



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 327 446**

⑤1 Int. Cl.:
H01L 51/44 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **06752049 .4**

⑨6 Fecha de presentación : **01.05.2006**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **2022108**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **11.02.2009**

⑤4 Título: **Dispositivos optoelectrónicos orgánicos y aplicaciones de los mismos.**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.10.2009

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.10.2009

⑦3 Titular/es: **Wake Forest University**
391 Technology Way, Suite 199
Winston-Salem, North Carolina 27101, US

⑦2 Inventor/es: **Carroll, David, Loren;**
Liu, Jiwen y
Namboothiry, Manoj, A.G.

⑦4 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 327 446 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

Dispositivos optoelectrónicos orgánicos y aplicaciones de los mismos.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a dispositivos optoelectrónicos orgánicos y, en particular, a dispositivos fotovoltaicos orgánicos.

10 **Antecedentes de la invención**

Los dispositivos optoelectrónicos que usan materiales orgánicos se están haciendo cada vez más deseables en una amplia variedad de aplicaciones por una serie de razones. Los materiales usados para construir dispositivos optoelectrónicos orgánicos son relativamente baratos en comparación con sus homólogos inorgánicos, proporcionando así ventajas en coste frente a dispositivos optoelectrónicos producidos con materiales inorgánicos. Además, los materiales orgánicos proporcionan propiedades físicas deseables, tales como flexibilidad, permitiendo su uso en aplicaciones inadecuadas para materiales rígidos. Ejemplos de dispositivos optoelectrónicos orgánicos comprenden células fotovoltaicas orgánicas, dispositivos emisores de luz orgánicos (OLEDs) y fotodetectores orgánicos.

Los dispositivos fotovoltaicos convierten radiación electromagnética en electricidad al producir una corriente fotogenerada cuando son conectados a través de una carga y expuestos a la luz. La potencia eléctrica generada por células fotovoltaicas puede usarse en muchas aplicaciones incluyendo iluminación, calentamiento, carga de baterías y alimentación de dispositivos que requieren energía eléctrica. Los dispositivos fotovoltaicos pueden tener, por ejemplo, la forma de una fibra según se describe en el documento US 2006/0013549 A1.

Cuando es irradiado bajo una carga infinita, un dispositivo fotovoltaico produce su tensión máxima posible, la tensión de circuito abierto o V_{oc} . Cuando es irradiado con sus contactos eléctricos cortocircuitados, un dispositivo fotovoltaico produce su corriente máxima, I de cortocircuito o I_{sc} . En condiciones operativas, un dispositivo fotovoltaico está conectado a una carga finita y la producción de potencia eléctrica es igual al producto de la corriente por la tensión. La potencia máxima generada por un dispositivo fotovoltaico no puede superar el producto de V_{oc} y I_{sc} . Cuando el valor de carga es optimizado para una generación de potencia máxima, la corriente y la tensión tienen los valores I_{max} y V_{max} , respectivamente.

Una característica clave al evaluar el rendimiento de una célula fotovoltaica es el factor de relleno, ff . El factor de relleno es la relación de la potencia real de una célula fotovoltaica respecto de su potencia si tanto la corriente como la tensión estuvieran en sus máximos. El factor de relleno de una célula fotovoltaica viene proporcionado según la ecuación (1).

$$ff = (I_{max} V_{max}) / (I_{sc} V_{oc}) \quad (1)$$

El factor de relleno de una célula fotovoltaica es siempre menor de 1, dado que I_{sc} y V_{oc} nunca se obtienen de manera simultánea en condiciones operativas. Sin embargo, a medida que el factor de relleno se aproxima a un valor de 1, un dispositivo demuestra una menor resistencia interna y, por tanto, entrega un mayor porcentaje de potencia eléctrica a la carga en condiciones óptimas.

Los dispositivos fotovoltaicos pueden caracterizarse adicionalmente por su eficiencia al convertir energía electromagnética en energía eléctrica. La eficiencia de conversión, η_p , de un dispositivo fotovoltaico es proporcionado conforme a la ecuación (2), en donde P_{inc} es la potencia de la luz incidente sobre el dispositivo fotovoltaico.

$$\eta_p = ff * (I_{sc} V_{oc}) / P_{inc} \quad (2)$$

Los dispositivos que usan silicio cristalino o amorfo dominan las aplicaciones comerciales y algunos han logrado eficiencias del 23% o más. Sin embargo, los dispositivos eficientes de base cristalina, especialmente los de gran área superficial, son difíciles y caros de producir debido a los problemas de fabricación de grandes cristales libres de defectos cristalinos que promueven la recombinación excitónica. Las células fotovoltaicas de silicio amorfo comercialmente disponibles demuestran eficiencias que abarcan desde aproximadamente un 4% hasta un 12%.

La construcción de dispositivos fotovoltaicos orgánicos que tengan eficiencias comparables a dispositivos inorgánicos plantea un desafío técnico. Algunos dispositivos fotovoltaicos orgánicos demuestran eficiencias del orden de un 1% o menos. Las bajas eficiencias mostradas en dispositivos fotovoltaicos orgánicos resultan de una severa incompatibilidad de escala de longitud entre la longitud de difusión excitónica (L_D) y el grosor de la capa orgánica. Con el fin de tener una absorción eficiente de radiación electromagnética visible, una película orgánica debe tener un grosor de aproximadamente 500 nm. Este grosor supera en gran medida la longitud de difusión excitónica que típicamente es de cerca de 50 nm, dando como resultado a menudo una recombinación excitónica.

Sería deseable proporcionar dispositivos fotovoltaicos orgánicos que muestren eficiencias aumentadas al convertir energía electromagnética en energía eléctrica. A la vista de las ventajas de los dispositivos optoelectrónicos orgánicos expuestos en este documento, sería deseable proporcionar dispositivos fotovoltaicos orgánicos que proporcionen eficiencias comparables a los de dispositivos fotovoltaicos inorgánicos y, en ocasiones, mayores que las de éstas.

Sumario

La presente invención proporciona dispositivos optoelectrónicos orgánicos, incluyendo dispositivos fotovoltaicos orgánicos, que tienen una estructura de fibra, y métodos para fabricar los mismos.

En una realización, la presente invención proporciona un dispositivo optoelectrónico que comprende un núcleo de fibra, un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo que rodea a la capa orgánica y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica. En algunas realizaciones, el dispositivo optoelectrónico comprende una célula fotovoltaica.

En otra realización, la presente invención proporciona un dispositivo optoelectrónico que comprende al menos un píxel con al menos una célula fotovoltaica, comprendiendo la célula fotovoltaica un núcleo de fibra, un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo que rodea a la capa orgánica y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica. En algunas realizaciones, un píxel comprende una pluralidad de células fotovoltaicas. En otras realizaciones, un dispositivo optoelectrónico comprende una formación de píxeles. En una realización adicional, un dispositivo optoelectrónico comprende una formación de píxeles, comprendiendo cada píxel una pluralidad de células fotovoltaicas.

Un método para producir un dispositivo optoelectrónico, según una realización de la presente invención, comprende proporcionar un núcleo de fibra, disponer un primer electrodo transmisor de radiación sobre una superficie del núcleo, disponer al menos una capa orgánica fotosensible en comunicación eléctrica con el primer electrodo, y disponer un segundo electrodo en comunicación eléctrica con la capa orgánica. En algunas realizaciones, el dispositivo optoelectrónico comprende una célula fotovoltaica.

La presente invención proporciona adicionalmente métodos para convertir energía electromagnética en energía eléctrica. En una realización, un método de la presente invención utiliza guiado de ondas para aumentar la eficiencia de conversión. Las realizaciones de dispositivos optoelectrónicos de la presente invención descritos en el presente documento pueden utilizar guiado de ondas para aumentar su eficiencia.

En una realización, un método para convertir energía electromagnética en energía eléctrica comprende recibir radiación a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica, transmitir la radiación hacia al menos una capa orgánica fotosensible a través de un electrodo transmisor de radiación que rodea a la fibra óptica, generar excitones en la capa orgánica y separar los excitones en electrones y agujeros. Un método para convertir energía electromagnética en energía eléctrica, en algunas realizaciones, comprende además retirar los electrones hacia un circuito externo.

En otra realización, un método para convertir energía electromagnética en energía eléctrica comprende recibir radiación a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica con un ángulo incidente suficiente para producir una reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y una capa adyacente dispuesta sobre una superficie de la fibra óptica.

Estas y otras realizaciones de la presente invención se describen con mayor detalle en la descripción detallada de la invención que sigue.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra una vista recortada de un dispositivo optoelectrónico que comprende una estructura de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 2 ilustra una vista en sección transversal de un dispositivo optoelectrónico que comprende una estructura de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 3 ilustra una vista en sección transversal de un dispositivo optoelectrónico que comprende una estructura de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 4 ilustra un dispositivo optoelectrónico que comprende una estructura de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 5 ilustra un mazo de células fotovoltaicas de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 6 muestra gráficos de corriente-tensión para un dispositivo fotovoltaico de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 7 muestra tensiones de circuito abierto para un dispositivo fotovoltaico de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 8 muestra corrientes de cortocircuito para un dispositivo fotovoltaico de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 9 muestra eficiencias de conversión para un dispositivo fotovoltaico de fibra según una realización de la presente invención.

Descripción detallada

La presente invención proporciona dispositivos optoelectrónicos orgánicos, incluyendo dispositivos fotovoltaicos orgánicos, que tienen una estructura de fibra. En una realización, la presente invención proporciona un dispositivo optoelectrónico orgánico que comprende un núcleo de fibra, un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo que rodea a la capa orgánica y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica. En algunas realizaciones, el dispositivo optoelectrónico orgánico comprende una célula fotovoltaica.

Volviendo ahora a los componentes que pueden incluirse en diversas realizaciones de dispositivos optoelectrónicos de la presente invención, los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención comprenden un núcleo de fibra. El núcleo de fibra, según realizaciones de la presente invención, comprende una fibra óptica. Las fibras ópticas adecuadas para uso en la presente invención pueden comprender fibras ópticas de vidrio, fibras ópticas de cuarzo y fibras ópticas de plástico (POF). Las fibras ópticas de plástico, en algunas realizaciones, puede estar construidas de metacrilato de polimetilo. En otras realizaciones, pueden construirse fibras ópticas de plástico de perfluorociclobutano (PFBC) que contiene polímeros, tal como poli(ariéteres) de perfluorociclobutano. Las fibras ópticas, según algunas realizaciones de la presente invención, pueden comprender fibras ópticas monomodo y fibras ópticas multimodo. Las fibras ópticas para uso en la presente invención pueden ser flexibles.

En algunas realizaciones, un núcleo de fibra de un dispositivo optoelectrónico de la presente invención pueden tener un diámetro que abarca desde aproximadamente 1 μm hasta cerca de 2 mm. En otras realizaciones, un núcleo de fibra puede tener un diámetro que abarque desde aproximadamente 90 μm hasta aproximadamente 1 mm. En una realización adicional, un núcleo de fibra puede tener un diámetro que abarque desde aproximadamente 20 μm hasta cerca de 800 μm .

