

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 965**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048 (2014.01)

B32B 27/08 (2006.01)

C09K 11/06 (2006.01)

B32B 27/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.11.2013** **PCT/CN2013/086510**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015** **WO15062108**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2013** **E 13896824 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018** **EP 3066695**

54 Título: **Películas encapsulantes de conversión descendente multicapa y dispositivos electrónicos que las incluyen**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.05.2019

73 Titular/es:

DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (50.0%)
2040 Dow Center
Midland, MI 48674, US y
ROHM AND HAAS COMPANY (50.0%)

72 Inventor/es:

NAUMOVITZ, JOHN A.;
CHEN, HONGYU;
HUANG, YAN;
ZHANG, ADA YU y
XU, ZHI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 713 965 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

Películas encapsulantes de conversión descendente multicapa y dispositivos electrónicos que las incluyen

Campo de la invención

- 5 En un aspecto, la invención se refiere a películas encapsulantes multicapa, mientras que, en otro aspecto, la invención se refiere a aumentar la eficiencia de las células solares utilizando una película encapsulante de conversión descendente.

Antecedentes de la invención

- 10 Las películas encapsulantes utilizadas en módulos fotovoltaicos (FV) tienen varios requisitos, que incluyen una buena adhesión a varios componentes, la capacidad de proteger el módulo fotovoltaico y las células solares y evitar la penetración de humedad en las células, y un buen aislamiento eléctrico. Además, las películas encapsulantes deben permitir el paso máximo de luz a las células solares para maximizar la generación de energía.

El documento EP 2 080 785 A1 describe módulos de células solares que comprenden una composición de resina fluorescente que comprende un copolímero de etileno-acetato de vinilo que contiene 0,01 al 10% en masa de un complejo organometálico de tierras raras que emite fluorescencia en un intervalo de longitud de onda de 550 a 900 nm.

- 15 Todos los materiales celulares tienen algunas limitaciones cuando se trata de las longitudes de onda que los materiales pueden convertir efectivamente en electricidad. Por ejemplo, algunas partes de la región UV y la región IR no se pueden convertir efectivamente en energía eléctrica. Esto es energía desperdiciada.

- 20 Para capturar esta energía desperdiciada, se desean materiales que se conviertan hacia arriba o hacia abajo en longitudes de onda que de otra manera serían inutilizables en longitudes de onda utilizables. Por ejemplo, los materiales de conversión descendente toman fotones de longitud de onda UV y los convierten en longitudes de onda más largas que pueden ser utilizadas por las células solares. De manera similar, los materiales de conversión ascendente toman fotones de la región IR y los convierten en longitudes de onda más cortas que pueden ser utilizadas por las células solares. Estos materiales de conversión, sin embargo, tienen limitaciones de eficiencia y costo. Dichos materiales de conversión ascendente y conversión descendente tienen típicamente una transmisión óptica inferior en el espectro útil o requieren una cantidad tan grande de aditivos que no es rentable implementar las películas.

Existe la necesidad de películas encapsulantes de bajo costo que conviertan a la baja las longitudes de onda UV no utilizadas en fotones de menor energía que podrían ser absorbidos por una célula fotovoltaica para aumentar la eficiencia de la célula y reducir la temperatura del módulo.

Compendio de la invención

- 30 La presente invención se refiere a una película encapsulante multicapa que comprende al menos dos capas. Una primera capa comprende una resina encapsulante, y una segunda capa comprende una resina encapsulante y al menos un convertidor descendente que es un complejo organometálico de tierras raras. La resina encapsulante de la primera capa y la resina encapsulante de la segunda capa son diferentes y se seleccionan del grupo que consiste en EVA y copolímero de etileno/alfa-olefina. El convertidor descendente puede estar presente en una cantidad de al menos el 0,0001% en peso en base al peso total de la película encapsulante.

- 40 En una realización, la presente invención es una película encapsulante multicapa que tiene al menos tres capas con una capa que comprende una resina encapsulante y al menos un convertidor descendente (es decir, complejo organometálico de tierras raras) y al menos una capa que comprende una resina encapsulante y ningún convertidor descendente. Capas adicionales de una película encapsulante multicapa pueden o no incluir un convertidor descendente. La cantidad total de convertidor descendente en una película encapsulante multicapa puede ser de al menos el 0,0001% en peso en base al peso total de la película encapsulante.

