(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 713 059**

(51) Int. CI.:

H01L 31/052 (2014.01)
H01L 31/076 (2012.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2010 E 10290190 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2375455**

(54) Título: **Célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.05.2019

(73) Titular/es:

SAINT-AUGUSTIN CANADA ELECTRIC INC. (100.0%)
75 Rue d'Anvers
Saint-Augustin de Desmaures, Québec G3A 1S5, CA

(72) Inventor/es:

GOMBERT, ANDREAS y
VAN RIESEN, SACHA

(74) Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

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

Célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una célula solar de múltiples uniones y, en particular, a una célula solar de múltiples uniones que comprende una primera pila de células solares y una segunda pila de células solares que intercalan una capa de conducción.

Antecedentes de la invención

Las células fotovoltaicas o solares están diseñadas para convertir la radiación solar en corriente eléctrica. En las aplicaciones fotovoltaicas de concentración solar, la luz solar entrante se concentra ópticamente antes de dirigirse a las células solares. Por ejemplo, la luz solar entrante es recibida por un espejo primario que refleja la radiación recibida hacia un espejo secundario que, a su vez, refleja la radiación hacia una célula solar, que convierte la radiación concentrada en corriente eléctrica por la generación de pares de orificios de electrones. pares en semiconductor III-V o silicio monocristalino, por ejemplo. El concentrador fotovoltaico puede, de forma alternativa o adicional, comprender ópticas de lente de Fresnel para la concentración de la radiación solar entrante.

El documento US 4 948 436 A divulga una disposición de células solares con una célula en tándem que comprende células pin y nip optimizadas para la absorción de luz en diferentes regiones de longitud de onda. Las células están conectadas eléctricamente entre sí en un circuito paralelo.

Dado que diferentes composiciones de material semiconductor muestran una absorción óptima para diferentes longitudes de onda de la radiación solar entrante, se han propuesto células de múltiples uniones que comprenden, por ejemplo, tres células que muestran una absorción óptima en diferentes rangos de longitud de onda. Las células individuales de la célula de múltiples uniones están conectadas eléctricamente en serie. En consecuencia, la célula particular que tiene la tasa más baja de generación de portadores de carga libre limita la generación de energía general, es decir, la corriente total ganada.

Esta coincidencia de corriente generalmente está diseñada para el espectro estándar AM 1.5d ASTM 173-3. Sin embargo, el espectro real de la luz solar entrante depende del tiempo en escalas desde minutos u horas hasta meses. En particular, el espectro cambia con las estaciones, el día y las condiciones climáticas. Por lo tanto, la coincidencia actual da como resultado pérdidas de rendimiento significativas debido a la variabilidad de la luz solar entrante.

Por lo tanto, a pesar del progreso reciente de la ingeniería, todavía existe la necesidad de una configuración de células solares que apenas se vea afectada por el espectro variable en el tiempo de la luz entrante.

Descripción de la invención

La presente invención aborda la necesidad mencionada anteriormente y, en consecuencia, proporciona una célula solar, en particular, una célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada, que comprende

una primera pila de células solares;

una segunda pila de células solares;

un aislante; y

en la que la primera pila de células solares y la segunda pila de células solares están conectadas eléctricamente paralelas entre sí; y

en la que la primera y la segunda pila de células solares están conectadas eléctricamente en paralelo por una capa metálica formada en el aislante formado en los bordes o caras laterales de la primera pila de células solares y la segunda pila de células solares y una capa de conducción dispuesta entre la primera y la segunda pilas de células solares o con un puente metálico.

Además, se proporciona una célula solar que comprende

una primera pila de células solares; y

una segunda pila de células solares; y

una capa de conducción (2) dispuesta entre la primera y la segunda pila de células solares; y

en la que la primera pila de células solares y la segunda pila de células solares están conectadas eléctricamente paralelas entre sí; y

que comprende además un sustrato de refrigeración conductor eléctrico y térmico y una almohadilla de unión para unir la segunda pila de células solares al sustrato de refrigeración; y

en la que la primera y la segunda pila de células solares están conectadas eléctricamente en paralelo por un cable que conecta un contacto p de la primera pila de células solares y un contacto p del sustrato de refrigeración.