Un núcleo de fibra, según algunas realizaciones, puede tener una longitud que abarque desde aproximadamente 500 nm hasta cerca de 100 mm. En otras realizaciones, un núcleo de fibra puede tener una longitud que abarque desde aproximadamente 1 μm hasta cerca de 1 mm. En una realización adicional, un núcleo de fibra puede tener una longitud que abarque desde aproximadamente 10 μm hasta cerca de 100 μm .

Los núcleos de fibra, según algunas realizaciones de la presente invención, pueden comprender además uno o más conversores elevadores. Según se entiende por los versados en la técnica, un conversor elevador es un material operable para emitir radiación electromagnética que tenga una energía mayor que la de la radiación electromagnética absorbida por el material para crear el estado excitado. Los conversores elevadores adecuados para su uso en la presente invención, en algunas realizaciones, pueden absorber radiación infrarroja y emitir radiación visible en longitudes de onda operables para ser absorbidas por capas orgánicas fotosensibles de dispositivos optoelectrónicos de la presente invención.

Los conversores elevadores, en algunas realizaciones, pueden incluir materiales que comprendan al menos un elemento de la serie de los lantánidos. En algunas realizaciones, los materiales de conversor elevador pueden comprender nanopartículas que tengan al menos un elemento de la serie de los lantánidos. Los elementos de la serie de los lantánidos para uso en materiales de conversor elevador según algunas realizaciones de la presente invención comprenden erbio, iterbio, disprosio, holmio o mezclas de los mismos. En algunas realizaciones, los materiales de conversor elevador comprenden óxidos metálicos y sulfuros metálicos dopados con iones de erbio, iterbio, disprosio, holmio o mezclas de los mismos. En otras realizaciones, pueden doparse directamente fibras ópticas con iones de erbio, iterbio, disprosio, holmio o mezclas de los mismos.

En otras realizaciones, los materiales de conversor elevador pueden comprender especies químicas orgánicas. Los materiales de conversor elevador orgánicos pueden comprender $\text{H}_2\text{C}_6\text{N}_4$ y 4-dialquilamino-1, 8-naftalimidaz, así como derivados y compuestos de 1,8-naftalimida, tales como derivados de naftalimida multiramificados TPA-NA1, TPA-NA2 y TPA-NA3. Los materiales de conversor elevador también pueden comprender 4-(dimetilamino)cinamonitrilo (cis y trans), yoduro de trans-4-[4-(dimetilamino)estiril]-1-metilpiridinio, 4-[4-(dimetilamino)estiril]piridina, 4-(dietilamino)benzaldehído, difenilhidrazona, p-toluenosulfonato de trans-4-[4-(dimetilamino)estiril]-1-metilpiridinio, 2-[etil[4-[2-(4-nitrofenil)etenil]fenil]amino]etanol, 4-dimetilamino-4'-nitroestilbeno, Naranja disperso 25, Naranja disperso 3 y Rojo disperso 1.

En una realización adicional, los materiales de conversor elevador pueden comprender puntos cuánticos. Los puntos cuánticos, según algunas realizaciones pueden comprender materiales semiconductores III/V y II/VI, tales como

seleniuro de cadmio (CdSe), telurio de cadmio (CdTe) y seleniuro de zinc (ZnSe). Los materiales de conversor elevador también pueden comprender arquitecturas de envuelta-núcleo de puntos cuánticos.

Además de los aquí proporcionados, las realizaciones de la presente invención contemplan materiales de conversor elevador adicionales que comprenden metales de transición, tal como cromo.

Los conversor elevadores, en algunas realizaciones, pueden estar dispuestos dentro del núcleo de fibra óptica. En otras realizaciones, pueden disponerse los conversores elevadores sobre una superficie del núcleo de fibra óptica y en el interfaz del núcleo de fibra con un primer electrodo transmisor de radiación.

En algunas realizaciones los núcleos de fibra pueden comprender además al menos un agente de diseminación. En otra realización, un núcleo de fibra puede comprender una pluralidad de agentes de diseminación. Unos agentes de diseminación, según realizaciones de la presente invención, pueden diseminar radiación electromagnética que se propaga a lo largo del eje longitudinal del núcleo de fibra. En algunas realizaciones, los agentes de diseminación pueden diseminar la radiación electromagnética radialmente hacia fuera desde el núcleo de fibra, permitiendo la absorción de la radiación diseminada por una o más capas orgánicas fotosensibles que rodean al núcleo de fibra.

Los agentes de diseminación, en algunas realizaciones, pueden comprender nanopartículas de metales de transición. Los metales de transición adecuados para uso como agentes de diseminación, en una realización, pueden comprender oro, plata, cobre, niobio, paladio y platino. Las nanopartículas de metal de transición, según algunas realizaciones, pueden comprender varillas o alambres. En una realización, por ejemplo, una nanovarilla o nanoalambre de metal de transición puede tener un diámetro del orden de aproximadamente 2 nm hasta cerca de 50 nm.

Los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención comprenden un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra. Transmisor de radiación, según se usa en el presente documento, se refiere a la capacidad de dejar pasar, al menos parcialmente, radiación en la región visible del espectro electromagnético. En algunas realizaciones, los materiales transmisores de radiación pueden dejar pasar radiación electromagnética visible con una absorbancia u otra interferencia mínima. Además, electrodos, según se emplea en el presente documento, hace referencia a capas que proporcionan un medio para entregar una corriente fotogenerada a un circuito externo o para proporcionar tensión de polarización al dispositivo optoelectrónico. Un electrodo proporciona el interfaz entre las regiones fotoactivas de un dispositivo optoelectrónico orgánico y un alambre, hilo, traza u otros medios para transportar a los portadores de carga hacia o desde el circuito externo.

Un primer electrodo transmisor de radiación, según algunas realizaciones de la presente invención, comprende un óxido conductor transmisor de radiación. Los óxidos conductores transmisores de radiación, en algunas realizaciones, pueden comprender óxido de estaño e indio (ITO), óxido de estaño, indio y galio (GITO) y óxido de estaño, indio, zinc (ZITO). En otra realización, el primer electrodo transmisor de radiación puede comprender un material polímero transmisor de radiación tal como polianilina (PANI) y sus parientes químicos. En algunas realizaciones 3,4-polietileno-dioxitiofeno (PEDOT) puede ser un material polímero transmisor de radiación adecuado para el primer electrodo. En otras realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación puede comprender una capa de nanotubo de carbono que tenga un grosor operable para dejar pasar, al menos parcialmente, una radiación electromagnética visible.

En otra realización, un primer electrodo transmisor de radiación puede comprender un material compuesto que comprende una fase de nanopartículas dispersa en una fase polímera. La fase de nanopartículas, en una realización, puede comprender nanotubos de carbono, fulerenos o mezclas de los mismos. En una realización adicional, un primer electrodo transmisor de radiación puede comprender una capa metálica que tenga un grosor operable para dejar pasar, al menos parcialmente, radiación electromagnética visible. En algunas realizaciones, una capa metálica puede comprender metales elementalmente puros o aleaciones. Los metales adecuados para su uso como un primer electrodo transmisor de radiación pueden comprender metales funcionales de alto trabajo.

En algunas realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación puede tener un grosor que oscila desde aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 1 μm . En otras realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación puede tener un grosor que oscila desde aproximadamente 100 nm hasta cerca de 900 nm. En otra realización, un primer electrodo transmisor de radiación puede tener un grosor que oscila desde cerca de 200 nm hasta aproximadamente 800 nm. En una realización adicional, un primer electrodo transmisor de radiación puede tener un grosor mayor de 1 μm .

Los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención comprenden al menos una capa orgánica fotosensible. Los dispositivos optoelectrónicos, según algunas realizaciones, pueden comprender una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles.

En algunas realizaciones, una capa orgánica fotosensible tiene un grosor que oscila desde cerca de 30 nm hasta aproximadamente 1 μm . En otras realizaciones, una capa orgánica fotosensible tiene un grosor que abarca desde aproximadamente 80 nm hasta cerca de 800 nm. En una realización adicional, una capa orgánica fotosensible tiene un grosor que oscila desde cerca de 100 nm hasta aproximadamente 300 nm.

Una capa orgánica fotosensible, según realizaciones de la presente invención, comprende al menos una región fotoactiva en la que la radiación electromagnética es absorbida para producir excitones que pueden disociarse subsiguientemente en electrones y agujeros. En algunas realizaciones, una región fotoactiva puede comprender un polímero. Los

polímeros adecuados para uso en una región fotoactiva de una capa orgánica fotosensible, en una realización, pueden comprender polímeros conjugados tales como tiofenos, incluyendo poli(3-hexiltiofeno) (P3HT), poli(3-octiltiofeno) (P3OT) y politiofeno (PTh).

- 5 En algunas realizaciones, los polímeros adecuados para uso en una región fotoactiva de una capa orgánica fotosensible pueden comprender polímeros semiconductores. En una realización, los polímeros semiconductores incluyen fenileno-vinilenos, tales como poli(fenileno-vinileno) y poli(p-fenileno vinileno) (PPV) y derivados de los mismos. En otras realizaciones, los polímeros semiconductores pueden comprender polifluorenos, naftalenos y derivados de los mismos. En otra realización, los polímeros semiconductores para uso en una región fotoactiva de una capa orgánica
10 fotosensible pueden comprender poli(2-vinilpirideno) (P2VP), poliamidas, poli(N-vinilcarbazol) (PVCZ), polipirrol (PPy) y polianilina (PAn).

- Una región fotoactiva, según algunas realizaciones, puede comprender moléculas pequeñas. En una realización, las moléculas pequeñas adecuadas para uso en una región fotoactiva de una capa orgánica fotosensible pueden comprender
15 cumarina 6, cumarina 30, cumarina 102, cumarina 110, cumarina 153 y cumarina 480 D. En otra realización, una molécula pequeña puede comprender merocianina 540. En una realización adicional, unas moléculas pequeñas pueden comprender 9,10-dihidrobenczo[a]pireno-7(8H)-ona, 7-metilbenzo[a]pireno, pireno, benzo[e]pireno, 3,4-dihidroxi-3-ciclobuteno-1,2diona y dihidróxido de 1,3-bis[4-(dimetilamino)fenil]-2,4-dihidroxyciclobutenodilid.

- 20 En algunas realizaciones de la presente invención, se precipita la disociación de excitones en heterouniones en la capa orgánica formada entre materiales donantes y aceptantes adyacentes. Las capas orgánicas, en algunas realizaciones de la presente invención, comprenden al menos una heterounión voluminosa formada entre materiales donantes y aceptantes.

