

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 583**

51 Int. Cl.:
H01L 51/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07761674 .6**
96 Fecha de presentación: **01.05.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2022109**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.02.2009**

54 Título: **DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS FIBROSOS Y APLICACIONES DE LOS MISMOS.**

30 Prioridad:
01.05.2006 US 796608 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.12.2011

73 Titular/es:
**WAKE FOREST UNIVERSITY
391 TECHNOLOGY WAY, SUITE 199
WINSTON-SALEM, NC 27101, US y
ARROWHEAD CENTER, INC.**

72 Inventor/es:
**CARROLL, David, L.;
CURRAN, Seamus, A. y
DEWALD, James, L.**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 369 583 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 fotovoltaicos fibrosos y aplicaciones de los mismos.

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a dispositivos optoelectrónicos orgánicos y, en particular, a dispositivos fotovoltaicos orgánicos que tienen una estructura fibra.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 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.

15 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.

20 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.

25 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).

$$30 \quad ff = (I_{max} V_{max}) / (I_{sc} V_{oc}) \quad (1)$$

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.

35 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.

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

40 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%.

45 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.

50 Se han desarrollado dispositivos fotovoltaicos orgánicos que comprende una estructura de fibra y el uso de guiado

de ondas en un método para convertir energía electromagnética en energía eléctrica tal como se expone en la solicitud PCT titulada Dispositivos Optoelectrónicos Orgánicos y Aplicaciones de los mismos, presentada el 1º de mayo de 2006 y cedida a la Wake Forest University. Los dispositivos fotovoltaicos orgánicos que tienen una estructura de fibra pueden proporcionar eficiencias de conversión comparables a las de los dispositivos inorgánicos y mayores que las mismas. Sin embargo, sería deseable aumentar adicionalmente las eficiencias de dispositivos fotovoltaicos orgánicos que tienen una estructura de fibra.

El documento de patente US2006/013549 describe una fibra fotoactiva con un núcleo conductor que incluye un primer electrodo, en el que una capa orgánica rodea al primer electrodo y está conectada eléctricamente al mismo. Un segundo electrodo transparente rodea a la capa orgánica y está eléctricamente conectado a ella.

10 **SUMARIO**

La presente invención proporciona un aparato fotovoltaico, un método para fabricar aparatos fotovoltaicos, dispositivos optoelectrónicos orgánicos y métodos para convertir la energía electromagnética en energía eléctrica según se expone en las reivindicaciones anexas.

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

15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La figura 1 ilustra una vista en sección transversal de un dispositivo fotovoltaico 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 fotovoltaico que comprende una estructura de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 3 ilustra los espectros de intensidad de absorción en función del ángulo incidente en una cara extrema de fibra de un dispositivo fotovoltaico orgánico según una realización de la presente invención.

La figura 4 ilustra la refracción de radiación electromagnética que se desplaza por un dispositivo fotovoltaico de fibra según una realización de la presente invención.

La figura 5 muestra curvas teóricas para ángulos incidentes en función del índice refractivo para lograr una reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible según una realización de la presente invención.

25 **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

La presente invención proporciona dispositivos fotovoltaicos que comprenden un núcleo de fibra óptica, un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra óptica, 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 la capa orgánica y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica, en donde la capa orgánica comprende al menos un material conversor elevador, material antiStokes, tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.

Se exponen en la solicitud PCT titulada Dispositivos Optoelectrónicos Orgánicos y Aplicaciones de los mismos, presentada el 1º de mayo de 2006, composiciones adecuadas para componentes de dispositivos fotovoltaicos según las realizaciones de la presente invención, incluyendo núcleos de fibra óptica, electrodos primero y segundo y capas orgánicas fotosensibles.

Volviendo ahora a los componentes que pueden incluirse en diversas realizaciones de dispositivos fotovoltaicos de la presente invención, los dispositivos fotovoltaicos de la presente invención comprenden un núcleo de fibra óptica. En algunas realizaciones de la presente invención, un núcleo de fibra óptica de un dispositivo fotovoltaico de la presente invención comprende una fibra de óxido de estaño indio. Un primer electrodo que comprende un óxido conductor transmisor de radiación puede estar dispuesto sobre la superficie de la fibra de óxido de estaño e indio. En tales realizaciones, el óxido conductor transmisor de radiación puede comprender óxido de estaño, indio y galio (GITO), óxido de estaño, indio y zinc (ZITO), óxido de estaño e indio y antimonio (ATO) un óxido de estaño e indio.

En otra realización, un primer electrodo que comprende un metal que tiene un grosor operable para transmisor al menos parcialmente radiación visible puede estar dispuesto sobre la superficie de la fibra de óxido de estaño e indio. Metales adecuados para servir como primer electrodo transmisor de radiación comprenden, en algunas realizaciones, metales elementalmente puros o aleaciones. En algunas realizaciones, metales adecuados comprende metales que tienen una alta función de trabajo, tales como oro y plata. En una realización, por ejemplo, un metal de alta función de trabajo tiene una función de trabajo mayor de 4,7 eV. Un primer electrodo que comprende un metal puede tener un grosor operable para dejar pasar al menos parcialmente radiación visible. En algunas realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación que comprende un metal tiene un grosor que

oscila desde aproximadamente 50 nm hasta aproximadamente 200 nm. En otras realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación que comprende un metal puede tener un grosor que oscila desde aproximadamente 75 nm hasta aproximadamente 150 nm. En una realización adicional, un primer electrodo transmisor de radiación que comprende un metal tiene un grosor que oscila desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 125 nm.

- 5 En una realización adicional, un primer electrodo transmisor de radiación que comprende un material compuesto que comprende una fase de nanopartículas dispersa en una fase polímera puede disponerse sobre la superficie de una fibra de óxido de estaño e indio. La fase de nanopartículas, en una realización, puede comprender nanotubos de carbono, fulerenos o mezclas de los mismos.

- 10 Además, en algunas realizaciones, un núcleo de fibra óptica comprende fibras ópticas de vidrio, fibras ópticas de cuarzo y fibras ópticas de plástico (POF). Las fibras ópticas de plástico, en algunas realizaciones, están construidas de metacrilato de polimetilo. En otras realizaciones, las fibras ópticas de plástico están construidas de polímeros que contienen perfluorociclobutano (PFBC) que contiene polímeros, tales como poli(ariléteres) 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 son, en algunas
15 realizaciones, flexibles.

