

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 798**

51 Int. Cl.:

H01L 31/02 (2006.01)

H01L 31/042 (2006.01)

H01L 27/30 (2006.01)

H01L 51/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2009** **E 09772555 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012** **EP 2311101**

54 Título: **Módulo fotovoltaico y procesado del mismo**

30 Prioridad:

03.07.2008 US 78286

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

03.04.2013

73 Titular/es:

**IMEC (100.0%)
Kapeldreef 75
3001 Leuven, BE**

72 Inventor/es:

**AERNOOTS, TOM y
POORTMANS, JEF**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 399 798 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Módulo fotovoltaico y procesado del mismo.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a módulos fotovoltaicos multiconexión y a procedimientos para la fabricación de dichos módulos.

10 Más en particular, se refiere a módulos fotovoltaicos multiconexión de película fina, como módulos fotovoltaicos multiconexión orgánicos.

Antecedentes de la invención

15 La eficiencia de conversión de la energía en las células fotovoltaicas orgánicas de unión simple, debido al estrecho espectro de absorción de los materiales orgánicos utilizados habitualmente en la capa activa de células fotovoltaicas orgánicas. Por lo tanto, en una célula fotovoltaica orgánica típicamente solo una pequeña parte de la luz que entra se absorbe y se convierte en energía eléctrica. La parte restante de la luz que entra no se absorbe y, de este modo, no contribuye a la generación de energía eléctrica.

20 Se han seguido varios planteamientos para mejorar la conversión de la luz que entra en energía eléctrica, en los que se han formado células fotovoltaicas orgánicas mediante la interconexión de dos o más subcélulas fotovoltaicas orgánicas.

25 Disponiendo dos o más subcélulas fotovoltaicas orgánicas la una sobre la otra, la parte de la luz entrante que no se absorbe en la subcélula superior, es decir la subcélula que está más próxima a la fuente de luz, se puede transmitir a una subcélula subyacente. Dicha subcélula subyacente típicamente comprende otros materiales de capa activa diferentes a los de la subcélula superior, que permiten la absorción de la parte de la luz entrante que se transmite mediante la subcélula superior. Dicha configuración corresponde a una conexión en serie óptica de dos o más subcélulas.

30 Las subcélulas pueden estar conectadas eléctricamente en serie o en paralelo, o se puede utilizar una combinación de conexiones en serie y en paralelo.

35 El apilado de células fotovoltaicas, por ejemplo células fotovoltaicas orgánicas, en las que se apilan por lo menos dos subcélulas que funcionan de diferentes áreas espectrales la una sobre la otra, puede presentar un funcionamiento mejorado gracias a que se puede absorber y convertir una parte más amplia del espectro de la luz entrante mediante la pila de subcélulas.

40 Sin embargo, no se garantiza el ajuste de las corrientes de cortocircuito de las diferentes subcélulas (lo que resulta especialmente relevante cuando las subcélulas apiladas se conectan en serie eléctricamente) y resulta enormemente afectada por las interacciones mutuas (como por ejemplo la superposición parcial del espectro de absorción entre las subcélulas, los efectos de interferencia óptica, la conductividad eléctrica o las variaciones dependientes de la temperatura) así como las variaciones en las condiciones de iluminación.

45 De forma similar, no se garantiza el ajuste de las tensiones de circuito abierto de las subcélulas apiladas (lo que resulta especialmente relevante cuando dichas células apiladas están conectadas eléctricamente en paralelo) y resulta enormemente afectada por las interacciones mutuas, así como por las variaciones en las condiciones de iluminación.

50 Típicamente, las células apiladas se optimizan para su funcionamiento bajo condiciones de iluminación estandarizadas. Sin embargo, bajo condiciones de iluminación reales, las variaciones espectrales y el sombreado parcial de las células pueden provocar un rendimiento que no sea óptimo de las células fotovoltaicas apiladas.

55 Además, en el caso de subcélulas no idénticas (es decir, en caso de desajuste de la corriente y/o desajuste de la tensión entre subcélulas) el rendimiento de una célula apilada viene determinado en gran medida (es decir, limitado) por la célula apilada más débil.

60 El documento US-A-4784701 da a conocer un dispositivo fotovoltaico multiconexión que comprende primeros y segundos submódulos apilados, conectados eléctricamente en paralelo, en el que cada uno de dichos submódulos comprende subcélulas conectadas en serie con base de a-Si.

65 El documento US-A-20050217717 da a conocer dispositivos fotovoltaicos multiconexión, que comprenden submódulos apilados tanto monolítica como mecánicamente, comprendiendo dichos submódulos células fotovoltaicas inorgánicas u orgánicas.

El documento US-A-4847669 da a conocer un dispositivo fotovoltaico multiconexión que comprende primeros y segundos submódulos apilados que están conectados en serie eléctricamente, comprendiendo dichos submódulos células fotovoltaicas inorgánicas conectadas en serie, presentando las células de los primeros y de los segundos submódulos diferentes tamaños de área.

Objetivos de la invención

La presente invención pretende proporcionar un dispositivo multiconexión fotovoltaico, que no adolezca de las desventajas de los dispositivos según la técnica anterior, para la producción de energía eléctrica (es decir para la conversión de energía óptica en energía eléctrica).

Un objetivo de la presente invención es proporcionar módulos fotovoltaicos orgánicos multifunción en los que la salida de la energía eléctrica del módulo resulte menos sensible a las condiciones de iluminación variables, en comparación con las soluciones según la técnica anterior, y en los que la salida de energía eléctrica del módulo resulte menos sensible al ajuste estricto de la corriente y/o al ajuste de la tensión de las subcélulas apiladas, en comparación con las soluciones según la técnica anterior.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar procedimientos para la fabricación de módulos fotovoltaicos orgánicos multiconexión de dicho tipo.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un módulo fotovoltaico multiconexión según la reivindicación 1 y a un procedimiento para la fabricación de un módulo fotovoltaico multiconexión según la reivindicación 5.

Ventajosamente, bajo iluminación, las primeras células fotovoltaicas presentan una tensión de circuito abierto de V_{oc1} , las segundas células fotovoltaicas presentan una tensión de circuito abierto de V_{oc2} y $N V_{oc1}$ no difiere de $M V_{oc2}$ en más del 10%, preferentemente no más del 5% y, con mayor preferencia, no más del 2%, aún con mayor preferencia no más del 1%.

Preferentemente, las primeras células fotovoltaicas y las segundas células fotovoltaicas son células orgánicas.

Preferentemente, la pluralidad de las primeras células fotovoltaicas comprende un primer material activo y la pluralidad de las segundas células fotovoltaicas comprende un segundo material activo diferente del primer material activo.

Preferentemente, el primer submódulo fotovoltaico y el segundo submódulo fotovoltaico están apilados con su lado de dispositivo orientado el uno hacia el otro.

De forma alternativa, el primer y el segundo sustrato son dos lados de un sustrato transparente.

Ventajosamente, el módulo fotovoltaico multiconexión también puede comprender submódulos adicionales en serie ópticamente con los primeros y los segundos submódulos, comprendiendo cada uno de dichos submódulos adicionales una pluralidad k_i de células fotovoltaicas adicionales conectadas en serie, siendo dichas células fotovoltaicas adicionales (sustancialmente) idénticas, y estando provistas en un sustrato adicional.

Preferentemente, con iluminación, cada uno de los submódulos adicionales prevé (muestra) una tensión de circuito abierto V_{oci} y $k_i V_{oci}$ no difiere de $N V_{oc1}$ en más del 10%, preferentemente no más del 5%, con mayor preferencia no más del 2%, todavía con mayor preferencia no más del 1%.

Preferentemente, las células fotovoltaicas adicionales están integradas de forma monolítica en cada uno de los sustratos adicionales.

El módulo fotovoltaico multiconexión puede comprender hasta tres submódulos adicionales.

Preferentemente, el procedimiento para la fabricación de un módulo fotovoltaico multiconexión también comprende la etapa de encapsulado de dicho módulo fotovoltaico multiconexión.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 (a) ilustra una célula fotovoltaica orgánica que comprende un primer electrodo, una capa activa y un segundo electrodo en un sustrato.

La Figura 1 (b) ilustra una célula fotovoltaica orgánica que comprende una capa adicional de transporte de hueco y una capa adicional de transporte de electrón.

La Figura 2 muestra una curva IV de una célula fotovoltaica iluminada, que ilustra la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto y el punto de energía máxima.

La Figura 3 (a) ilustra la conexión en serie eléctrica de dos células fotovoltaicas.

La Figura 3 (b) ilustra la conexión eléctrica en paralelo de dos células fotovoltaicas.

La Figura 4 ilustra el efecto sobre las curvas IV de la conexión eléctrica de las dos células fotovoltaicas:

- la Figura 4(a) ilustra el efecto de la conexión en serie eléctrica de dos células idénticas;
- la Figura 4(b) ilustra el efecto de la conexión en serie eléctrica de dos células no idénticas;
- la Figura 4 (c) ilustra el efecto de la conexión eléctrica en paralelo de dos células idénticas;
- la Figura 4(d) ilustra el efecto de la conexión eléctrica en paralelo de dos células no idénticas.

La Figura 5 ilustra el apilado de las subcélulas.

La Figura 6 muestra de forma esquemática un submódulo fotovoltaico orgánico útil para la comprensión de la presente invención.

La Figura 7 muestra de forma esquemática un módulo fotovoltaico orgánico que comprende dos submódulos apilados según la presente invención.

Descripción detallada de la presente invención

La presente invención da a conocer un módulo fotovoltaico, preferentemente un módulo fotovoltaico orgánico, que comprende por lo menos dos submódulos fotovoltaicos (orgánicos) que se fabrican de forma separada y están apilados el uno sobre el otro. Cada uno de los submódulos fotovoltaicos (orgánicos) comprende una pluralidad de (sub-)células sustancialmente idénticas que están integradas monolíticamente en un sustrato y que están conectadas eléctricamente en serie.

Los diferentes submódulos están apilados el uno sobre el otro, es decir conectados ópticamente en serie y conectados eléctricamente en paralelo.

Una ventaja de un módulo fotovoltaico (orgánico) según la presente invención es que las (sub)células en de cada submódulo pueden ser sustancialmente idénticas y, de este modo, se puede sustancialmente ajustar la corriente y ajustar la tensión.

Una ventaja de la conexión eléctrica de los submódulos en paralelo es que se evita la necesidad de ajustar la corriente entre las (sub)células de los diferentes submódulos.

Una ventaja de la utilización de submódulos fabricados de forma separada es que el área de las (sub)células de los distintos submódulos puede ser diferente, de manera que la cantidad de (sub)células en cada submódulo se puede seleccionar de forma independiente.

Por lo tanto, mediante la selección adecuada e independiente de la cantidad de (sub)células para cada submódulo, las tensiones de salida de los diferentes submódulos se pueden realizar sustancialmente iguales y, así, se puede obtener el ajuste de tensión.

Siendo las (sub)células en un submódulo idénticas y estando conectadas en serie, se calcula la tensión de salida de un submódulo multiplicando la tensión de salida de una subcélula individual de dicho submódulo por la cantidad de células comprendidas en dicho submódulo.

