

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 277**

51 Int. Cl.:

**H01L 51/42** (2006.01)

**G02B 1/11** (2015.01)

**H01L 51/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2013** **E 13166037 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020** **EP 2800161**

54 Título: **Dispositivo de fotoconversión semitransparente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.10.2020**

73 Titular/es:

**FUNDACIÓ INSTITUT DE CIÈNCIES FOTÒNIQUES  
(50.0%)  
Parque Mediterráneo de la Tecnología Av. Carl  
Friedrich Gauss, 7  
08860 Castelldefels (Barcelona), ES y  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**MARTORELL PENA, JORDI;  
BETANCUR LOPERA, RAFAEL, ANDRÉS;  
RONERO GÓMEZ, PABLO y  
MARTÍNEZ OTERO, ALBERTO**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 785 277 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

Dispositivo de fotoconversión semitransparente

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a dispositivos de fotoconversión, tales como células fotovoltaicas o fotodetectores. Más en particular, la invención está relacionada con una estructura fotónica en capas transmisora de luz para potenciar la captación de luz y ajustar el color de un dispositivo fotovoltaico transparente.

**Antecedentes de la invención**

10 La integración de fuentes de energía fotovoltaica en edificios es de suma importancia para reducir las emisiones de los mismos. Las células semitransparentes ofrecen un alto grado de integración siempre que estas se puedan incorporar en los edificios como cristales de ventanas, muros cortina o fachadas de doble revestimiento, causando una mínima alteración de la visión de los usuarios del edificio y del aspecto exterior del mismo. Cuando se considera una tecnología fotovoltaica semitransparente, existen cuatro aspectos importantes que se deben abordar: la captación de aquellos fotones que son invisibles para el ojo humano, la maximización de la transparencia a la luz visible, la vida útil del dispositivo y el aspecto estético de una pared del edificio que incorpora tal tecnología fotovoltaica. A fin de  
15 aumentar la captación de luz para los fotones invisibles en los dispositivos orgánicos semitransparentes, se han desvelado varias técnicas y procedimientos de fabricación de los mismos:

20 el documento de Y. Galagan y col./Applied Physics Letters 98 (2011) Art. N.º 043302 informa sobre el uso de un cristal líquido colestérico para reflejarse solo en una banda estrecha del espectro solar y permanecer transparente para las otras longitudes de onda.  
El documento de R. R. Lunt y col./Applied Physics Letters 98 (2011) Art. N.º 113305 informa sobre el uso de un espejo reflector Bragg distribuido para aumentar la reflectividad en el infrarrojo, que posteriormente aumenta la eficacia de una célula solar orgánica transparente de baja eficacia.

25 A fin de aumentar la transparencia en lo visible para el electrodo metálico superior, se han desvelado diferentes tipos de electrodos: la patente n.º CN101593812 A y el documento de Tao, C. y col./Applied Physics Letters 95 (2009), Art. N.º 053303 desvela un ánodo transparente que adopta una estructura de múltiples capas y comprende una capa de protección de ánodo, una capa metálica delgada y una película antirreflejos. Mediante la introducción de la película antirreflejos, se puede mejorar la eficacia de conversión de energía de la célula solar orgánica inversa semitransparente. Mediante el cambio del espesor de la película antirreflejos, se puede ajustar el espectro de transmisión del ánodo transparente.

30 Los dispositivos fotovoltaicos semitransparentes se pueden fabricar usando varios tipos de tecnologías fotovoltaicas de película delgada, tales como CIGS, silicio amorfo o células sensibilizadas con colorantes. Sin embargo, la fuerte absorción a longitudes de onda cortas visibles en todos estos casos conduce a un tono de color amarillento o rojizo a los objetos que se observan a través de tal tipo de dispositivos. Por otra parte, la absorción dependiente de la longitud de onda de algunas combinaciones de polímeros fotovoltaicos, tales como PBDTTT-C:PCBM o PTB7:PCBM, no presenta ninguna característica altamente pronunciada en el rango visible. Por consiguiente, cuando se mira a través de una capa delgada de tal combinación, no se percibe ninguna alteración significativa del tono de color de ningún tipo de imagen detrás. De hecho, el único efecto visual de tal combinación en la imagen que se observa a su través es una reducción de la intensidad de la luz recibida por el ojo.

35 Se han desvelado varios mecanismos para alterar el color u otras propiedades de los dispositivos fotovoltaicos transparentes:  
el documento US 2009/0277500 A1 desvela el ajuste de color de las células mediante el empaquetamiento en conjunto de una célula solar transparente recubierta sobre un primer sustrato transparente con un filtro óptico recubierto sobre un segundo sustrato transparente. La célula y el filtro se empaquetan en conjunto usando una capa aislante, tal como acetato de etileno y vinilo (EVA), butiral de polivinilo (PVB) u otro material similar. No se puede proporcionar un control fino (resolución de 100 nm o menor) sobre el espesor de tal capa aislante, lo que impide cualquier mejora en el rendimiento del módulo de célula solar transparente. En otras palabras, el documento US 2009/0277500 desvela dos dispositivos separados que se unen en conjunto con una capa de material aislante. La falta de control de espesor sobre tal capa aislante implica que el filtro óptico actúa como dispositivo autónomo que no tiene ningún efecto directo sobre el rendimiento del dispositivo de célula solar.

40 El documento KR101140731 B1 desvela un módulo fotovoltaico de tipo transmisión de diversos colores utilizando el color de interferencia de un cristal fotónico 3D.

