

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 993 987**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/068 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2019** **PCT/DE2019/000027**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.08.2019** **WO19154450**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2019** **E 19718056 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024** **EP 3750191**

54 Título: **Método para mejorar el comportamiento de contacto óhmico entre una rejilla de contacto y una capa emisora de una celda solar de silicio**

30 Prioridad:

07.02.2018 DE 102018001057

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.01.2025

73 Titular/es:

CE CELL ENGINEERING GMBH (100.00%)
Orionstraße 1
06184 Kabelsketal, DE

72 Inventor/es:

ZHAO, HONGMING

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 993 987 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

Método para mejorar el comportamiento de contacto óhmico entre una rejilla de contacto y una capa emisora de una celda solar de silicio

5

La invención se refiere a un método para mejorar el comportamiento de contacto óhmico entre una rejilla de contacto y una capa emisora de una celda solar de silicio.

10

Para poner en contacto las celdas solares de silicio cristalino, se aplica una pasta metálica en forma de rejilla de contacto a su cara frontal recubierta de nitruro de silicio dieléctrico mediante serigrafía. Tras la aplicación, la pasta metálica es curada en horno en el nitruro de silicio a 800-900 °C para formar un contacto eléctrico con la capa emisora. El control del proceso durante el curado en horno de la pasta metálica tiene una influencia decisiva en la formación del contacto, ya que un control incorrecto del proceso provoca una resistencia de contacto alta en la transición entre la pasta metálica y la capa emisora de la celda solar de silicio. Las resistencias de contacto altas pueden reducir la eficiencia de la celda solar de silicio.

15

20

A partir de la técnica anterior se conocen métodos que permiten estabilizar la eficiencia o mejorar el rendimiento de las celdas solares. Por ejemplo, en el documento DE 10 2011 056 843 A1 se describe un método para "estabilizar la eficiencia de las celdas solares de silicio". Durante el proceso de laminación, se inyecta un flujo continuo de corriente en un compuesto de celda solar, que esencialmente reconstituye complejos de boro-oxígeno en el material de silicio. El documento EP 2 164 114 A1 también se refiere a la estabilización de la eficiencia o la mejora del rendimiento.

25

En el documento US 4 166 918 A se propone un método para mejorar el rendimiento de una celda solar, en donde la celda solar se somete a una tensión aplicada en dirección opuesta a su sentido directo. Esto estimula un flujo de corriente a lo largo de los cortocircuitos dentro de la celda solar, que los "quema" y, por tanto, los elimina.

Sin embargo, se desconoce la influencia de estos métodos conocidos en la transición entre la rejilla de contacto y la capa emisora de una celda solar de silicio.

30

Se requieren resistencias laminares bajas (por debajo de 100 Ohm/□) en la capa emisora para generar contactos eléctricos de resistencia baja con la capa emisora. Sin embargo, esto provoca una mala conversión de la luz de onda corta en corriente eléctrica. Se consigue una mejor conversión con resistencias laminares del orden de 110-150 Ohm/□. En este caso, sin embargo, sólo pueden producirse transiciones de resistencia relativamente alta entre la rejilla de contacto y la capa emisora con los procesos de secado en horno habituales. Para evitarlo, se desarrolló el concepto de emisor selectivo (por ejemplo, en el documento EP 2 583 315 B1). Las zonas de la capa emisora que posteriormente se imprimen con la pasta metálica se dopan localmente a un nivel superior, de modo que la resistencia laminar se reduce localmente. Sin embargo, esto requiere etapas adicionales complejas en el proceso de fabricación de las celdas solares de silicio.

35

40

En el campo de los componentes electrónicos, se conoce a partir del documento DD 250 247 A3 que el comportamiento de contacto óhmico con cuerpos semiconductores que han sido puestos en contacto por medio de material adhesivo conductor de la electricidad puede mejorarse aplicando un pulso de tensión. El mecanismo de acción de la mejora del contacto no se describe detalladamente en el documento. Los adhesivos conductores de la electricidad utilizados para el contacto consisten esencialmente en partículas conductoras de la electricidad, normalmente perlas de plata o escamas de plata, que están rodeadas por una matriz polimérica.

