 | 0,3997 | 23,8 |
| Amarillo [3Y] | 0,4252 | 0,4635 | 72,2 |
| Naranja [3O] | 0,4469 | 0,3848 | 38,3 |
| Rojo [3R] | 0,4751 | 0,3212 | 22,9 |

Fig. 27

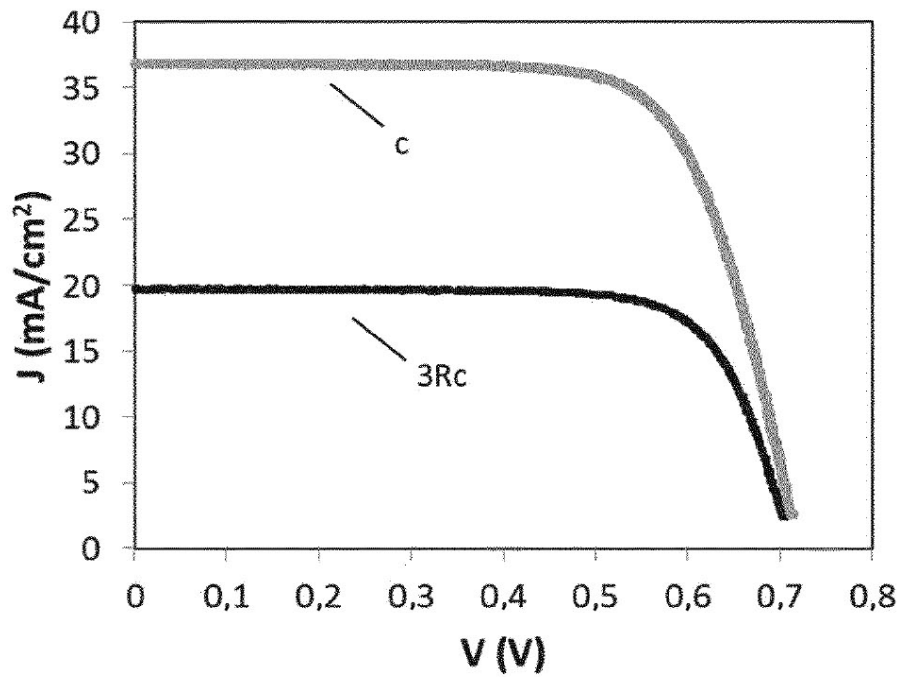


Fig. 28a

| Muestra | V _{oc} (V) | FF | J _{sc} (mA/cm ²) | Ef. (%) |
|---------|---------------------|------|---------------------------------------|---------|
| c | 0,721 | 71,4 | 36,77 | 18,9 |
| 3Rc | 0,714 | 74,7 | 19,65 | 10,5 |

Fig. 28b

| Tipo filtro color | Colores preferidos | Características de color | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|--|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | Y | | | |
| | | X ₁₀ | Y ₁₀ | X ₁₀ | Y ₁₀ | X ₁₀ | Y ₁₀ | X ₁₀ | Y ₁₀ | X ₁₀ | Y ₁₀ | | |
| I | Gris oscuro Terracota-marrón Oro | 0,300 | 0,280 | 0,370 | 0,350 | 0,340 | 0,400 | 0,270 | 0,330 | Y < 45 | | | |
| | | 0,370 | 0,320 | 0,370 | 0,370 | 0,520 | 0,430 | 0,570 | 0,380 | Y < 40 | | | |
| | | 0,320 | 0,370 | 0,520 | 0,370 | 0,430 | 0,470 | 0,320 | 0,410 | 40 < Y < 50 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| II | Blanco Gris claro Plata metálica Oro metálico | 0,300 | 0,280 | 0,370 | 0,350 | 0,340 | 0,400 | 0,270 | 0,330 | Y > 70 | | | |
| | | 0,300 | 0,280 | 0,370 | 0,350 | 0,340 | 0,400 | 0,270 | 0,330 | 45 < Y < 70 | | | |
| | | 0,300 | 0,280 | 0,370 | 0,350 | 0,340 | 0,400 | 0,270 | 0,330 | Y > 85 | | | |
| | | 0,320 | 0,370 | 0,520 | 0,370 | 0,430 | 0,470 | 0,320 | 0,410 | 60 < Y < 85 | | | |
| III | Gris claro Gris oscuro Rojo Naranja Amarillo | 0,300 | 0,280 | 0,370 | 0,350 | 0,340 | 0,400 | 0,270 | 0,330 | 45 < Y < 70 | | | |
| | | 0,300 | 0,280 | 0,370 | 0,350 | 0,340 | 0,400 | 0,270 | 0,330 | Y < 45 | | | |
| | | 0,635 | 0,360 | 0,735 | 0,265 | 0,300 | 0,260 | 0,360 | 0,390 | Y < 70 | | | |
| | | 0,635 | 0,360 | 0,360 | 0,390 | 0,350 | 0,450 | 0,540 | 0,460 | Y < 70 | | | |
| | | 0,540 | 0,460 | 0,350 | 0,450 | 0,340 | 0,500 | 0,460 | Y < 90 | | | | |
| III | Colores menos preferidos Verde Azul Púrpura | 0,360 | 0,390 | 0,330 | 0,650 | 0,150 | 0,700 | 0,200 | 0,300 | Y < 75 | | | |
| | | 0,300 | 0,320 | 0,150 | 0,290 | 0,070 | 0,230 | 0,160 | 0,026 | Y < 60 | | | |
| | | 0,290 | 0,300 | 0,300 | 0,260 | 0,220 | 0,03 | 0,160 | 0,026 | Y < 30 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Fig. 29