- En algunas, realizaciones, un núcleo de fibra óptica de un dispositivo fotovoltaico de la presente invención tiene un diámetro que abarca desde aproximadamente 1 μm hasta cerca de 2 mm. En otras realizaciones, un núcleo de fibra óptica puede tener un diámetro que abarque desde aproximadamente 90 μm hasta aproximadamente 1 mm. En una
20 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 óptica, según algunas realizaciones, tiene una longitud que abarca desde aproximadamente 500 nm hasta cerca de 100 mm. En otras realizaciones, un núcleo de fibra óptica tiene una longitud que abarca desde aproximadamente 1 μm hasta cerca de 1 mm. En una realización adicional, un núcleo de fibra óptica tiene una longitud que abarca desde aproximadamente 10 μm hasta cerca de 100 μm .

- 25 En una realización adicional, un núcleo de fibra óptica de un dispositivo fotovoltaico orgánico puede estar biselado o afilado en uno o en ambos extremos. El biselado o afilado de uno o ambos extremos de un núcleo de fibra óptica pueden, en algunas realizaciones, aumentar la recepción de radiación electromagnética por el núcleo. En otras realizaciones, unos concentradores ópticos y/o lentes pueden usarse para aumentar la cantidad de radiación electromagnética recibida por núcleos de fibra óptica de dispositivos fotovoltaicos orgánicos de la presente
30 invención.

- Los dispositivos fotovoltaicos, en algunas realizaciones de la presente invención, comprende un primer electrodo transmisor de radiación que rodea al núcleo de fibra óptica. La transmisión de radiación, según se usa en el presente documento, hace referencia 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
35 radiación electromagnética visible con una absorción mínima u otra interferencia. Además, los electrodos, según se emplean en el presente documento, hacen referencia a capas que proporcionan un medio para entregar corriente fotogenerada a un circuito externo o para proporcionar una tensión de polarización al dispositivo optoelectrónico. Un electrodo proporciona la interfaz entre las regiones fotoactivas de un dispositivo fotovoltaico orgánico y un alambre, hilo, traza u otros medios para transportar a los portadores de carga hacia o desde el circuito externo.

- 40 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, comprenden óxido de estaño e indio (ITO), óxido de estaño, indio y galio (GITO), óxido de antimonio y estaño (ATO) y óxido de estaño, indio y zinc (ZITO). En otra realización, el primer electrodo transmisor de radiación comprende un material polímero transmisor de radiación tal como polianilina (PANI) y sus parientes químicos. En
45 algunas realizaciones 3,4-polietilendioxitiofeno (PEDOT) es un material polímero transmisor de radiación adecuado para el primer electrodo. En otras realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación comprende una capa de nanotubos 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 comprende 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 comprende una capa metálica que tiene 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, según se describe en el
50 presente documento.
55

En algunas realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación tiene un grosor que oscila desde

aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 1 μm . En otras realizaciones, un primer electrodo transmisor de radiación tiene un grosor que oscila desde aproximadamente 100 nm hasta cerca de 900 nm. En otra realización, un primer electrodo transmisor de radiación tiene 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 fotovoltaicos de la presente invención comprenden al menos una capa orgánica fotosensible que comprende al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos. Los dispositivos fotovoltaicos, 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).

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 una realización adicional, los polímeros semiconductores para uso en una región fotoactiva de una capa orgánica fotosensible pueden comprender poli(2-vinilpiridina) (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 cumarina 6, cumarina 30, cumarina 102, cumarina 110, cumarina 153 y cumarina 480 D. En otra realización, una molécula pequeña comprende merocianina 540. En una realización adicional, las moléculas pequeñas comprenden 9,10-dihidrobenzo[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-dihidroxociclobutenodiolio.

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 voluminosa heterounión formada entre materiales donantes y aceptantes. En otra reivindicación, las capas orgánicas comprenden una pluralidad de heterouniones voluminosas formadas entre materiales donantes y aceptantes.

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 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, 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). En algunas realizaciones, los polímeros adecuados para producir la fase polímera de la región fotoactiva comprenden poli[2-(3-tienil)-etoxi-4-butilsulfonato] (PTEBS), 2-metoxi-5-(3',7'-dimetiloctiloxi)-1,4-fenileno-vinileno (MDMO-PPV) y poli[2-metoxi-5-(2'-etilhexiloxi)-p-fenileno-vinileno] (MEH-PPV).

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-metoxicarbonil)propil-1-fenilo(6,6) C_{61} (PCBM). Los

nanotubos de carbono para uso en la fase de nanopartículas, según algunas realizaciones, pueden comprender nanotubos de una sola pared, nanotubos de paredes múltiples o mezclas de los mismos.

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

10 En una realización adicional, la fase de nanopartículas dispersa en la fase polímera comprende al menos un nanowhisker (nanobigote). Según se emplea en el presente documento, un nanowhisker hace referencia a una nanopartícula 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. Las nanopartículas operables para formar nanowhiskers, según algunas realizaciones, pueden comprender nanotubos de carbono de una sola pared, nanotubos de carbono de paredes múltiples y fulerenos. En una realización, los nanowhiskers comprenden PCBM cristalino. El recocido de la capa orgánica fotosensible puede, en algunas realizaciones, aumentar aún más la dispersión de la fase de nanopartículas en la fase polímera.

15 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 nanopartículas en toda la fase polímera, la región fotoactiva de la capa orgánica comprende una pluralidad de heterouniones voluminosas.

20 En realizaciones adicionales, los materiales donantes en una región fotoactiva de una capa orgánica fotosensible pueden comprender compuestos organometálicos, incluyendo porfirinas, ptalocianinas 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.

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

30 Según se dispone en el presente documento, las capas orgánicas fotosensibles de la presente invención comprenden al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, los materiales conversores elevadores, los materiales antiStokes, los tintes láser, los tintes antifalsificación, los puntos cuánticos, o las combinaciones de los mismos se mezclan en una capa orgánica fotosensible mediante técnicas conocidas por los versados en la materia.

35 Según se comprenderá por los versados en la materia, un conversor elevador es un material operable para emitir radiación electromagnética que tiene una energía mayor que la de la radiación electromagnética absorbida por el material para crear el estado excitado. Los conversores elevadores adecuados para uso en la presente invención pueden, en algunas realizaciones, absorber radiación infrarroja y emitir radiación visible en longitudes de onda operables para que sean absorbidas por capas orgánicas fotosensibles de dispositivos fotovoltaicos de la presente invención.