45

50

La solicitud de patente europea EP 3 494 601 A1 propone un método para mejorar el comportamiento de contacto óhmico entre una rejilla de contacto y una capa emisora de una celda solar de silicio. En este caso, la rejilla de contacto de una celda solar de silicio se pone en contacto con una matriz de pines de contacto y se genera un flujo de corriente entre ésta y el contacto trasero de dicha celda solar mediante pulsos de tensión. Con duraciones de pulso entre 1 ms y 100 ms y corrientes inducidas en el intervalo de 10 a 30 veces la corriente de cortocircuito de la celda solar de silicio, se puede reducir una resistencia de contacto alta entre la rejilla de contacto y la capa emisora y, de este modo, corregir, por ejemplo, un control del proceso defectuoso durante el curado en horno de la pasta metálica. Como alternativa, se describe un método en el que una celda solar de silicio polarizada eléctricamente se explora con una fuente de luz

- puntual, en donde se genera un flujo de corriente con una densidad de corriente de cortocircuito de 10 a 30 veces la de la celda solar de silicio en un subsección iluminada. Según el tipo y la calidad de la celda solar de silicio, la irradiación de la cara orientada hacia el sol de la celda solar de silicio puede, en determinadas condiciones, tener un efecto indeseable sobre el material e incluso dañarlo. El objetivo de la invención consiste en seguir desarrollando el método para mejorar el comportamiento de contacto óhmico entre una rejilla de contacto y una capa emisora de una celda solar de silicio de tal manera que se minimicen aún más las influencias materiales causadas por la irradiación de la cara orientada hacia el sol. Además, el método también debe poder aplicarse a celdas solares de silicio con una capa emisora que presente una resistencia laminar alta.
- El objeto de la reivindicación 1 resuelve este objetivo proporcionando, en primer lugar, una celda solar de silicio con una capa emisora, una rejilla de contacto y un contacto trasero, y conectando eléctricamente la rejilla de contacto a un polo de una fuente de tensión. El otro polo de la fuente de tensión está conectado eléctricamente a un dispositivo de contacto que se coloca en el contacto trasero. A continuación, la fuente de tensión se utiliza para aplicar una tensión en dirección opuesta al sentido directo de la celda solar de silicio, con una magnitud que es inferior a la tensión de ruptura inversa de la celda solar de silicio. Cuando se aplica esta tensión, se guía una fuente de luz puntual sobre la cara orientada hacia el sol de la celda solar de silicio y se ilumina una sección de la subsección de la cara orientada hacia el sol. Esto induce un flujo de corriente en la subsección que tiene una densidad de corriente de 200 A/cm² a 20.000 A/cm² en relación con la sección y actúa sobre la subsección durante 10 ns a 10 ms, exceptuando una densidad de corriente resultante de un flujo de corriente en el intervalo de 100 mA y un tamaño del punto de láser de 60 µm con un tiempo de exposición resultante de una velocidad de avance del láser de 10 m/s.
- El método de acuerdo con la invención se utiliza para compensar un control de proceso defectuoso durante el curado en horno de la pasta metálica, de modo que las celdas solares alcancen, no obstante, la resistencia en serie óptima para su estructura. Además, el método de acuerdo con la invención también consigue un comportamiento de contacto óhmico muy bueno entre la rejilla de contacto y la capa emisora en el caso de capas emisoras con resistencias laminares altas, de modo que pueden omitirse las etapas de proceso necesarias para formar un emisor selectivo. Además, utilizando el método de acuerdo con la invención, el proceso de curado en horno también puede llevarse a cabo a temperaturas más bajas, ahorrando de ese modo energía en el proceso de fabricación de la celda solar de silicio.
- Se propone que la fuente de luz puntual sea un láser, un diodo emisor de luz o una lámpara de destello.
- En una realización, la fuente de luz puntual en la sección tiene una densidad de potencia de 500 W/cm² a 200.000 W/cm².
- Una realización proporciona que la fuente de luz puntual emita una radiación con una longitud de onda en el intervalo de 400 nm a 1500 nm.
- En otra realización, la sección tiene un área en el intervalo de 1·10³ µm² a 1·10⁴ µm².
- Se propone que la tensión aplicada en dirección opuesta al sentido directo de la celda solar de silicio esté en el intervalo de 1 V a 20 V.
- Se propone además que la fuente de luz puntual se guíe directamente junto a los dedos de contacto de la rejilla de contacto sobre la cara orientada hacia el sol de la celda solar de silicio.
- En una realización, la celda solar de silicio es monofacial o bifacial.
- En otra realización, la celda solar de silicio tiene un sustrato de silicio dopado con n o con p.
- Una realización proporciona que la capa emisora tenga una resistencia laminar superior a 100 Ohm/□.