- 45 En otra realización, la presente invención es un dispositivo electrónico, tal como un módulo fotovoltaico, que incluye una película encapsulante multicapa que tiene al menos una célula fotovoltaica. Una primera capa de la película multicapa incluye una resina encapsulante, y una segunda capa incluye una resina encapsulante y al menos un convertidor descendente, como un complejo organometálico de tierras raras. El convertidor descendente puede estar presente en una cantidad de al menos el 0,0001% en peso en base al peso total de la película encapsulante.

Descripción detallada de la realización preferida

Definiciones

- 50 Los intervalos numéricos en esta descripción son aproximados y, por lo tanto, pueden incluir valores fuera del intervalo a menos que se indique lo contrario. Los intervalos numéricos incluyen todos los valores desde e incluyendo los valores inferior y superior, en incrementos de una unidad, siempre que haya una separación de al menos dos unidades entre cualquier valor inferior y cualquier valor superior. Como ejemplo, si una propiedad de composición, física u otra, como, por ejemplo, el peso molecular, la viscosidad, el índice de fusión, etc., es de 100 a 1.000, se pretende que todos los

valores individuales, como 100, 101, 102, etc., y los subintervalos como 100 a 144, 155 a 170, 197 a 200, etc., se enumeren expresamente. Para intervalos que contienen valores que son menores que uno o que contienen números fraccionarios mayores que uno (por ejemplo, 1,1, 1,5, etc.), se considera que una unidad es 0,0001, 0,001, 0,01 ó 0,1, según corresponda. Para intervalos que contienen números de un solo dígito de menos de diez (por ejemplo, de 1 a 5), una unidad se considera normalmente 0,1. Estos son sólo ejemplos de lo que se pretende específicamente, y todas las combinaciones posibles de valores numéricos entre el valor más bajo y el valor más alto enumerado deben considerarse expresamente expresadas en esta descripción. A menos que se indique lo contrario, implícito en el contexto, o habitual en la técnica, todas las partes y porcentajes son en peso.

"Que comprende", "que incluye", "que tiene" y expresiones similares no pretenden excluir la presencia de ningún componente, etapa o procedimiento adicional, ya sea que el mismo se describa específicamente o no. Con el fin de evitar cualquier duda, todos los procesos reivindicados mediante el uso de la expresión "que comprende" pueden incluir una o más etapas adicionales, piezas de equipos o componentes y/o materiales, a menos que se indique lo contrario. Por el contrario, la expresión "que consiste esencialmente en" excluye del alcance de cualquier mención posterior a cualquier otro componente, etapa o procedimiento, excepto aquellos que no son esenciales para la operatividad. La expresión "que consiste en" excluye cualquier componente, etapa o procedimiento que no esté específicamente delineado o enumerado. El término "o", a menos que se indique lo contrario, se refiere a los miembros enumerados en forma individual, así como en cualquier combinación.

El "contacto directo" es una configuración mediante la cual una primera capa, película o componente contacta inmediatamente con una segunda capa, película o componente sin capas intermedias y/o sin ningún material intermedio ubicado entre las capas, películas o componentes.

Como se usa en este documento, el término "encapsulante" se refiere a las películas utilizadas como capas de encapsulación en módulos fotovoltaicos.

Como se usa en este documento, la expresión "dispositivo electrónico" se refiere a cualquier dispositivo que tenga un componente electrónico encerrado entre al menos dos capas de película. Los dispositivos electrónicos incluyen, por ejemplo, paneles de cristal líquido, células solares, células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, dispositivos electroluminiscentes y unidades de pantalla de plasma.

"Interpolímero" significa un polímero preparado por la polimerización de al menos dos tipos diferentes de monómeros. Este término genérico incluye copolímeros, generalmente empleados para referirse a polímeros preparados a partir de dos tipos diferentes de monómeros, y polímeros preparados a partir de más de dos tipos diferentes de monómeros, por ejemplo, terpolímeros, tetrapolímeros, etc.

Como se usa en el presente documento, el término "multicapa" se refiere a una estructura que tiene al menos dos capas. Por ejemplo, el término "multicapa", cuando se usa en referencia a una estructura de película, incluye películas que tienen al menos dos, al menos tres y al menos cuatro capas.

"Poliolefina", "PO" y términos similares significan un polímero derivado de olefinas simples. Muchas poliolefinas son termoplásticas y, para los fines de esta invención, pueden incluir una fase de caucho. Las poliolefinas representativas incluyen polietileno, polipropileno, polibuteno, poliisopreno y sus diversos interpolímeros.