40 Los conversores elevadores, en algunas realizaciones, incluyen materiales que comprenden al menos un elemento de la serie de los lantánidos. En algunas realizaciones, los materiales conversor elevador pueden comprender nanopartículas que comprendan al menos un elemento de la serie de los lantánidos. Los elementos de la serie de los lantánidos adecuados para uso en materiales conversor elevador según algunas realizaciones de la presente invención comprenden erbio, iterbio, disprosio, holmio o mezclas de los mismos. En algunas realizaciones, los materiales conversores elevadores 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, además de la capa orgánica fotosensible, con iones de erbio, iterbio, disprosio, holmio o mezclas de los mismos.

45 En algunas realizaciones, los materiales conversores elevadores comprenden especies químicas orgánicas. Los materiales conversores elevadores orgánicos pueden comprender $H_2C_6N_4$ y 4-dialquilamino-1,8-naftalimidias, así como derivados y compuestos de 1,8-naftalimida, tales como los derivados de naftalimida multiramificados TPA-

NA1, TPA-NA2 y TPA-NA3. Los materiales conversores elevadores orgánicos también pueden comprender 4-(dimetilamino)cinamonitrilo (cis y trans), yoduro de trans-4-[4-(dimetilamino)estiril]-1-metilpiridinio, 4-[4-(dimetilamino)estiril]piridina, 4-(diethylamino)benzaldehído, difenilhidrazona, -toluenosulfonato de trans-4-[4-(dimetilamino)estiril]-1-metilpiridinio, 2-[etil[4-[2-(4-nitrofenil)etil]fenil]amino]etanol, 4-dimetilamino-4'-nitroestilbeno, Naranja Disperso 25, Naranja Disperso 3 y Rojo Disperso 1.

En una realización adicional, los materiales conversores elevadores 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), sulfuro de cadmio (CdS), sulfuro de plomo (PBS); seleniuro de plomo (PbSe) y seleniuro de zinc (ZnSe). Los materiales conversores elevadores también pueden comprender arquitecturas de envuelta-núcleo de puntos cuánticos.

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

Los materiales antiStokes, los tintes láser y los tintes antifalsificación adecuados para su incorporación a capas orgánicas fotosensibles comprenden, según algunas realizaciones, benzofenonas sustituidas, bifenilos, difenilos, tintes infrarrojos tales como polimetinas, y sensibilizadores espectrales tales cianinas y merocianinas. Las tintas antifalsificación pueden comprender fósforos, fluoróforos, especies químicas termocrómicas y/o fotocromáticas.

Los dispositivos fotovoltaicos de la presente invención comprenden un segundo electrodo que rodea la capa orgánica fotosensible. 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 también a aleaciones metálicas que comprenden materiales compuestos de dos o más materiales elementalmente puros. En algunas realizaciones, el segundo electrodo comprende oro, plata, aluminio, cobre o combinaciones de los mismos. El segundo electrodo, según algunas realizaciones, tiene un grosor que oscila desde aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 10 μ m. En otras realizaciones, el segundo electrodo tiene un grosor que oscila desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 1 μ m. En una realización adicional, el segundo electrodo puede tener un grosor que oscila desde aproximadamente 200 nm hasta aproximadamente 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.

En algunas realizaciones, la capa de LiF puede oxidarse al menos parcialmente dando como resultado una capa que comprende óxido de litio (Li₂O) y LiF. En otras realizaciones, la capa de LiF puede oxidarse completamente dando como resultado una capa de óxido de litio deficiente o sustancialmente deficiente en LiF. En algunas realizaciones, una capa de LiF se oxida exponiendo la capa de LiF a oxígeno, vapor de agua o combinaciones de los mismos. En una realización, por ejemplo, una capa de LiF se oxida dando una capa de óxido de litio mediante su exposición a una atmósfera que comprende vapor de agua y/u oxígeno a unas presiones parciales menores de aproximadamente 10⁻⁶ Torr. En otra realización, una capa de LiF se oxida dando una capa de óxido de litio mediante su exposición a una atmósfera que comprende vapor de agua y/u oxígeno a unas presiones parciales menores de aproximadamente 10⁻⁷ Torr o menores de 10⁻⁸ Torr.

En algunas realizaciones, una capa de LiF es expuesta a una atmósfera que comprende vapor de agua y/u oxígeno durante un período de tiempo que oscila desde aproximadamente 1 hora hasta aproximadamente 15 horas. En una realización, una capa de LiF se expone a una atmósfera que comprende vapor de agua y/u oxígeno durante un período de tiempo mayor de aproximadamente 15 horas. En una realización adicional, una capa de LiF se expone a una atmósfera que comprende vapor de agua y/u oxígeno durante un período de tiempo menor de aproximadamente una hora. El período de tiempo de exposición de la capa de LiF a una atmósfera que comprende vapor de agua y/u oxígeno, según algunas realizaciones de la presente invención, depende de las presiones parciales del vapor de agua y/o del oxígeno en la atmósfera. Cuanto mayor sea la presión parcial del vapor de agua o del oxígeno, más corto será el tiempo de exposición.

Los dispositivos fotovoltaicos orgánicos, en algunas realizaciones de la presente invención, 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 una extinción 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 defectos de cortocircuitado que de otra manera podrían hacer inoperable un dispositivo fotovoltaico orgánico.

Una EBL, según algunas realizaciones de la presente invención, comprende 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, fullerenos 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 fotovoltaico. En algunas realizaciones en donde el dispositivo fotovoltaico comprende una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles, pueden disponerse EBLs entre las capas orgánicas fotosensibles.

Los dispositivos fotovoltaicos de la presente invención, en algunas realizaciones, comprenden además una capa protectora que rodea al segundo electrodo. La capa protectora puede proporcionar a los dispositivos fotovoltaicos 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, fullerenos o mezclas de los mismos.

Los dispositivos fotovoltaicos de la presente invención, en algunas realizaciones, comprenden 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 fotovoltaico de fibra. En otras realizaciones, el contacto metálico externo puede ser operable para extraer corriente en toda la longitud y circunferencia del dispositivo fotovoltaico 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 su absorción adicional.