45 El documento US2005226218 muestra un dispositivo de fotoconversión con una estructura de múltiples capas de capas alternas de índices de refracción altos y bajos. Como alternativa, se puede ajustar la percepción de color del dispositivo para el observador mediante la introducción de una capa absorbente para alterar la transmisión dependiente de la longitud de onda y, finalmente, modificar el aspecto de color.

**Sumario de la invención**

55 El objeto principal de la presente invención es proporcionar un dispositivo de fotoconversión semitransparente que

potencie la captación de la luz solar visible. Para este fin, se proporciona una célula fotovoltaica semitransparente con una estructura de múltiples capas que se puede usar para aumentar la eficacia, aumentar la vida útil y cambiar el aspecto del tono de color de la célula, al tiempo que se garantiza un cambio mínimo en la capacidad de absorción de la luz. En particular, la invención desvela un dispositivo de fotoconversión que comprende un sustrato transparente y un primer contacto eléctrico transmisor de luz que se superpone al sustrato transparente, una primera capa de bloqueo de carga, una capa de absorción que comprende un material fotosensible orgánico activo, una segunda capa de bloqueo de carga que se superpone al material fotosensible orgánico activo, un segundo contacto eléctrico transmisor de luz y una estructura de múltiples capas, en este orden, comprendiendo la estructura de múltiples capas al menos dos capas de diferentes materiales dieléctricos con índices de refracción diferentes y en el que el espesor de cada capa está entre 5 y 500 nm y dos capas adyacentes tienen índices de refracción diferentes, en el que la estructura de múltiples capas comprende cinco capas de MoO<sub>3</sub> y MgF<sub>2</sub> en forma alternada o seis capas de LiF y MoO<sub>3</sub> en forma alternada. Otros aspectos de la invención resultan evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes.

### **Breve descripción de los dibujos**

A fin de completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos.

La Figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de una célula solar transparente que incluye una estructura de múltiples capas.

La Figura 2 es un gráfico que muestra los fotones absorbidos de la invención y una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas.

La Figura 3 es un gráfico que compara las curvas de transmisión de luz de dos ejemplos diferentes de la célula fotovoltaica semitransparente de la presente invención.

La Figura 4 es un gráfico que muestra los fotones absorbidos de la invención y una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas.

La Figura 5 es un gráfico que muestra (teoría y experimento) los fotones absorbidos de la invención y una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas.

La Figura 6 es un gráfico que compara las curvas de transmisión de luz de la presente invención y una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. Los dispositivos experimentales considerados en esta figura son los mismos que se consideran en la Figura 5.

La Figura 7 es un gráfico que compara la vida útil de la presente invención y una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. Las configuraciones de los dispositivos consideradas en esta figura son las mismas que las que se consideran en la Figura 2.

### **Descripción detallada de la invención**

El dispositivo de fotoconversión tiene una arquitectura directa o invertida que comprende un primer contacto eléctrico transmisor de luz que se superpone a un sustrato transparente, una capa de bloqueo de carga que se superpone al primer contacto eléctrico transmisor de luz y que se superpone al material fotosensible orgánico activo, una segunda capa de bloqueo de carga que se superpone al material fotosensible orgánico activo, un segundo contacto eléctrico transmisor de luz que se superpone a la segunda capa de bloqueo de carga y una estructura de múltiples capas que se superpone al segundo contacto eléctrico transmisor de luz. La estructura de múltiples capas está compuesta por dos o más capas de materiales dieléctricos. En tal estructura de múltiples capas, el índice de refracción de cada capa debe ser diferente del índice de refracción de las capas adyacentes. Un procedimiento de fabricación de la célula fotovoltaica que incluye la estructura de múltiples capas comprende una etapa de deposición para cada capa del dispositivo. La fabricación del dispositivo completo termina con la deposición de la última capa dieléctrica de la estructura de múltiples capas.

Más en particular, en una realización preferida, el dispositivo es una célula solar orgánica invertida que comprende:

1 Un sustrato de cualquier material rígido o flexible transmisor de luz sobre el que se puede construir la célula fotovoltaica, tal como vidrio, cristal, metal transparente, semiconductor o plástico. Los ejemplos de estos materiales son el sílice (SiO<sub>2</sub>), el borosilicato (BK7) y el PET.

2 Un primer electrodo transparente que comprende una capa metálica delgada o una malla de nanocables de los elementos del grupo de Ag, Al, Au, Ti, Ni, Cu o combinaciones de los mismos o una capa transparente de óxido conductor del grupo de ITO, ZnO, Al:ZnO, SnO<sub>2</sub>, FTO o polímeros conductores, tales como PEDOT, PEDOT:PSS, PEDOT-TMA o un nanotubo de carbono o una capa de grafeno de un espesor entre 0,3 nm y 350 nm.

3 Superpuesta y en contacto con el primer electrodo hay una capa de bloqueo de huecos que comprende una capa semiconductor transparente, tal como ZnO, PFN o TiO<sub>2</sub> (espesor entre 1 nm y 150 nm). La capa comprende una morfología homogénea o de nanopartículas de los materiales enumerados.

4 Un material activo orgánico que forma una combinación que contiene una mezcla de dos componentes: un

polímero semiconductor conjugado y un compuesto de fullereno. El primer componente es un polímero conjugado con monómeros donadores de electrones y aceptores de electrones alternados. El donador es un derivado de benzo[1,2-b:4,5-b']ditiófeno, mientras que como aceptor se pueden usar muchos tipos diferentes de compuestos, por ejemplo, aunque no de manera exclusiva, tiofeno, benzotiadiazol o derivados de dicetopirrolpirrol. Como alternativa, el primer componente es un polímero  $\alpha$ -PTPTBT, en el que la unidad donadora de electrones es un tiofeno-fenileno-tiofeno (TPT) y la unidad aceptora es 2,1,3-benzotiadiazol (BT). Como alternativa, el primer componente es un polímero de politiofeno (P3HT). El segundo componente de la combinación es  $C_{60}$  o un derivado soluble de la familia de compuestos de fullereno. El espesor de la totalidad de la capa de material activo está entre 40 nm y 500 nm. Como alternativa, el material activo puede comprender una pila de dos o más de tales combinaciones que forman una capa activa orgánica en tándem en una configuración en serie. La separación entre las combinaciones de la pila puede comprender una capa intermedia para facilitar la recombinación de los huecos y los electrones.