Una ventaja de la invención es que no se precisa ningún convertidor de tensión CC-CC para obtener un ajuste de la tensión entre los submódulos. Por lo tanto, los submódulos multiconexión según la presente invención, preferentemente, no comprenden convertidores CC- CC conectados eléctricamente en serie con los submódulos individuales. El uso de dichos convertidores induce a una complejidad incrementada del dispositivo, con la necesidad de electrónica de potencia y, reduce la eficiencia total del dispositivo debido a pérdidas de energía en el convertidor.

Un módulo fotovoltaico multiconexión según la presente invención comprende un primer submódulo fotovoltaico y un segundo submódulo fotovoltaico apilado en el primer submódulo fotovoltaico, en el que dicho primer submódulo fotovoltaico comprende una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas que están integradas de forma monolítica en un primer sustrato y en el que el segundo submódulo fotovoltaico comprende una pluralidad de

segundas (sub)células fotovoltaicas que están integradas de forma monolítica en un segundo sustrato. Las primeras (sub)células fotovoltaicas y las segundas (sub)células fotovoltaicas pueden ser (sub)células orgánicas.

Opcionalmente, el módulo fotovoltaico multiconexión puede comprender más de dos submódulos fotovoltaicos.

La pluralidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas es sustancialmente idéntica y la pluralidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas es sustancialmente idéntica. La pluralidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas es sustancialmente diferente de la pluralidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas.

Preferentemente, la pluralidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas comprende un primer material activo y la pluralidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas comprende un segundo material activo diferente del primer material activo.

Ventajosamente, el primer material activo se selecciona para proporcionar una buena (óptima) absorción (y conversión) de luz que el segundo material activo no absorbe.

La pluralidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas presenta un primer tamaño de área activa y la pluralidad de segundas (sub)células fotovoltaicas presenta un segundo tamaño de área activa, siendo el primer tamaño de área activa sustancialmente diferente del segundo tamaño de área activa.

El primer tamaño de área activa y el segundo tamaño de área activa se seleccionan para que presenten tensiones de salida sustancialmente iguales de los diferentes submódulos.

El área de (sub)células individuales determina su cantidad en un submódulo, al igual que la cantidad de (sub)células en un submódulo es aproximadamente igual que el área total del submódulo dividida por el área de una (sub)célula individual.

Con iluminación, un primer fotovoltaje generado por el primer submódulo fotovoltaico y un segundo fotovoltaje generado por el segundo submódulo fotovoltaico son sustancialmente iguales.

La pluralidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas está conectada eléctricamente en serie y la pluralidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas está conectada eléctricamente en serie. El primer submódulo fotovoltaico y el segundo submódulo fotovoltaico están conectados eléctricamente en paralelo.

Preferentemente, por lo menos uno de los primeros submódulos fotovoltaicos y el segundo submódulo fotovoltaico comprenden un dispositivo electrónico integrado en el submódulo, como por ejemplo un dispositivo de control de potencia, un diodo o un inversor.

Ventajosamente, el primer submódulo fotovoltaico y el segundo submódulo fotovoltaico están apilados con sus lados de dispositivo orientados el uno hacia el otro, con sus lados de sustrato orientados el uno hacia el otro, o con el lado de sustrato del segundo submódulo fotovoltaico orientado hacia el lado de dispositivo del primer submódulo fotovoltaico o viceversa.

La presente invención también proporciona un procedimiento para la fabricación de un módulo fotovoltaico multiconexión, por ejemplo un módulo fotovoltaico orgánico multiconexión, comprendiendo dicho procedimiento: la fabricación de un primer submódulo fotovoltaico que comprende una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas; la fabricación de un segundo submódulo fotovoltaico que comprende una pluralidad de segundas (sub)células fotovoltaicas y el apilado del segundo submódulo fotovoltaico en el primer submódulo fotovoltaico.

La pluralidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas está conectada eléctricamente en serie y la pluralidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas está conectada eléctricamente en serie.

La fabricación del primer submódulo fotovoltaico comprende proporcionar en un primer sustrato una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas integradas de forma monolítica sustancialmente idénticas y la fabricación del segundo submódulo fotovoltaico comprende proporcionar en un segundo sustrato una pluralidad de segundas (sub)células fotovoltaicas integradas de forma monolítica sustancialmente idénticas.

La pluralidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas es sustancialmente diferente a la pluralidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas.

El procedimiento también comprende la conexión eléctrica del primer submódulo fotovoltaico con el segundo submódulo fotovoltaico, por ejemplo, conectando eléctricamente los submódulos en paralelo.

Ventajosamente, el módulo fotovoltaico multiconexión está encapsulado y se proporcionan conexiones eléctricas, por ejemplo, para la conexión eléctrica del módulo a una carga externa.

En la descripción detallada siguiente, se establecen numerosos detalles específicos, con el fin de proporcionar una comprensión en profundidad de la invención y su realización en las formas de realización específicas. Sin embargo, se entenderá que la presente invención se puede realizar sin dichos detalles específicos. En otros casos, no se han descrito en detalle los métodos, procedimientos y técnicas bien conocidos, de manera que no dificulte la presente invención. A pesar de que la presente invención se describirá haciendo referencia a las formas de realización específicas y a determinados dibujos, la referencia no se limita a las mismas.

Los dibujos incluidos y descritos en el presente documento son esquemáticos y no limitan el alcance de la invención. Asimismo, se observará que, en los dibujos, el tamaño de algunos elementos se puede exagerar y, por lo tanto, no está a escala debido a objetivos ilustrativos.

Además, los términos superior, inferior, sobre, bajo y similares se utilizan en la descripción con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Se deberá entender que los términos así utilizados son intercambiables bajo circunstancias adecuadas y que las formas de realización de la invención descritas en el presente documento pueden funcionar en otras orientaciones diferentes a las que se describen o ilustran aquí.

En el contexto de la presente invención, la superficie frontal o lado frontal de una (sub)célula fotovoltaica o una célula fotovoltaica o un submódulo fotovoltaico o un módulo fotovoltaico es la superficie o el lado adaptado para su orientación hacia una fuente de luz y, de este modo, para recibir iluminación.

La superficie posterior o lado posterior de una (sub)célula fotovoltaica, una célula fotovoltaica, un submódulo fotovoltaico, o un módulo fotovoltaico es la superficie o lado opuesto a la superficie o lado frontal.

En la presente invención se prefiere que las (sub)células fotovoltaicas comprendan un material activo orgánico. Sin embargo, la invención no está limitada a dicho material y se puede utilizar para (sub)células fotovoltaicas que comprendan otros materiales de capa activa, por ejemplo materiales de película fina.

La presente invención se refiere a módulos fotovoltaicos (orgánicos) multiconexión y a procedimientos para la fabricación de dichos módulos.

Preferentemente, dichos módulos fotovoltaicos multiconexión son módulos fotovoltaicos orgánicos multiconexión.

En la presente invención, por lo menos dos submódulos fotovoltaicos (orgánicos) fabricados de forma separada, comprendiendo cada uno de los mismos una pluralidad de (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) sustancialmente idénticas en un sustrato, están apilados el uno sobre el otro (es decir, conectados ópticamente en serie) y conectados eléctricamente entre sí.

Los submódulos están conectados eléctricamente en paralelo.

Las (sub)células fotovoltaicas en cada submódulo fotovoltaico están conectadas eléctricamente en serie.

Las (sub)células pueden ser células fotovoltaicas (orgánicas) de unión única o multiconexión.

Cada uno de los submódulos fotovoltaicos que comprende una pluralidad de (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) sustancialmente idénticas significa que en cada submódulo la pluralidad de (sub)células es sustancialmente idéntica.

Sin embargo, preferentemente, entre los diferentes submódulos fotovoltaicos (orgánicos) las (sub)células son sustancialmente diferentes.

El submódulo inferior, es decir, el submódulo que está provisto más próximo a la superficie posterior del módulo fotovoltaico, comprende (sub)células fotovoltaicas provistas por lo menos de un electrodo transparente. Más particularmente, por lo menos el electrodo de dicho submódulo inferior que está más próximo a la superficie frontal del submódulo es un electrodo transparente.

Preferentemente, el/los otro/s submódulo/s comprende/n (sub)células fotovoltaicas con dos electrodos transparentes, formados en un sustrato transparente, que forman el submódulo transparente.

Dichos submódulos transparentes permiten que una parte (sustancial) de la luz entrante no absorbida por dichos submódulos anteriores pase a través de la capa para la conversión eléctrica posterior en el/los siguiente/s submódulo/s (subyacente/s).

Se pueden integrar otros elementos (dispositivos), como diodos o rectificadores, en un módulo fotovoltaico según la presente invención.

Ventajosamente, se pueden integrar inversores en el módulo fotovoltaico según la presente invención, para convertir la corriente CC de salida en corriente AC estándar.

Una ventaja de un módulo fotovoltaico (orgánico) según la presente invención es que las (sub)células en cada submódulo son sustancialmente idénticas y, de este modo, presentan sustancialmente un ajuste de corriente y un ajuste de tensión.

Una ventaja de la conexión eléctrica de los submódulos en paralelo es que se evita la necesidad de ajuste de corriente entre las (sub)células de los diferentes submódulos.

Una ventaja de la utilización de submódulos fabricados de forma separada es que el área de las (sub)células de los distintos submódulos puede ser diferente, de manera que la cantidad de (sub)células en cada submódulo se puede seleccionar de forma independiente.

Ventajosamente, mediante la selección adecuada e independiente de la cantidad de (sub)células para cada submódulo, las tensiones de salida de los diferentes submódulos se pueden realizar sustancialmente iguales y, así, se obtiene fácilmente el ajuste de tensión.

Preferentemente, los submódulos fotovoltaicos (orgánicos) comprenden una pluralidad de (sub)células fotovoltaicas orgánicas formadas en un sustrato.

En la descripción siguiente, el lado del sustrato en el que se forman las (sub)células se indica como "lado de dispositivo" del submódulo, y el lado opuesto del sustrato se denomina "lado de sustrato" del submódulo.

Cuando se apilan submódulos el uno sobre el otro para formar un módulo fotovoltaico multiconexión (orgánico) según la presente invención, se pueden apilar submódulos posteriores con sus lados de sustrato orientados entre sí, con sus lados de dispositivo orientados entre sí, o con el lado de dispositivo de un submódulo orientado hacia el lado de sustrato del submódulo siguiente o viceversa.

La presente invención también se describe para un módulo fotovoltaico multiconexión (orgánico) que comprende dos submódulos. Sin embargo, la invención no está limitada a ello y también se puede aplicar a módulos fotovoltaicos multiconexión (orgánicos) que comprendan más de dos submódulos.

La presente invención también se describe para el caso en el que se apilen dos submódulos con sus lados de dispositivo orientados entre sí (como se ilustra por ejemplo en la Figura 7).

Las (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en cada submódulo están conectadas eléctricamente en serie y los dos submódulos están conectados eléctricamente en paralelo.