Los dispositivos fotovoltaicos, 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 fotovoltaico 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 fotovoltaico. Las capas de transferencia de carga, según algunas realizaciones, no son fotoactivas.

La figura 1 ilustra una vista en sección transversal de un dispositivo fotovoltaico que comprende una estructura de fibra según otra realización de la presente invención. El dispositivo fotovoltaico (200) mostrado en la figura 1 comprende un núcleo de fibra óptica (202) y un primer electrodo transmisor de radiación (204) que rodea al núcleo de fibra óptica (202). Una capa de bloqueo de excitones (206) rodea al electrodo transmisor de radiación (204), y una capa orgánica fotosensible (208) rodea a la capa de bloqueo de excitones (206), comprendiendo la capa orgánica fotosensible (208) al menos un convertidor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos. Un segundo electrodo (210) rodea la capa orgánica fotosensible (208).

En la realización mostrada en la figura 1, el núcleo de fibra óptica (202) y el primer electrodo transmisor de radiación (204) se extienden longitudinalmente más allá de las capas restantes del dispositivo fotovoltaico (200). La extensión longitudinal del núcleo de fibra óptica (202) y del primer electrodo transmisor de radiación (204) puede, en algunas realizaciones, facilitar la fijación del dispositivo fotovoltaico (200) a un circuito eléctrico externo.

La figura 2 ilustra una vista en sección transversal de un dispositivo fotovoltaico que comprende una estructura de fibra según otra realización de la presente invención, en donde el dispositivo fotovoltaico comprende una pluralidad de capas orgánicas fotosensibles, y en donde al menos una de las capas orgánicas fotosensibles comprende al menos un material convertidor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos. El dispositivo fotovoltaico (300) comprende un núcleo de fibra óptica (302). El núcleo de fibra (302) puede comprender una fibra óptica de vidrio, una fibra óptica de cuarzo o una fibra óptica de plástico.

El núcleo de fibra óptica (302) está rodeado por un primer electrodo transmisor de radiación (304). El primer

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

10 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 de bloqueo de excitones (310). La segunda EBL puede comprender también, en algunas realizaciones, nanopartículas de carbono dispersas en 3,4-polietilendioxitiofeno o poli(cloruro de vinilideno).

15 La segunda EBL está rodeada por una segunda capa orgánica fotosensible (312). La segunda capa orgánica fotosensible (312) comprende, en algunas realizaciones, un material polímero, incluyendo un material compuesto polímero, que tiene un perfil de absorción de radiación electromagnética que se solapa en gran medida con el de la primera capa orgánica (308). En otras realizaciones, la segunda capa orgánica fotosensible (312) puede comprender un material polímero, incluyendo un compuesto polímero, que tiene un perfil de absorción de radiación electromagnética que no se solapa o se solape mínimamente con el de la primera capa orgánica (308). La segunda capa orgánica fotosensible (312) comprende además al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.

20 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 hacia las capas orgánicas para su absorción adicional. El segundo electrodo (314) comprende, en algunas realizaciones, un metal, tal como aluminio, oro, plata, níquel o cobre.

25 En la realización mostrada en la figura 2, el núcleo de fibra óptica (302), el primer electrodo transmisor de radiación (304) y la segunda capa de bloqueo de excitones (310) se extienden longitudinalmente más allá de las capas restantes del dispositivo fotovoltaico. La extensión longitudinal del núcleo de fibra óptica (302), el primer electrodo transmisor de radiación (304) y la segunda capa de bloqueo de excitones (310) puede facilitar la fijación del dispositivo fotovoltaico (300) a un circuito eléctrico externo.

30 Aunque la figura 2 ilustra un dispositivo fotovoltaico que tiene dos capas orgánicas fotosensibles, algunas realizaciones de la presente invención contemplan dispositivos fotovoltaicos que comprenden más de dos capas orgánicas fotosensibles, incluyendo dispositivos fotovoltaicos que tienen tres, cuatro, cinco o más de cinco capas orgánicas fotosensibles. En algunas realizaciones, un dispositivo fotovoltaico puede comprender al menos 10 capas orgánicas fotosensibles.

35 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 fotovoltaicos de la presente invención pueden aumentar o maximizar la generación de excitones a través del espectro electromagnético.

40 En algunas realizaciones, un dispositivo fotovoltaico 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 que rodea la capa orgánica 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 2. Además, al menos una de las capas orgánicas fotosensibles comprende también al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.

50 En otra realización, un dispositivo optoelectrónico comprende al menos un píxel que comprende al menos un célula fotovoltaica, comprendiendo la célula fotovoltaica un núcleo de fibra óptica, 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 donde la capa orgánica fotosensible comprende al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.

55 Los dispositivos optoelectrónicos que comprende al menos un píxel que comprende al menos una célula fotovoltaica pueden tener, en algunas realizaciones, construcciones consistentes con las proporcionadas en la solicitud PCT titulada Dispositivos Optoelectrónicos Orgánicos y Aplicaciones de los mismos, presentada el 1° de mayo

de 2006.

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 óptica de vidrio, mientras que otra célula fotovoltaica puede comprender un núcleo de fibra óptica de óxido de indio y estaño. 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.

Los dispositivos fotovoltaicos 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 para producir, en algunas realizaciones paneles solares. Las células y paneles solares que comprenden células fotovoltaicas de fibra de la presente invención pueden tener eficiencias de conversión mayores de un 6%.

Un dispositivo fotovoltaico de la presente invención puede producirse proporcionando un núcleo de fibra óptica, disponiendo un primer electrodo transmisor de radiación sobre una superficie del núcleo de fibra óptica, disponiendo al menos una capa orgánica fotosensible en comunicación eléctrica con el primer electrodo, y disponiendo un segundo electrodo en comunicación eléctrica con la capa orgánica, en donde la capa orgánica comprende al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.

La disposición de un primer electrodo transmisor de radiación sobre un núcleo de fibra óptica 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 óptica. 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.

La disposición de un segundo electrodo en comunicación eléctrica con la capa orgánica fotosensible, según algunas realizaciones, comprende depositar el segundo electrodo sobre la capa orgánica mediante deposición de fase vapor, revestimiento por centrifugación o revestimiento por inmersión.

Los métodos de producir un dispositivo fotovoltaico 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.