- 25 En el contexto de materiales orgánicos, los términos donante y aceptante hacen referencia a las posiciones relativas de los niveles de energía de la órbita molecular ocupada más alta (HOMO) y de la órbita molecular no ocupada más baja (LUMO) de dos materiales orgánicos en contacto pero diferentes. Esto contrasta con el uso de estos términos en el contexto inorgánico, en donde el donante y el aceptante pueden hacer referencia a tipos de dopantes que pueden usarse para crear capas inorgánicas de tipo n y p, respectivamente. En el contexto orgánico, si el nivel de energía LUMO de
30 un material en contacto con otro es inferior, entonces ese material es un aceptante. En caso contrario, es un donante. Es energéticamente favorable, en ausencia de una polarización externa, que los electrones de una unión donante-aceptante se muevan hacia el material del aceptante y que los agujeros se muevan hacia el material del donante.

- Una región fotoactiva en una capa orgánica fotosensible, según algunas realizaciones de la presente invención,
35 comprende un material compuesto polímero. El material compuesto polímero, en una realización, puede comprender una fase de nanopartículas dispersada en una fase polímera. Los polímeros adecuados para producir la fase polímera de una región fotoactiva pueden comprender polímeros conjugados tales como tiofenos, incluyendo poli(3-hexiltiofeno) (P3HT) y poli(3-octiltiofeno) (P3OT).

- 40 En algunas realizaciones, la fase de nanopartículas dispersada en la fase polímera de un material compuesto polímero comprende al menos una nanopartícula de carbono. Las nanopartículas de carbono pueden comprender fulerenos, nanotubos de carbono o mezclas de los mismos. Los fulerenos adecuados para uso en la fase de nanopartículas, en una realización, pueden comprender 1-(3-metoxycarbonil)propil-1-fenilo(6,6) C₆₁ (PCBM). Los nanotubos de carbono para uso en la fase de nanopartículas, según algunas realizaciones, pueden comprender nanotubos de una sola pared,
45 nanotubos de paredes múltiples o mezclas de los mismos.

- En algunas realizaciones de la presente invención, la relación de polímero respecto de nanopartículas en materiales compuestos polímeros oscila desde aproximadamente 1:4 hasta cerca de 1:0,4. En otras realizaciones, la relación de polímero respecto de nanopartículas en materiales compuestos polímeros oscila desde aproximadamente 1:2 hasta
50 cerca de 1:0,6. Por ejemplo, en una realización la relación de poli(3-hexiltiofeno) respecto de PCBM oscila desde aproximadamente 1:1 hasta cerca de 1:0,4.

- En una realización adicional, la fase de nanopartículas dispersa en la fase polímera comprende al menos un nanowhisker (nanobigotes). Según se emplea en el presente documento, un nanowhisker hace referencia a una nanopartícula
55 de carbono cristalino formada a partir de una pluralidad de nanopartículas de carbono. En algunas realizaciones, pueden producirse nanowhiskers recociendo una capa orgánica fotosensible que comprenda el material compuesto polímero. Unas nanopartículas operables para formar nanowhiskers, según algunas realizaciones, pueden comprender nanotubos de carbono una sola pared, nanotubos de carbono de paredes múltiples y fulerenos. En una realización, unos nanowhiskers comprenden PCBM cristalino. El recocido de la capa orgánica fotosensible puede, en algunas
60 realizaciones, aumentar la dispersión de la fase de nanopartículas de la fase polímera.

- En realizaciones de regiones fotoactivas que comprenden una fase polímera y una fase de nanopartículas, la fase polímera sirve como material donante y la fase de nanopartículas sirve como el material aceptante, formando así una heterounión para la separación de excitones en agujeros y electrones. En realizaciones en las que se dispersan nano-
65 partículas en toda la fase polímera, la región fotoactiva de la capa orgánica comprende una pluralidad de heterouniones voluminosas.

En realizaciones adicionales, los materiales donantes en una región fotoactiva de una capa orgánica fotosensible pueden comprender compuestos organometálicos que incluyen porfirinas, *pt*alocianinas y derivados de las mismas. Debido al uso de un material organometálico en la región fotoactiva, los dispositivos fotosensibles que incorporan tales materiales puede utilizar eficientemente excitones en tripletes. Se cree que la mezcla singulete-triplete puede resultar tan fuerte para compuestos organometálicos que las absorciones impliquen una excitación de los estados básicos de singulete directamente hacia los estados excitados de triplete, eliminando las pérdidas asociadas con la conversión desde el estado excitado de singulete hasta el estado excitado de triplete. La vida útil más larga y la longitud de difusión más grande de los excitones en triplete en comparación con los excitones en singulete puede permitir el uso de una región fotoactiva más gruesa, dado que los excitones en triplete pueden difundirse a mayor distancia para alcanzar la heterounión de donante-aceptante, sin sacrificar la eficiencia del dispositivo.

En realizaciones adicionales, los materiales aceptantes en una región fotoactiva de una capa inorgánica fotosensible pueden comprender perilenos, naftalenos y mezclas de los mismos.

Dispositivos optoelectrónicos de la presente invención comprenden un segundo electrodo que rodea a la capa orgánica. En algunas realizaciones, el segundo electrodo puede comprender un metal. Según se emplea en el presente documento, metal hace referencia tanto a materiales compuestos de un metal elementalmente puro, por ejemplo oro, como a aleaciones metálicas que comprendan materiales compuestos por dos o más materiales elementalmente puros. En algunas realizaciones, el segundo electrodo comprende oro, plata, aluminio o cobre. El segundo electrodo, según algunas realizaciones, puede tener un grosor que oscila desde aproximadamente 10 nm hasta cerca de 10 μ m. En otras realizaciones, el segundo electrodo puede tener un grosor que oscile desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 1 μ m. En una realización adicional, el segundo electrodo puede tener un grosor que oscile desde aproximadamente 200 nm hasta cerca de 800 nm.

Una capa que comprende fluoruro de litio (LiF), según algunas realizaciones, puede disponerse entre una capa orgánica fotosensible y un segundo electrodo. La capa de LiF puede tener un grosor que oscile desde aproximadamente 5 angstroms hasta cerca de 10 angstroms.

Los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden comprender además capas adicionales tales como una o más capas de bloqueo de excitones. En realizaciones de la presente invención, una capa de bloqueo de excitones (EBL) puede actuar para confinar excitones fotogenerados en la región cercana al interfaz disociador e impedir un apagado de excitones parásitos en un interfaz de orgánico fotosensible /electrodo. Además de limitar la trayectoria bajo la cual pueden difundirse excitones, una EBL puede actuar adicionalmente como una barrera de difusión frente a sustancias introducidas durante la deposición de los electrodos. En algunas realizaciones una EBL puede tener un grosor suficiente para llenar picaduras o cortocircuitar defectos que de otra manera podrían hacer inoperable un dispositivo fotovoltaico orgánico.

Una EBL, según algunas realizaciones de la presente invención, puede comprender un material compuesto polímero. En una realización, una EBL comprende nanopartículas de carbono dispersadas en 3,4-polietilenodioxitiofeno:poliestirenosulfonato (PEDOT:PSS). En otra realización, una EBL comprende nanopartículas de carbono dispersadas en poli(cloruro de vinilideno) y copolímeros del mismo. Las nanopartículas de carbono dispersadas en las fases polímeras que incluyan PEDOT:PSS y poli(cloruro de vinilideno) pueden comprender nanotubos de una sola pared, nanotubos de múltiples paredes, fulerenos o mezclas de los mismos. En realizaciones adicionales, las EBLs pueden comprender cualquier polímero que tenga una energía de función de trabajo operable para permitir el transporte de agujeros al tiempo que se impide el paso de electrones.

En algunas realizaciones, una EBL puede estar dispuesta entre el primer electrodo transmisor de radiación y una capa orgánica fotosensible de un dispositivo optoelectrónico. En algunas realizaciones en donde el dispositivo optoelectrónico comprende una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles, pueden disponerse EBLs entre las capas orgánicas fotosensibles.

Los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención, en algunas realizaciones, puede comprender además una capa protectora que rodee al segundo electrodo. La capa protectora puede proporcionar a los dispositivos optoelectrónicos previstos en este documento una durabilidad incrementada, permitiendo así su uso en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo aplicaciones fotovoltaicas. En algunas realizaciones, la capa protectora comprende un material compuesto polímero. En una realización la capa protectora comprende nanopartículas dispersas en poli(cloruro de vinilideno). Las nanopartículas dispersas en poli(cloruro de vinilideno), según algunas realizaciones, pueden comprender nanotubos de carbono de una sola pared, nanotubos de carbono de múltiples paredes, fulerenos o mezclas de los mismos.

Los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden comprender además un contacto metálico externo. En una realización, el contacto metálico externo rodea al segundo electrodo y está en comunicación eléctrica con el segundo electrodo. El contacto metálico externo, en algunas realizaciones, puede ser operable para extraer corriente en al menos una porción de la circunferencia y longitud del dispositivo optoelectrónico de fibra. En otras realizaciones, el contacto metálico externo puede ser operable para extraer corriente en toda la longitud y circunferencia del dispositivo optoelectrónico de fibra. Los contactos metálicos externos, en algunas realizaciones, pueden comprender metales, incluyendo oro, plata o cobre. En una realización adicional, los contactos

metálicos externos pueden ser operables para reflejar radiación electromagnética no absorbida hacia al menos una capa orgánica fotosensible para una absorción adicional.

Los dispositivos optoelectrónicos, según algunas realizaciones de la presente invención, pueden comprender además capas de transferencia de carga. Según se emplea en el presente documento, capas de transferencia de carga hacen referencia a capas que únicamente entregan portadores de carga desde una sección de un dispositivo optoelectrónico hasta otra sección. Por ejemplo, en una realización una capa de transferencia de carga puede comprender una capa de bloqueo de excitones.

Una capa de transferencia de carga, en algunas realizaciones, puede estar dispuesta entre una capa orgánica fotosensible y un primer electrodo transmisor de radiación y/o entre una capa orgánica fotosensible y un segundo electrodo. En otras realizaciones, las capas de transferencia de carga pueden estar dispuestas entre el segundo electrodo y la capa protectora de un dispositivo optoelectrónico. Las capas de transferencia de carga, según algunas realizaciones, no son fotoactivas.

La figura 1 ilustra una vista recortada de un dispositivo optoelectrónico que tiene una estructura de fibra según una realización de la presente invención. El dispositivo optoelectrónico (100), mostrado en la figura 1, comprende un núcleo (102) de fibra óptica. Según se expone en el presente documento, el núcleo (102) de fibra puede comprender una fibra óptica de vidrio, una fibra óptica de cuarzo o una fibra óptica de plástico.

El núcleo (102) de fibra óptica está rodeado longitudinalmente por un primer electrodo (104) transmisor de radiación. El primer electrodo (104) transmisor de radiación puede comprender un óxido conductor transmisor de radiación tal como óxido de estaño indio, óxido de estaño, indio y galio, u óxido de estaño, indio y zinc. El primer electrodo (104) transmisor de radiación está rodeado por una capa (106) de bloqueo de excitones. En algunas realizaciones, la EBL (106) puede comprender nanopartículas de carbono dispersadas en una fase polímera tal como 3,4-polietileno-dioxitofeno o poli(cloruro de vinilideno).