Películas encapsulantes de conversión descendente multicapa

En un aspecto, se proporciona una película encapsulante de conversión descendente multicapa que tiene al menos dos capas y convertidores descendentes al menos una capa. En una realización, la película encapsulante de conversión descendente multicapa es una película de dos capas. Dicha película de encapsulante de conversión descendente de dos capas incluye solo dos capas, cada una de las cuales comprende al menos una resina encapsulante y, opcionalmente, aditivos, como, por ejemplo, compatibilizadores, estabilizadores de UV y funcionalización para la adhesión de vidrio. Al menos una capa de la película encapsulante de conversión descendente de dos capas incluye al menos un convertidor descendente. Preferiblemente, solo una capa de una película de encapsulante de conversión descendente de dos capas contendrá al menos un convertidor descendente. Se puede usar más de una resina encapsulante en una sola capa de una película encapsulante de conversión descendente de dos capas.

En otro aspecto, se proporciona una película encapsulante de conversión descendente multicapa que tiene al menos tres capas y convertidores descendentes en al menos una capa. Cada capa en una película de encapsulación de conversión descendente multicapa de este tipo que tiene al menos tres capas comprende al menos una resina encapsulante y, opcionalmente, aditivos, tales como, por ejemplo, compatibilizadores y estabilizadores UV. Se proporciona al menos un convertidor descendente en al menos una de las capas. Preferiblemente, al menos una capa de una película de encapsulante de conversión descendente multicapa que tiene al menos tres capas no incluye un convertidor descendente. Más preferiblemente, al menos dos capas de una película de encapsulante de conversión descendente multicapa que tiene al menos tres capas no incluye un convertidor descendente. Se puede usar más de una resina encapsulante en una sola capa de una película encapsulante de conversión descendente multicapa que tiene al menos tres capas.

En algunas realizaciones, las capas además de las capas de resina encapsulante pueden incluirse en las películas encapsulantes multicapa de acuerdo con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento.

En cualquiera de las realizaciones de una película encapsulante de conversión descendente multicapa descrita en el presente documento, la película puede contener al menos el 90 por ciento en peso (% en peso) de resina encapsulante, preferiblemente al menos el 95% en peso y más preferiblemente al menos el 98% en peso de resina encapsulante, en base al peso total de la película encapsulante de conversión descendente. A lo sumo, la cantidad total de resina encapsulante en cualquier realización de una película encapsulante de conversión descendente descrita en el presente documento puede ser del 99,999% en peso, en base al peso total de la película encapsulante de conversión descendente. Esto incluye cantidades del 90% en peso al 99,999% en peso, del 95-99,999% en peso y del 98-99,999% en peso de resina encapsulante.

Las películas encapsulantes de conversión descendente multicapa según cualquier realización descrita en el presente documento pueden contener al menos el 0,0001% en peso, preferiblemente al menos el 0,001% en peso y más preferiblemente al menos el 0,01% en peso de al menos un convertidor descendente, en base al peso total de película encapsulante de conversión descendente. A lo sumo, el convertidor descendente puede estar presente en una cantidad del 10% en peso, preferiblemente del 5% en peso y más preferiblemente del 2% en peso, en base al peso total de la película de encapsulante de conversión descendente. Esto incluye intervalos del 0,0001-10% en peso, 0,001-5% en peso y 0,01-2% en peso. En realizaciones que usan más de un convertidor descendente, la cantidad total de convertidor descendente puede ser de al menos el 0,0001% en peso, preferiblemente de al menos el 0,001% en peso y más preferiblemente de al menos el 0,01% en peso, en base al peso total de película encapsulante de conversión descendente. Como máximo, la cantidad total de todos los convertidores descendentes presentes en una película multicapa como se describe en el presente documento puede estar presente en una cantidad del 10% en peso, preferiblemente del 5% en peso y más preferiblemente del 2% en peso, en base al peso total de película encapsulante de conversión descendente. Esto incluye intervalos del 0,0001-10% en peso, del 0,001-5% en peso y del 0,01-2% en peso.

Cuando se usan otros aditivos en una película encapsulante de conversión descendente multicapa, los aditivos se pueden usar en las cantidades conocidas y estándar recomendadas en la técnica. Normalmente, la cantidad total de aditivo usado no es mayor que el 10% en peso, preferiblemente no mayor que el 5% en peso, y más preferiblemente no mayor que el 2% en peso.

Las películas de conversión descendente multicapa se pueden hacer por coextrusión, laminación de capas individuales o recubrimiento por extrusión de un material sobre una película base. En una realización, las películas de conversión descendente multicapa se fabrican por coextrusión o laminación.