Un módulo fotovoltaico multiconexión (orgánico) según la presente invención comprende un primer submódulo fotovoltaico (orgánico) y un segundo submódulo fotovoltaico (orgánico), estando dicho primer submódulo fotovoltaico (orgánico) adaptado para su disposición lo más próximo posible a la superficie posterior del módulo y estando el segundo submódulo (orgánico) adaptado para su disposición lo más próximo posible al lado frontal del módulo.

Preferentemente, el primer submódulo fotovoltaico (orgánico) comprende una pluralidad, por ejemplo una matriz, de primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) o pilas de (sub)células fotovoltaicas interconectadas de forma monolítica entre sí en serie y que están adaptadas para absorber una primera parte predeterminada del espectro de luz incidente, por ejemplo espectro solar.

Las células fotovoltaicas (orgánicas) del primer submódulo presentan un primer tamaño de área activa. Están provistas de por lo menos un electrodo transparente. Más en particular, por lo menos el lado frontal del electrodo, es decir, el electrodo más próximo a la superficie frontal, es transparente.

Las células fotovoltaicas (orgánicas) del primer submódulo se pueden formar en un sustrato transparente o en un sustrato no transparente. El primer submódulo fotovoltaico (orgánico) puede comprender otros elementos, como por ejemplo dispositivos de rectificación o dispositivos de conmutación.

El segundo submódulo fotovoltaico (orgánico) comprende una pluralidad, por ejemplo una matriz, de segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) o pilas de (sub)células fotovoltaicas, preferentemente interconectadas entre sí de forma monolítica en serie y adaptadas para absorber una segunda parte predeterminada del espectro solar, siendo la segunda parte predeterminada del espectro solar diferente de la primera parte predeterminada del espectro solar.

Las (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) del segundo submódulo presentan un segundo tamaño de área activa que preferentemente es diferente del primer tamaño de área activa. Dichas subcélulas presentan dos electrodos transparentes y están formadas en un sustrato transparente.

El segundo submódulo fotovoltaico (orgánico) puede comprender otros elementos, como por ejemplo dispositivos de rectificación o dispositivos de conmutación.

La fabricación de un módulo fotovoltaico según la presente invención comprende: la fabricación de un primer submódulo (orgánico) que comprende una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en un primer sustrato; la fabricación de un segundo submódulo (orgánico) que comprende una pluralidad de segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en un segundo sustrato, siendo dicho segundo sustrato un sustrato transparente ópticamente; el apilado mecánico del segundo submódulo (orgánico) sobre el primer submódulo (orgánico) y la interconexión eléctrica del primer submódulo (orgánico) con el segundo submódulo (orgánico).

Los submódulos fotovoltaicos (orgánicos) comprenden por lo menos una (sub)célula fotovoltaica (orgánica), preferentemente una pluralidad de (sub)células fotovoltaicas (orgánicas), en un sustrato.

Tal como se ilustra en la Figura 1(a), una (sub)célula fotovoltaica orgánica 20 típicamente comprende un primer electrodo 11 en un sustrato 10, una capa activa 13 adyacente al primer electrodo 11 y un segundo electrodo 12 adyacente a la capa activa 13 y en un lado opuesto de la capa activa en comparación con el primer electrodo 11.

El sustrato 10 puede comprender un material transparente ópticamente, como por ejemplo vidrio o una hoja polimérica, como por ejemplo PET o PEN. El sustrato 10 puede ser un sustrato flexible.

Para el primer submódulo fotovoltaico, dispuesto lo más próximo posible a la superficie posterior del módulo fotovoltaico orgánico según la presente invención, también se puede utilizar un sustrato no transparente 10, como por ejemplo un sustrato cerámico o una hoja metálica con una superficie no conductora. En este caso es cuando, después del apilado de los submódulos fotovoltaicos para formar un módulo fotovoltaico orgánico según la presente invención, el primer submódulo fotovoltaico orgánico está orientado con su lado de sustrato lo más próximo posible a la superficie posterior del módulo y con su lado de dispositivo más próximo a la superficie frontal del módulo.

El primer electrodo 11 y el segundo electrodo 12 pueden comprender un conductor transparente ópticamente, como por ejemplo TiOx, ITO (óxido de indio y estaño), ZnO, AZO (ZnO dopado con aluminio), FTO (óxido de estaño dopado con flúor) o capas metálicas finas como por ejemplo capas que comprenden, por ejemplo, Au, Ag o Cu o capas de compuestos metálicos como Mg:Ag. El primer electrodo 11 y el segundo electrodo 12 también pueden comprender polímeros conductores, como por ejemplo PEDOT (poli(3-4 etilenodioxitiofeno)) o PANI (polianilina). Estos polímeros conductores se pueden dopar para incrementar la conductividad, por ejemplo se pueden dopar con aniones, nanopartículas metálicas, nanotubos o cualquier otro material adecuado conocido por los expertos en la técnica.

Además, se puede proporcionar una rejilla conductora eléctricamente, por ejemplo una rejilla metálica, (que comprenda por ejemplo Cu o Ag) adyacente al primer electrodo 11 y/o al segundo electrodo 12, para mejorar adicionalmente la conductividad sin crear pérdidas elevadas en la transparencia óptica.

El material del primer electrodo 11 y del segundo electrodo 12 se puede proporcionar, por ejemplo mediante deposición, en el sustrato 10 por medio de varias técnicas, como por ejemplo evaporación térmica en vacío, pulverización, deposición de vapor químico o proceso de solución, donde los materiales que se van a depositar se disuelven en disolventes adecuados en cantidades adecuadas para su manipulación en procesos como recubrimiento por rotación, la técnica "doctor blading", la impresión por chorro de tinta, serigrafía, huecograbado, impresión flexográfica, recubrimiento predosificado, recubrimiento por rociado o similares.

Las (sub)células del primer submódulo fotovoltaico dispuestas en el lado posterior del módulo fotovoltaico orgánico según la presente invención pueden comprender un primer electrodo 11 que no sea transparente ópticamente, como por ejemplo un electrodo metálico que comprenda por ejemplo Ba, Ca, Mg, Al, Ag o Cu o aleaciones metálicas que comprendan dos o más metales. Este es el caso en el que, después del apilado de los submódulos fotovoltaicos para formar un módulo fotovoltaico orgánico según la presente invención, el primer submódulo fotovoltaico orgánico está orientado con su lado de sustrato lo más próximo posible a la superficie posterior del módulo y con su lado de dispositivo lo más próximo posible a la superficie frontal del módulo.

La capa activa 13 de una (sub)célula fotovoltaica orgánica 20 comprende por lo menos una capa absorbente de luz, en la que la absorción de luz tiene como resultado la generación de cargas eléctricas.

La capa activa 13 puede comprender más de una capa absorbente de luz y generadora de carga cuando se separan dichas capas absorbentes de luz y generadoras de carga entre sí mediante una capa de recombinación de carga.

La capa activa 13 comprende materiales que resultan adecuados para la absorción de la luz entrante y para la generación de portadores de carga y el transporte de portadores de carga a los electrodos adyacentes 11, 12. Dicha capa activa puede comprender una única capa o dos capas adyacentes de diferentes materiales orgánicos conjugados. Si se utilizan dos capas de diferentes materiales, se puede dar una mezcla de intencionada o involuntaria de la interfaz entre ambos materiales.

La capa activa 13 también puede comprender una mezcla de dos o más materiales orgánicos diferentes conjugados en una única capa. La capa activa 13 también puede comprender una mezcla de un material orgánico conjugado con materiales metálicos o semiconductores no conjugados.

Los materiales orgánicos conjugados pueden comprender materiales como por ejemplo polímeros, por ejemplo polifenileno, polifenileno vinileno, politiofeno, polifluoreno y sus derivados, o por ejemplo moléculas de bajo peso molecular, por ejemplo pentaceno, perileno, antraceno, naftaleno, ftalocianina y sus derivados, o por ejemplo fullerenos, como C60, C70 y sus derivados, o por ejemplo nanotubos, como SWCNT (nanotubos de carbono de una sola capa), MWCNT (nanotubos de carbono de múltiples capas) y sus derivados.

Los materiales de la capa activa 13 se pueden depositar mediante varias técnicas, como por ejemplo evaporación térmica en vacío, en la que se puede introducir un gas portador inerte adicional, como el nitrógeno o el argón, para guiar eficientemente el material en el electrodo.

Un procedimiento alternativo para proporcionar los materiales de la capa activa 13 es la OVPD (deposición de fase orgánica de vapor). Los materiales de la capa activa 13 también se pueden depositar, por ejemplo, por medio del procesamiento de solución, en el que los materiales que se van a depositar se disuelven en disolventes adecuados en las cantidades adecuadas que se van a manipular en procesos, como por ejemplo el recubrimiento por rotación, la técnica doctor blade, la impresión por chorro de tinta, serigrafía, huecograbado, impresión flexográfica, recubrimiento predosificado, recubrimiento por rociado o similares.

La Figura 1(b) muestra una estructura de una subcélula fotovoltaica orgánica en la que se prevén dos capas adicionales 14, 15 en comparación con la estructura que se muestra en la Figura 1(a). Dichas capas adicionales 14 y 15 son opcionales, es decir, pueden estar presentes o no en la subcélula fotovoltaica, o se puede prever una de dichas capas en dicha subcélula y no en la otra.

El sustrato 10 y el primer electrodo 11 son similares a las capas correspondientes que se muestran en la Figura 1(a). La capa 14 actúa como una capa de transporte de hueco (HTL) para facilitar la recogida mediante el primer electrodo 11 de los portadores de carga positiva generados en la capa activa 13. La capa 15 actúa como una capa de transporte de electrones (ETL) para facilitar la recogida mediante el segundo electrodo 12 de los portadores de carga negativa generados en la capa activa 13.

La selección de los materiales para las dos capas adicionales 14, 15 también se determina mediante la necesidad de transparencia óptica en la estructura determinada. También, el valor de los niveles de energía como banda de valencia, banda de conducción, nivel Fermi, HOMO (orbital molecular ocupado más alto) y LUMO (orbital molecular ocupado más bajo) de los materiales para la capa 14, 15 con respecto a los niveles de energía correspondientes de los materiales en la capa activa 13 o de los electrodos 11, 12. Un criterio adicional para la selección de materiales para las capas 14, 15 puede ser la conductividad eléctrica para cada portador de carga positiva o negativa. Una persona experta en la técnica puede realizar una selección adecuada de materiales para las capas 14, 15.

La capa de transporte de hueco 14 puede comprender, por ejemplo, materiales conjugados, como polianilina, politiofeno o polifenileno y sus derivados. La capa de transporte de hueco también puede comprender materiales conjugados en los que se dispersen otros materiales, como por ejemplo nanotubos de carbono y sus derivados. La capa de transporte de hueco puede comprender moléculas de bajo peso molecular, como por ejemplo perileno, naftaleno y sus derivados o ZnO, AZO, FTO, ITO.

La capa de transporte de electrones 15 puede comprender por ejemplo fullerenos como C60, C70 y sus derivados o, por ejemplo, nanotubos, por ejemplo SWCNT, MWCNT y sus derivados. La capa de transporte de electrones también puede comprender moléculas de peso molecular bajo, como por ejemplo BCP, Alq₃, TDP u otros materiales como por ejemplo ZnO, AZO, FTO, ITO.