La EBL (106) está rodeada por una capa orgánica fotosensible (108). La capa orgánica fotosensible (108) comprende, en algunas realizaciones, un material compuesto polímero de nanopartículas de carbono-P3HT. La capa orgánica fotosensible (108) puede, en algunas realizaciones, estar en comunicación eléctrica directa con el primer electrodo (104) transmisor de radiación. En otras realizaciones, una capa de transferencia de carga, que incluye una capa de bloqueo de excitones, puede estar dispuesta entre el primer electrodo (104) transmisor de radiación y la capa orgánica fotosensible (108) para proporcionar una comunicación eléctrica indirecta entre el primer electrodo (104) transmisor de radiación y la capa orgánica fotosensible (108).

La capa orgánica fotosensible (108) está rodeada por un segundo electrodo (110). La capa orgánica fotosensible (108), en algunas realizaciones, puede estar en comunicación eléctrica directa con el segundo electrodo (110). En otras realizaciones, una capa de transferencia de carga, tal como una capa de bloqueo de excitones (no mostrada, puede estar dispuesta entre la capa orgánica fotosensible (108) y el segundo electrodo (110) para proporcionar comunicación eléctrica indirecta entre la capa orgánica fotosensible (108) y el segundo electrodo (110). En algunas realizaciones, el segundo electrodo (110) comprende un metal, tal como aluminio, oro, plata, níquel o cobre.

El segundo electrodo (110) está rodeado por una capa protectora (112) que comprende un material compuesto polímero. En algunas realizaciones, el material compuesto polímero de la capa protectora comprende nanopartículas de carbono dispersadas en poli(cloruro de vinilideno) y/o copolímeros del mismo. Las nanopartículas de carbono pueden comprender nanotubos de carbono de una sola pared, nanotubos de carbono de paredes múltiples, fulerenos y mezclas de los mismos.

La capa protectora (112) está rodeada por un contacto metálico externo (114) operable para extraer corriente a lo largo de una longitud y circunferencia del dispositivo optoelectrónico de fibra. En algunas realizaciones, un contacto metálico externo (114) puede comprender metales, incluyendo oro, plata o cobre.

La figura 2 ilustra una vista en sección transversal de un dispositivo optoelectrónico que comprende una estructura de fibra según otra realización de la presente invención. El dispositivo optoelectrónico (200) mostrada en la figura 2 comprende un núcleo (202) de fibra óptica y un primer electrodo (204) transmisor de radiación que rodea al núcleo (202) de fibra óptica. Una capa (206) de bloqueo de excitones rodea al primer electrodo (204) transmisor de radiación y una capa orgánica fotosensible (208) rodea la capa (206) de bloqueo de excitones. Un segundo electrodo (210) rodea la capa orgánica fotosensible (208). Las composiciones del núcleo (202) de fibra óptica y capas circundantes (204-210) son consistentes con las proporcionadas en las diversas realizaciones descritas en el presente documento.

En la realización mostrada en la figura 2, el núcleo (202) de fibra óptica y el primer electrodo (204) transmisor de radiación se extienden longitudinalmente más allá de las capas restantes del dispositivo optoelectrónico (200). La extensión longitudinal del núcleo (202) de fibra óptica y el primer electrodo (204) transmisor de radiación pueden, en algunas realizaciones, facilitar la fijación del dispositivo optoelectrónico (200) a un circuito eléctrico externo.

La figura 3 ilustra una vista en sección transversal de un dispositivo optoelectrónico que comprende una estructura de fibra según otra realización de la presente invención, en donde el dispositivo optoelectrónico comprende una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles. El dispositivo optoelectrónico (300) comprende un núcleo (302) de fibra

óptica. El núcleo (302) de fibra puede comprender una fibra óptica de vidrio, una fibra óptica de cuarzo o una fibra óptica de plástico.

El núcleo (302) de fibra óptica esta rodeado por un primer electrodo (304) transmisor de radiación. El primer electrodo (304) transmisor de radiación puede comprender un óxido conductor transmisor de radiación, tal como óxido de estaño indio, óxido de estaño, indio y galio u óxido de estaño, indio y zinc. El primer electrodo transmisor de radiación está rodeado por una capa (306) de bloqueo de excitones. En algunas realizaciones, la primera EBL (306) puede comprender nanopartículas de carbono dispersadas en una fase polímera tal como 3,4-polietilenodioxitiofeno o poli(cloruro de vinilideno).

La primera EBL (306) está rodeada por una primera capa orgánica fotosensible (308). La primera capa orgánica fotosensible (308) puede comprender, en algunas realizaciones, un material compuesto polímero de nanopartículas de carbono- P3HT. La primera capa orgánica fotosensible (308) está rodeada por una segunda capa (310) de bloqueo de excitones. La segunda EBL, en algunas realizaciones, también puede comprender nanopartículas de carbono dispersas en 3,4-polietilenodioxitiofeno o poli(cloruro de vinilideno).

La segunda EBL está rodeada por una segunda capa orgánica fotosensible (312). La segunda capa orgánica fotosensible (312) puede comprender, en algunas realizaciones, un material polímero, incluyendo un material compuesto polímero, que tenga un perfil de absorción de radiación electromagnética que solape en gran medida el de la primera capa orgánica (308). En otras realizaciones, la segunda capa orgánica fotosensible (312) puede comprender un material polímero, incluyendo un material compuesto polímero que tenga un perfil de absorción de radiación electromagnética que no solape o que solape mínimamente el de la primera capa orgánica (308).

La segunda capa orgánica (312) está rodeada por un segundo electrodo (314) que puede reflejar radiación electromagnética no absorbida por las capas orgánicas fotosensibles (308), (312) de vuelta a las capas orgánicas para su absorción. El segundo electrodo (314), en algunas realizaciones, comprende un metal, tal como aluminio, oro, plata, níquel o cobre.

En la realización mostrada en la figura 3, el núcleo (302) de fibra óptica, el primer electrodo transmisor de radiación (304) y la segunda capa (310) de bloque de excitones se extienden longitudinalmente más allá de las capas restantes del dispositivo optoelectrónico. La extensión longitudinal del núcleo (302) de fibra óptica, el primer electrodo transmisor de radiación (304) y la segunda capa (310) de bloque de excitones puede facilitar la fijación del dispositivo optoelectrónico (300) a un circuito eléctrico externo.

Aunque la figura 3 ilustra un dispositivo optoelectrónico que tiene dos capas orgánicas fotosensibles, algunas realizaciones de la presente invención contemplan dispositivos optoelectrónicos que comprenden más de dos capas orgánicas fotosensibles, incluyendo dispositivos optoelectrónicos que tienen tres, cuatro, cinco o más de cinco capas orgánicas fotosensibles. En algunas realizaciones, un dispositivo optoelectrónico puede comprender al menos 10 capas orgánicas fotosensibles.

Una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles pueden, en algunas realizaciones, tamponarse una respecto de otra disponiendo capas de bloqueo de excitones entre las capas orgánicas fotosensibles. Proporcionando una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles en donde cada capa tiene un perfil de absorción distinto, los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención pueden aumentar o maximizar la generación de excitones a través del espectro electromagnético.

En algunas realizaciones, un dispositivo optoelectrónico puede comprender un núcleo de fibra que tiene una pluralidad de regiones fotosensibles situadas a lo largo de su eje longitudinal, en donde cada región de la pluralidad de regiones fotosensibles comprende un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo la capa orgánica que rodea a y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica. Cada región de la pluralidad de regiones puede comprender además capas adicionales según se expone en el presente documento, incluyendo capas orgánicas fotosensibles y capas de bloqueo de excitones adicionales según se disponen en la figura 3.

La figura 4 ilustra un dispositivo optoelectrónico (400) que comprende un núcleo (402) de fibra que tiene una pluralidad de regiones fotosensibles (404, 406, 408) dispuestas a lo largo de su eje longitudinal. En algunas realizaciones, la capa o capas orgánicas fotosensibles de cada región (404, 406, 408) pueden elegirse para que tengan un perfil de absorción de radiación electromagnética distinto que no se solape o se solape mínimamente con los perfiles de absorción de las otras regiones. En la presente realización, por ejemplo, la capa orgánica fotosensible de la región 404 puede tener un perfil de absorción que oscile desde cerca de 400 nm hasta cerca de 600 nm, mientras que la capa orgánica fotosensible de la región 406 puede tener un perfil de absorción que oscile desde cerca de 600 nm hasta cerca de 800 nm. La capa orgánica fotosensible de la región 408 puede tener un perfil de absorción que oscile desde cerca de 800 nm hasta cerca de 1100 nm.

Al proporcionar una pluralidad de regiones fotosensibles en las que cada región comprende al menos una capa orgánica fotosensible que tiene un perfil de absorción distinto, los dispositivos optoelectrónicos de la presente invención pueden aumentar o maximizar la generación de excitones a través del espectro electromagnético.

En algunas realizaciones, el núcleo de fibra de un dispositivo optoelectrónico que comprende una pluralidad de regiones fotosensibles puede estar revestido parcialmente con un material no transmisor de radiación que impida que la radiación electromagnética que se propaga a lo largo del eje longitudinal de la fibra se escape de la misma. Los materiales de revestimiento adecuados pueden comprender un chapado metálico o cualquier otro material que promueva una reflexión interna. Según se muestra en la figura 4, el núcleo (402) de fibra óptica puede estar revestido con un chapado metálico (410) entre las regiones fotosensibles (404, 406, 408). El núcleo de fibra óptica no está revestido con un chapado metálico u otro material no transmisor de radiación en las regiones fotosensibles.

En algunas realizaciones, un dispositivo optoelectrónico que tiene una estructura de fibra comprende una célula fotovoltaica. En una realización, una célula fotovoltaica comprende un núcleo de fibra, un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo que rodea a la capa orgánica y está conectado eléctricamente a la capa orgánica. En otra realización, la célula fotovoltaica comprende una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles según se dispone en el presente documento.

En una realización adicional, una célula fotovoltaica comprende un núcleo de fibra que comprende una pluralidad de regiones fotosensibles dispuestas a lo largo del eje longitudinal del núcleo de fibra, comprendiendo cada región fotosensible un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo que rodea a la capa orgánica y está conectado eléctricamente a la capa orgánica.

Las células fotovoltaicas, según realizaciones de la presente invención, son operables para recibir radiación electromagnética a lo largo del eje longitudinal del núcleo de fibra óptica. La radiación electromagnética recibida a lo largo del eje longitudinal del núcleo de fibra óptica, en algunas realizaciones, puede transmitirse a través del primer electrodo transmisor de radiación y alcanzar la capa orgánica fotosensible a través de campos evanescentes. En otras realizaciones, la radiación electromagnética recibida puede diseminarse hacia la capa orgánica fotosensible por efecto de agentes de diseminación situados dentro de la fibra óptica. En una realización adicional, al menos una parte de la radiación electromagnética recibida puede experimentar conversión elevadora y ser emitida hacia la capa orgánica fotosensible.