Resina encapsulante

Los copolímeros de poliolefina útiles en una película de encapsulante de conversión descendente multicapa de acuerdo con cualquier realización descrita en el presente documento incluyen, pero sin limitación, interpolímeros o copolímeros de poliolefina y, más preferiblemente, interpolímeros de etileno-alfa-olefina. Las alfa-olefinas preferidas para uso en la presente invención se designan por la fórmula $\text{CH}_2=\text{CHR}^*$, donde R^* es un grupo alquilo lineal o ramificado de 1 a 12 átomos de carbono. Los ejemplos de α -olefinas adecuadas incluyen, pero sin limitación, propileno, isobutileno, 1-buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno y 1-octeno. Una α -olefina particularmente preferida es propileno.

Convertidores descendentes

En cualquiera de las realizaciones descritas en la presente, al menos un convertidor descendente se proporciona en al menos una capa de las películas encapsulantes de conversión descendente multicapa. Los convertidores descendentes son complejos organometálicos de tierras raras que pueden convertir la luz de longitud de onda corta en luz de longitud de onda más larga. Preferiblemente, los convertidores descendentes útiles en la presente invención tienen una fuerte absorción en el intervalo de UV de aproximadamente 200-550 nm, preferiblemente 225-500 nm, y producen emisiones de aproximadamente 400-1200 nm, preferiblemente de 500-900 nm, y con máxima preferencia, de 600-800 nm.

Los convertidores descendentes adecuados para uso en la presente invención incluyen complejos organometálicos de tierras raras que absorben la luz UV y emiten luz roja con alta eficiencia. Como se usa en la presente, un dispositivo electrónico que incluye una capa con un convertidor descendente como se describe en la presente tiene una alta eficiencia cuando el dispositivo electrónico muestra un aumento en la eficiencia del módulo absoluto superior al 0,05% en comparación con un dispositivo electrónico comparable idéntico al dispositivo electrónico, excepto en que el dispositivo electrónico comparable no incluye un convertidor descendente o un complejo organometálico de tierras raras. Por ejemplo, la alta eficiencia se puede caracterizar por un aumento en la eficiencia absoluta del módulo superior al 0,05%, o un aumento en la eficiencia absoluta del módulo de al menos el 0,07%, al menos el 0,08% o al menos el 0,09%, en comparación con un dispositivo electrónico comparable idéntico al dispositivo electrónico, excepto en que el dispositivo electrónico comparable no incluye un convertidor descendente. En algunas realizaciones, la alta eficiencia puede caracterizarse por un aumento en la eficiencia absoluta del módulo de al menos el 0,1% en

comparación con un dispositivo electrónico comparable como se describió anteriormente. Como se usa en la presente, la eficiencia absoluta del módulo se determina colocando las películas en la célula solar y registrando la curva característica de voltaje-corriente (IV) utilizando un simulador solar de clase AAA (irradiación espectral de referencia AM 1.5). El porcentaje de eficiencia (% Eff) se calcula como la potencia máxima generada por la célula solar (W) dividida por la irradiación solar total (1000 W/m² por el área de la célula solar (m²)).

Estos convertidores descendentes o complejos organometálicos de tierras raras se pueden dopar en resinas encapsulantes y formar una película encapsulante multicapa sin absorción de luz visible. Más de un tipo de convertidor descendente puede estar presente en una capa dada de una película encapsulante de conversión descendente multicapa y, en algunas realizaciones, se pueden proporcionar diferentes convertidores descendentes en capas diferentes de una película encapsulante de conversión descendente, especialmente cuando la película encapsulante de conversión descendente es una película multicapa que contiene al menos tres capas.

Los iones de tierras raras útiles en un convertidor descendente incluyen, entre otros, europio (Eu), terbio (Tb), lantano (La), cerio (Ce), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), prometio (Pm), samario (Sm), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), thulium™ e iterbio (Yb). Estos iones de tierras raras se pueden complejar con varios ligandos para producir complejos orgánicos de tierras raras adecuados para su uso como convertidores descendentes en las presentes películas encapsulantes de conversión descendente de dos capas y de varias capas. Los ligandos adecuados incluyen, pero sin limitación, materiales a base de β -dicetona, tales como dibenzoilmetano; tenoiltrifluoroacetona; acitilacetona; 1,3-difenil-1,3-propanodiona; acetilacetona; benzoilacetona; di-benzoilacetona; diisobutirilmetano; 3-metilpentano-2,4-diona; 2,2-dimetilpentano-3,5-diona; 2-metil-1,3-butanodiona; 1,3-butanodiona; 3-fenil-2,4-pentanodiona; 1,1,1-trifluoro-2,4-pentanodiona; 1,1,1-trifluoro-5,5-dimetil-2,4-hexanodiona; 2,2,6,6-tetrametil-3,5-heptanodiona; 3-metil-2,4-pentanodiona; 1,3-difenil-2-metil-1,3-propanodiona; y 1-etoxi-1,3-butanodiona.