Además de proporcionar dispositivos fotovoltaicos que tiene una estructura de fibra, la presente invención proporciona métodos para convertir energía electromagnética en energía eléctrica. 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 primer electrodo transmisor de radiación que rodea a la fibra óptica, generar excitones en la capa orgánica y separar los excitones en electrones y agujeros, en donde la capa orgánica comprende al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.

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 dispuestas sobre una superficie de la fibra óptica. En algunas realizaciones, la recepción de radiación puede comprender posicionar la

fibra óptica para recibir radiación con un ángulo incidente suficiente para producir una reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y una capa adyacente. Una capa orgánica fotosensible puede ser coherente con las proporcionadas en anteriores realizaciones. En algunas realizaciones, una capa adyacente puede comprender una capa de transferencia de carga, tal como una capa de bloqueo de excitones. En una realización, por ejemplo, la capa adyacente puede comprender PEDOT.

En algunas realizaciones, la energía electromagnética recibida con un ángulo incidente suficiente para producir una reflexión interna total puede refractarse por al menos una capa adicional antes de alcanzar la interfaz de una capa orgánica fotosensible y una capa adyacente. En algunas realizaciones, las capas adicionales pueden comprender óxidos metálicos conductores coherentes con los proporcionados en el presente documento o capas de transferencia de carga coherentes con las proporcionadas por el presente documento.

La creación de una reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y en una capa adyacente puede producir campos u ondas evanescentes en la capa orgánica fotosensible, lo cual puede conducir a una absorción incrementada de radiación electromagnética por la capa orgánica. La creciente absorción de radiación electromagnética en la capa orgánica fotosensible puede producir mayores números de excitones, aumentando así las eficiencias de conversión de los dispositivos fotovoltaicos orgánicos de la presente invención.

La figura 3 ilustra espectros de intensidad de absorción en función del ángulo incidente en una cara extrema de fibra de un dispositivo fotovoltaico orgánico según una realización de la presente invención. Los ángulos incidentes en la cara de la fibra variaron desde 2° hasta 20° en incrementos de 2°. Según se muestra en la figura 3, la intensidad de absorción alcanzó su pico en un ángulo incidente de 16°. El dispositivo fotovoltaico orgánico usado para generar los espectros proporcionados en la figura 3 incluía una capa orgánica fotosensible que comprendía un material compuesto polímero de poli(3-hexiltiofeno) y 1-(3-metoxicarbonil)propil-1-fenilo(6,6)C₆₁ (P3HT/PCBM). La capa orgánica fotosensible de P3HT/PCBM rodeaba una capa de bloqueo de excitones adyacente que comprendía PEDOT.

Aunque no se desea ligarse a ninguna teoría, se cree que la radiación fue absorbida por la capa orgánica fotosensible, y un ángulo incidente de aproximadamente 16° creó la condición para la reflexión interna total en la interfaz PEDOT/P3HT:PCBM. Al crear una reflexión interna total en la interfaz PEDOT/P3HT:PCBM, estuvieron presentes ondas o campos evanescentes en la capa orgánica de PEDOT/P3HT:PCBM, produciendo una intensidad de absorción aumentada.

En realizaciones de la presente invención, el ángulo crítico requerido para la reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y en una capa adyacente puede depender del índice refractivo de la capa orgánica fotosensible. Asumiendo el logro del ángulo crítico en la interfaz de la capa orgánica fotosensible y de la capa adyacente, puede calcularse el ángulo incidente requerido en la interfaz. A partir de esto, puede usarse la ley de Snell en cada interfaz adicional producida por la presencia de capas adicionales dispuestas sobre el núcleo de fibra óptica, y puede calcularse el ángulo incidente de la fibra óptica.

La figura 4, por ejemplo, ilustra la refracción de la radiación electromagnética que se desplaza en un dispositivo fotovoltaico de fibra, según una realización de la presente invención, la cual produce una reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y de una capa adyacente. En la figura 4, la capa orgánica fotosensible comprende un material compuesto de poli(3-hexiltiofeno)/1-(3-metoxicarbonil)propil-1-fenilo(6,6)C₆₁ (P3HT/PCBM), y la capa adyacente comprende PEDOT. Una capa adicional de óxido de indio y estaño está dispuesta entre la capa de PEDOT y la superficie del núcleo de fibra óptica de sílice. La capa de óxido de indio y estaño, según se describe en el presente documento, sirve como un primer electrodo transmisor de radiación.

Aplicando la ley de Snell en las diversas interfaces de capa ilustradas en la figura 5 se obtiene:

$$\eta_3 \sin \theta_c = \eta_c \quad (3)$$

$$\eta_2 \sin \theta_5 = \eta_3 \sin \theta_6 \quad (4)$$

$$\eta_1 \sin \theta_3 = \eta_2 \sin \theta_4 \quad (5)$$

en donde η_{11} es el índice refractivo del núcleo de fibra óptica de sílice, η_2 es el índice refractivo de la capa de óxido de indio y estaño, η_3 es el índice refractivo de la capa PEDOT y η_c es el índice refractivo de la capa orgánica fotosensible.

Obsérvese que $\theta_c = \theta_6$ y $\theta_5 = \theta_4$, se puede sustituir (3) en (4) y luego ese resultado en (5) y se puede reorganizar el compuesto para obtener

$$\theta_3 = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\eta_c}{\eta_1} \right) \quad (6)$$

Dado que $\eta_0 = 1$ y $\theta_2 = 90^\circ - \theta_3$, en la interfaz aire/fibra, se obtiene

$$\text{sen } \theta_1 = \eta_1 \text{ sen } \theta_2 = \eta_1 \cos \theta_3 \quad (7)$$

Finalmente, tras la sustitución de (6) en (7) la ecuación teórica se convierte en

$$\text{sen } \theta_1 = \eta_1 \cos \left[\text{sen}^{-1} \left(\frac{\eta_c}{\eta_1} \right) \right]$$

en donde θ_1 es el ángulo incidente en la interfaz de fibra medido desde la normal.

La figura 5 ilustra curvas teóricas que muestran ángulos incidentes en la cara del núcleo de fibra óptica en función del índice refractivo de la capa orgánica fotosensible de P3HT:PCBM que son suficientes para lograr el ángulo crítico para la reflexión interna total en la interfaz PEDOT/P3HT:PCBM. Cada curva teórica representa una longitud de onda incidente diferente, la cual, a su vez, corresponde a un índice refractivo diferente para el núcleo de fibra óptica de sílice.