A continuación se explican ejemplos de realizaciones de la invención.

En primer lugar, se proporciona una celda solar de silicio cristalino. Esta tiene una capa antirreflectante de nitruro de silicio en su cara orientada hacia al sol. Debajo de esta capa antirreflectante se dispone una capa emisora de la celda solar de silicio. En la cara orientada hacia el sol, se imprime una metalización frontal en forma de rejilla de contacto formada por dedos de contacto y barras colectoras (*busbars*) fabricadas con una pasta metálica disponible en el mercado (por ejemplo, pasta de plata), fraguada de acuerdo con las especificaciones del fabricante y curada en horno en la capa de nitruro de silicio. La celda solar de silicio está provista de un contacto trasero en la cara no orientada hacia el sol. Este contacto trasero consiste en una capa metálica que puede diseñarse con pasivación (concepto PERC) o sin pasivación.

La rejilla de contacto está conectada eléctricamente a un polo de una fuente de tensión. Un dispositivo de contacto está conectado al otro polo de la fuente de tensión, que está conectado a su vez al contacto trasero. A continuación, la fuente de tensión se utiliza para aplicar una tensión en dirección opuesta al sentido directo de la celda solar de silicio, con una magnitud que es inferior a la tensión de ruptura inversa de la celda solar de silicio. Cuando se aplica esta tensión, una fuente de luz puntual es guiada a través de la cara orientada hacia al sol de la celda solar de silicio. La fuente de luz puntual puede ser, por ejemplo, un láser, un diodo emisor de luz o la radiación focalizada de una lámpara de destello. Sin embargo, la invención no se limita a estas fuentes de radiación. La fuente de luz puntual emite radiaciones con longitudes de onda comprendidas entre 400 nm y 1500 nm. Esta fuente de luz puntual ilumina una sección de la subsección de la cara orientada hacia el sol de la celda solar de silicio, induciendo un flujo de corriente en la subsección. El flujo de corriente tiene una densidad de corriente de 200 A/cm² a 20.000 A/cm² en relación con la sección y actúa sobre la subsección durante 10 ns a 10 ms, exceptuando una densidad de corriente resultante de un flujo de corriente en el intervalo de 100 mA y un tamaño del punto de láser de 60 µm con un tiempo de exposición resultante de una velocidad de avance del láser de 10 m/s.

Las densidades de corriente altas necesarias para mejorar el comportamiento de contacto óhmico entre la rejilla de contacto y la capa emisora pueden conseguirse, en particular, desplazando el punto de operación del área de la celda iluminada sin causar daños a los materiales generados por la radiación. La interacción entre la densidad de radiación de la fuente de radiación en la sección, el tiempo de acción y la tensión aplicada consigue las densidades de corriente requeridas sin necesidad de irradiación que dañe el material. Para una sección irradiada con un diámetro de aproximadamente 60 µm, se generan normalmente corrientes de 50 mA a 600 mA a una tensión aplicada de 10 V, de modo que una densidad de corriente del orden de 200 A/cm² a 20.000 A/cm² actúa sobre el área de la sección irradiada, exceptuando una densidad de corriente resultante de un flujo de corriente en el intervalo de 100 mA y un tamaño del punto de láser de 60 µm a un tiempo de exposición resultante de una velocidad de avance del láser de 10 m/s. Las corrientes de flujo absolutas se mantienen bajas, en particular por el área relativamente pequeña de la sección irradiada.

Cuando se escanea la cara orientada hacia al sol de la celda solar de silicio, generalmente, basta con mover la fuente de luz puntual directamente a la izquierda y a la derecha de los dedos de contacto. Esto significa que los tiempos de proceso para procesar una celda de 6" utilizando el método de acuerdo con la invención son del orden de un segundo.