Los ácidos hidroxílicos también se pueden emplear como ligandos. Otros ligandos incluyen trioctilamina, óxido de trioctilfosfina (TOPO), bipyridilo, cloruro de tricaprililmetilamonio, triisooctilamina, 1,10-fenantrolina y compuestos aromáticos (como ácido salicílico y ácido benzoico).

Un ejemplo de complejo de Eu es $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{bipy}$, en el que TTA es tenoiltrifluoroacetona y bipy es bipyridilo. Este complejo tiene una fuerte absorción en el intervalo UV de 250 nm a 450 nm y produce una fuerte emisión roja de 612 nm. Otro ejemplo de complejo Eu es $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$, en el que phen es 1,10-fenantrolina. $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$ tiene una fuerte absorción en el intervalo UV de 250 nm a 400 nm y produce una fuerte emisión roja de 614 nm.

Un ejemplo de complejo Tb es $\text{Tb}(\text{ssal})_3$, en donde ssal es ácido sulfosalicílico. $\text{Tb}(\text{ssal})_3$ tiene una fuerte absorción en el intervalo UV de 250 nm a 360 nm y produce una fuerte emisión verde de 550 nm. Un complejo de Sm de ejemplo es $\text{Sm}(\text{TTA})_3$, en el que TTA y phen son como se describió anteriormente. $\text{Sm}(\text{TTA})_3\text{phen}$ tiene una fuerte absorción en el intervalo UV de 250 nm a 400 nm y produce una emisión roja de 647 nm y 697 nm.

Los convertidores descendentes se pueden agregar a una resina encapsulante usando un enfoque de fusión en masa fundida y dispersando los complejos en una poliolefina. Por ejemplo, los convertidores descendentes se proporcionan normalmente en forma sólida (es decir, como un polvo fino). Varias cantidades de los complejos de tierras raras se incorporan en la resina encapsulante mediante mezcla en estado fundido usando un Haake (marca PolyLab) a 60-80 rpm a 200 °C durante 10 minutos. Sin embargo, en otras realizaciones ejemplares, los complejos de tierras raras se pueden agregar a las resinas encapsulantes usando cualquier proceso o técnica conocida en el arte.

Otros componentes

Otros aditivos, incluidos convertidores descendentes adicionales, estabilizadores UV y compatibilizadores, pueden usarse en cualquier capa o combinación de capas de las películas encapsulantes de conversión descendente multicapa como se describe aquí. Estos aditivos pueden incorporarse con una resina encapsulante utilizando procesos y técnicas estándar conocidos en el arte.

Los estabilizadores UV, los compatibilizadores y otros aditivos similares son conocidos en la técnica. Los materiales adicionales de conversión descendente pueden incluir, por ejemplo, y sin limitación:

(a) nanopartículas inorgánicas seleccionadas de

(i) compuestos de nanopartículas que contienen cationes lantánidos fotoluminiscentes tales como La, Ce, Pr, Eu, Nd, Pm, Sm, Tb, Dy, Ho, Er, Tm e Yb;

(ii) puntos cuánticos seleccionados del grupo de compuestos de nanocristales semiconductores que pueden producir más de un excitón a partir de un fotón de alta energía de la luz solar, incluidos compuestos que comprenden una o más de las nanopartículas (i) o compuestos de nanocristales semiconductores (ii) mencionados anteriormente que tienen una estructura de núcleo-coraza, donde las nanopartículas o los nanocristales tienen un intervalo de tamaño de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 200 nm; y

(iii) puntos cuánticos dopados con metales de tierras raras, especialmente Yb, como los puntos cuánticos de ZnO dopados con Yb, QC de fósforos basados en fluoruro y óxido activados por iones individuales Pr^{3+} , y fósforos de QC

activados por iones duales/ternarios de tierras raras tales como $\text{Gd}^{3+}\text{-Eu}^{3+}$, $\text{Gd}^{3+}\text{-Tb}^{3+}$ y fósforos activados por iones duales de $\text{Pr}^{3+}\text{-Mn}^{2+}$; y

(b) aditivos de conversión descendente luminiscentes orgánicos seleccionados de rodamina, cumarina, rubreno, tris (8-oxoquinolina)aluminio (III) (Alq_3), N,N,N',N'-tetrafenilbenzidina (TDP), Gaq2Cl, tinte de perileno, naftaleno, ácido carbónico, violantrona, iso-violantrona y derivados de estos aditivos.