Los dispositivos fotovoltaicos de fibra, según algunas realizaciones de la presente invención, pueden presentar un factor de llenado mayor de 0,2. En otras realizaciones, los dispositivos fotovoltaicos de fibra pueden demostrar un factor de llenado mayor de 0,5. En una realización adicional, los dispositivos fotovoltaicos de fibra pueden mostrar un factor de llenado mayor de 0,7.

En algunas realizaciones, los dispositivos fotovoltaicos de la presente invención pueden mostrar eficiencias de conversión, η_p , mayores de aproximadamente un 6%. Los dispositivos fotovoltaicos de fibra pueden demostrar, en otras realizaciones, eficiencias de conversión mayores de aproximadamente un 10%. En otra realización, los dispositivos fotovoltaicos de fibra pueden mostrar, en otras realizaciones, eficiencias de conversión mayores de aproximadamente un 15%. En una realización adicional, los dispositivos fotovoltaicos de fibra pueden mostrar, en otras realizaciones, eficiencias de conversión mayores de aproximadamente un 35%.

En algunas realizaciones, la presente invención proporciona un dispositivo optoelectrónico que comprende al menos un píxel que comprende al menos una célula fotovoltaica, comprendiendo la célula fotovoltaica un núcleo de fibra, un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo que rodea a la capa orgánica y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica. En algunas realizaciones, una célula fotovoltaica de un píxel comprende una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles.

En una realización adicional, una célula fotovoltaica de un píxel comprende un núcleo de fibra que comprende una pluralidad de regiones fotosensibles dispuestas a lo largo del eje longitudinal del núcleo de fibra, comprendiendo cada región fotosensible un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra, al menos una capa orgánica fotosensible que rodea al primer electrodo y que está conectada eléctricamente al primer electrodo, y un segundo electrodo que rodea a la al menos una capa orgánica y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica.

En algunas realizaciones, un píxel comprende una pluralidad de células fotovoltaicas. En otras realizaciones, un dispositivo optoelectrónico comprende una formación de píxeles. En una realización adicional, un dispositivo optoelectrónico comprende una formación de píxeles, comprendiendo cada píxel una pluralidad de células fotovoltaicas.

Las células fotovoltaicas de fibra para uso en aplicaciones de píxel, en algunas realizaciones de la presente invención, están construidas independientemente unas de otras. En tales realizaciones, los materiales componentes para una célula fotovoltaica de fibra se seleccionan sin referencia a materiales componentes seleccionados para otra célula fotovoltaica de fibra. En una realización, por ejemplo, una célula fotovoltaica de fibra puede comprender un núcleo de fibra de vidrio, mientras que otra célula fotovoltaica puede comprender un núcleo de fibra óptica de plástico. Como resultado, en algunas realizaciones, no se requiere que píxeles y formaciones de píxeles comprendan células fotovoltaicas de fibra de construcción idéntica. Puede variarse la construcción de células fotovoltaicas de fibra de cualquier manera coherente con los materiales y métodos descritos en el presente documento para producir píxeles y formaciones de píxeles adecuados para una amplia gama de aplicaciones.

En algunas realizaciones, pueden agruparse una pluralidad de células fotovoltaicas de fibra. En tales realizaciones, cada célula fotovoltaica de fibra puede constituir un sólo píxel o la pluralidad de células fotovoltaicas de fibra puede constituir colectivamente un solo píxel.

5 La figura 5 ilustra un mazo (500) de células (502) fotovoltaicas de fibra según una realización de la presente invención. Las células (502) fotovoltaicas de fibra pueden disponerse en una placa de conexión (504) para su incorporación en un circuito eléctrico externo (506). Cada célula (502) fotovoltaica de fibra se dispone sobre la placa de conexión (504) mediante una prolongación longitudinal (508) del núcleo de fibra óptica.

10 Según se ilustra en las figuras 2 y 3, la prolongación longitudinal (508) de una célula (502) fotovoltaica de fibra puede comprender el núcleo de fibra óptica, el primer electrodo transmisor de radiación y cualesquiera capas de bloqueo de excitones operables para transportar excitones deseados generados en capas orgánicas fotosensibles hacia el primer electrodo transmisor de radiación. La conexión al circuito externo (506) puede completarse mediante los contactos metálicos externos (510) de las células fotovoltaicas (502) de fibra.

15 En algunas realizaciones, puede usarse un material fotosensible como una matriz en la que se puede agrupar una pluralidad de células fotovoltaicas de fibra. Los materiales fotosensibles para agrupar células fotovoltaicas de fibra pueden comprender materiales polímeros. Los materiales polímeros adecuados para uso como matriz de agrupación pueden comprender, en algunas realizaciones, polímeros conjugados tales como tiofenos, incluyendo poli(3-hexiltiofeno) (P3HT) y poli(3-octiltiofeno) (P3OT). En otras realizaciones los materiales polímeros adecuados para uso como matriz de agrupación pueden comprender polímeros semiconductores como los habilitados aquí anteriormente, incluyendo PPV, PPy y PAn.

20 Por ejemplo, en la figura 5, un polímero fotosensible, tal como poli(3-hexiltiofeno), puede disponerse sobre la placa de conexión (504) y en los espacios entre las células fotovoltaicas (502) de fibra. El poli(3-hexiltiofeno) puede estar en contacto con la extensión longitudinal (508) del núcleo de fibra óptica y el contacto metálico externo (510) de cada célula fotovoltaica (502) de fibra. Cuando se expone a la radiación electromagnética, la matriz de poli(3-hexiltiofeno) puede generar excitones además de los generados por las células fotovoltaicas (502) de fibra. La matriz de poli(3-hexiltiofeno) puede transferir los excitones adicionales a las células fotovoltaicas (502) de fibra a través de las extensiones longitudinales (508) de los núcleos de fibra óptica y de los contactos metálicos externos (510). Las células fotovoltaicas (502) de fibra que reciben excitones generados por la matriz de poli(3-hexiltiofeno) pueden transportar subsiguientemente los excitones hacia el circuito eléctrico externo (506).

25 Los dispositivos optoelectrónicos que comprenden al menos un píxel que comprende al menos una célula fotovoltaica de fibra comprenden, en algunas realizaciones, células solares. Los píxeles y las formaciones de píxeles pueden colocarse sobre cualquier sustrato adecuado, en algunas realizaciones, para producir paneles solares. Las células solares y los paneles que comprenden células fotovoltaicas de fibra de la presente invención pueden tener eficiencias de conversión mayores del 6%.

30 La presente invención también proporciona métodos para producir dispositivos optoelectrónicos que comprenden disponer un núcleo de fibra, disponer un primer electrodo transmisor de radiación sobre una superficie del núcleo de fibra, disponer al menos una capa orgánica fotosensible en comunicación eléctrica con el primer electrodo y disponer un segundo electrodo en comunicación eléctrica con la capa orgánica. Los materiales adecuados para el núcleo de fibra, el primer electrodo transmisor de radiación, la capa o capas orgánicas fotosensibles, el segundo electrodo, una capa protectora y un contacto metálico externo son coherentes, en algunas realizaciones de métodos de la presente invención, con los proporcionados para dispositivos optoelectrónicos que tienen una estructura de fibra como la descrita en el presente documento.

35 La disposición de un primer electrodo transmisor de radiación sobre un núcleo de fibra comprende, en algunas realizaciones, pulverizar catódicamente o aplicar como revestimiento por inmersión un óxido conductor transmisor de radiación sobre una superficie del núcleo de fibra. En algunas realizaciones, la disposición de una capa orgánica fotosensible en comunicación eléctrica con el primer electrodo comprende depositar la capa orgánica sobre el primer electrodo mediante revestimiento por inmersión, revestimiento por centrifugación, deposición de fase vapor o recocido térmico al vacío. La disposición de un segundo electrodo en comunicación eléctrica con la capa orgánica fotosensible comprende, según algunas realizaciones, depositar el segundo electrodo sobre la capa orgánica mediante deposición de fase vapor, revestimiento por centrifugación o revestimiento por inmersión.

40 Los métodos de producir un dispositivo optoelectrónico comprenden además, en algunas realizaciones, recocer la capa o capas orgánicas fotosensibles. En algunas realizaciones, en donde una capa orgánica fotosensible comprende un material compuesto que comprende una fase de polímero y una fase de nanopartículas, el recocido de la capa orgánica puede producir altos grados de cristalinidad tanto en la fase de polímero como en la fase de nanopartículas, así como dar como resultado una mayor dispersión de la fase de nanopartículas en la fase de polímero. Las fases de nanopartículas que comprenden fulerenos, nanotubos de carbono de una sola pared, nanotubos de carbono de paredes múltiples o mezclas de los mismos pueden formar nanowhiskers en la fase polímera como resultado del recocido. El recocido de una capa orgánica fotosensible puede comprender, según algunas realizaciones, calentar la capa orgánica a una temperatura que oscila entre aproximadamente 80°C y aproximadamente 155°C durante un período de tiempo que abarca desde aproximadamente 1 minuto hasta aproximadamente 30 minutos. En algunas realizaciones, una capa orgánica fotosensible puede calentarse durante aproximadamente 5 minutos.

En algunas realizaciones, un método para producir un dispositivo optoelectrónico comprende además disponer al menos un conversor elevador y/o un agente diseminador en el núcleo de fibra.

Además de los métodos de producir dispositivos optoelectrónicos, la presente invención también proporciona métodos para convertir energía electromagnética en energía eléctrica. Puede utilizarse guiado de ondas para aumentar la eficiencia de conversión.

En una realización, la presente invención proporciona un método para convertir energía electromagnética en forma de ondas en energía eléctrica, comprendiendo el método: recibir una onda electromagnética; y guiar la onda electromagnética para transmitir la radiación hacia una capa fotosensible. En algunas realizaciones, el guiado de la onda electromagnética para transmitir radiación hacia una capa orgánica fotosensible puede comprender crear una reflexión interna total de la onda electromagnética en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y una capa adyacente para producir ondas o campos evanescentes en la capa orgánica fotosensible.

En una realización, un método para convertir energía electromagnética en energía eléctrica comprende recibir radiación a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica, transmitir la radiación hacia al menos una capa orgánica fotosensible a través de un electrodo transmisor de radiación que rodea a la fibra óptica, generar excitones en la capa orgánica fotosensible y separar los excitones en electrones y agujeros en una heterounión de la capa orgánica.

En algunas realizaciones, una heterounión comprende una pluralidad de heterouniones voluminosa. Según se expone en el presente documento, una heterounión voluminosa se forma en la interfaz de un material donante y un material aceptante. En algunas realizaciones, un material donante comprende una fase polímera y el material aceptor comprende una fase de nanopartículas. Los materiales donantes y aceptantes para uso en métodos de la presente invención son coherentes con los proporcionados en el presente documento para dispositivos optoelectrónicos.

La radiación electromagnética recibida a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica comprende, en algunas realizaciones, una radiación visible. En otras realizaciones, la radiación recibida a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica comprende radiación infrarroja.