Cada pila de células solares puede ser una sola unión o una serie conectada de múltiples uniones en sí misma. En el caso de las pilas de células solares de múltiples uniones, las pilas de células individuales son de corriente adaptada.

En particular, la primera pila de células solares puede optimizarse (con respecto a hueco(s) de banda de conducción de valencia) para la absorción de la luz solar entrante en un primer rango de longitud de onda y la segunda pila de células solares puede optimizarse para la absorción de la luz solar entrante en un segundo rango de longitud de onda donde el primer y el segundo rangos de longitud de onda se superponen como máximo parcialmente. Por ejemplo, el primer rango de longitud de onda se da de 300 a 750 nm (dentro de una tolerancia de unos ±70 nm) y el segundo rango de longitud de onda se extiende desde 750 nm hasta longitudes de onda más grandes en el régimen infrarrojo.

A diferencia de las células de múltiples uniones de la técnica, según la presente invención, diferentes pilas de células solares están conectadas eléctricamente paralelas entre sí y están integradas en un único chip semiconductor. De este modo, el problema mencionado anteriormente relacionado con la corriente adaptada se alivia de manera económica. En particular, los cambios temporales en el espectro de la luz solar entrante no están afectando gravemente el rendimiento general de la célula solar múltiple. La insensibilidad con respecto al espectro de la luz entrante se puede mejorar aún más al proporcionar a las dos pilas de células solares una tensión de circuito abierto igual o similar. Por una tensión de circuito abierto similar se entiende una desviación en el rango inferior al 5 %, en particular, inferior al 3 % y más particularmente inferior al 1 %. Además, las dos pilas de células solares pueden mostrar polaridad opuesta (p-n) para reducir la complejidad del cableado.

De acuerdo con una realización, la célula solar múltiple de los ejemplos anteriores comprende una capa de conducción que está dispuesta entre la primera y la segunda pilas de células solares y tiene una transparencia integrada de más del 80 % sobre el rango de longitud de onda que es utilizada por la pila de células 2. La capa de conducción puede comprender o consistir en un material semiconductor dopado n. La capa de conducción entra en contacto con la primera y la segunda pilas de células solares y facilita el transporte de corriente lateral.

Además, la pila de células solares inventiva mencionada en primer lugar puede comprender un sustrato de refrigeración, en particular, un sustrato de refrigeración térmica y eléctricamente conductor, y una almohadilla de unión para unir la segunda pila de células solares al sustrato de refrigeración. La almohadilla de unión y/o el sustrato de refrigeración pueden comprender o consistir en una aleación de aluminio, en particular, de una aleación de aluminio al 99,5 %. De este modo, no solo se garantiza una conductividad térmica y eléctrica suficientemente alta, sino que también se evitan en gran medida las tensiones térmicas entre la almohadilla de unión y el sustrato de refrigeración mediante la elección del mismo material.

La primera pila de células solares puede comprender o consistir en una célula GaInP y la segunda pila de células solares puede comprender o consistir en una célula superior de GaInAs y una célula inferior de Ge. Los materiales semiconductores compuestos usados convencionalmente como GaInP, InGaAs y Ge pueden, por lo tanto, emplearse en la presente invención, que permiten una buena cobertura del espectro óptico de la luz solar entrante. Se debe tener en cuenta que la adaptación de tensión de la primera pila de células solares y la segunda pila de células solares, es decir, en este ejemplo, de la célula superior GaInP y la célula en tándem GaInAs/Ge, puede optimizarse mediante una elección apropiada de las relaciones estequiométricas particulares de los materiales semiconductores utilizados en la primera y segunda pila de células solares, o mediante la elección de diferentes semiconductores compuestos III-V que se adapten mejor a la coincidencia de voltaje y al uso eficiente de los rangos de longitud de onda correspondientes.

La presente invención también proporcionó un aparato de célula solar que comprende una óptica de concentrador y una célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada de acuerdo con uno de los ejemplos descritos anteriormente.