Dispositivos electrónicos

En un dispositivo electrónico u otra estructura laminada pueden incluirse películas encapsulantes de conversión descendente multicapa, como las descritas en cualquier realización anterior. En un aspecto preferido de la invención, las películas encapsulantes de conversión descendente multicapa se usan en una célula o módulo fotovoltaico.

En general, los módulos fotovoltaicos comprenden, en secuencia, a partir de la "película superior" con la que la luz entra en contacto inicialmente: (i) una hoja superior o transmisora de luz que cubre la película, que usualmente incluye vidrio, (ii) una película de encapsulación frontal, (iii) células fotovoltaicas, (iv) una película de encapsulación posterior y (v) una película de lámina posterior, que usualmente comprende vidrio u otro sustrato de capa posterior de estructura de película polimérica. El número de células fotovoltaicas en un dispositivo electrónico determinado variará según la naturaleza y el uso del dispositivo.

Las películas de (i)-(v) de un módulo fotovoltaico descrito anteriormente se unen mediante laminación. A través de la laminación, la lámina superior se pone en contacto directo con la película de encapsulación frontal, y la lámina posterior se pone en contacto directo con la película de encapsulación posterior. Las células fotovoltaicas están aseguradas entre las películas de encapsulación frontal y posterior, y en contacto directo con ellas.

Las películas multicapa de la presente invención se usan preferiblemente en un módulo fotovoltaico u otro dispositivo electrónico como una película de encapsulación frontal. Los convertidores descendentes presentes en las películas multicapa de conversión descendente convierten las longitudes de onda de la luz de otra manera inutilizable o menos utilizable por las células fotovoltaicas (es decir, 200-550 nm) en longitudes de onda utilizables (400-1000 nm). Si bien las películas de la presente invención también pueden usarse como películas de encapsulación posterior, su uso como tal tendrá poco o ningún efecto en el módulo fotovoltaico.

Las películas de encapsulación posterior y las películas de lámina posterior pueden ser cualquier película de encapsulación posterior y la película de lámina posterior conocidas en la técnica. Los encapsulantes posteriores se basan en poliolefinas o se basan en EVA, y las películas de lámina posterior pueden incluir, entre otras, láminas de refuerzo de poliamida/poliamida/poliamida (AAA), láminas de refuerzo de poli(fluoruro de vinilo)/tereftalato de polietileno (PET)/poliamida (TPA), láminas de refuerzo de fluoropolímero/tereftalato de polietileno/poliamida (FPA), láminas de refuerzo de poliamida/PET/ poliamida (APA), láminas de refuerzo de Tedlar (o poli(fluoruro de vinilo))/(PET)/Tedlar (o poli(fluoruro de vinilo)) (TPT), láminas de refuerzo de Kynar (o poli (fluoruro de vinilideno))/PET/Kynar (o poli(fluoruro de vinilideno)) (KPK), láminas de refuerzo de fluoropolímero/PET/fluoropolímero (FPF).

Las películas de conversión descendente multicapa descritas en la presente, incluidas las películas multicapa que tienen al menos dos capas y las películas multicapa que tienen al menos tres capas, tienen un beneficio potencial para una amplia gama de tecnologías de células fotovoltaicas y no se pretende que estén limitadas por el material celular. En general, las células útiles con las películas de la presente invención tienen un intervalo útil total de aproximadamente 400-1100 nm. Por ejemplo, los materiales celulares incluyen, pero sin limitación, silicio multicristalino, silicio monocristalino, silicio amorfo, telururo de cadmio (CdTe), cobre, indio, galio, selenio (CIGS), cobre, indio, selenio (CIS) y arseniuro de galio (GaAs), así como otros materiales conocidos en la técnica que pueden operar en el intervalo de 400-1100 nm.

Ejemplos

Preparación del complejo convertidor de tierras raras $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$

Materiales:

TTA: 4,4,4-trifluoro-1-(2-tienil)-1,3-butadiona disponible en TCI Company

Phen: 1,10-fenantrolina disponible de Sinopharm Chemical Reagent Company

EVA: etileno-acetato de vinilo (densidad 0,957 g/cc, índice de fusión 43 g/10 min, punto de fusión 63 °C) disponible de DuPont como Elvax 150W

Se disuelven 0,446 g (1 mmol) de $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 10 ml de etanol y la solución se añade lentamente a la solución mixta de TTA (0,666 g, 3 mmol) y phen (0,198 mg, 1 mmol) en 20 ml de etanol bajo agitación a 70 °C. El valor del pH se ajusta a 6,5-7. La solución se deja reaccionar durante 2 horas. El precipitado cristalino se recoge y se seca a 80 °C.