5 Una capa de bloqueo de electrones que comprende una capa semiconductor transparente, tal como  $MoO_3$ , PEDOT:PSS,  $WO_3$ , NiO (1 nm y 150 nm). La capa puede comprender una morfología homogénea o de nanopartículas de los materiales enumerados anteriormente.

6 Un segundo electrodo transparente puede comprender una capa metálica delgada o una malla de nanocables de los elementos del grupo de Ag, Al, Au, Ti, Ni, Cu,... o combinaciones de los mismos o una capa transparente de óxido conductor del grupo de ITO, ZnO, Al:ZnO,  $SnO_2$ , FTO o polímeros conductores, tales como PEDOT, PEDOT:PSS, PEDOT-TMA o un nanotubo de carbono o una capa de grafeno (de 0,3 nm hasta 350 nm).

7 Una estructura de múltiples capas que comprende cinco capas de  $MoO_3$  y LiF en forma alternada o seis capas de LiF y  $MoO_3$  en forma alternada.

Una estructura de múltiples capas de la técnica anterior puede comprender

dos o más capas dieléctricas. En esta estructura de múltiples capas, cada capa dieléctrica puede comprender un material inorgánico transparente, tal como  $MoO_3$ ,  $MgF_2$ ,  $TiO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $SiN_{1,3}H$ ,  $SiO_2:F$ ,  $Ta_2O_5$ , ZnO,  $Al_2O_3$ , ZnS,  $CaF_2$ ,  $MbO_5$ ,  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ ,  $SiO_2:H$ , LiF. Cada capa puede comprender una morfología homogénea o de nanopartículas de los materiales inorgánicos enumerados anteriormente. Como alternativa, la capa puede comprender materiales poliméricos transparentes, tales como PMMA, Poliestireno, PET. El espesor de cada capa dentro de la estructura de múltiples capas está entre 5 nm y 500 nm. El intervalo de espesores es tal porque el espesor de cada una de las capas dieléctricas tiene un efecto directo en el rendimiento (eficacia, vida útil, transparencia y color) de la totalidad del dispositivo.

La primera capa en la estructura de múltiples capas de la técnica anterior comprende uno de los materiales dieléctricos anteriores o una mezcla de los mismos. La segunda capa en la estructura de múltiples capas comprende uno de los materiales anteriores, pero no el mismo o la misma mezcla que en la primera capa, en el sentido de que el índice de refracción de la segunda capa debe ser diferente del índice de la primera capa en la estructura de múltiples capas. La tercera capa en la estructura de múltiples capas comprende un material de la lista anterior con un índice de refracción diferente del índice de la segunda capa en la estructura de múltiples capas. Esta secuencia se repite hasta la última capa de la estructura. En una realización preferida de la estructura de múltiples capas, el material usado en todas las capas impares es igual, al tiempo que el material usado en todas las capas pares es igual.

Como alternativa, el dispositivo es una célula orgánica directa que comprende los mismos elementos que antes, pero en el que una capa de bloqueo de electrones que comprende una capa semiconductor transparente, tal como PEDOT:PSS, NiO,  $WO_3$ ,  $MoO_3$ , de un espesor entre 1 y 150 nm se proporciona sobre la parte superior del primer electrodo transparente y una capa de bloqueo de huecos que comprende una capa semiconductor transparente, tal como ZnO, PFN, BCP,  $TiO_2$ , LiF,  $LiCoO_2$ , de un espesor entre 1 y 150 nm se proporciona sobre la parte superior del material activo.

A continuación, se presentan tres ejemplos de la invención en los que se proporcionan los espesores óptimos para las capas dieléctricas en la estructura de múltiples capas. Tal como se puede observar, tales espesores óptimos son diferentes en cada caso, pero estos siempre están dentro del intervalo especificado. Un cuarto ejemplo de la invención es para demostrar que la estructura de múltiples capas aumenta la vida útil de funcionamiento del dispositivo mediante la provisión de una barrera eficaz contra los elementos corrosivos, tales como el oxígeno o la humedad.

La Figura 2 es un gráfico que compara la absorción de fotones de la invención (línea continua) y de una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. Los fotones absorbidos son proporcionales a la eficacia de la generación de fotoportadores. En este gráfico, la realización de la invención comprende: un sustrato de  $SiO_2$  de 1,1 mm de espesor, un primer electrodo ITO semitransparente de 120 nm de espesor, una capa de bloqueo de huecos de ZnO de 30 nm de espesor, un material activo fabricado con una combinación de 100 nm de PTB7:PC<sub>71</sub>BM, una capa de bloqueo de electrones de 5 nm de espesor fabricada con  $MoO_3$ , un segundo electrodo semitransparente fabricado con Ag y de 10 nm de espesor y la estructura de múltiples capas. Esta última comprende cinco capas: 102 nm de  $MoO_3$ , 136 nm de  $MgF_2$ , 102 nm de  $MoO_3$ , 102 nm de  $MgF_2$  y 102 nm de  $MoO_3$ . La célula semitransparente sin la estructura de múltiples capas (línea discontinua) está compuesta por los mismos elementos y una capa protectora de  $MoO_3$  de 10 nm de espesor, pero no está provista de la estructura de múltiples capas.