La necesidad antes mencionada también se aborda mediante un método para la fabricación de una célula solar (de múltiples uniones de tensión adaptada), que comprende las etapas de

proporcionar una primera pila de células solares;

proporcionar una segunda pila de células solares;

unir la primera pila de células solares en una primera superficie de una capa de conducción transparente, en particular, una capa semiconductora;

unir la segunda pila de células solares en una segunda superficie de la capa de conducción opuesta a la primera superficie; y

conectar eléctricamente la primera y la segunda pilas de células solares paralelas entre sí,

en la que conectar eléctricamente la primera y la segunda pilas de células solares paralelas entre sí comprende

a) formar una capa aislante en los bordes o caras laterales de la primera pila de células solares y la segunda pila de células solares y la capa de conducción; y

formar en la capa aislante, en particular, por deposición de vapor, una capa metálica que conecta un contacto (no conectado por la capa de conducción) de la primera pila de células solares y un contacto de la segunda pila de células solares;

o

b) conectar un contacto p de la primera pila de células solares y un contacto p del sustrato de refrigeración mediante un cable, por ejemplo, un cable delgado de oro o aluminio.

Por lo tanto, la conexión paralela se establece durante la fabricación de la configuración apilada que comprende la primera y la segunda pilas de células solares, así como la capa de conducción o después de su unión (el chip de la célula) al sustrato de refrigeración.

Se describirá características y ventajas adicionales de la presente invención con referencia a los dibujos. En la descripción, se hace referencia a las figuras adjuntas, que pretenden ilustrar realizaciones preferidas de la invención. Se entiende que tales realizaciones no representan el alcance completo de la invención.

La figura 1 ilustra una célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada de acuerdo con un ejemplo de la invención. La célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada comprende dos pilas de células solares y una capa de conducción dispuesta entre las dos pilas.

La figura 2 ilustra una célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada de acuerdo con otro ejemplo de la invención. La célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada comprende dos pilas de células solares y una capa de conducción dispuesta entre las dos pilas.

Como se muestra en la figura 1, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención, una célula solar 100 de múltiples uniones con tensión adaptada comprende una primera pila de células solares 1 proporcionada en una capa de conducción 2 proporcionada en una segunda pila de células solares 3. Cada una de la primera y la segunda pilas de células solares 1 y 3 comprende una o más células solares. Las células solares de la primera pila de células solares 1 están conectadas eléctricamente en serie y las células solares de la segunda pila de células solares 3 están conectadas eléctricamente en serie. En cada una de las pilas de células solares 1 y 3 se realiza la adaptación de corriente. Por ejemplo, la primera pila de células solares 1 está adaptada para la absorción de fotones de luz solar entrante en el rango de longitud de onda de 300 a 750 nm (dentro de una tolerancia de aproximadamente ±70 nm). La segunda pila de células solares 3 está adaptada para una absorción óptima en longitudes de onda más grandes (régimen infrarrojo).

De acuerdo con la presente invención, la primera pila de células solares 1 está conectada eléctricamente en paralelo a la segunda pila de células solares 3. Los desplazamientos de intensidad relativa entre los rangos de longitud de onda adecuados para la primera y la segunda pilas de células solares 1 y 3, por lo tanto, no afectan significativamente al rendimiento de la célula solar 100 de múltiples uniones con tensión adaptada. Para lograr una alta eficiencia de conversión, ambas pilas de células solares 1 y 3 tienen ventajosamente la misma o una tensión de circuito abierto similar. Además, para ahorrar la complejidad y el coste del cableado, la primera pila de células solares 1 y la segunda pila de células solares 3 muestran polaridades opuestas (p-n) y están conectadas por la capa de conducción 2.

La capa de conducción 2 se puede hacer o comprender un material semiconductor dopado. Debido a la mayor movilidad de los electrones en comparación con los orificios, un semiconductor dopado n, por ejemplo, un semiconductor dopado n++, puede proporcionarse para la capa de conducción 2. De acuerdo con una realización alternativa, se proporciona una rejilla incrustada en lugar de la capa de conducción 2. La capa de conducción muestra una transparencia integrada más alta que el 80 % sobre el rango de longitud de onda que se convierte por la segunda pila de células solares.

Si se proporciona un semiconductor dopado n para la capa de conducción 2, la primera pila de células solares 1 muestra una polaridad p sobre n, mientras que en este caso la segunda pila de células solares 3 muestra una

polaridad n sobre p. De este modo, la base de la célula más baja de la primera pila de células solares 1, así como el emisor de la célula superior de la segunda pila de células solares 3, contribuyen a la corriente lateral en la capa de conducción 2.