Preparación de películas encapsulantes de conversión descendente multicapa

La resina base utilizada en los siguientes ejemplos es el copolímero termoplástico de etileno/1-octeno ENGAGE 8200 que tiene una densidad de 0,870 g/cc medida por la norma ASTM D792, un índice de fusión (MI) de 5 g/10 min medido por la norma ASTM D-1238 (190 °C/2,16 kg), un punto de fusión de 59 °C medido por calorimetría de barrido diferencial (DSC), un módulo secante del 2% de 1570 psi (10,8 MPa) medido por la norma ASTM D-790 y una temperatura de transición vítrea (T_g) de -53 °C medida por DSC.

Varias cantidades del complejo Eu(TTA)₃phen del complejo de tierras raras preparado anteriormente se incorporan en el polímero. La mezcla de complejo polimérico se prepara mezclando con un Haake (marca PolyLab) a 60-80 rpm a 200 °C durante 10 minutos, seguido de un proceso de enfriamiento rápido. Las muestras compuestas se colocan en un molde y se comprimen a 110 °C en una película con un espesor de 0,25 mm. Una película encapsulante multicapa que tiene dos capas se fabrica presionando las dos capas, las cuales tienen un espesor de 0,25 mm, en una película con un espesor total de 0,5 mm.

La tabla 1 a continuación muestra la composición de los diversos ejemplos y los ejemplos comparativos. Las películas encapsulantes con y sin convertidores descendentes se prueban para determinar su mejora de eficiencia relativa ($\Delta\eta$ (%)). La eficiencia se determina colocando las películas en la célula solar y registrando la curva característica de voltaje-corriente (IV) utilizando un simulador solar de clase AAA (irradiación espectral de referencia AM 1,5). El porcentaje de eficiencia (% Eff) se calcula como la potencia máxima generada por la célula solar (W) dividida por la irradiancia solar total (1000 W/m² por el área de la célula solar (m²)). La eficiencia se determina para dos células solares diferentes, CIGS y CdTe. La eficiencia de CIGS y CdTe con película ENGAGE 8200 en blanco (0,5 mm de grosor) es del 11,26% y del 10,45%, respectivamente.

Tabla 1: Composición de la película y mejora de la eficiencia.

Muestra N.º	Capa 1	Capa 2	$\Delta\eta$ (%) CIGS	$\Delta\eta$ (%) CdTe
1*	ENGAGE 8200	ENGAGE 8200	0,00 ± 0,03	0 ± 0,02
2*	EVA	EVA	0,05 ± 0,02	0,03 ± 0,01
3*	EVA	ENGAGE 8200	0,02 ± 0,03	0,11 ± 0,01
4*	ENGAGE 8200	EVA	0,07 ± 0,03	0,08 ± 0,01
5	ENGAGE 8200 + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	ENGAGE 8200 + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	0,09 ± 0,05	0,16 ± 0,01
6	EVA + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	EVA + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	0,11 ± 0,06	0,05 ± 0,03
7	ENGAGE 8200 + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	EVA + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	0,21 ± 0,01	0,29 ± 0,02
8	EVA + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	ENGAGE 8200 + 0,05% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	0,22 ± 0,01	0,30 ± 0,01
9	ENGAGE + 0,1% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	EVA	0,36 ± 0,04	0,41 ± 0,03
10	EVA	ENGAGE 8200 + 0,1 wt% Eu(TTA) ₃ phen	0,34 ± 0,04	0,35 ± 0,02
11	ENGAGE 8200	EVA + 0,1% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	0,26 ± 0,01	0,36 ± 0,02
12	EVA + 1% en peso de Eu(TTA) ₃ phen	ENGAGE 8200	0,31 ± 0,05	0,45 ± 0,01

* denota ejemplo comparativo (no hay convertidores descendentes presentes en ninguna capa. Las muestras 5 y 6 no son representativas de la invención.

Para una comparación adicional, se analiza una película de una sola capa de encapsulante del mismo espesor (0,5 mm) y con la misma cantidad total de $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$. La mejora de la eficiencia relativa se muestra en la Tabla 2, a continuación.