La capa de transporte de hueco 14 y la capa de transporte de electrones 15 se pueden depositar mediante varias técnicas, como por ejemplo la evaporación térmica en vacío, la deposición de fase de vapor química o técnicas similares, pulverizado o procesamiento de solución en la que los materiales que van a depositar se disuelven en disolventes adecuados en cantidades adecuadas para su manipulación en procesos como por ejemplo recubrimiento por rotación, técnica doctor blade, impresión por chorro de tinta, serigrafía, huecograbado, impresión flexográfica, recubrimiento predosificado, recubrimiento por rociado o similares.

Los parámetros básicos que describen el comportamiento de la célula o (sub)célula fotovoltaica se pueden extraer a partir de un gráfico de corriente y tensión (IV), a partir de una medición en la que se mide la corriente eléctrica externa como una función de una tensión aplicada externamente. En la Figura 2, se muestra una característica típica IV de una célula fotovoltaica iluminada. Como resultado de la iluminación, se generan los transportadores de carga y la curva IV pasa en el cuarto cuadrante, lo que significa que la potencia $P = I \cdot V$ se puede extraer del dispositivo. El punto (V_{mp} , I_{mp}) en el que dicha salida de potencia presenta su valor máximo se denomina el punto de potencia máxima P_{mp} y viene dada por:

$$P_{mp} = V_{mp} \cdot I_{mp} \quad (1)$$

Este producto también corresponde al área del rectángulo menor indicado en la Figura 2.

En dicha figura se muestran otros dos parámetros relevantes. La corriente de cortocircuito I_{sc} es la corriente eléctrica que fluye a través del dispositivo bajo iluminación cuando no se aplica una tensión externa ($V = 0$ V). Dado que la corriente de cortocircuito real medida depende de la área activa de un dispositivo fotovoltaico, a menudo es más común la utilización de la densidad de corriente de cortocircuito J_{sc} . Dicha densidad resulta de dividir la corriente de cortocircuito medida entre el área activa A de la célula solar. La tensión de circuito abierto V_{oc} es el valor de polarización externa a la que no fluye corriente externa a través del dispositivo iluminado ($I = 0$ A).

De forma análoga a la de las coordenadas del punto de potencia máximo, I_{sc} y V_{oc} determinan un segundo rectángulo tal como se ilustra en la Figura 2. A partir del dibujo se puede apreciar que la diferencia en el área de los dos rectángulos es menor cuando la curva IV presenta una forma más rectangular. Por lo tanto, la razón de las áreas de los dos rectángulos se puede ver como una medida de la calidad de la forma de la característica IV; se denomina el factor de llenado FF:

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (2)$$

El producto de I_{sc} y V_{oc} se puede considerar como el límite superior teórico para la potencia total que se puede suministrar a una carga externa. Así, se puede considerar el factor de llenado FF como la razón de la potencia real máxima extraída con respecto a dicho límite superior teórico.

Además, estos parámetros se refieren a la eficiencia energía-conversión η_e del siguiente modo:

$$\eta_e = \frac{P_{mp}}{P_{in}} = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{P_{in}} \quad (3)$$

que expresa la cantidad de potencia total P_{in} de la luz incidente en la área activa de la célula fotovoltaica que se convierte en energía eléctrica P_{mp} .

La Figura 3(a) muestra dos células fotovoltaicas orgánicas 21, 22 próximas entre sí en un único sustrato 10. Los electrodos 111 y 121 de la primera célula fotovoltaica orgánica 21 y los electrodos 112 y 122 de la segunda célula fotovoltaica orgánica 22 presentan un área mayor que el área de la capa activa 131, 132 de las células. Esto permite realizar conexiones eléctricas, por ejemplo por cableado, conectando así eléctricamente las células 21, 22 entre sí o con una carga externa 80. Disponiendo dichas células 21, 22 próximas entre sí según se ilustra en la Figura 3(a), se disponen ópticamente en paralelo a la luz incidente en las células fotovoltaicas. Resulta obvio que dichas células fotovoltaicas, que están fabricadas en diferentes sustratos, también se pueden disponer en una configuración que permita la disposición de las células ópticamente en paralelo.

La Figura 3(a) ilustra el cableado eléctrico entre el segundo electrodo 121 de la primera célula fotovoltaica 21 y el primer electrodo 112 de la segunda célula fotovoltaica 22 y el cableado eléctrico entre el segundo electrodo 122 de la segunda célula fotovoltaica 22 y el primer electrodo 111 de la primera célula fotovoltaica 21. Dicho cableado corresponde a una conexión eléctrica en serie de la primera célula fotovoltaica 21 y la segunda célula fotovoltaica 22.

En el caso de una conexión eléctrica en serie de dos células fotovoltaicas sustancialmente idénticas, bajo condiciones de cortocircuito, la corriente extraída externamente es igual a la corriente fotogenerada de una célula individual. Por otra parte, bajo condiciones de circuito abierto, la tensión de circuito abierto es la suma de las tensiones de circuito abierto de las dos células fotovoltaicas separadas. Por lo tanto, una conexión en serie de dos células fotovoltaicas sustancialmente idénticas tiene como resultado la característica IV, tal como se muestra en la Figura 4(a). La potencia máxima generada por las dos células conectadas en serie iguala sustancialmente la suma de las potencias desarrolladas individualmente, doblando la tensión de salida.

Para células fotovoltaicas no idénticas conectadas en serie, es decir para células fotovoltaicas conectadas en serie con, por ejemplo, diferentes corrientes de cortocircuito, la situación es más compleja. En el caso de desajuste de corriente de la célula más débil, es decir la célula que genera menos corriente de cortocircuito, se limita el rendimiento total de forma importante. Mientras que la tensión de circuito abierto total no se ve fuertemente influida por el desajuste de la corriente, la corriente total en este caso se determina casi por completo por la célula más débil.

Si se conocen las características IV de las células individuales, entonces se podrá predecir la curva para las células interconectadas en serie. Para cada corriente, se pueden añadir las diferentes tensiones de las células individuales, tal como se ilustra en la Figura 4(b). Obviamente, la potencia total generada por las dos células desajustadas es sustancialmente menor que la adición de las potencias producidas por las células individuales. Por lo tanto, la conexión en serie de células fotovoltaicas únicamente resulta ventajosa para células con corrientes de cortocircuito sustancialmente iguales.

La Figura 3 (b) muestra dos células fotovoltaicas orgánicas 23, 24 próximas entre sí en un único sustrato 10. Los electrodos 113 y 123 de la primera célula fotovoltaica orgánica 23 y los electrodos 114 y 124 de la segunda célula fotovoltaica orgánica 24 presentan un área mayor que el área de sus capas activas 133, 134. Esto permite la realización de conexiones eléctricas, por ejemplo mediante cableado, conectando así eléctricamente las células entre sí o con cualquier carga externa 80.

Disponiendo las células próximas entre sí, tal como se ilustra en la Figura 3 (b), se disponen ópticamente en paralelo. Resulta obvio que las células fotovoltaicas que se fabrican en sustratos distintos también se pueden disponer en una configuración que permita la disposición de las células ópticamente en paralelo.

El cableado eléctrico entre el primer electrodo 113 de la primera célula fotovoltaica orgánica 23 y el primer electrodo 114 de la segunda célula fotovoltaica orgánica 24 y el cableado eléctrico entre el segundo electrodo 123 de la primera célula fotovoltaica 23 y el segundo electrodo 124 de la segunda célula fotovoltaica 24 se ilustran en la Figura 3(b), que se corresponde con una conexión eléctrica en paralelo de la primera célula fotovoltaica 23 y la segunda célula fotovoltaica 24.

En caso de una conexión eléctrica en paralelo de dos células fotovoltaicas sustancialmente idénticas, la tensión total de circuito abierto es sustancialmente igual que la tensión de circuito abierto de una célula individual. Bajo condiciones de cortocircuito, la corriente extraída externamente es sustancialmente igual a la suma de las corrientes fotogeneradas de las dos células individuales 23, 24. De este modo, una conexión en paralelo de dos células fotovoltaicas idénticas tiene como resultado una característica IV según se ilustra en la Figura 4(c). En este caso, la potencia máxima generada por las dos células sustancialmente idénticas conectadas en paralelo es sustancialmente igual que la suma de las potencias desarrolladas individualmente, doblando la corriente de salida.

Una vez más, la situación es más compleja para las células fotovoltaicas no idénticas. La característica IV de la conexión en paralelo de las células fotovoltaicas no idénticas se puede encontrar sumando las corrientes de las células individuales a cada tensión. El resultado para las células fotovoltaicas no idénticas se ilustra en la Figura 4(d). Dicha figura muestra que la conexión en paralelo de células no idénticas está limitada por la célula que genera la tensión de salida más baja. Por lo tanto, la conexión en paralelo de células solares solo resulta interesante para células con tensiones de circuito abierto sustancialmente iguales.

A partir de esto, resulta obvio que el desajuste de la corriente y/o el desajuste de la tensión de las células conectadas eléctricamente puede presentar una influencia perjudicial sobre el rendimiento general de un sistema que comprende dichas células interconectadas.

Sin embargo, en el campo de las células fotovoltaicas orgánicas, se han seguido varios planteamientos para interconectar células fotovoltaicas entre sí con el fin de mejorar la conversión de la luz que entra en energía eléctrica. El motivo principal es el estrecho espectro de absorción de los materiales orgánicos utilizados comúnmente en la capa activa. Por ello, en una célula fotovoltaica orgánica típicamente solo se absorbe una pequeña parte de la luz que entra y, por lo tanto, se puede convertir en energía eléctrica. El resto de la luz entrante no se convierte y, por lo tanto, se pierde.

Disponiendo varias (sub)células fotovoltaicas orgánicas las unas sobre las otras, la parte de la luz que entra que no es absorbida en una primera (sub)célula se puede transmitir también a una (sub)célula siguiente que comprenda otros materiales en la capa activa, permitiendo la absorción de la parte de la luz entrante que se transmite por la primera subcélula.

Esto significa que dos o más subcélulas 25, 26 se disponen ópticamente en serie, tal como se ilustra en las Figuras 5(a) y 5(b). La Figura 5(a) ilustra el apilado de dos subcélulas fotovoltaicas orgánicas 25, 26 en un único sustrato 10, en el que las subcélulas se pueden conectar eléctricamente entre sí en serie o en paralelo. La subcélula 25 se forma en un sustrato 10 y comprende un primer electrodo 111, una capa activa 131 y un segundo electrodo 121. La capa 40 es una capa opcional que se puede proporcionar para facilitar el apilado de la subcélula 26 siguiente. Dicha capa 40 es transparente ópticamente y se puede aislar eléctricamente. Puede comprender materiales como por ejemplo polifluoretileno. También puede ser conductora eléctricamente y comprender materiales como Ag, Au, Al o TiO_x, ZnO, ITO, AZO, FTO. La subcélula 26 comprende un primer electrodo 112, la capa activa 132 y un segundo electrodo 122. La Figura 5(b) ilustra el apilado de dos subcélulas fotovoltaicas orgánicas 25, 26 formadas en sustratos separados 101, 102, en los que las subcélulas se pueden conectar eléctricamente entre sí en serie o en paralelo.