En algunas realizaciones, la transmisión de radiación electromagnética hacia una capa orgánica fotosensible comprende transmitir radiación a través de campos evanescentes. En otras realizaciones, la transmisión de radiación electromagnética hacia una capa orgánica fotosensible comprende realizar una conversión elevadora de al menos una porción de la radiación electromagnética recibida a lo largo del eje longitudinal de la fibra óptica. La conversión elevadora, según realizaciones de la presente invención, comprende absorber radiación recibida a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica con un material conversor elevador para crear un estado excitado y emitir radiación hacia al menos una capa orgánica con el fin de relajar el estado excitado, en donde la radiación emitida tiene una longitud de onda más corta que la radiación absorbida. En algunas realizaciones, la porción de radiación absorbida por el material conversor elevador comprende radiación infrarroja.

En una realización adicional, la transmisión de la radiación recibida a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica hacia una capa orgánica fotosensible comprende diseminar la radiación en la capa orgánica con un agente diseminador.

Un método para convertir energía electromagnética en energía eléctrica puede comprender además, según realizaciones de la presente invención, retirar los electrones hacia un circuito externo.

La presente invención se ilustrará ahora por el siguiente ejemplo no limitativo.

Ejemplo 1

Célula Fotovoltaica de Fibra

Se preparó un ejemplo no limitativo de una célula fotovoltaica de fibra según el siguiente procedimiento.

La camisa de una fibra multimodal (BFH37, alto OH, de 1,5 mm a 0,6 mm, de Thorlabs) fue cortada en tiras con una cuchilla. El revestimiento de polímero duro se quemó con un soplete. El núcleo de la fibra se limpió entonces en un baño ultrasónico con agua desionizada, acetona y alcohol isopropílico durante 20 minutos sucesivamente, y se secó en un horno durante 15 minutos a 100°C. La fibra limpiada se revistió subsiguientemente con óxido de indio-estaño (In/Sn=90:10) mediante revestimiento por inmersión (más de 10 capas). Véase películas delgadas de ITO revestidas por inmersión mediante un procedimiento de sol-gel usando sales metálicas, Sutapa Roy Ramanan, Thin Solid Film, 389, (2001), 207.

La fibra revestida de ITO se limpió concienzudamente en un baño ultrasónico con acetona y alcohol isopropílico durante 20 minutos sucesivamente y se secó en un horno a 100°C. La fibra se expuso entonces a ozono durante 90 minutos (haciendo girar la fibra 3 veces cada 30 minutos). Una solución de PEDOT:PSS (Baytron P de Bayer) se depositó subsiguientemente sobre la fibra mediante revestimiento por inmersión y se secó a 100°C durante 15 minutos (el grosor de la película de PEDOT:PSS era de aproximadamente 150 nm).

Posteriormente, se depositó sobre la fibra una solución de P3HT (American Dye):PCBM (Tinte Americano)=1:0:8 en clorobenceno mediante revestimiento por inmersión (el grosor de la película de polímero era de aproximadamente 300 nm). En los pasos finales, se depositaron electrodos de LiF y Al mediante evaporación térmica a una presión de 10^{-6} torr. El grosor de LiF era de aproximadamente 0,3-0,4 nm, y el grosor de la película de Al era de cerca de 100 nm. La longitud de la fibra con área activa es de aproximadamente 1,4 cm.

Después de la preparación, la célula fotovoltaica de fibra fue caracterizada en términos de densidad de corriente, tensión de circuito abierto, corriente de cortocircuito y eficiencia. La figura 6 muestra unos gráficos de corriente-tensión para la célula fotovoltaica respecto del ángulo de acoplamiento de radiación. La figura 6(a) muestra un gráfico de corriente-tensión para la célula fotovoltaica de fibra antes de recocer la capa orgánica fotosensible y la figura 6(b) muestra un gráfico de corriente-tensión para la célula fotovoltaica después del recocido de la capa orgánica fotosensible.

La figura 7 demuestra la tensión de circuito abierto (V_{oc}) frente al ángulo de acoplamiento de radiación para la célula fotovoltaica de fibra antes del recocido de la capa orgánica fotosensible y después del recocido de la capa orgánica fotosensible. Según se muestra en el gráfico, el recocido de la capa orgánica fotosensible aumenta la tensión de circuito abierto de la célula fotovoltaica de fibra.

La figura 8 muestra la corriente de cortocircuito (I_{sc}) frente al ángulo de acoplamiento de radiación para la célula fotovoltaica de fibra antes del recocido de la capa orgánica fotosensible y después del recocido de la capa orgánica fotosensible. Al igual que en la tensión de circuito abierto, la corriente de cortocircuito de la célula fotovoltaica de fibra aumenta después del recocido de la capa orgánica fotosensible.

La figura 9 muestra la eficiencia de conversión frente al ángulo de acoplamiento de radiación para la célula fotovoltaica de fibra antes del recocido de la capa orgánica fotosensible. De forma coherente con el patrón mostrado por las figuras anteriores, la figura 5 demuestra una eficiencia de conversión aumentada para la célula fotovoltaica de fibra después del recocido.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato que comprende:

un núcleo (102) de fibra óptica;

un primer electrodo (104) que rodea al núcleo (102) de fibra óptica;

al menos una capa orgánica fotosensible (108) que rodea al primer electrodo (104) y que está conectada eléctricamente al primer electrodo (104); y

un segundo electrodo (110) que rodea a la capa orgánica (108) y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica (108),

caracterizado porque dicho primer electrodo (104) es transmisor de radiación.

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que la capa orgánica fotosensible (108) comprende una región fotoactiva.

3. Aparato según la reivindicación 2, en el que la región fotoactiva (108) comprende al menos una heterounión voluminosa entre un material donante y un material aceptante.

4. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el segundo electrodo (110) comprende un metal.

5. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el núcleo (102) de fibra óptica comprende al menos un material de conversión elevadora.

6. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el núcleo (102) de fibra óptica comprende al menos un agente diseminador.

7. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el núcleo (102) de fibra óptica tiene una longitud que oscila de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 1 mm.

8. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que una pluralidad de regiones fotosensibles (404, 406, 408) están dispuestas a lo largo del eje longitudinal del núcleo (402) de fibra óptica, comprendiendo cada región fotosensible:

un primer electrodo transmisor de radiación (104) que rodea al núcleo (102) de fibra;

al menos una capa orgánica fotosensible (404, 406, 408) que rodea al primer electrodo (104); y

un segundo electrodo (110) que rodea a la capa orgánica y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica (404, 406, 408).

9. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles (404, 406, 408) rodean al primer electrodo (104) y están conectadas eléctricamente al primer electrodo (104).

10. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el aparato es una célula fotovoltaica.

11. Un aparato fotoactivo que comprende al menos un píxel que comprende al menos una célula fotovoltaica según la reivindicación 10.

12. Aparato fotoactivo según la reivindicación 11, en el que el al menos un píxel comprende una pluralidad de células fotovoltaicas.

13. Aparato fotoactivo según la reivindicación 12, en el que la pluralidad de células fotovoltaicas están agrupadas.

14. Aparato fotoactivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que el aparato es un colector solar.

15. Un método para convertir energía fotónica en energía eléctrica, que comprende:

recibir radiación a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica (102); transmitir la radiación hacia al menos una capa orgánica fotosensible (108) a través de un electrodo transmisor de radiación (104) que rodea a la fibra óptica (102); generar excitones en la capa orgánica (108); y separar los excitones en electrones y agujeros en una heterounión de la capa orgánica (108).

ES 2 327 446 T3

16. Un método según la reivindicación 15, que comprende además retirar los electrones hacia un circuito externo.

17. Un método para producir una célula fotovoltaica según la reivindicación 1, que comprende:

proporcionar un núcleo (102) de fibra;

disponer un primer electrodo (104) sobre una superficie del núcleo (102);

disponer al menos una capa orgánica fotosensible (108) en comunicación eléctrica con el primer electrodo (104);

y disponer un segundo electrodo (110) en comunicación eléctrica con la capa orgánica (108),

caracterizado porque

dicho primer electrodo (104) es transmisor de radiación.

18. El método según la reivindicación 17, en el que la capa orgánica fotosensible (108) comprende una región fotoactiva.

19. El método según la reivindicación 18, en donde la región fotoactiva (108) comprende al menos una heterounión voluminosa entre un material donante y un material aceptante.

20. El método según la reivindicación 17, que además comprende proporcionar al menos un convertidor elevador en la fibra óptica (102).

21. El método según la reivindicación 17, que además comprende proporcionar al menos un agente diseminador en la fibra óptica (102).