La segunda pila de células solares 3 comprende un sustrato de célula inferior 4 que tiene una muy buena conductividad eléctrica o contiene una capa de contacto que se utiliza para la unión de troquel al sustrato del disipador de calor 6, por ejemplo, utilizando soldadura o adhesivo eléctricamente conductor 5. El sustrato de refrigeración 6 se puede proporcionar en forma de un sustrato de refrigeración 6 conductor térmico y eléctrico y funciona como un polo positivo de la célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada. Se prefiere que la almohadilla de unión 5 y el sustrato de refrigeración 6 estén hechos del mismo material. Según un ejemplo, este material es una aleación de aluminio, en particular, una aleación de aluminio del 99,5 %. Las tensiones térmicas entre la almohadilla de unión 5 y el sustrato de refrigeración 6 se evitan en gran medida mediante la elección del mismo material.

En principio, el sustrato de refrigeración 6 puede consistir en un metal plano y debe proporcionar una distribución de calor térmico y también puede servir como un conductor eléctrico. Las dimensiones y, en particular, el espesor del metal plano (así como el espesor de la almohadilla de unión 5) se pueden seleccionar de acuerdo con el rendimiento de refrigeración deseado.

Se proporciona un contacto n en la capa de conducción lateral 2. Como ya se mencionó, la primera y la segunda pilas de células solares 1 y 3 están conectadas eléctricamente en paralelo entre sí. En el ejemplo que se muestra en la figura 1, la conexión en paralelo se realiza conectando los contactos p 8 y 8' de la primera pila de células solares 1 y la segunda pila de células solares 3 por medio de una conexión de metal 9 formada en un material aislante 10. Por ejemplo, el material aislante 10 puede estar formado de poliimida y el conector metálico 9 está formado por deposición de vapor. Alternativamente, se podría usar un aislante temporal, que se retira después de formar la conexión de metal, dejando un puente de interconexión. Por lo tanto, la conexión en paralelo se establece durante la fabricación de la configuración que comprende las dos pilas de células solares 1 y 3 que emparedan la capa de conducción 2.

En la figura 2 se muestra un ejemplo alternativo de la célula solar de múltiples uniones de tensión adaptada de la invención. Esta célula solar 200 de múltiples uniones de tensión adaptada también comprende las pilas de células solares 1 y 3, la capa de conducción 2 y la almohadilla de unión 5, así como el sustrato de refrigeración 6 que se muestra en la figura 1. Sin embargo, la conexión eléctrica en paralelo de la primera pila de células solares 1 y la segunda pila de células solares 3 se realiza de manera diferente. En lugar de depositar una capa de metal sobre un aislante donde la capa de metal conecta el polo p de la primera y la segunda pilas de células solares 1 y 3, de acuerdo con el ejemplo que se muestra en la figura 2, la unión de los cables entre el contacto p de la primera pila de células solares 1 y el contacto p proporcionado en el sustrato de refrigeración 6 establecen la conexión paralela. En este caso, la conexión de la primera pila de células solares 1 y la segunda pila de células solares 3 en paralelo se realiza después de montar los chips de células en el sustrato de refrigeración eléctricamente conductor 6 por medio de un cable delgado 11. El cable delgado 11 puede estar hecho de oro o aluminio.

Aunque en la figura 1 se muestran una primera pila de células de p sobre n 1 y una segunda pila de células de n sobre p 3, según otro ejemplo, la primera pila de células 1 puede ser una pila de n sobre p y la segunda pila de células 3 puede ser una pila de células de p sobre n. En este caso, la capa de conducción lateral 2 puede ser una rejilla incrustada. Además, en este caso, la capa de aislamiento 10 se retira después de que se haya formado la conexión metálica 9, dejando un puente de interconexión formado por la conexión metálica 9. En esta configuración, la mejor conductividad del semiconductor dopado n se puede emplear para la capa emisora de la célula solar superior de la pila de células de p sobre n 1.