Tal como se puede observar en la Figura, la absorción de fotones de la invención se potencia para las longitudes de onda de luz a las que el ojo humano es más insensible. La absorción de fotones, en el intervalo de longitudes de onda (400-600 nm) en el que la sensibilidad del ojo es la mayor, es, sin embargo, similar a la absorción de fotones de la

célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. En otras palabras, la invención es más eficaz en la conversión de luz en electricidad con la misma transparencia visible.

La Figura 3 es un gráfico que compara las curvas de transmisión de luz de dos ejemplos diferentes de la célula fotovoltaica semitransparente de la presente invención. Las capas 1 a 6 son iguales en ambos ejemplos. A fin de ajustar el color del dispositivo, se usa una estructura de múltiples capas diferente en cada caso. Ambas células presentan una eficacia similar. La línea continua corresponde a la transmisión de una célula que aparentaría ser de color rojizo, la secuencia de capas en la estructura de múltiples capas es primera capa: 136 nm de MoO<sub>3</sub>, segunda capa: 136 nm de MgF<sub>2</sub>, tercera capa: 136 nm de MoO<sub>3</sub>, cuarta capa: 68 nm de MgF<sub>2</sub> y quinta capa: 68 nm de MoO<sub>3</sub>. La línea discontinua corresponde a la transmisión de una célula que aparentaría ser de color azulado, la secuencia de capas en la estructura de múltiples capas es primera capa: 102 nm de MoO<sub>3</sub>, segunda capa: 136 nm de MgF<sub>2</sub>, tercera capa: 102 nm de MoO<sub>3</sub>, cuarta capa: 136 nm de MgF<sub>2</sub> y quinta capa: 68 nm de MoO<sub>3</sub>.

Tal como se puede observar en la Figura, la ventana de transmisión se puede desplazar cuando se cambia el espesor de las capas en la estructura de múltiples capas. Esto causa un cambio en el color del dispositivo, pero casi ningún cambio en la eficacia de recogida de fotones del dispositivo.

La Figura 4 es un gráfico que compara la absorción de fotones de la invención (línea continua) y de una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. Los fotones absorbidos son proporcionales a la eficacia de la generación de fotoportadores. En este gráfico, la realización de la invención comprende: un sustrato de SiO<sub>2</sub> de 1,1 mm de espesor, un primer electrodo ITO semitransparente de 120 nm de espesor, una capa de bloqueo de electrones de 10 nm de espesor de MoO<sub>3</sub>, un material activo fabricado con una combinación de 90 nm de PTB7:PC<sub>71</sub>BM, una capa de bloqueo de huecos de 3,5 nm de espesor fabricada con BCP, un segundo electrodo semitransparente fabricado con Ag y de 10 nm de espesor y la estructura de múltiples capas. Esta última comprende cinco capas: 146 nm de MoO<sub>3</sub>, 102 nm de MgF<sub>2</sub>, 102 nm de MoO<sub>3</sub>, 102 nm de MgF<sub>2</sub> y 102 nm de MoO<sub>3</sub>. La célula semitransparente sin la estructura de múltiples capas (línea discontinua) está compuesta por los mismos elementos y una capa protectora de MoO<sub>3</sub> de 10 nm de espesor, pero no está provista de la estructura de múltiples capas.

En este otro ejemplo, el dispositivo de la presente invención incluye una célula directa. Como en el ejemplo de la Figura 2, la absorción de fotones de la invención se potencia para las longitudes de onda de luz a las que el ojo humano es más insensible. De nuevo, la absorción de fotones de la invención, en el intervalo de longitudes de onda (400-600 nm) en el que la sensibilidad del ojo es la mayor, es similar a la absorción de fotones de la célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas.

La Figura 5 es un gráfico que compara la absorción de fotones de la invención (la línea continua es la predicción teórica y los puntos sólidos corresponden a la medición experimental) con una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. En esta Figura, la eficacia de absorción de fotones se ha multiplicado por 0,94. De esta manera, se explica la eficacia del 94 % en la recogida de pares electrón-hueco de los fotones absorbidos. Entonces, la eficacia de absorción de fotones corregida (eje y) es equivalente a la eficacia de recogida de fotocargas, que es la cantidad medida de manera experimental. En este gráfico, la realización de la invención comprende: un sustrato de SiO<sub>2</sub> de 1,1 mm de espesor, un primer electrodo ITO semitransparente de 330 nm de espesor, una capa de bloqueo de electrones de 30 nm de espesor de PEDOT:PSS, un material activo fabricado con una combinación de 90 nm de PTB7:PC<sub>71</sub>BM, una capa de bloqueo de huecos de 3,5 nm de espesor fabricada con BCP, un segundo electrodo semitransparente de Ag y 10 nm de espesor y la estructura de múltiples capas. Esta última comprende seis capas: 15 nm de LiF, 136 nm de MoO<sub>3</sub>, 102 nm de LiF, 102 nm de MoO<sub>3</sub>, 136 nm de LiF y 102 nm de MoO<sub>3</sub>. La célula semitransparente sin la estructura de múltiples capas (la línea discontinua es la predicción teórica y los círculos abiertos corresponden a la medición experimental) está compuesta por los mismos elementos y una capa protectora que se superpone al segundo electrodo de LiF de 15 nm de espesor, pero no está provista de la estructura de múltiples capas. En este caso, se puede observar que la eficacia de absorción de fotones corregida de la invención se potencia para las longitudes de onda de luz a las que el ojo humano es más insensible. En este ejemplo, la predicción teórica es sustentada por datos experimentales.