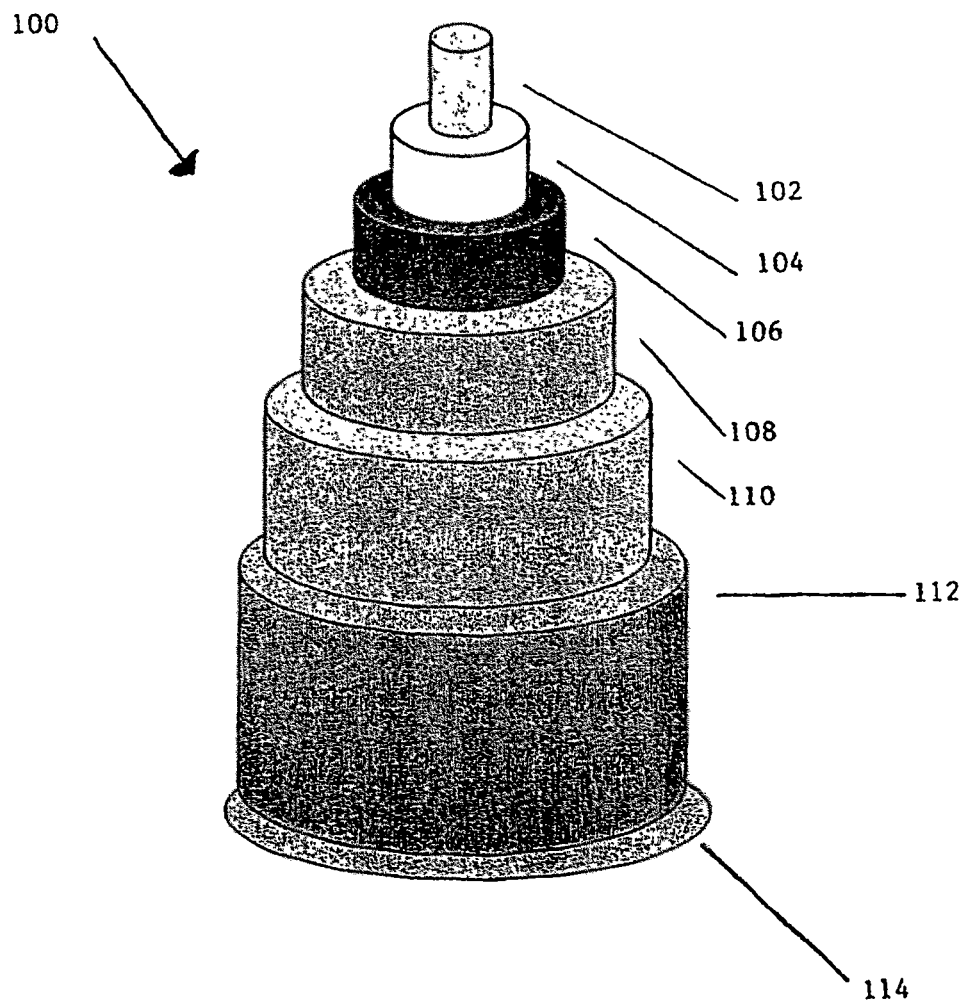


Figura 1

Figura 2

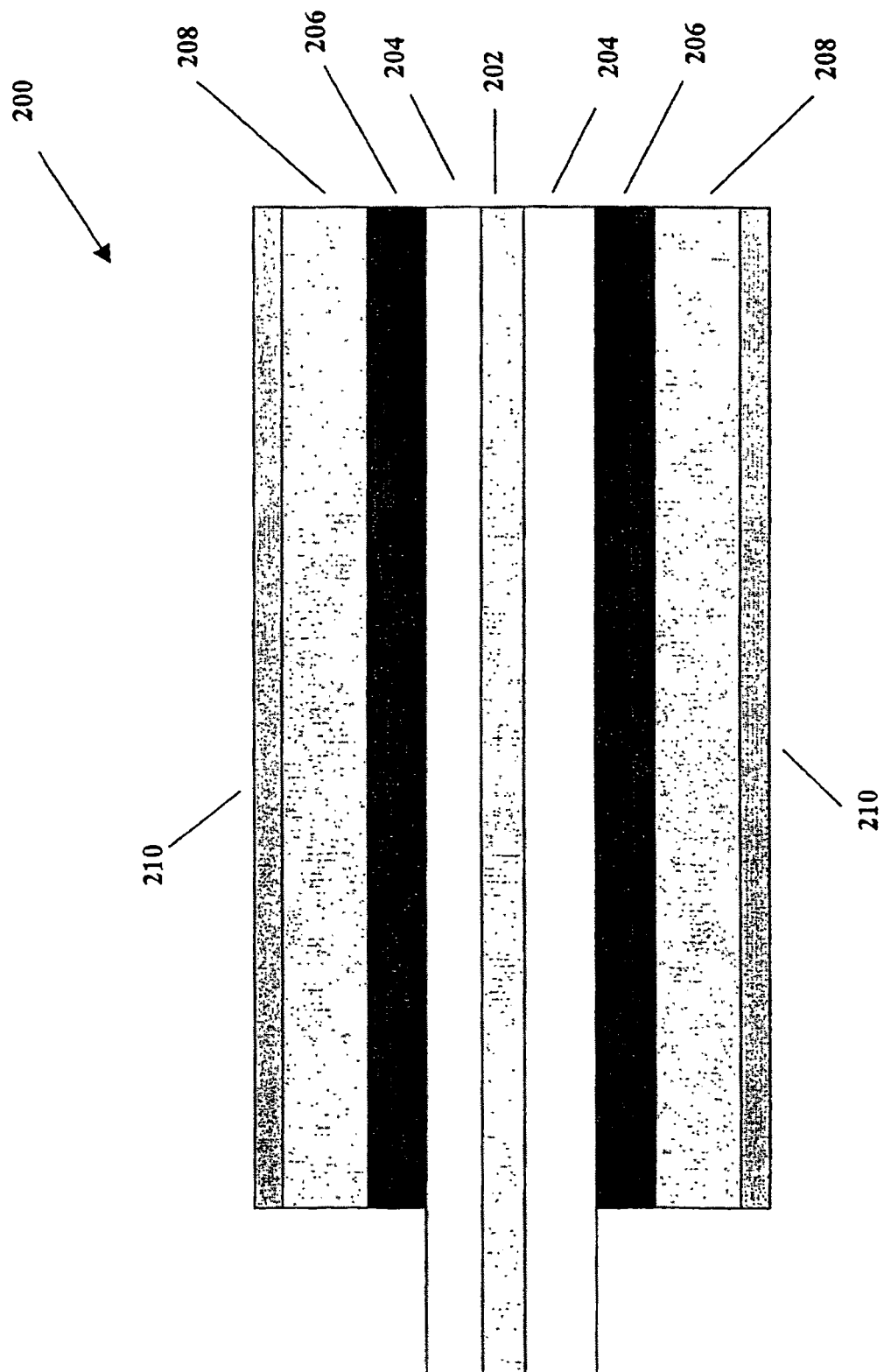
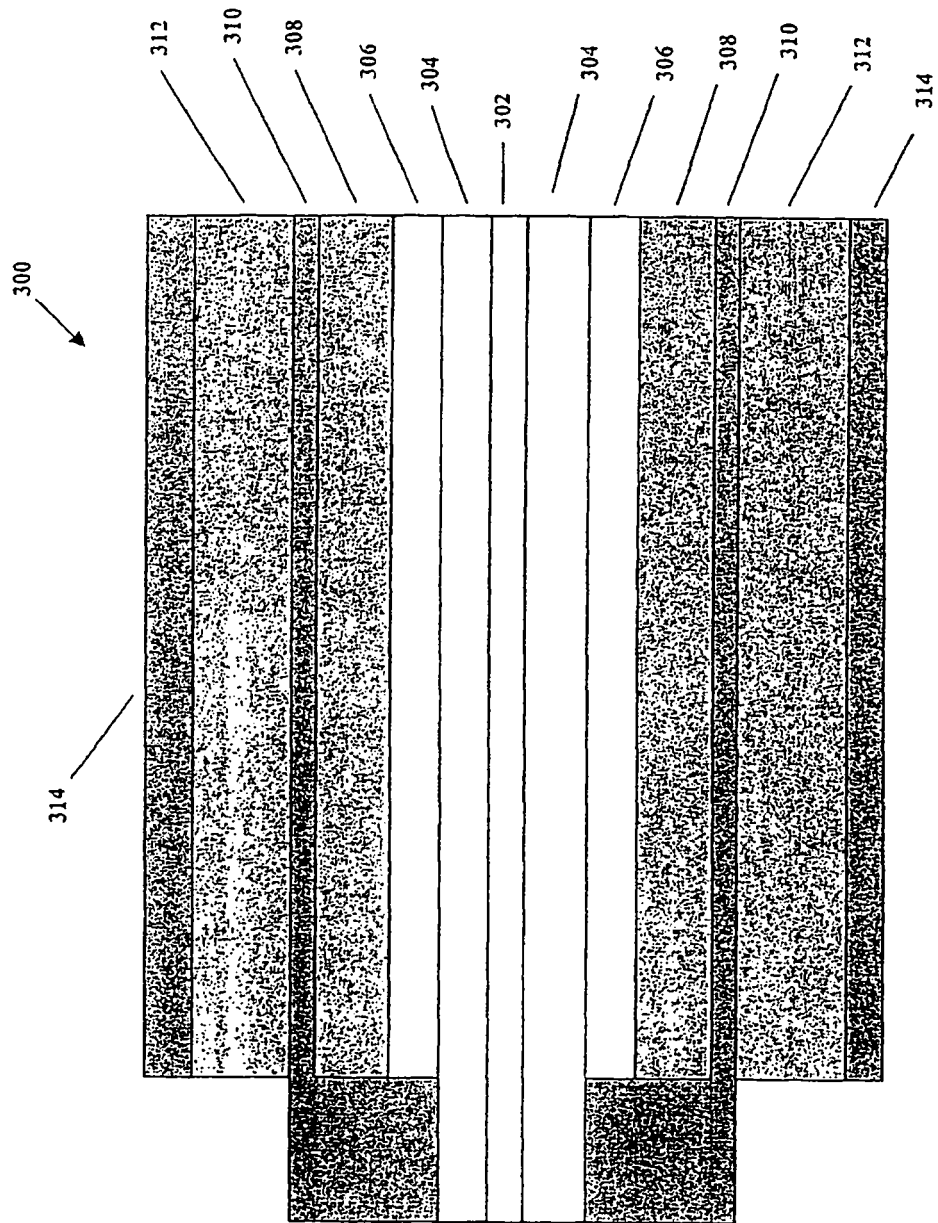