Los conceptos que se muestran en la Figura 5(a) y en la Figura 5(b) corresponden a las configuraciones según la técnica anterior que pueden resultar en una mejora general de la eficiencia de la conversión de energía en comparación con las células fotovoltaicas orgánicas individuales, debido a que una mayor parte del espectro de la luz entrante se puede absorber con éxito apilando las subcélulas fotovoltaicas orgánicas, es decir, conectando ópticamente las subcélulas en serie. Sin embargo, no se garantiza el ajuste de las corrientes de cortocircuito de las diferentes subcélulas (que es especialmente relevante cuando las subcélulas apiladas se conectan eléctricamente en serie) y está enormemente influida por las interacciones mutuas, así como por las condiciones de iluminación variables. De forma similar, no se garantiza el ajuste de la tensión de circuito abierto para las subcélulas apiladas (que es especialmente relevante cuando dichas subcélulas apiladas están conectadas eléctricamente en paralelo) y está enormemente influida por las interacciones mutuas, así como por las condiciones de iluminación variables.

En las células según la técnica anterior, las subcélulas están sustancialmente alineadas, presentando la totalidad de las subcélulas en una célula sustancialmente la misma área. Debido a las condiciones de iluminación variables y a las interacciones mutuas, como por ejemplo el solapado parcial del espectro de absorción entre subcélulas o los efectos de temperatura, resulta difícil diseñar subcélulas que siempre presenten la misma corriente de cortocircuito, lo que hace que los acoplamientos en serie de las subcélulas no sean óptimos. Por otra parte, las subcélulas optimizadas para absorber en una parte diferente del espectro de luz y, así comprender materiales diferentes, normalmente producirán una tensión de circuito abierto diferente, haciendo que el acoplamiento en serie de las subcélulas no sea el óptimo.

Para superar dichos problemas, la presente invención proporciona un módulo fotovoltaico (orgánico) que se forma apilando por lo menos dos submódulos fotovoltaicos (orgánicos) (en oposición al apilado de subcélulas fotovoltaicas), en el que se evitan los problemas de las soluciones según la técnica anterior relacionadas con el desajuste de la tensión de circuito abierto y/o el desajuste de la corriente de cortocircuito de las (sub)células fotovoltaicas.

Un primer submódulo fotovoltaico (orgánico) comprende una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) dispuestas próximas entre sí en un primer sustrato, estando dicha pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) interconectadas en serie. De este modo, la conexión en serie de las (sub)células tiene como resultado la suma de las tensiones de circuito abierto de las primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en una primera tensión de circuito abierto.

Además, el ajuste de las corrientes de cortocircuito para las primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) puede ser buena (óptima) debido a que se proporcionan (sub)células sustancialmente idénticas.

La totalidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) que son sustancialmente idénticas está caracterizada (bajo iluminación) por la misma tensión de circuito abierto, V_{c01} . Como las primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) del primer submódulo están conectadas en serie, su tensión se suma. Dado un primer submódulo que comprenda N primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) idénticas, la tensión de circuito abierto será $N V_{c01}$.

Un segundo submódulo fotovoltaico (orgánico) comprende una pluralidad de segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) dispuestas próximas entre sí en un segundo sustrato e interconectadas en serie.

Dichas segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) son sustancialmente idénticas entre sí, pero pueden diferir de las primeras (sub)células en el primer sustrato, por ejemplo en la selección de materiales y en las dimensiones.

El ajuste de las corrientes de cortocircuito para las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el segundo sustrato puede ser buena (óptima) debido a que se proporcionan segundas (sub)células sustancialmente idénticas.

Además, adaptando las dimensiones del área activa de las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas), se puede seleccionar la cantidad de segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el segundo sustrato, de manera que la segunda tensión de circuito abierto que resulta de la suma de las tensiones de circuito abierto de las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) conectadas en serie ajuste sustancialmente la primera tensión de circuito abierto de la conexión en serie de las primeras células fotovoltaicas (orgánicas) en el primer sustrato.

La segunda tensión de circuito abierto se determina principalmente por la cantidad de segundas (sub)células conectadas en serie y, en gran medida, independiente del espectro de la luz entrante.

La totalidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) que son idénticas está caracterizada (bajo iluminación) por la misma tensión de circuito abierto, V_{c02} .

Como las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el segundo submódulo están conectadas en serie, su tensión se suma. Dado un segundo submódulo que comprenda M segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas), la tensión de circuito abierto será $M V_{c02}$.

Por lo tanto, el ajuste de tensión se puede obtener proporcionando las cantidades requeridas de (sub)células idénticas en cada uno de dichos submódulos, denominados N y M respectivamente (para dos submódulos) de manera que:

$$N V_{c01} = M V_{c02}$$

Normalmente, siendo V_{c01} y V_{c02} números reales y N y M enteros, será difícil conseguir una igualdad perfecta, pero, unas diferencias menores que el 10% también dan resultados aceptables. Preferentemente, el ajuste de tensión entre los submódulos es mejor que el 5%, más preferentemente mejor que el 2% y todavía con mayor preferencia mejor que el 1%.

Los submódulos fotovoltaicos (orgánicos) también pueden comprender en el mismo sustrato un dispositivo electrónico, como por ejemplo un diodo de potencia o un inversor, por ejemplo para optimizar la recogida de la energía eléctrica generada por los submódulos fotovoltaicos.

Por ejemplo, un diodo de potencia puede evitar que la corriente eléctrica vuelva a fluir a las (sub)células fotovoltaicas en lugar de fluir a una carga externa. Se puede prever, por ejemplo, un inversor para convertir la corriente continua de los (sub)módulos fotovoltaicos en corriente alterna, que puede resultar más adecuada para suministrar una carga, por ejemplo un dispositivo eléctrico externo.

El segundo submódulo fotovoltaico (orgánico) realizado mediante la conexión eléctrica en serie de las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el segundo sustrato se pueden apilar, por ejemplo mediante laminado, sobre el primer submódulo fotovoltaico (orgánico) realizado por medio de la conexión eléctrica en serie de las primeras células fotovoltaicas (orgánicas) en el primer sustrato.

Como la primera tensión de circuito abierto del primer submódulo y la segunda tensión de circuito abierto del segundo submódulo sustancialmente ajustan, el primer submódulo fotovoltaico puede, ventajosamente, estar conectado eléctricamente en paralelo con el segundo submódulo fotovoltaico sin sufrir problemas de ajuste de tensión.

Antes del apilado de los submódulos fotovoltaicos (orgánicos), preferentemente, se cubren mediante una capa de aislamiento transparente ópticamente, por ejemplo que comprenda óxido, nitruro, polifluoretileno o parileno o un material equivalente.

Dichas capas de aislamiento también se pueden cubrir mediante una capa adhesiva transparente ópticamente, como un elastómero o un termoplástico. El apilado de los submódulos comprende la disposición del primer y el segundo submódulo fotovoltaico (orgánico) el uno sobre el otro, de manera que queden acoplados físicamente entre sí mediante la capa adhesiva.

Los materiales y el grosor de la capa activa de las primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el primer submódulo fotovoltaico (orgánico) se seleccionan preferentemente de manera que se optimice la absorción óptica de la luz que no se absorbe mediante las (sub)células (orgánicas) del segundo submódulo fotovoltaico (orgánico). Si se incluye un tercer submódulo fotovoltaico (orgánico) en la pila, los materiales de las (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el primer submódulo fotovoltaico (orgánico) se seleccionan preferentemente de manera que se optimice la absorción óptica de la luz que no se absorbe mediante las células fotovoltaicas (orgánicas) del segundo y el tercer submódulo fotovoltaico (orgánico) y los materiales de las células fotovoltaicas (orgánicas) en el segundo submódulo fotovoltaico (orgánico) se seleccionan preferentemente de manera que se optimice la absorción óptica de la luz que no se absorbe mediante las células fotovoltaicas (orgánicas) del tercer submódulo fotovoltaico (orgánico).

La Figura 7 muestra esquemáticamente un módulo fotovoltaico orgánico que comprende dos submódulos según la presente invención. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de un primer submódulo fotovoltaico orgánico. En un sustrato 103, se pueden formar próximas entre sí una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas orgánicas que comprendan un primer electrodo 115, un segundo electrodo 125 y una capa activa 135. Las capas 115, 125 y 135 se pueden formar de manera que el segundo electrodo 125 de una subcélula fotovoltaica orgánica haga contacto eléctrico directo con el primer electrodo 115 de una subcélula fotovoltaica orgánica vecina. De este modo, se pueden realizar conexiones en serie de (sub)células fotovoltaicas orgánicas.

Además, el submódulo fotovoltaico orgánico puede comprender conductores eléctricos 31, por ejemplo que comprendan un metal como Ag, Au, Al o Cu, para permitir la recogida externa de la corriente generada por las primeras (sub)células fotovoltaicas orgánicas. Se puede conectar un primer conductor eléctrico 31 al primer electrodo 115 de una primera (sub)célula fotovoltaica y se puede conectar un segundo conductor eléctrico 31 al segundo electrodo 125 de una primera subcélula fotovoltaica. Para controlar la recogida de corriente, se puede proporcionar un dispositivo electrónico 71 y se puede conectar eléctricamente a los conductores eléctricos 31. Dicho dispositivo electrónico 71 puede comprender, por ejemplo, un diodo de potencia o un inversor. Por ejemplo, un diodo de potencia puede evitar el retorno del flujo de corriente eléctrica a las (sub)células fotovoltaicas, en lugar de fluir a

una carga externa. Un inversor puede estar provisto, por ejemplo, para convertir la corriente continua de los submódulos fotovoltaicos en una corriente alterna, que puede resultar más adecuada para cargar una carga, por ejemplo un dispositivo eléctrico externo.

- 5 El primer submódulo fotovoltaico orgánico también puede comprender una capa 41, por ejemplo que comprenda un nitruro, un óxido, polifluoretileno o parileno, para asegurar el aislamiento eléctrico de dicho primer submódulo fotovoltaico orgánico con respecto a otros submódulos que se puedan apilar sobre el mismo.

- 10 Un segundo submódulo fotovoltaico orgánico se puede fabricar de un modo similar al primer submódulo fotovoltaico orgánico, y se puede apilar sobre el primer submódulo fotovoltaico orgánico, tal como se ilustra en la Figura 7. Este apilado puede requerir una capa adicional 50 para reforzar el apilado mecánico.

- La capa adicional 50 puede comprender, por ejemplo, adhesivos termoendurecibles, elastómeros o termoplásticos. El apilado comprende la disposición de los submódulos el uno sobre el otro y su unión mecánica, por ejemplo por medio de un proceso que implique una temperatura incrementada o una presión incrementada o una combinación de ambas.

- 20 Tal como se ha descrito anteriormente, el primer submódulo fotovoltaico orgánico se forma en un sustrato 103 y comprende una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas orgánicas con un primer electrodo 115, un segundo electrodo 125 y la capa activa 135, conductores eléctricos 31, una capa aislante 41 y un dispositivo electrónico 71.