La Figura 6 es un gráfico que compara la transmisión medida de manera experimental de la invención (puntos sólidos) con una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas (círculos abiertos). En este gráfico, la realización de la invención comprende: un sustrato de SiO<sub>2</sub> de 1,1 mm de espesor, un primer electrodo ITO semitransparente de 330 nm de espesor, una capa de bloqueo de electrones de 30 nm de espesor de PEDOT:PSS, un material activo fabricado con una combinación de 90 nm de PTB7:PC<sub>71</sub>BM, una capa de bloqueo de huecos de 3,5 nm de espesor fabricada con BCP, un segundo electrodo semitransparente fabricado con Ag y de 10 nm de espesor y la estructura de múltiples capas. Esta última comprende seis capas: 15 nm de LiF, 136 nm de MoO<sub>3</sub>, 102 nm de LiF, 102 nm de MoO<sub>3</sub>, 136 nm de LiF y 102 nm de MoO<sub>3</sub>. La célula semitransparente sin la estructura de múltiples capas está compuesta por los mismos elementos y una capa protectora de LiF de 15 nm de espesor que se superpone al segundo electrodo, pero no está provista de la estructura de múltiples capas. Cabe destacar que la secuencia de capas para los dispositivos considerados en esta Figura es igual que para los dispositivos considerados en la Figura 5. En otras palabras, la transmisión en los puntos sólidos de esta Figura y la absorción en los puntos sólidos de la Figura 5 corresponden a los mismos dispositivos de la invención y la transmisión en los círculos abiertos de esta Figura y la absorción en los círculos abiertos de la Figura 5 corresponden a la misma célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. Cabe destacar que el dispositivo de la invención abre una ventana de transmisión en el intervalo de longitudes de onda (400-600 nm) en el que la sensibilidad del ojo es la mayor, al tiempo que mantiene una pequeña transmisión para potenciar la absorción de luz de la célula fotovoltaica para aquellas longitudes de onda

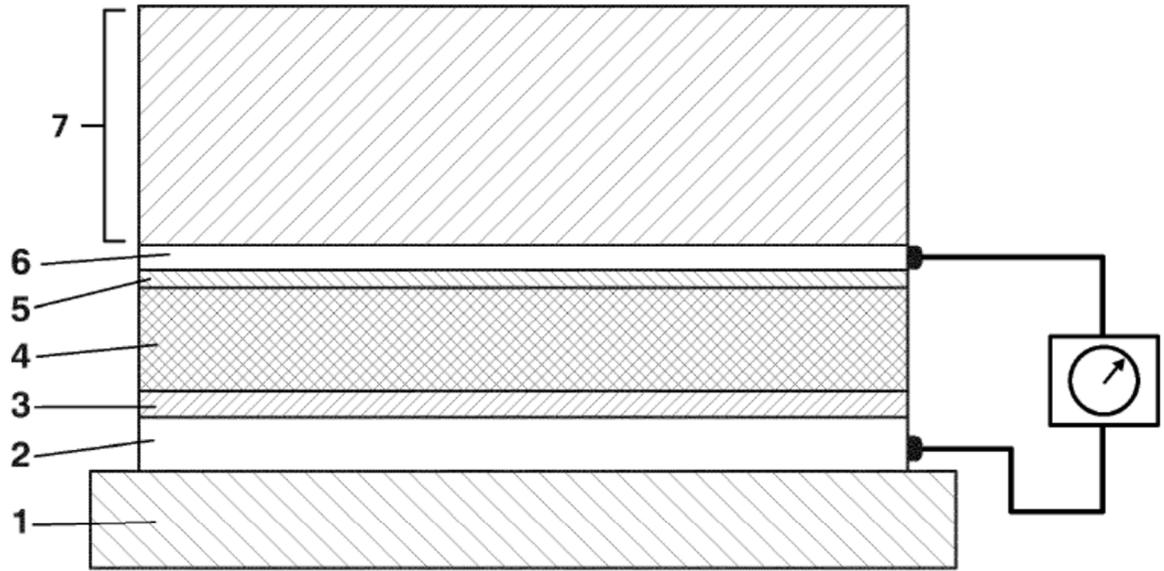
en los intervalos de 300-400 nm y 600-700 nm a las que el ojo humano es menos sensible.

5 La Figura 7 es un gráfico que compara la vida útil de la invención (círculos sólidos) y de una célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas (cuadrados sólidos). La secuencia de capas para los dispositivos considerados en esta Figura es igual que para los dispositivos considerados en la Figura 2. En otras palabras, la vida útil en los cuadrados sólidos de esta Figura y la absorción en una línea continua de la Figura 2 corresponden a los mismos dispositivos de la invención y la transmisión en los cuadrados sólidos de esta Figura y la absorción en la línea discontinua de la Figura 2 corresponden a la misma célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas. Tal como se puede observar en esta Figura, la célula semitransparente que no incluye la estructura de múltiples capas se vuelve no operativa después de aproximadamente 1.200 horas. Por otro lado, el dispositivo de la invención presenta una vida útil significativamente mayor porque las múltiples capas proporcionan una mejor protección contra los elementos corrosivos, tales como el oxígeno o la humedad. En el mismo lapso de tiempo, el dispositivo de la invención conserva aproximadamente el 60 % del nivel de rendimiento original.