Según se describe y se enseña por la solicitud PCT titulada Dispositivos Optoelectrónicos Orgánicos y Aplicaciones de los mismos, presentada el 1º de mayo de 2006, a continuación de una determinación de ángulos incidentes suficientes para producir una reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y de una capa adyacente, puede posicionarse un núcleo de fibra óptica para recibir radiación según los ángulos incidentes. Un panel, por ejemplo, construido de píxeles que comprenden células fotovoltaicas orgánicas que tienen una estructura de fibra, puede posicionarse de tal manera que la radiación que incida en el panel pueda recibirse por los núcleos de fibra óptica de las células fotovoltaicas en ángulos suficientes para producir una reflexión interna total en una interfaz de una capa orgánica fotosensible y una capa adyacente.

En algunas realizaciones, capas de dispositivos fotovoltaicos orgánicos puede ser grabadas por corrosión para impedir o reducir una reflexión interna total frustrada. En una realización, una capa de bloqueo de excitones adyacente a una capa orgánica fotosensible puede grabarse por corrosión en el lado que forma una interfaz con la capa orgánica. Una capa de bloqueo de excitones que comprende PEDOT puede grabarse, por ejemplo, en el lado que forma una interfaz con una capa orgánica fotosensible de P3HT/PCBM.

En algunas realizaciones, los dispositivos fotovoltaicos orgánicos pueden grabarse por corrosión con métodos litográficos, incluyendo métodos fotolitográficos. En una realización, un protector fotolitográfico es depositado sobre la superficie de la capa que se ha de grabar por corrosión. Los protectores fotolitográficos, según realizaciones de la presente invención, comprenden protectores positivos o protectores negativos. Una vez que el protector fotolitográfico se deposita, el protector se expone a radiación y se la revela con un disolvente apropiado. Un patrón permanece sobre la capa del dispositivo fotovoltaico. Los protectores fotolitográficos pueden colocarse según cualquier patrón deseado. Un patrón comprende, por ejemplo, una serie de líneas paralelas separadas por una distancia constante. Después de revelar el protector, la capa del dispositivo fotovoltaico orgánico se graba entonces por corrosión mediante cualquier disolvente orgánico polar adecuado, tal como acetona. El protector fotolitográfico se retira subsiguientemente de la capa del dispositivo fotovoltaicos orgánico dejando detrás una capa grabada por corrosión.

En algunas realizaciones, se graba por corrosión el óxido de indio y estaño. El grabado por corrosión de la fibra de indio y estaño, en algunas realizaciones, se puede lograr mediante procesos litográficos, incluyendo procesos fotolitográficos. En una realización, por ejemplo, un protector fotolitográfico se deposita sobre la superficie de la fibra de óxido de indio y estaño. Una vez que el protector fotolitográfico se deposita, el protector se expone a radiación y se la revela con un disolvente apropiado para producir un patrón sobre la fibra de óxido de indio y estaño. La superficie de la fibra de óxido de indio y estaño se graba subsiguientemente por corrosión en un ácido adecuado, tal como ácido crómico, ácido sulfúrico o ácido nítrico. El protector fotolitográfico se retira entonces o se desprende de la superficie de la fibra de óxido de indio y estaño dejando detrás la superficie grabada por corrosión. En algunas realizaciones, los primeros electrodos, que comprenden óxidos conductores transmisores de radiación, incluyendo óxido de indio y estaño, se graban por corrosión de esta manera.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato fotovoltaico que comprende:
un núcleo de fibra óptica (202; 302);
un primer electrodo (204; 304) que rodea el núcleo de fibra óptica (202; 302);
- 5 al menos una capa orgánica fotosensible (208; 312) que rodea el primer electrodo (204; 304) y que está conectada eléctricamente al primer electrodo (204; 304); y
un segundo electrodo (210; 314) que rodea la capa orgánica (208; 312) y que está conectado eléctricamente a la capa orgánica (208; 312),
caracterizado porque
- 10 dicho primer electrodo (204; 304) es transmisor de radiación; y
la capa orgánica (204; 304) comprende al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.
2. El aparato fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que la capa orgánica fotosensible (208; 312) comprende una región fotoactiva.
- 15 3. El aparato fotovoltaico según la reivindicación 2, en el que la región fotoactiva comprende al menos una heterounión voluminosa formada entre un material donante y un material aceptante.
4. El aparato fotovoltaico según la reivindicación 3, en el que el material donante comprende una fase polímera y el material aceptante comprende una fase de nanopartículas.
- 20 5. El aparato fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que una fibra de óxido de indio y estaño sirve como el núcleo de fibra óptica (202; 302) y el primer electrodo transmisor de radiación (204; 304).
6. El aparato fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que al menos un extremo del núcleo de fibra óptica (202; 302) está biselado.
7. El aparato fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que además comprende una capa de bloqueo de excitones (206; 306; 310) adyacente a la capa orgánica fotosensible (208; 312).
- 25 8. El aparato fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el al menos un material conversor elevador de la capa orgánica fotosensible (208; 312) comprende un elemento de la serie de los lantánidos.
9. El aparato fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que al menos un punto cuántico de la capa orgánica fotosensible (208; 312) comprende un material semiconductor III/V, un material semiconductor II/VI o una mezcla de los mismos.
- 30 10. El aparato fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el al menos un tinte antifalsificación de la capa orgánica fotosensible (208; 312) comprende un fósforo, un fluoróforo, especie química termocrómica, una especie química fotocromática o una mezcla de los mismos.
11. Un dispositivo optoelectrónico que comprende:
al menos un píxel que comprende al menos una célula fotovoltaica, comprendiendo la célula fotovoltaica un aparato
- 35 fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
12. Un dispositivo optoelectrónico según la reivindicación 11, en el que el al menos un píxel comprende una pluralidad de células fotovoltaicas.
13. Un dispositivo optoelectrónico según la reivindicación 12, en el que la pluralidad de células fotovoltaicas están agrupadas en haces.
- 40 14. Un dispositivo optoelectrónico según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que comprende una formación de píxeles.
15. Un método para convertir energía electromagnética en energía eléctrica, que comprende:
recibir radiación electromagnética a lo largo del eje longitudinal de una fibra óptica;
transmitir la radiación electromagnética hacia al menos una capa orgánica fotosensible (208; 312) a través de un

primer electrodo transmisor de radiación (204; 304) que rodea a la fibra óptica;

generar excitones en la al menos una capa orgánica fotosensible (208; 312); y

separar los excitones en electrones y agujeros,

5 en el que la al menos una capa orgánica fotosensible (208; 312) comprende al menos un material conversor elevador, un material antiStokes, un tinte láser, un tinte antifalsificación, un punto cuántico o una combinación de los mismos.