Figura 3



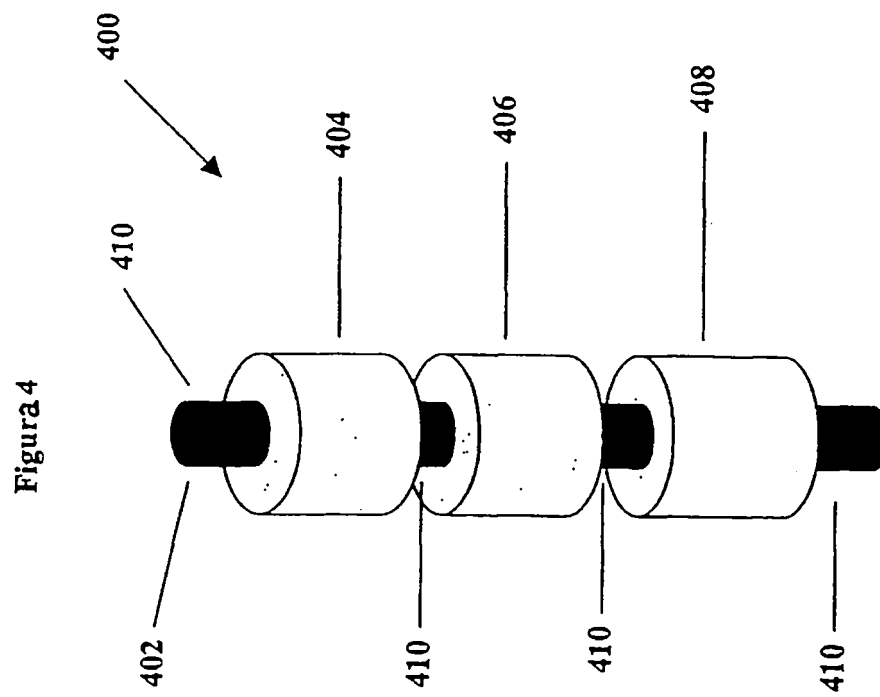
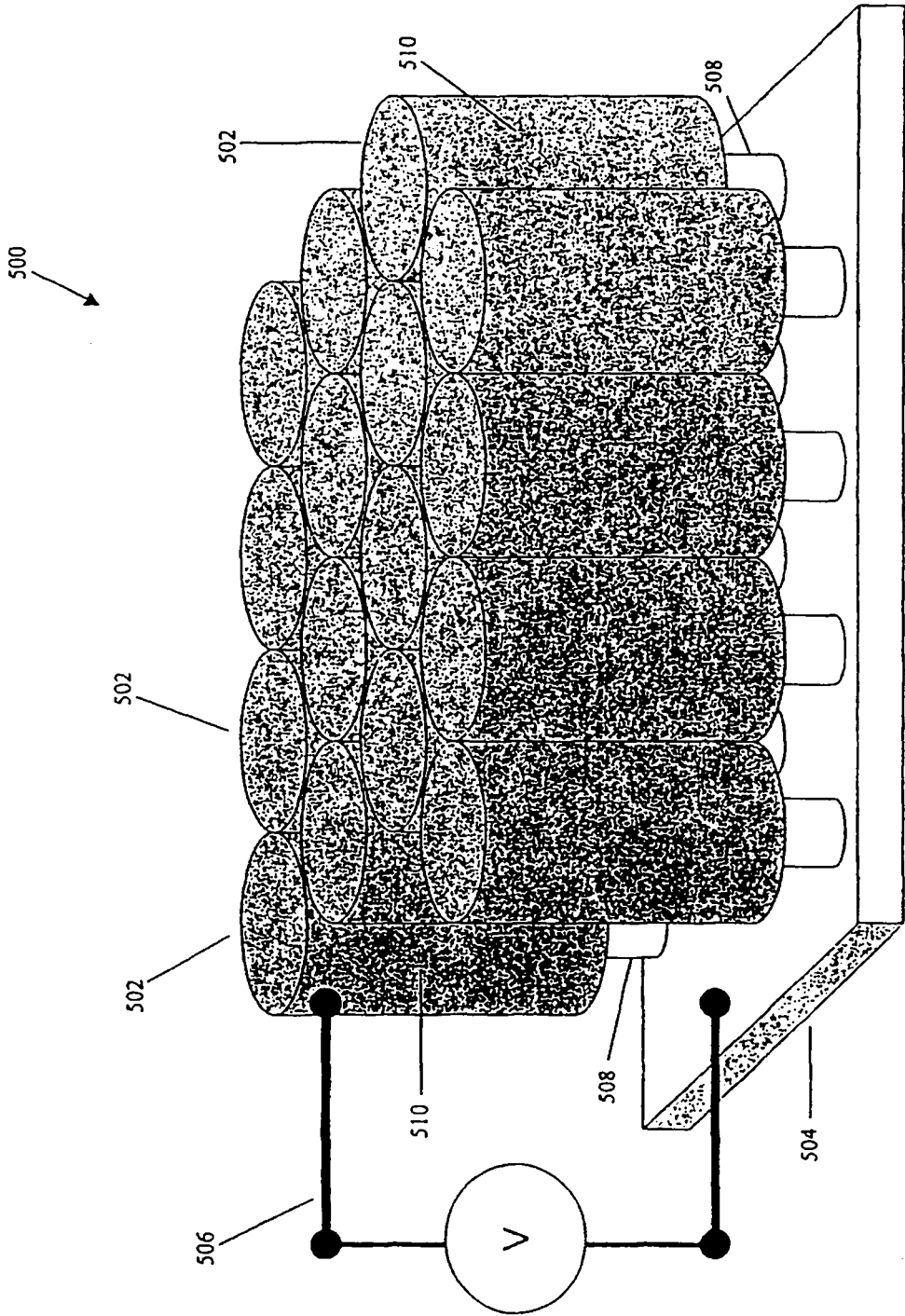
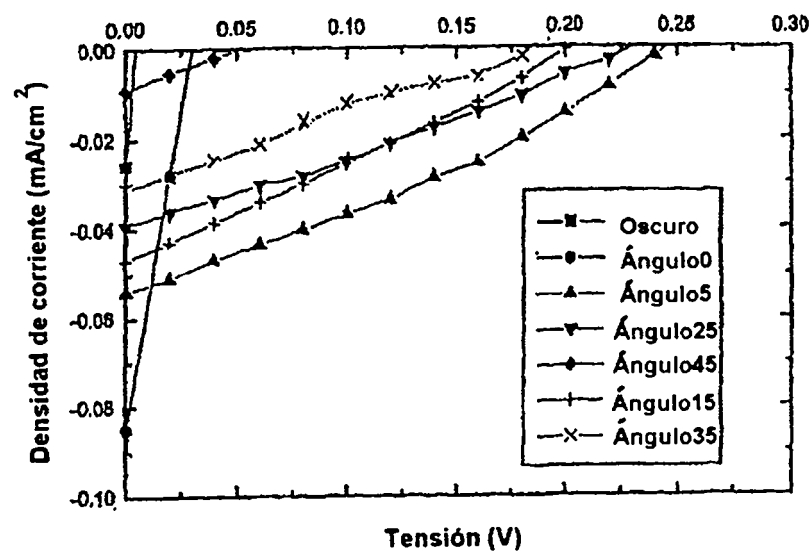


Figura 5



(a)



(b)

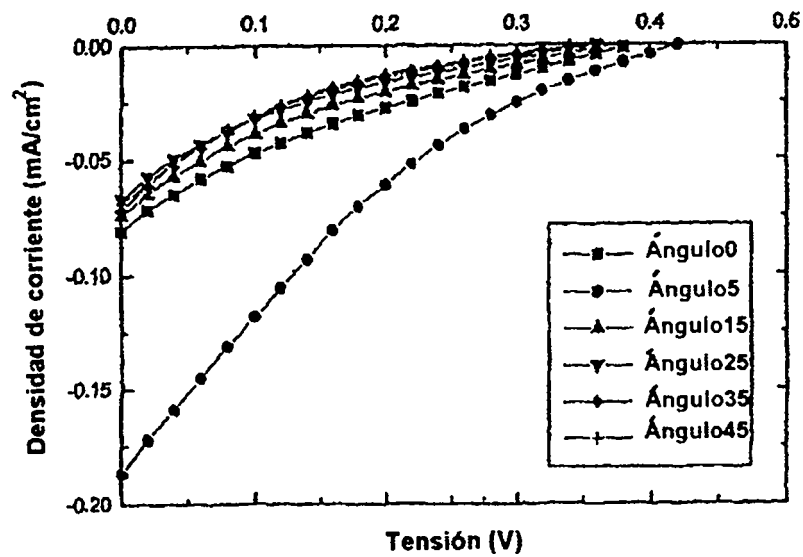


Figura 6

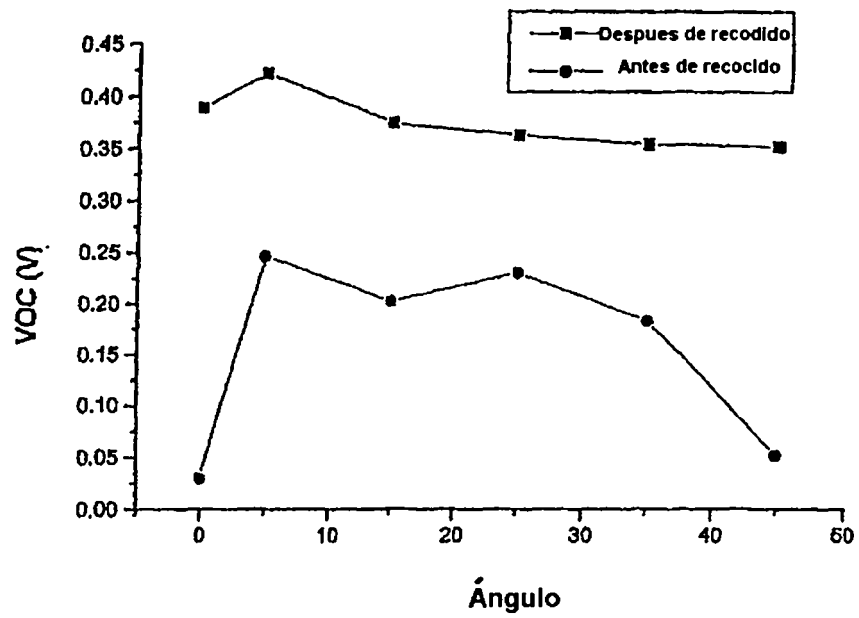


Figura 7

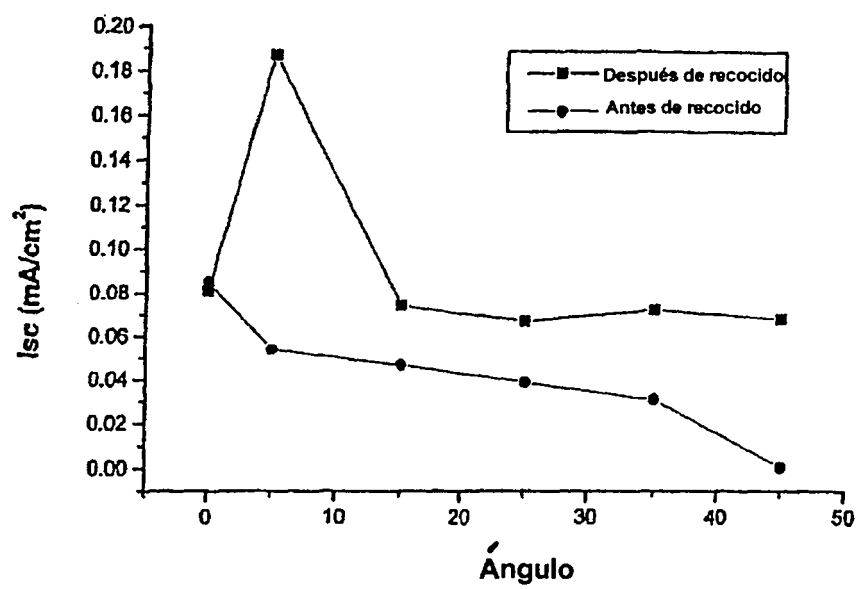


Figura 8

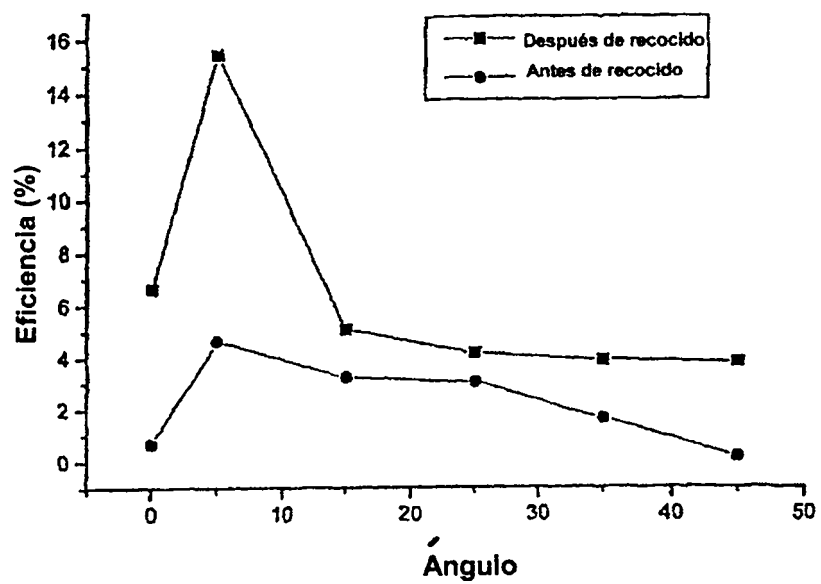


Figura 9