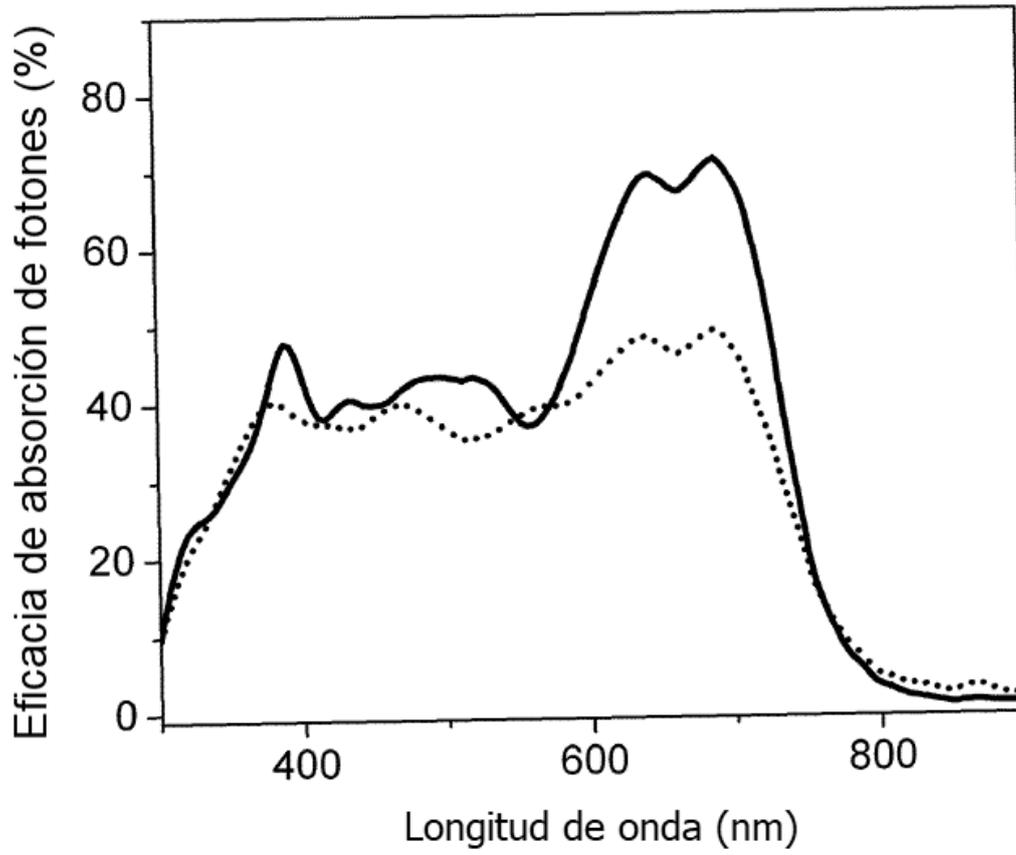
10

## REIVINDICACIONES

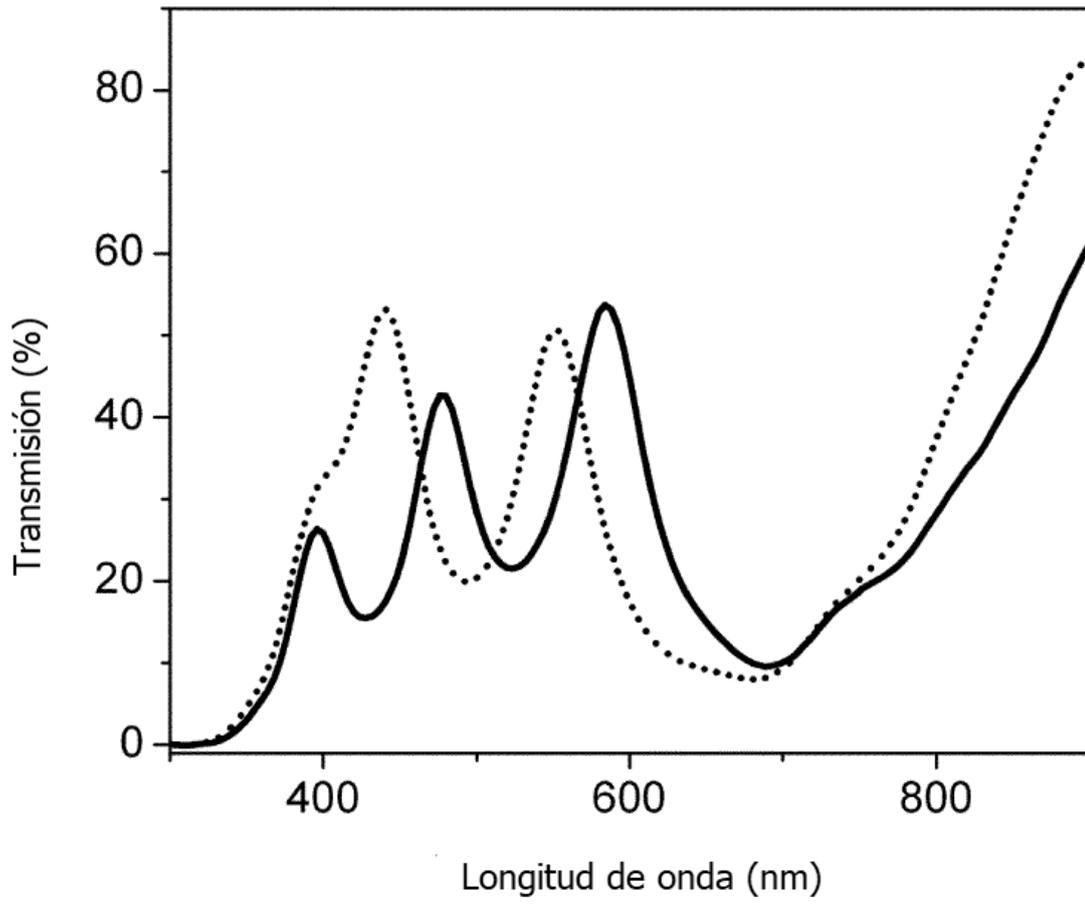
1. Un dispositivo de fotoconversión que comprende un sustrato transparente (1) y un primer contacto eléctrico transmisor de luz (2) que se superpone al sustrato transparente, una primera capa de bloqueo de carga (3), una capa de absorción que comprende un material fotosensible orgánico activo (4), una segunda capa de bloqueo de carga (5) que se superpone al material fotosensible orgánico activo, un segundo contacto eléctrico transmisor de luz (6) y una estructura de múltiples capas (7), en este orden, en el que la estructura de múltiples capas comprende al menos dos capas de materiales dieléctricos diferentes con índices de refracción diferentes y en el que el espesor de cada capa está entre 5 y 500 nm y dos capas adyacentes en (7) tienen índices de refracción diferentes, **caracterizado porque** la estructura de múltiples capas (7) comprende cinco capas de MoO<sub>3</sub> y MgF<sub>2</sub> de manera alternada o seis capas de LiF y MoO<sub>3</sub> de manera alternada.
2. El dispositivo de fotoconversión de la reivindicación 1, en el que el espesor de las capas de bloqueo de carga está entre 1 nm y 150 nm.
3. El dispositivo de fotoconversión de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la primera capa de bloqueo de carga es una capa de bloqueo de huecos que comprende una capa semiconductor de ZnO, PFN o TiO<sub>2</sub> y la segunda capa de bloqueo es una capa de bloqueo de electrones que comprende MoO<sub>3</sub>, PEDOT:PSS, WO<sub>3</sub>, NiO o una combinación de los mismos.