Tanto en el ejemplo de una célula solar 100 de múltiples uniones de tensión adaptada que la que se muestra en la figura 1 como en el ejemplo de una célula solar 200 de múltiples uniones de tensión adaptada que se muestra en la figura 2, la primera pila de células solares 1 puede comprender o consistir en una célula de GaInP y la segunda la pila de células 3 puede comprender o consistir en una célula superior de GaInAs y una célula inferior de Ge. Para las células solares 100 y 200 de múltiples uniones de tensión adaptada, se puede elegir un material $Ga_{0.35}In_{0.65}P/Ga_{0.83}In_{0.17}As/Ge$ metamórfico, por ejemplo. La adaptación de tensión de la célula superior de GaInP y la célula doble de GaInAs/Ge se puede optimizar mediante una elección apropiada de las relaciones estequiométricas particulares.

Todas las realizaciones descritas previamente no pretenden ser limitaciones, sino que sirven como ejemplos que ilustran características y ventajas de la invención. Debe entenderse que algunas o todas las características descritas anteriormente también se pueden combinar de diferentes maneras.

REIVINDICACIONES

1. Célula solar (100), que comprende

una primera pila de células solares (1);

una segunda pila de células solares (3);

un aislante (10); y

en la que la primera pila de células solares (1) y la segunda pila de células solares (3) están conectadas eléctricamente paralelas entre sí; y

en la que la primera y la segunda pila de células solares (1, 3) están conectadas eléctricamente en paralelo por una capa metálica (9) formada en el aislante (10) formado en los bordes o caras laterales de la primera pila de células solares (1) y la segunda pila de células solares (3) y una capa de conducción (2) dispuesta entre la primera y la segunda pilas de células solares (1, 3) o con un puente metálico.

2. Célula solar (200), que comprende

una primera pila de células solares (1);

una segunda pila de células solares (3); y

una capa de conducción (2) dispuesta entre la primera y la segunda pila de células solares (1, 3); y

en la que la primera pila de células solares (1) y la segunda pila de células solares (3) están conectadas eléctricamente paralelas entre sí; y

que comprende además un sustrato de refrigeración (6) conductor eléctrico y térmico y una almohadilla de unión (5) para unir la segunda pila de células solares (3) al sustrato de refrigeración (6); y

en la que la primera y la segunda pila de células solares (1, 3) están conectadas eléctricamente en paralelo por un cable (11) que conecta un contacto p (8) de la primera pila de células solares (1) y un contacto p (8') del sustrato de refrigeración (6).

3. La célula solar según la reivindicación 1 o 2, en la que la primera pila de células solares (1) está optimizada para la absorción de la luz solar entrante en un primer rango de longitud de onda y la segunda pila de células solares (3) está optimizada para la absorción de la luz solar entrante en un segundo rango de longitud de onda, donde el primer y el segundo rangos de longitud de onda se superponen como máximo entre sí.

4. La célula solar según la reivindicación 1, en la que la capa de conducción (2) consiste en un material semiconductor dopado n.

5. La célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la primera y la segunda pilas de células solares (1, 3) tienen una tensión de circuito abierto igual o similar.

6. La célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la primera y la segunda pilas de células solares (1, 3) tienen polaridades opuestas.

7. La célula solar según la reivindicación 2, en la que la almohadilla de unión (5) y/o el sustrato de refrigeración (6) comprenden o consisten en una aleación de aluminio, en particular, una aleación de aluminio al 99,5 %.

8. La célula solar según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la primera pila de células solares (1) comprende o consiste en una célula GaInP y la segunda pila de células solares (3) comprende o consiste en una célula superior de GaInAs y una célula inferior de Ge.

9. Un aparato de célula solar que comprende una óptica de concentrador y una célula solar de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

10. Método para la fabricación de una célula solar, que comprende las etapas de

proporcionar una primera pila de células solares (1);

proporcionar una segunda pila de células solares (3);

unir la primera pila de células solares (1) sobre una primera superficie de una capa de conducción (2), en particular, una capa semiconductora;

unir la segunda pila de células solares (3) en una segunda superficie de la capa de conducción (2) opuesta a la primera superficie;

unir la segunda pila de células solares (3) mediante una almohadilla de unión (5) a un sustrato conductor térmico y eléctrico (6); y

conectar eléctricamente la primera y la segunda pilas de células solares (1, 3) paralelas entre sí, donde conectar eléctricamente la primera y la segunda pila de células solares (1, 3) paralelas entre sí comprende

a) formar una capa aislante (10) en bordes o caras laterales de la primera pila de células solares (1) y la segunda pila de células solares (3) y la capa de conducción (2); y formar en la capa aislante (10), en particular, por deposición de vapor, una capa metálica (9) que conecta un contacto p (8) de la primera pila de células solares (1) y un contacto p (8') de la segunda pila de células solares (3)

o

b) conectar un contacto p (8) de la primera pila de células solares (1) y un contacto p (8') del sustrato de refrigeración (6) mediante un cable (11).