En otro ejemplo de realización, las celdas solares de silicio con una rejilla de contacto curada en horno a una temperatura inferior a la recomendada por el fabricante de la pasta metálica se tratan con el método de acuerdo con la invención. El curado en horno suele realizarse a temperaturas en el intervalo de 800 °C. Si la pasta metálica solo se cura a una temperatura de 700 °C, por ejemplo, las celdas solares de silicio presentan una resistencia de contacto alta en la transición entre la rejilla de contacto y la capa emisora. El método de acuerdo con la invención también mejora el comportamiento de contacto óhmico entre la rejilla de contacto y la capa emisora en dichas celdas solares de silicio. Si se combinan el método de acuerdo con la invención y un proceso de curado en horno realizado a temperaturas más bajas, se consiguen las mismas resistencias de contacto en la transición entre la rejilla de contacto y la capa emisora, al tiempo que se ahorra energía.

El método de acuerdo con la invención puede utilizarse tanto para celdas solares de silicio monofaciales como bifaciales. En este último caso, basta con un tratamiento unilateral para optimizar los contactos en ambas caras.

En otro ejemplo de realización, se tratan celdas solares de silicio con una capa emisora que no está formada selectivamente y, por lo tanto, tiene una resistencia laminar alta (más de 100 Ohm/□) en toda el área. Como se ha

descrito anteriormente, estas celdas solares de silicio también se imprimen con la pasta metálica y luego se someten a un proceso de curado en horno, en donde el proceso de curado en horno también puede llevarse a cabo en este caso de acuerdo con las instrucciones del fabricante o a temperaturas más bajas. Tras el proceso de curado en horno, las celdas solares de silicio sólo tienen una resistencia de contacto comparativamente alta en la transición entre la rejilla de contacto y la capa emisora. Utilizando el método de acuerdo con la invención, la resistencia de contacto de estas celdas solares de silicio también se reduce por la interacción de la densidad de radiación de la fuente de radiación en la sección, el tiempo de acción y la tensión aplicada, y se reduce el valor requerido para el funcionamiento óptimo de la celda solar de silicio. Por lo tanto, no es necesario un emisor selectivo, de modo que pueden omitirse las etapas complejas para su producción.

5

10

REIVINDICACIONES

1. Método para mejorar el comportamiento de contacto óhmico entre una rejilla de contacto y una capa emisora de una celda solar de silicio, **caracterizado por que**, en primer lugar, se proporciona la celda solar de silicio con la capa emisora, la rejilla de contacto y un contacto trasero y por que la rejilla de contacto está conectada eléctricamente a un polo de una fuente de tensión y por que un dispositivo de contacto conectado eléctricamente al otro polo de la fuente de tensión está conectado al contacto trasero y por que a la fuente de tensión se le aplica una tensión en dirección opuesta al sentido directo de la celda solar de silicio, que es inferior en magnitud a la tensión de ruptura inversa de la celda solar de silicio, y por que, cuando se aplica esta tensión, una fuente de luz puntual se guía sobre la cara orientada hacia el sol de la celda solar de silicio y se ilumina una sección de una subsección de la cara orientada hacia el sol y por que un flujo de corriente se induce de ese modo en la subsección y por que este flujo de corriente tiene una densidad de corriente de 200 A/cm² a 20.000 A/cm² y actúa sobre la subsección durante 10 ns a 10 ms, exceptuando una densidad de corriente resultante de un flujo de corriente en el intervalo de 100 mA y un tamaño de punto de láser de 60 µm en un tiempo de exposición resultante de una velocidad de avance del láser de 10 m/s.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fuente de luz puntual es un láser, un diodo emisor de luz o una lámpara de destello.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fuente de luz puntual en la sección tiene una densidad de potencia de 500 W/cm² a 200.000 W/cm².
4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fuente de luz puntual emite una radiación con una longitud de onda en el intervalo de 400 nm a 1500 nm.
5. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la sección tiene un área en el intervalo de 1·10³ µm² a 1·10⁴ µm².
6. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la tensión aplicada en la dirección opuesta al sentido directo de la celda solar de silicio está en el intervalo de 1 V a 20 V.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fuente de luz puntual se guía directamente junto a los dedos de contacto de la rejilla de contacto sobre la cara orientada hacia el sol de la celda solar de silicio.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la celda solar de silicio es monofacial o bifacial.
9. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la celda solar de silicio tiene un sustrato de silicio dopado con n o dopado con p.
10. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la capa emisora tiene una resistencia laminar superior a 100 Ohm/□.