4. El dispositivo de fotoconversión de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la primera capa de bloqueo de carga es una capa de bloqueo de electrones que comprende MoO<sub>3</sub>, PEDOT:PSS, WO<sub>3</sub>, NiO o una combinación de los mismos y la segunda capa de bloqueo de carga es una capa de bloqueo de huecos que comprende ZnO, PFN, BCP, TiO<sub>2</sub>, LiF, LiCoO<sub>2</sub> o una combinación de los mismos.
5. El dispositivo de fotoconversión de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer y segundo electrodos transparentes comprenden uno o una combinación de los siguientes:
- una capa metálica o malla de nanocables que comprende Ag, Al, Au, Ti, Ni, Cu o una combinación de estos metales,
  - una capa transparente de óxido conductor que comprende ITO, ZnO, Al:ZnO, SnO<sub>2</sub>, FTO o una combinación de estos óxidos,
  - polímeros conductores, tales como PEDOT, PEDOT:PSS, PEDOT-TMA o un nanotubo de carbono, o una capa de grafeno.
6. El dispositivo de fotoconversión de cualquier reivindicación anterior, en el que la capa de absorción (4) comprende una combinación que contiene una mezcla de un polímero semiconductor conjugado y un compuesto de fullereno.
7. El dispositivo de fotoconversión de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa de absorción (4) comprende una pila de dos o más combinaciones que forman una capa activa orgánica en tándem en una configuración en serie.