Tabla 2: Comparación de los Ejemplos 11 y 12 con una película de una sola capa con la misma carga total compleja

Muestra N.º	Composición de la película	Nivel de carga total de $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$	$\Delta\eta$ (%)	$\Delta\eta$ (%)
			CIGS	CdTe
13*	ENGAGE 8200 + 0,05% en peso de $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$	0,05% en peso	$0,06 \pm 0,03$	$0,1 \pm 0,03$
11	Capa 1: ENGAGE 8200 Capa 2: EVA + 0,1% en peso de $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$	0,05% en peso	$0,26 \pm 0,01$	$0,36 \pm 0,02$
12	Capa 1: EVA + 0,1% en peso de $\text{Eu}(\text{TTA})_3\text{phen}$ Capa 2: ENGAGE 8200	0,05% en peso	$0,31 \pm 0,05$	$0,45 \pm 0,01$

5 * denota ejemplo comparativo (monocapa)

Como se muestra, las películas multicapa con convertidores descendentes concentradas en una sola capa y al menos una capa que no tiene convertidores descendentes tienen una mayor eficacia que las películas encapsulantes de una sola capa con la misma cantidad total de convertidores descendentes. Al utilizar películas encapsulantes multicapa con convertidores descendentes en una sola capa, o películas encapsulantes multicapa con convertidores descendentes en al menos una capa y al menos una capa sin convertidores descendentes, se mejora la eficacia de los módulos de células fotovoltaicas y el costo total de los materiales convertidores descendentes se puede reducir.

10

REIVINDICACIONES

1. Una película encapsulante que comprende:
 - (a) una primera capa que comprende una resina encapsulante; y
 - (b) una segunda capa que comprende una resina encapsulante y al menos un complejo organometálico de tierras raras,en donde la resina encapsulante de la primera capa y la resina encapsulante de la segunda capa son diferentes y se seleccionan del grupo que consiste en EVA y copolímero de etileno/alfa-olefina.
2. La película según la reivindicación 1, en la que el complejo organometálico de tierras raras está presente en una cantidad de al menos el 0,0001% en peso en base al peso total de la película encapsulante.
3. Un dispositivo electrónico que comprende:
una película encapsulante frontal que comprende
una primera capa que comprende al menos una resina encapsulante, y
una segunda capa que comprende al menos una resina encapsulante y al menos un complejo organometálico de tierras raras en una cantidad de al menos el 0,0001% en peso en base al peso total de la película de encapsulación frontal,
en donde la resina encapsulante de la primera capa y la resina encapsulante de la segunda capa son diferentes y se seleccionan del grupo que consiste en EVA y copolímero de etileno/alfa-olefina; y
al menos una célula fotovoltaica (FV).
4. El dispositivo electrónico según la reivindicación 3, que comprende un aumento en la eficiencia del módulo absoluto superior al 0,05% en comparación con un dispositivo electrónico comparable idéntico al dispositivo electrónico, excepto en que el dispositivo electrónico comparable no incluye un complejo organometálico de tierras raras, en donde la eficiencia del módulo absoluta se determina colocando las películas en la célula solar y registrando la curva característica de voltaje-corriente (IV) utilizando un simulador solar de clase AAA (irradiación espectral de referencia AM 1,5).
5. El dispositivo electrónico según la reivindicación 3, que comprende un aumento en la eficiencia del módulo absoluta de al menos el 0,1% en comparación con un dispositivo electrónico comparable idéntico al dispositivo electrónico, excepto en que el dispositivo electrónico comparable no incluye un complejo organometálico de tierras raras, en donde la eficiencia del módulo absoluta se determina colocando las películas en la célula solar y registrando la curva característica de voltaje-corriente (IV) utilizando un simulador solar de clase AAA (irradiación espectral de referencia AM 1,5).
6. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en los que el complejo organometálico de tierras raras está presente en una cantidad del 0,01-2% en peso en base al peso total de la película encapsulante.
7. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en los que la resina encapsulante de la segunda capa es un interpolímero de etileno/α-olefina.
8. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en los que la resina encapsulante de la segunda capa es una poliolefina injertada con silano.
9. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende, además, una tercera capa que comprende una resina encapsulante.
10. La película o dispositivo electrónico según la reivindicación 9, en los que la tercera capa comprende, además, al menos un complejo organometálico de tierras raras.
11. La película o dispositivo electrónico según la reivindicación 10, en los que la cantidad total de complejo organometálico de tierras raras presente en la película encapsulante es de al menos el 0,0001% en peso en base al peso total de la película encapsulante.
12. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en los que la segunda capa incluye al menos dos complejos organometálicos de tierras raras.
13. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en los que el complejo organometálico de tierras raras absorbe luz UV que tiene una longitud de onda de aproximadamente 200-550 nm.

14. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en los que el complejo organometálico de tierras raras emite luz que tiene una longitud de onda de aproximadamente 400-1200 nm.

15. La película o dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en los el al menos un complejo organometálico de tierras raras es un complejo a base de Eu, Tb o Sm.