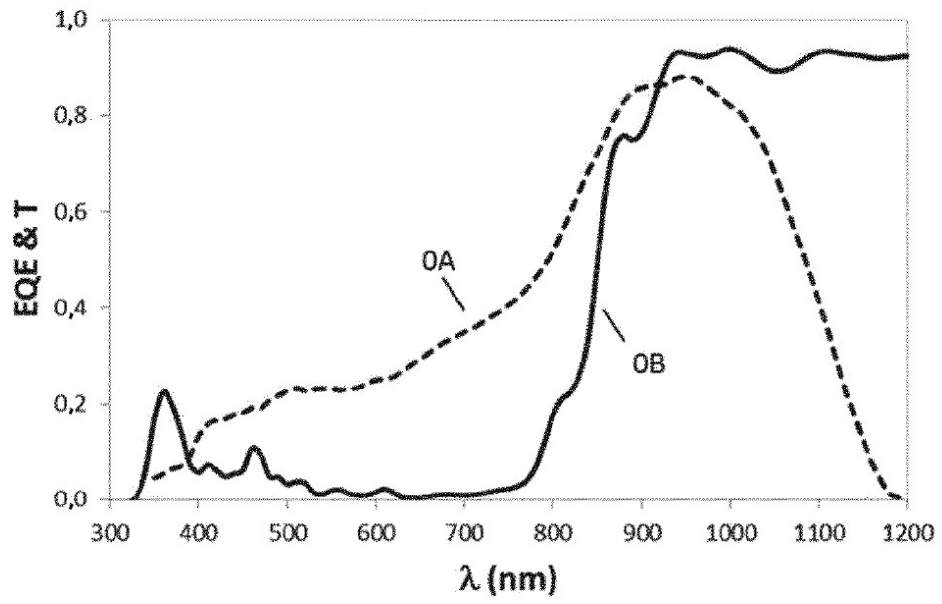


Fig. 30

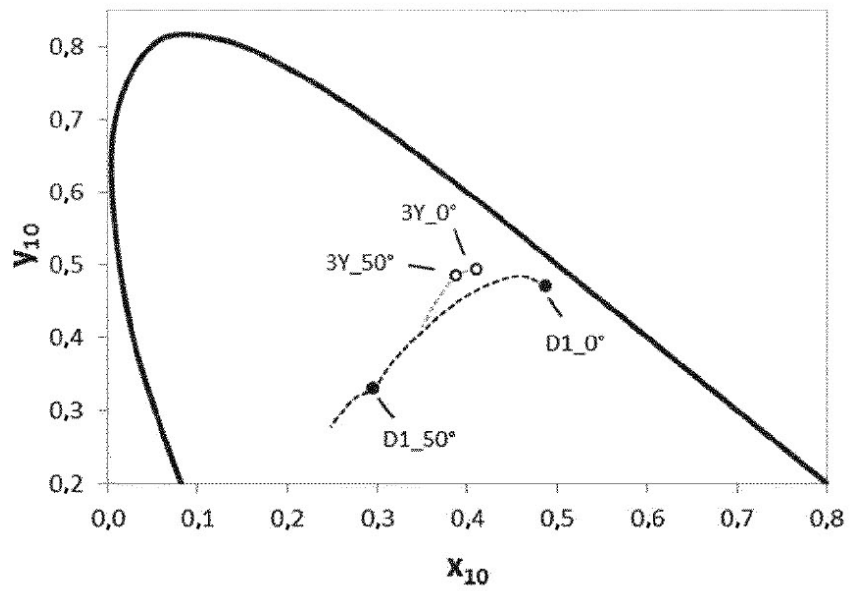


Fig. 31