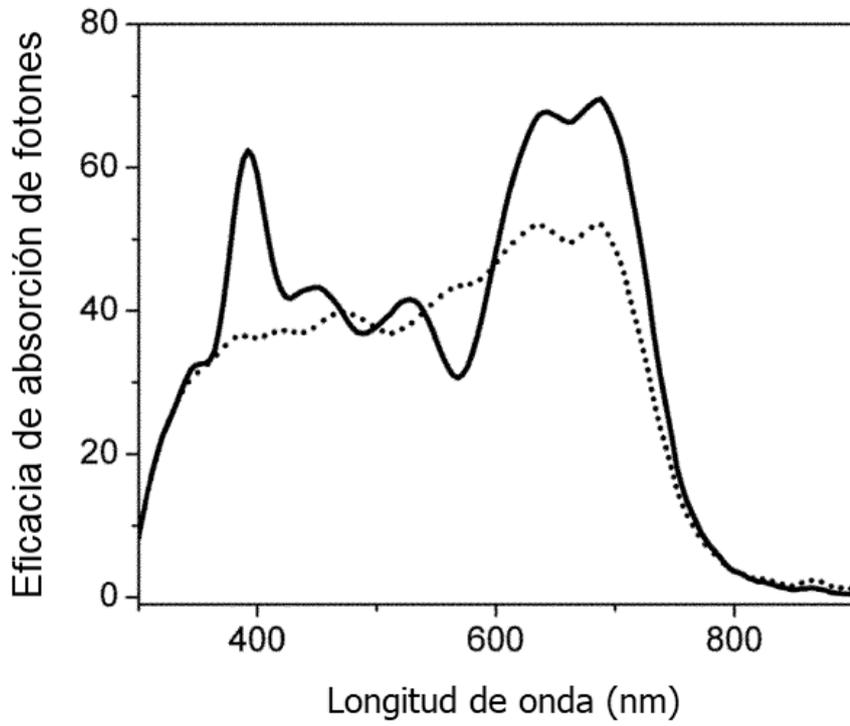
**FIG. 1**



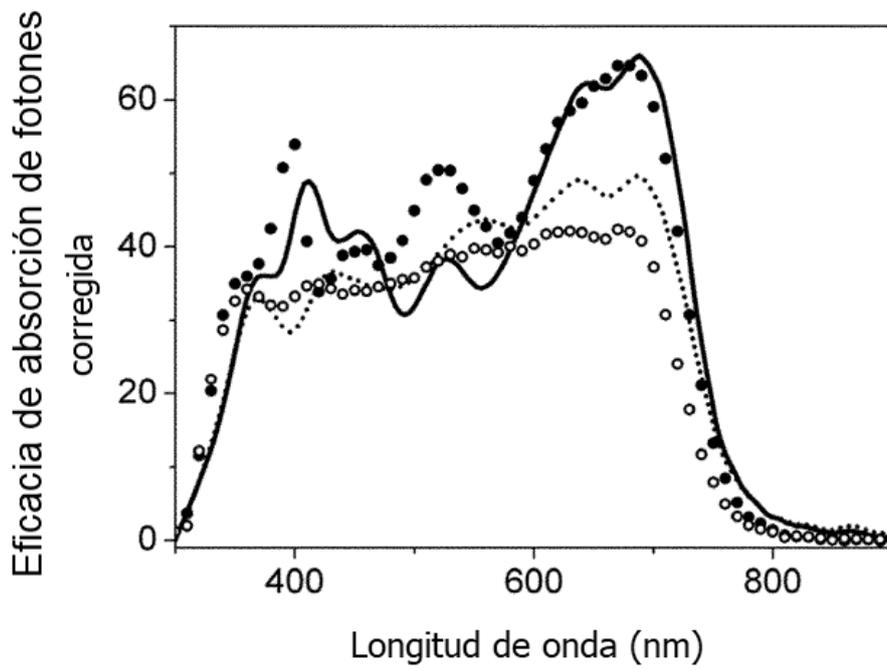
**FIG. 2**



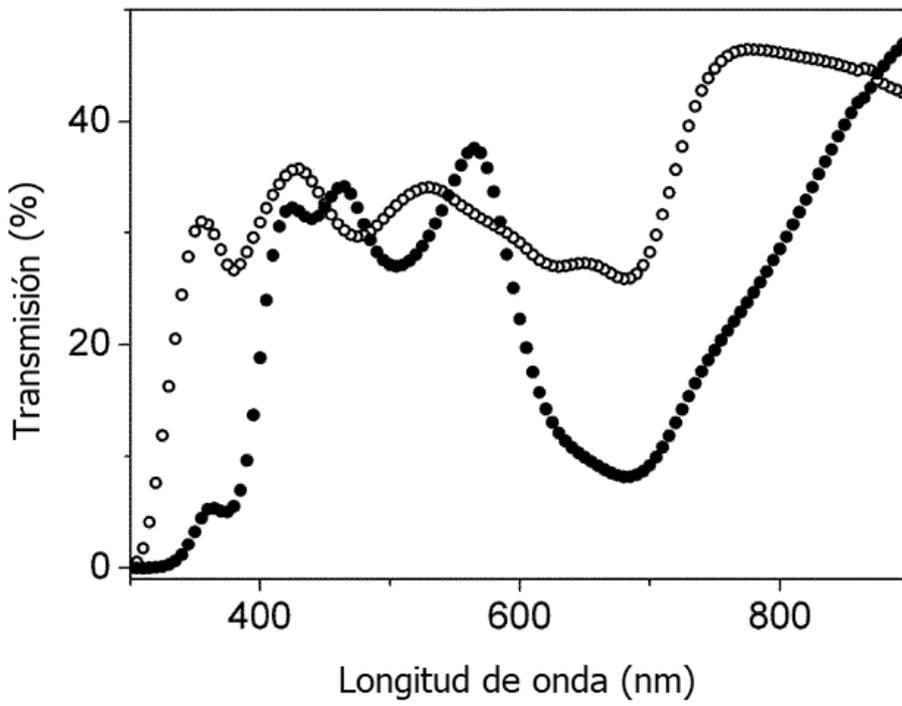
**FIG. 3**



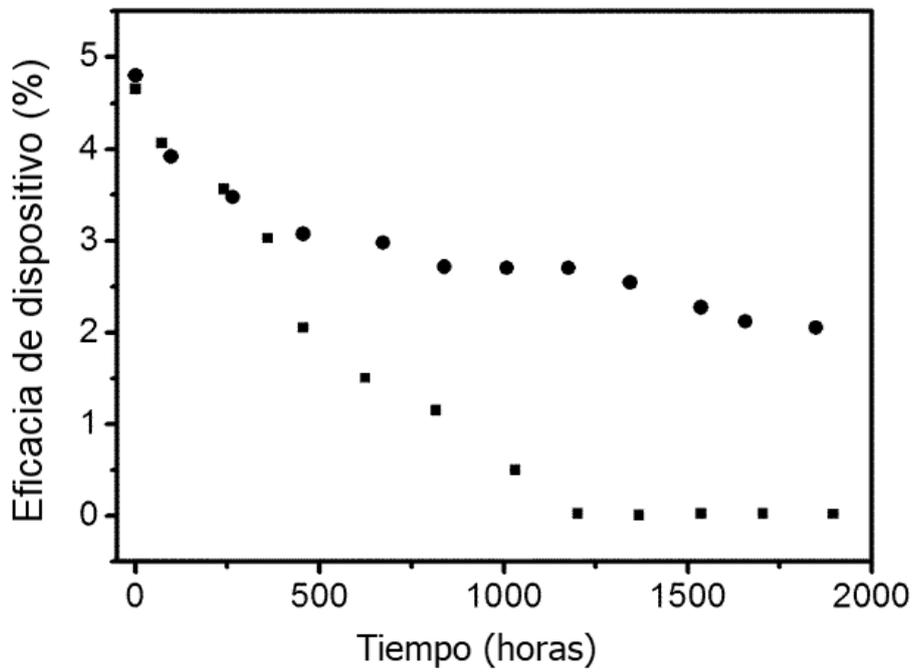
**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**