FIG. 1

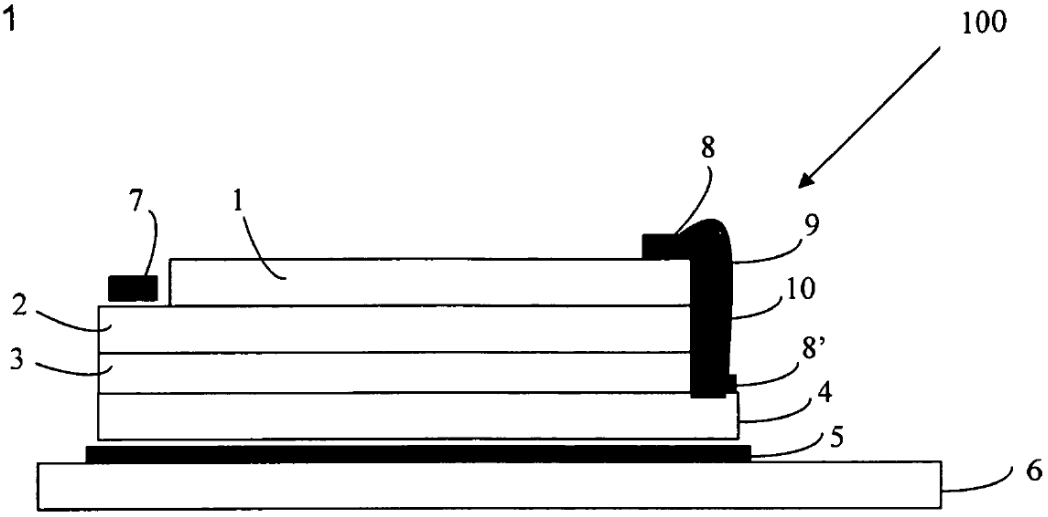
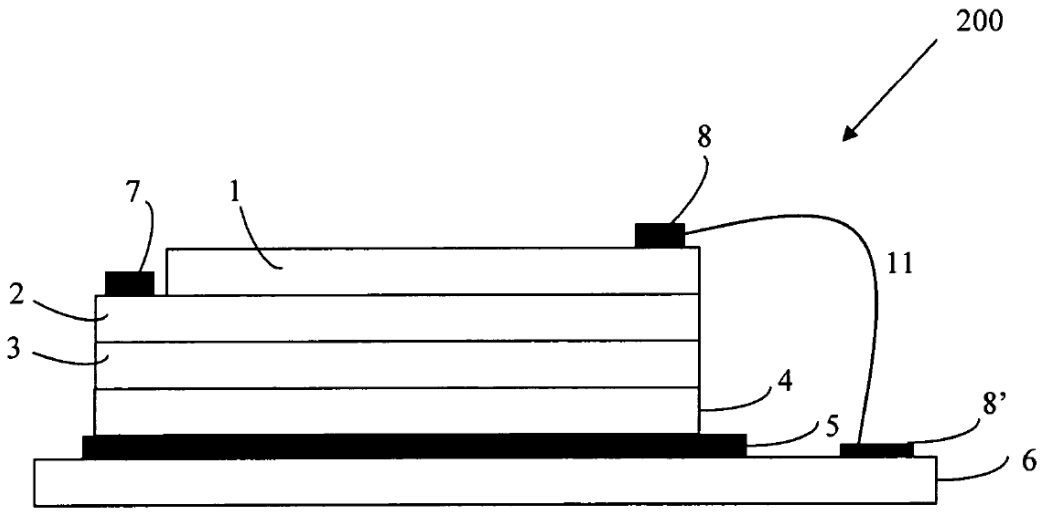
Fig. 2