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

10 17. Un método para fabricar un aparato fotovoltaico según la reivindicación 7, **caracterizado** porque la capa de bloqueo de excitones (206; 306; 310) es grabada por corrosión para impedir o reducir una reflexión interna total frustrada.

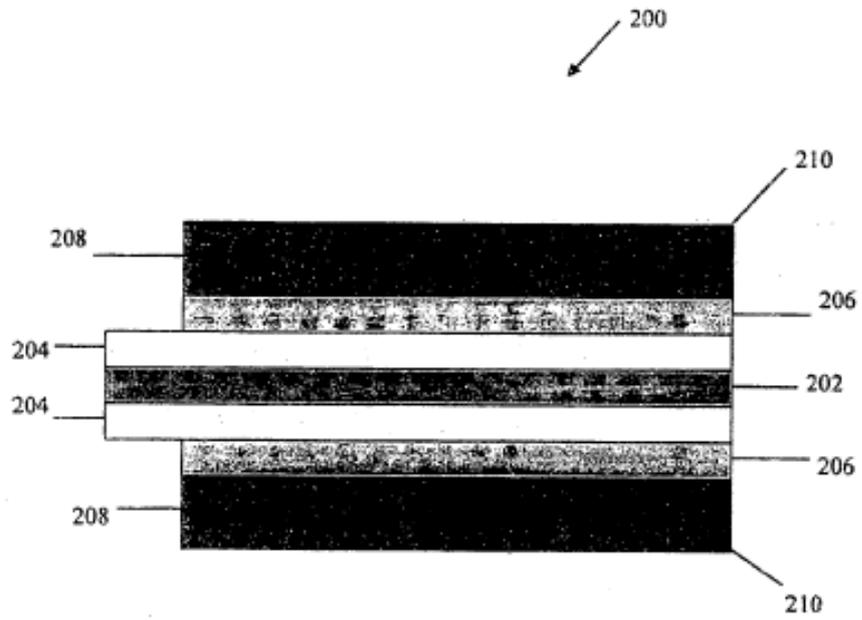


FIGURA 1

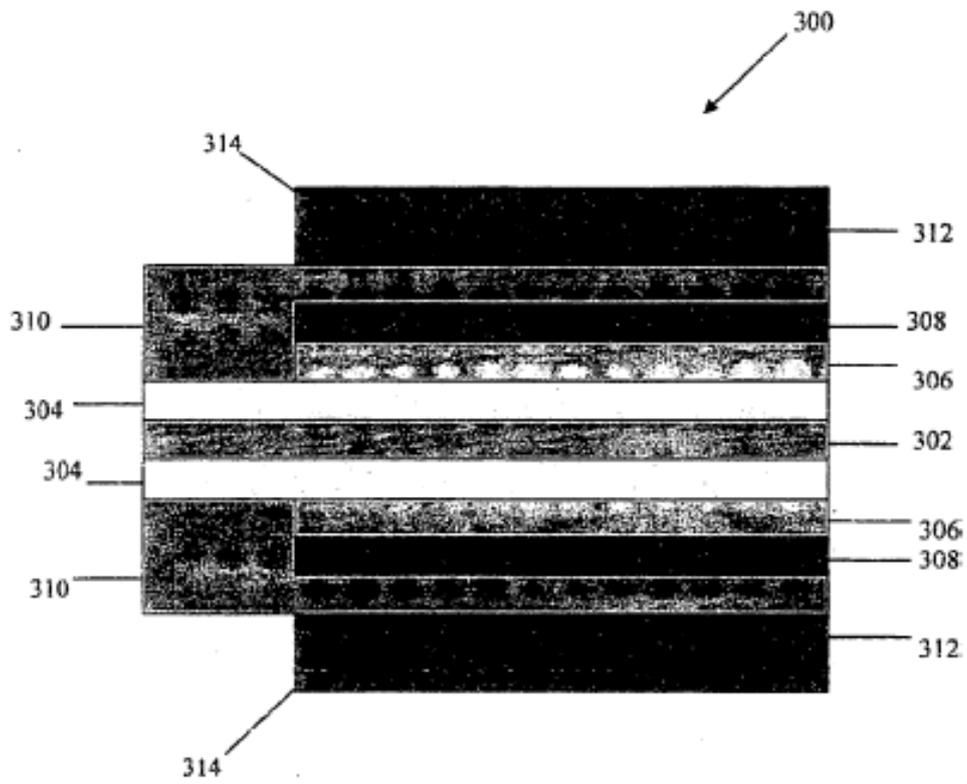


FIGURA 2

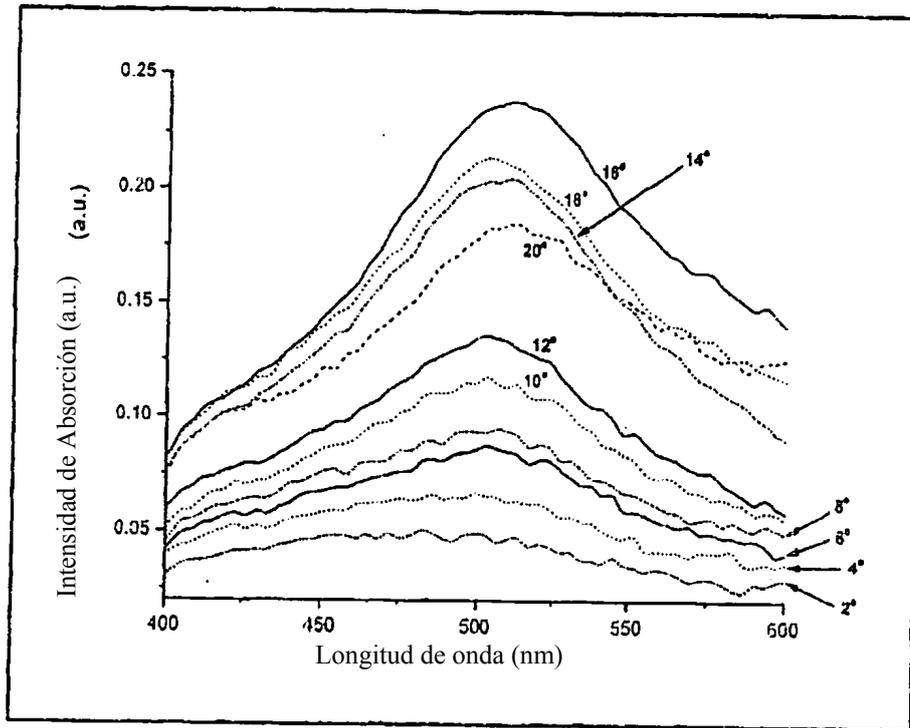


FIGURA 3

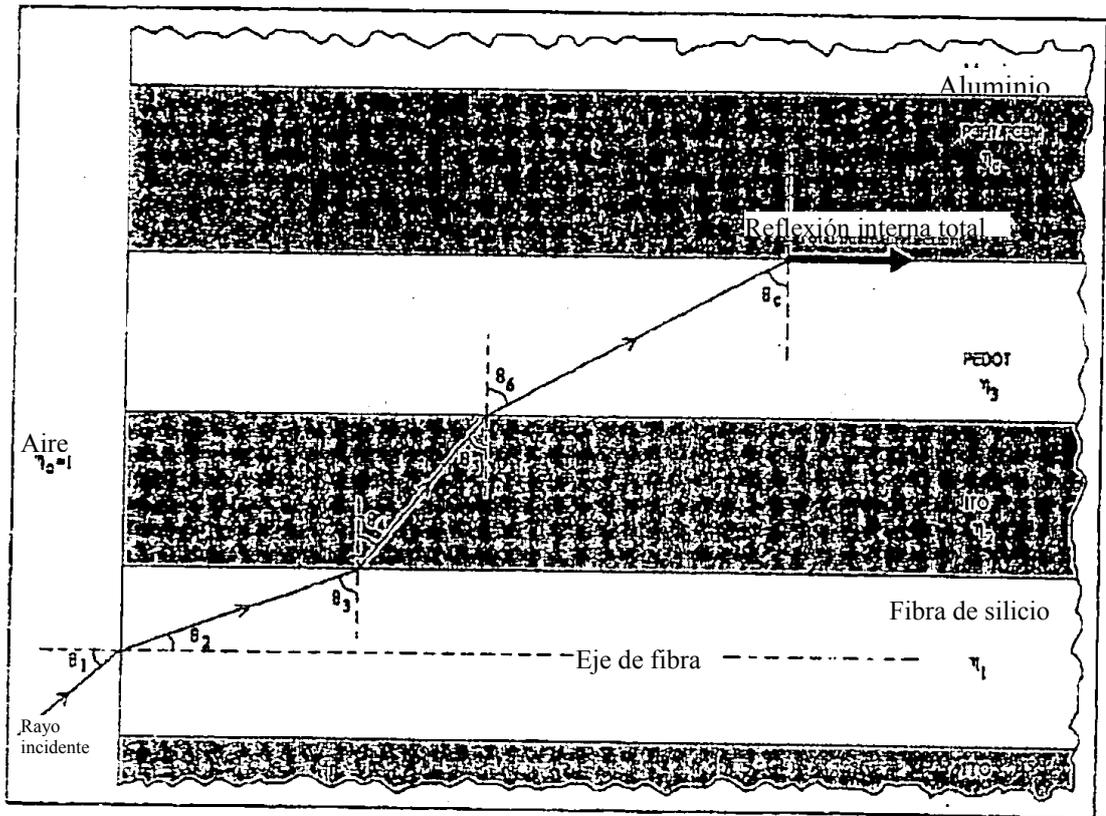


FIGURA 4

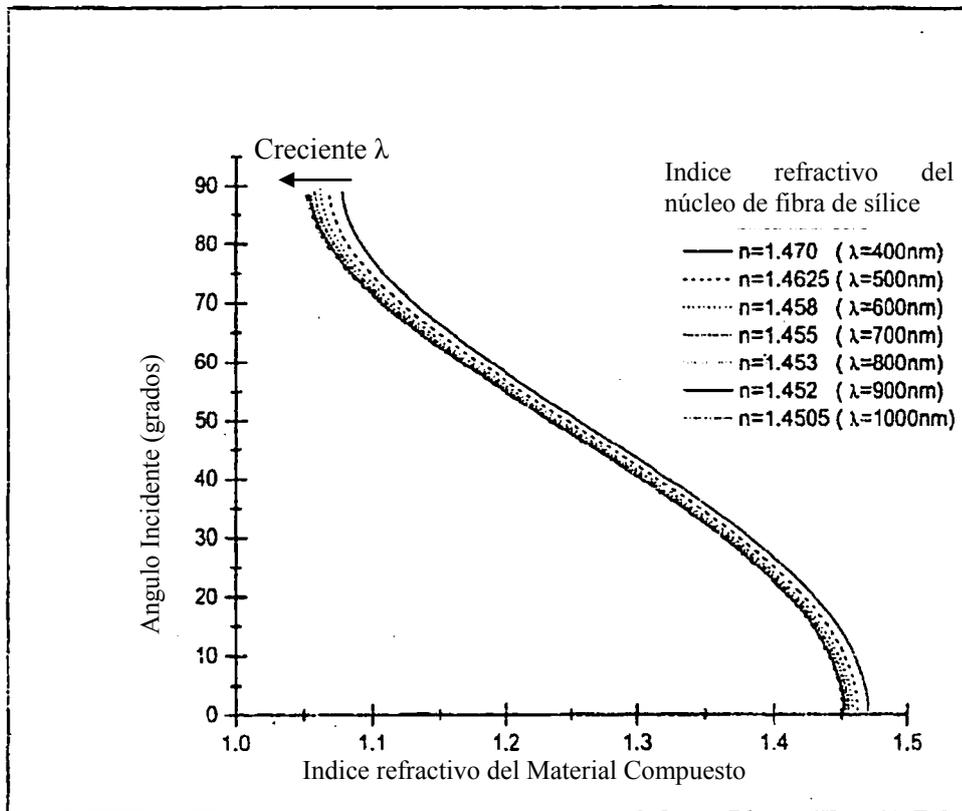


FIGURA 5