- El segundo submódulo fotovoltaico orgánico presenta una estructura similar, con un sustrato 104, una pluralidad de segundas (sub)células fotovoltaicas orgánicas con un primer electrodo 116, un segundo electrodo 126 y una capa activa 136, conductores eléctricos 32, una capa aislante 42 y un dispositivo electrónico 72.

- 25 Las distintas capas del segundo submódulo fotovoltaico orgánico pueden comprender otros materiales en comparación con las capas equivalentes del primer submódulo fotovoltaico orgánico y se pueden producir mediante otras técnicas diferentes a las capas respectivas del primer submódulo fotovoltaico orgánico. El apilado de los submódulos fotovoltaicos tiene como resultado una conexión óptica en serie de los submódulos.

- 30 Después del apilado de los submódulos fotovoltaicos (orgánicos), el módulo fotovoltaico multiconexión resultante se puede encapsular y se pueden proporcionar conexiones eléctricas a través del encapsulado, por ejemplo para conectar eléctricamente el módulo a una carga externa. El módulo se puede encapsular para evitar la intrusión de, por ejemplo, humedad u oxígeno.

- 35 El encapsulado puede ser, por ejemplo, una encapsulación flexible, por ejemplo que comprenda una capa metálica como Al en el lado posterior y, por ejemplo, que comprenda una capa transparente o pila de capas, por ejemplo una pila de capas poliméricas y de óxido inorgánico alternas en el lado frontal.

- 40 Un módulo fotovoltaico según la presente invención permite que se puedan absorber las distintas partes del espectro de la luz entrante en las (sub)células fotovoltaicas del primer submódulo fotovoltaico (orgánico) y en las (sub)células fotovoltaicas del segundo submódulo fotovoltaico (orgánico). Además, permite que las (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) del primer submódulo fotovoltaico (orgánico) se puedan fabricar de forma independiente de las (sub)células fotovoltaicas del segundo submódulo fotovoltaico (orgánico). Por lo tanto, la eficiencia de conversión de energía de las (sub)células fotovoltaicas se puede optimizar para la parte del espectro de la luz entrante que se puede absorber mediante las (sub)células fotovoltaicas respectivas. Esta fabricación independiente puede implicar, por ejemplo, una selección de materiales, grosor de las capas, técnicas de deposición, etc. Dicha fabricación independiente también puede implicar la disposición de las capas 115, 125 y 135 en el sustrato 103 y, respectivamente, la disposición de las capas 116, 126 y 136 en el sustrato 104. Debido a que se pueden utilizar diferentes técnicas para dichas capas para los diferentes submódulos, se puede seleccionar de forma independiente por ejemplo la precisión y/o la resolución de la deposición, así como la orientación de las capas en los submódulos. Esta fabricación independiente también puede implicar el tamaño y la cantidad de (sub)células fotovoltaicas en el primer submódulo fotovoltaico, es decir, el tamaño y la cantidad de las primeras (sub)células fotovoltaicas formadas en el primer sustrato 103 y, respectivamente, el tamaño y la cantidad de las segundas (sub)células fotovoltaicas formadas en el segundo sustrato 104.

- 60 Proporcionando una configuración de submódulos fotovoltaicos apilados según la presente invención, se corrigen los aspectos de ajuste de fototensión y fotocorriente de la técnica anterior. En un primer sustrato 103 se proporciona una pluralidad de primeras (sub)células fotovoltaicas orgánicas sustancialmente idénticas próximas entre sí y conectadas eléctricamente en serie. Esa conexión en serie tiene como resultado una adición/superposición de las fototensiones generadas por las diferentes primeras (sub)células fotovoltaicas orgánicas, de manera que se obtiene una primera fototensión del submódulo.

- 65 Además, se puede obtener un ajuste sustancial de las fotocorrientes de las diferentes primeras (sub)células fotovoltaicas orgánicas en este sustrato 103 debido a que se proporcionan primeras (sub)células sustancialmente idénticas.

En un segundo sustrato 104, se proporciona una pluralidad de segundas (sub)células fotovoltaicas orgánicas sustancialmente idénticas próximas entre sí y conectadas eléctricamente en serie. Estas segundas (sub)células fotovoltaicas orgánicas son sustancialmente idénticas entre sí, pero pueden ser diferentes de las primeras (sub)células fotovoltaicas orgánicas en el primer sustrato 103, por ejemplo, pueden comprender diferentes materiales y pueden presentar diferentes tamaños. También se puede obtener el ajuste sustancial de las fotocorrientes de las diferentes segundas (sub)células fotovoltaicas orgánicas en este sustrato 104 debido a que están previstas unas segundas (sub)células sustancialmente idénticas.

Además, adaptando las dimensiones de las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas), se puede adaptar la cantidad de segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el segundo sustrato, de manera que la segunda fototensión del submódulo que resulta de una adición de las fototensiones mediante la conexión en serie de las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en este segundo sustrato sustancialmente ajusta el primer fotovoltaje del submódulo que resulta de una suma de las fototensiones mediante la conexión en serie de las primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el primer sustrato.

El segundo submódulo fotovoltaico (orgánico) realizado mediante la conexión en serie de las segundas (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el segundo sustrato se puede apilar sobre el primer submódulo fotovoltaico (orgánico) realizado por la interconexión en serie de las primeras (sub)células fotovoltaicas (orgánicas) en el primer sustrato.

A continuación, ventajosamente, se pueden interconectar los dos submódulos fotovoltaicos (orgánicos) en paralelo entre sí, debido a que existe un buen ajuste de las fototensiones generadas por los dos submódulos.

Descripción de una forma de realización preferida de la invención

Utilizando como sustrato una placa de vidrio, se crean primeros electrodos mediante una capa Al que se deposita mediante evaporación al vacío. Utilizando enmascarado por sombra se crea un patrón en dicha capa Al, de manera que se cubran las múltiples áreas adyacentes y de tamaño similar del sustrato mediante dicha capa Al. Cada una de dichas múltiples áreas sirve como un electrodo de una célula del primer submódulo. Los enmascarados por sombra también dan lugar a la creación de líneas separadas próximas a dichas áreas múltiples. Dichas líneas pueden servir al final como conductores eléctricos para conducir la corriente eléctrica generada hacia un circuito eléctrico, bien integrado en el mismo sustrato o en un portador externo.

A continuación, se deposita mediante evaporación al vacío y enmascarado por sombra similar una capa activa en cada electrodo Al del submódulo. Dicha capa activa consiste en la deposición posterior de buckminsterfullereno (C60) y subftalocianina (SubPc).

Una capa de transporte de hueco de óxido de molibdeno (MoOx) se deposita posteriormente en la capa activa, mediante evaporación al vacío, utilizando un enmascarado por sombra similar.

Para finalizar las células del primer submódulo, se pulveriza una capa de óxido de indio y estaño (ITO). Aquí también se aplica el enmascarado por sombra, para asegurar que se cubren áreas similares a la capa activa y la capa de transporte de hueco. Se deberá tener cuidado para que se realice un ligero desplazamiento en la posición en las deposiciones de capa posteriores para crear una conexión en serie entre células adyacentes, tal como se muestra en la Figura 6. Así, esta conexión en serie se crea asegurando que la capa de ITO de una célula haga contacto eléctrico directo con la capa Al de una célula adyacente.

Además, los materiales que se depositan en el sustrato y que conforman en esta configuración las células fotovoltaicas orgánicas que están conectadas en serie entre sí se pueden cubrir mediante un material transparente ópticamente y aislante eléctricamente, como el parileno.

Después de la deposición de esta capa de parileno, se lleva a cabo una deposición de una capa adhesiva sensible a la presión y transparente ópticamente, mediante recubrimiento por rociado.

Utilizando ahora como un segundo sustrato una placa de poli(etileno tereftalato) (PET), se crean primeros electrodos de otro submódulo pulverizando una capa de ITO. Utilizando un enmascarado por sombra, se crea un patrón en esta capa de ITO, de manera que se cubran las múltiples áreas adyacentes del sustrato y con tamaños similares mediante la capa de ITO. Cada una de dichas múltiples áreas servirá como un electrodo de una célula del segundo submódulo.

Además, mediante recubrimiento por rociado y enmascarado por sombra similar, se deposita una capa de transporte de hueco en cada electrodo de ITO del submódulo. Esta capa de transporte de hueco consiste en una capa de poli(etileno dioxitiofeno) (PEDOT) en la que se ha dispersado poli(estireno sulfonato) (PSS) con anterioridad a la deposición.

Una capa activa que consiste en una mezcla de poli(3 hexil tiofeno) (P3HT) y (6,6)-fenil C61-ácido butírico éster metílico (PCBM) en la capa de transporte de hueco mediante recubrimiento por rociado y enmascarado por sombra similar.

- 5 Además, se deposita óxido de titanio (TiOx) mediante el recubrimiento por rociado y el enmascarado por sombra similar para servir como una capa de transporte de electrones.

- 10 Para finalizar las células del segundo submódulo, se pulveriza una capa de óxido de indio y estaño (ITO). Aquí también se aplica enmascarado por sombra, con el fin de asegurar que se cubren áreas similares, como la capa de transporte de electrones, la capa activa y la capa de transporte de hueco. Se deberá prestar atención de manera que se realice un ligero desplazamiento en la posición en las deposiciones de capa posteriores, para crear una conexión en serie entre células adyacentes, tal como se muestra en la Figura 6.

- 15 Esta conexión en serie se crea de este modo garantizando que la capa de ITO de una célula depositada después de la capa de transporte de electrones hace contacto eléctrico directo con la capa de ITO de la célula adyacente depositada directamente en el sustrato.

- 20 Además, los materiales que se depositan en el sustrato y que conforman en esta configuración las células fotovoltaicas orgánicas que están conectadas en serie entre sí se cubren a continuación mediante un material transparente ópticamente y aislante eléctricamente, como el parileno.

Mediante la utilización de la capa de adhesivo depositada con anterioridad, ambos submódulos se adhieren técnicamente entre sí.

25

REIVINDICACIONES

1. Módulo fotovoltaico multiconexión, que comprende un primer submódulo fotovoltaico y un segundo submódulo fotovoltaico apilado sobre el primer submódulo fotovoltaico, en el que:

- el primer submódulo fotovoltaico comprende una pluralidad de N primeras subcélulas fotovoltaicas que están integradas monolíticamente en un primer sustrato y en el que el segundo submódulo fotovoltaico comprende una pluralidad de M segundas subcélulas fotovoltaicas que están integradas monolíticamente en un segundo sustrato, siendo N y M enteros;
- la pluralidad de N primeras subcélulas fotovoltaicas es sustancialmente idéntica y presenta un primer tamaño de área activa;
- la pluralidad de M segundas subcélulas fotovoltaicas es sustancialmente idéntica y presenta un segundo tamaño de área activa que es sustancialmente diferente del primer tamaño de área activa;
- la pluralidad de primeras subcélulas fotovoltaicas está conectada eléctricamente en serie;
- la pluralidad de segundas subcélulas fotovoltaicas está conectada eléctricamente en serie;
- el primer submódulo fotovoltaico y el segundo submódulo fotovoltaico están conectados eléctricamente en paralelo, en el que
- bajo iluminación, la totalidad de las primeras N subcélulas fotovoltaicas están caracterizadas porque presentan la misma tensión de circuito abierto V_{C01} y todas las segundas M subcélulas fotovoltaicas están caracterizadas porque presentan la misma tensión de circuito abierto V_{C02} y donde
- bajo iluminación, una primera fototensión generada por el primer submódulo fotovoltaico es sustancialmente igual a una segunda fototensión generada por el segundo submódulo fotovoltaico.

2. Módulo fotovoltaico multiconexión según la reivindicación 1, en el que las primeras subcélulas fotovoltaicas y las segundas subcélulas fotovoltaicas son subcélulas orgánicas.

3. Módulo fotovoltaico multiconexión según la reivindicación 1 o 2, en el que la pluralidad de primeras subcélulas fotovoltaicas comprenden un primer material activo y en el que la pluralidad de segundas subcélulas fotovoltaicas comprenden un segundo material activo diferente del primer material activo.

4. Módulo fotovoltaico multiconexión según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer submódulo fotovoltaico y el segundo submódulo fotovoltaico están apilados con sus lados de dispositivo orientados el uno hacia el otro.

5. Procedimiento para la fabricación de un módulo fotovoltaico multiconexión, que comprende las etapas siguientes:

- fabricar un primer submódulo fotovoltaico que comprende una pluralidad de primeras subcélulas fotovoltaicas sustancialmente idénticas que están integradas monolíticamente en un primer sustrato y que presentan un primer tamaño de área activa;
- conectar dicha pluralidad de primeras subcélulas fotovoltaicas sustancialmente idénticas en serie;
- fabricar un segundo submódulo fotovoltaico que comprende una pluralidad de segundas subcélulas fotovoltaicas sustancialmente idénticas que están integradas monolíticamente en un segundo sustrato y que presentan un segundo tamaño de área activa diferente del primer tamaño de área activa;
- conectar dicha pluralidad de subcélulas fotovoltaicas sustancialmente idénticas en serie;
- apilar el segundo submódulo fotovoltaico sobre el primer submódulo fotovoltaico;
- conectar eléctricamente dichos primeros y segundos submódulos fotovoltaicos en paralelo, obteniendo así un módulo fotovoltaico;
- determinar la tensión de circuito abierto V_{C01} de las primeras subcélulas fotovoltaicas bajo iluminación;
- determinar la tensión de circuito abierto V_{C02} de las segundas subcélulas fotovoltaicas bajo iluminación; y

- determinar y proporcionar la cantidad N de primeras subcélulas en el primer submódulo y la cantidad M de segundas subcélulas en el segundo submódulo que minimiza el desajuste de tensión entre los primeros y segundos submódulos, siendo N y M enteros.

5 6. Procedimiento según la reivindicación 5, que además comprende el encapsulado del módulo fotovoltaico multiconexión.

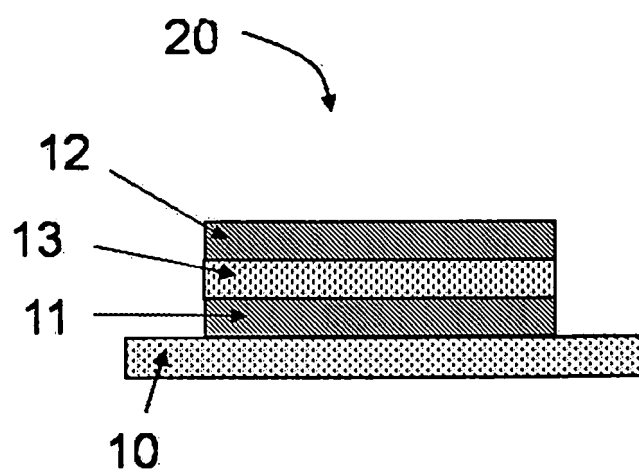


Fig.1 (a)

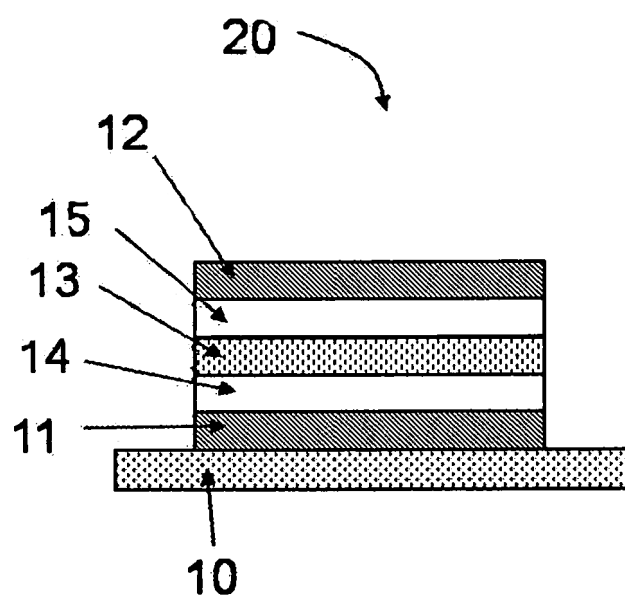


Fig.1 (b)

FIG. 1

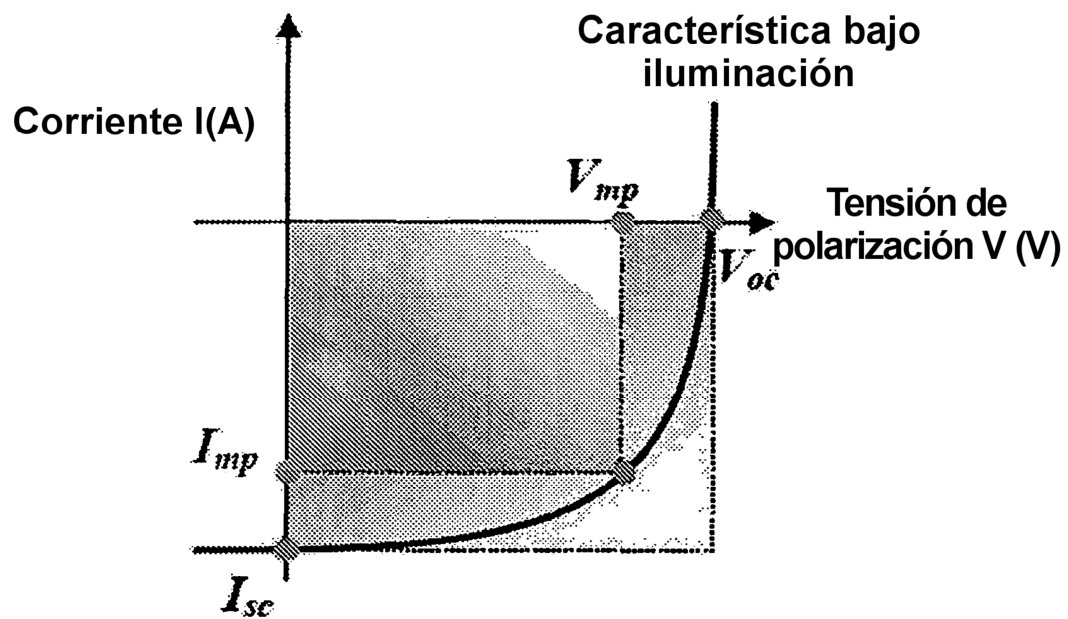


FIG. 2

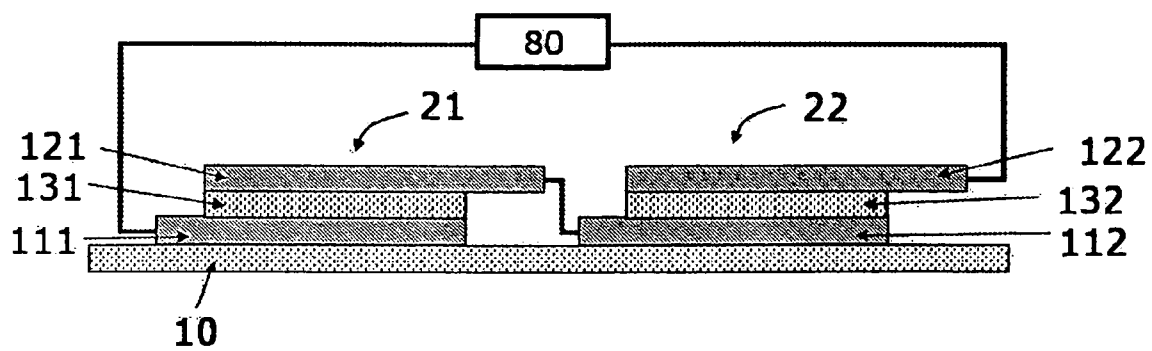


Fig.3 (a)

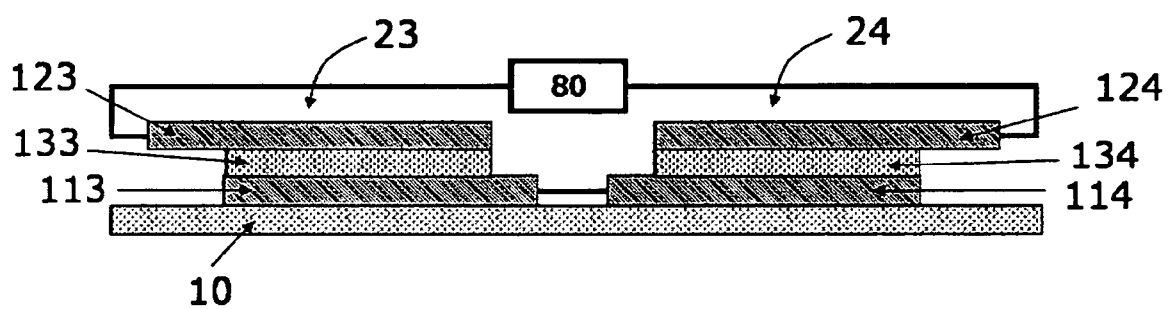


Fig.3 (b)

FIG. 3

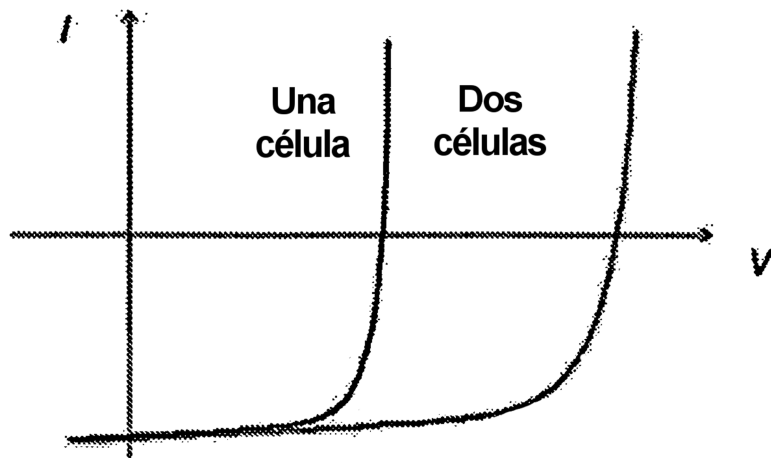


Fig. 4 (a)

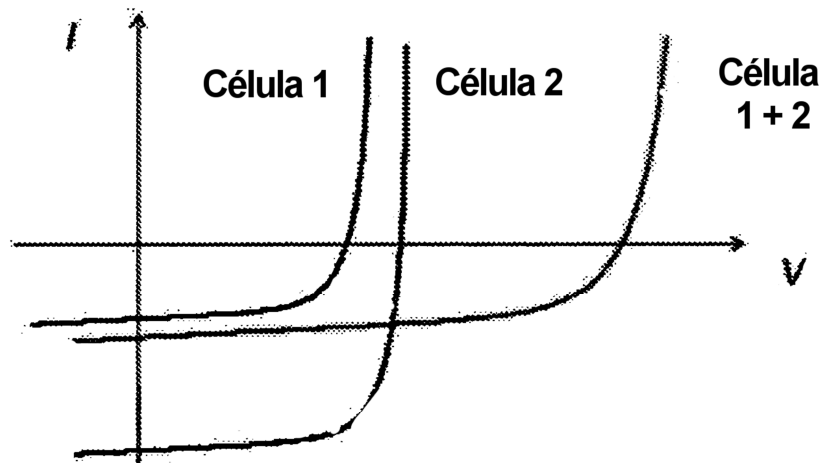


Fig. 4 (b)

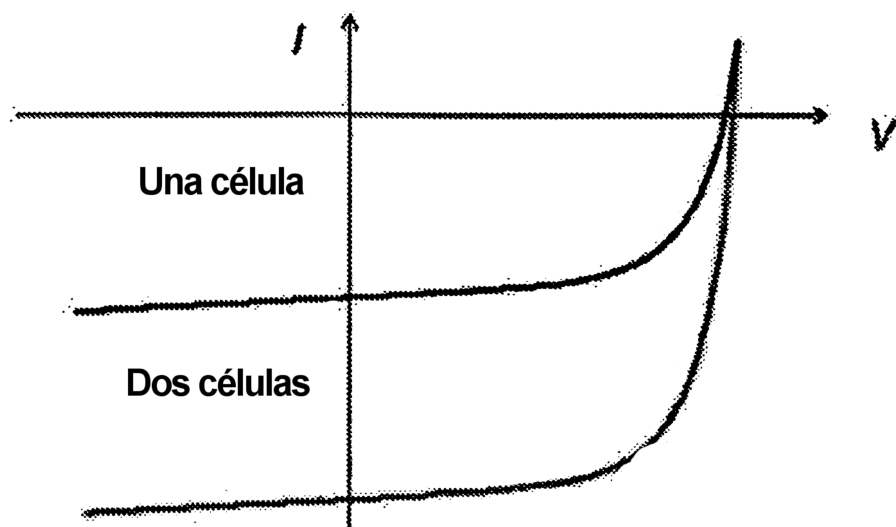


Fig.4 (c)

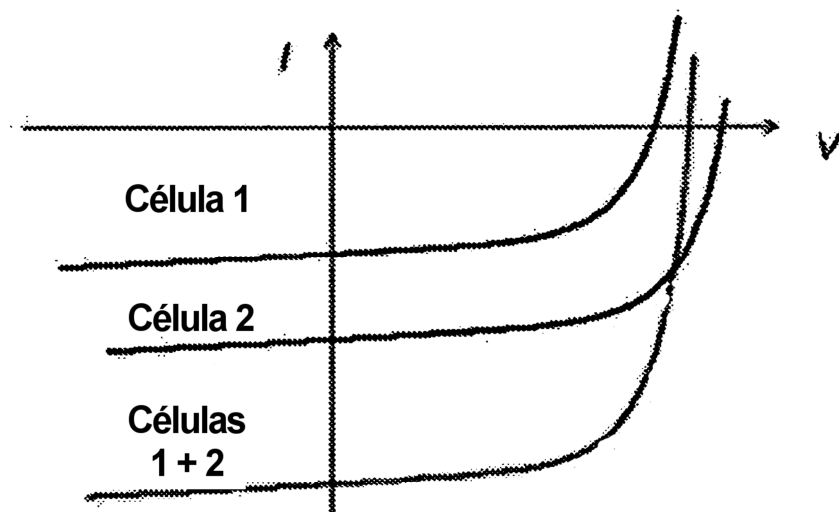


Fig.4 (d)

FIG. 4

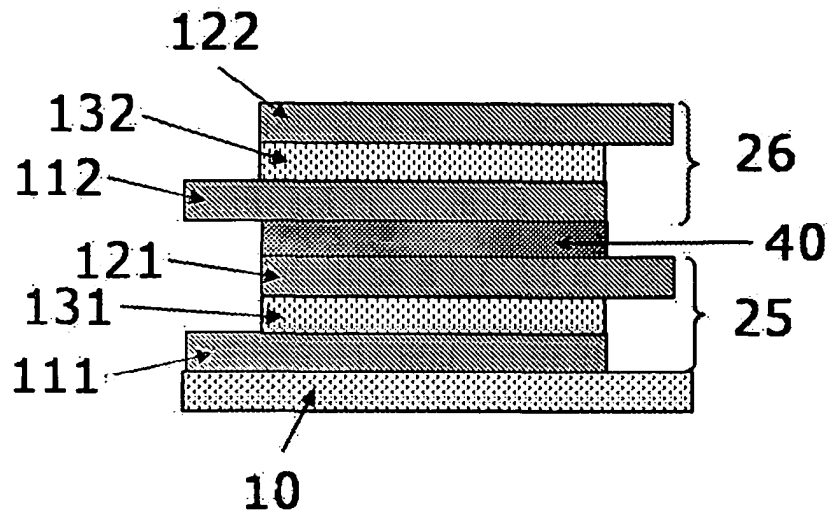


Fig.5 (a)

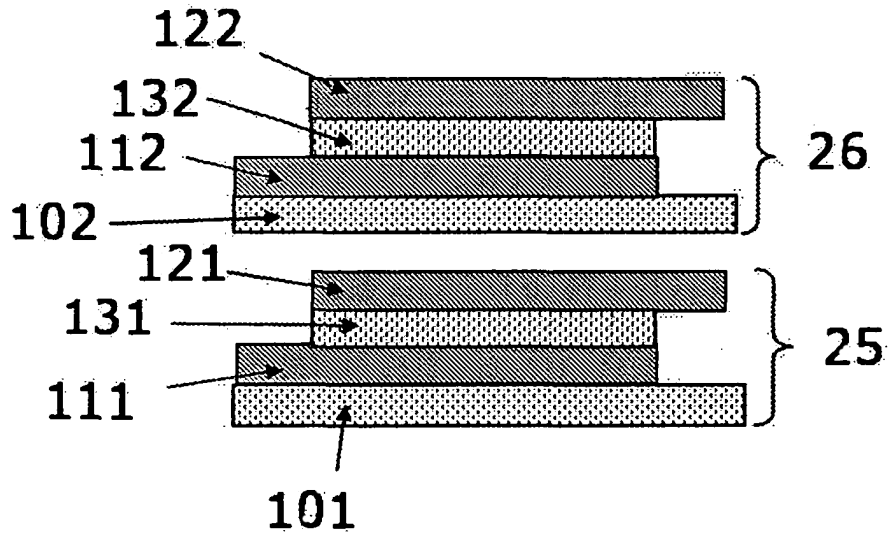


Fig.5 (b)

FIG. 5

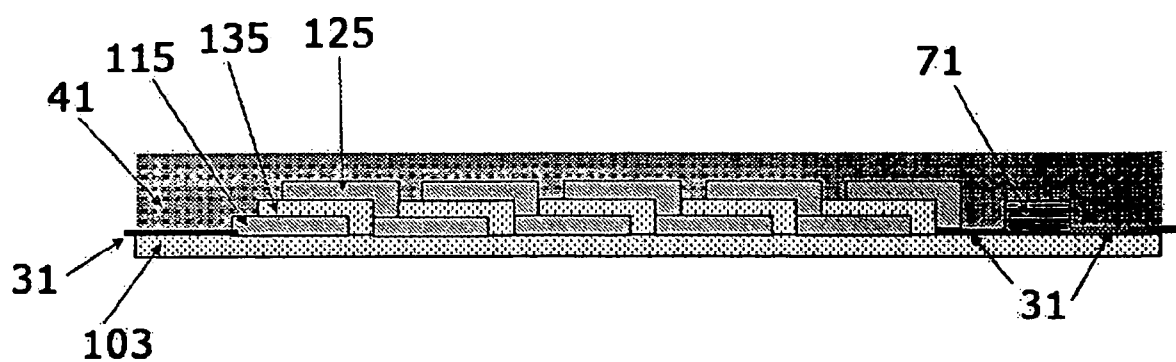


FIG. 6

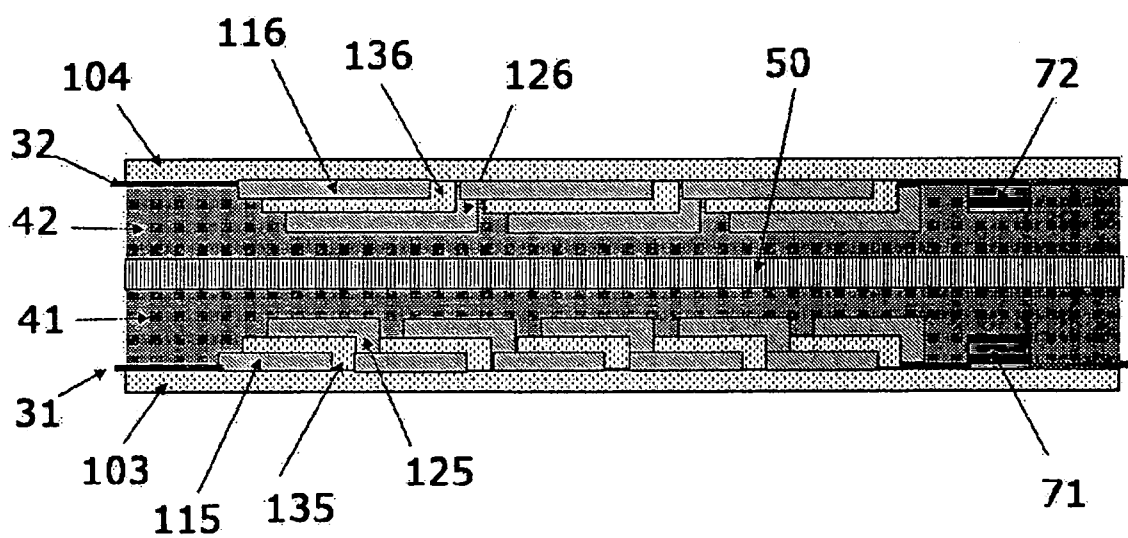


FIG. 7