

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 961 141**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0216 (2014.01)

H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2021** **E 21202789 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2023** **EP 4148809**

54 Título: **Célula solar, método para preparar la misma y módulo de célula solar**

30 Prioridad:

10.09.2021 CN 202111064317

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
08.03.2024

73 Titular/es:

**SHANGHAI JINKO GREEN ENERGY ENTERPRISE
MANAGEMENT CO., LTD. (50.0%)**

**5/F, No.277, Huqingping Road, Minhang District
Shanghai, CN y
ZHEJIANG JINKO SOLAR CO., LTD. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LI, WENQI;
ZHENG, PEITING;
YANG, JIE;
XU, MENGLEI;
ZHANG, XINYU y
JIN, HAO**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 961 141 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

Célula solar, método para preparar la misma y módulo de célula solar

Campo técnico

Las realizaciones de la presente descripción se refieren a una tecnología fotovoltaica, en particular a una célula solar, un método para preparar una célula solar y un módulo de célula solar.

Antecedentes

Una célula solar puede usarse ampliamente debido a una buena capacidad de conversión fotoeléctrica. La célula solar tiene generalmente una estructura de pasivación en una superficie de la célula solar para inhibir una recombinación de portadoras en la superficie. La estructura de pasivación en la superficie de la célula solar tiene un índice de refracción relativamente alto y un efecto de pasivación relativamente bueno, de modo que la célula solar puede absorber la mayor cantidad de luz incidente posible, y puede aumentarse una concentración de portadora de la célula solar.

Sin embargo, la célula solar existente con la capa de pasivación todavía tiene una reflectividad relativamente alta para la luz incidente, de modo que la célula solar existente tiene una tensión de circuito abierto relativamente baja, una corriente de cortocircuito baja y un factor de llenado bajo, lo que da como resultado una tasa de conversión fotoeléctrica relativamente baja de la célula solar.

El documento CN110061072A se refiere a una estructura de célula solar de TBC y a un método de preparación de la misma, que incluye una superficie frontal del sustrato de oblea de silicio que se proporciona secuencialmente con un campo de superficie frontal y una capa antirreflectante de pasivación de superficie frontal, la parte posterior del sustrato de oblea de silicio se proporciona secuencialmente con una capa de óxido de túnel y una capa de pasivación posterior, la capa de óxido de túnel y el polisilicio/silicio amorfo posterior dopado con N⁺, el polisilicio intrínseco/silicio amorfo y el polisilicio/silicio amorfo dopado con P⁺ están dispuestos entre las capas de pasivación, y la cara posterior de la capa de pasivación posterior se proporciona respectivamente con una línea de subcompuerta de electrodo positivo y una línea de subcompuerta de electrodo negativo.

Resumen

La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjuntas y proporciona una célula solar, que incluye: un sustrato que tiene una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal; una primera capa de pasivación, una segunda capa de pasivación y una tercera capa de pasivación formadas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato y en dirección opuesta al sustrato; la primera capa de pasivación incluye un material dieléctrico; la segunda capa de pasivación incluye un primer material de Si₃N₄, y un valor de n/u está en un intervalo de 1,3 a 1,7; y la tercera capa de pasivación incluye un material de Si₃O₅, y un valor de s/r está en un intervalo de 1,9 a 3,2; y una capa de óxido de tunelización y una capa conductora dopada formadas secuencialmente en la superficie posterior del sustrato y en una dirección alejada de la superficie posterior, la capa conductora dopada y el sustrato están dopados para tener un mismo tipo de conductividad.

En algunos ejemplos, un índice de refracción de la tercera capa de pasivación es menor que un índice de refracción de la segunda capa de pasivación.

En algunos ejemplos, la tercera capa de pasivación tiene un índice de refracción en un intervalo de 1,4 a 1,6, y la segunda capa de pasivación tiene un índice de refracción en un intervalo de 1,8 a 2.

En la invención, la tercera capa de pasivación incluye una primera subcapa de óxido de silicio y una segunda subcapa de óxido de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato, el valor de s/r del material de Si₃O₅ de la primera subcapa de óxido de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,2; el valor de s/r del material de Si₃O₅ de la segunda subcapa de óxido de silicio está en un intervalo de 2,2 a 3,2, y un índice de refracción de la primera subcapa de óxido de silicio es mayor que un índice de refracción de la segunda subcapa de óxido de silicio.

En algunos ejemplos, el material dieléctrico incluye al menos uno de óxido de aluminio, óxido de titanio, óxido de galio y óxido de hafnio.

En algunos ejemplos, el material dieléctrico es un material de Al_xO_y, y un valor de y/x está en un intervalo de 1,4 a 1,6.

En algunos ejemplos, la tercera capa de pasivación tiene un espesor en un intervalo de 60 nm a 90 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal.

En algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación tiene un espesor en un intervalo de 35 nm a 55 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal.

5 En algunos ejemplos, la primera capa de pasivación tiene un espesor en un intervalo de 2 nm a 8 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal.

En algunos ejemplos, la primera capa de pasivación tiene un índice de refracción en un intervalo de 1,6 a 1,8.

10 En algunos ejemplos, la célula solar incluye además: una cuarta capa de pasivación formada en un lado de la capa conductora dopada orientada alejada del sustrato; la cuarta capa de pasivación incluye un segundo material de Si_mN_n , y un valor de n/m está en un intervalo de 1,2 a 1,6.

15 En algunos ejemplos, la cuarta capa de pasivación tiene un índice de refracción en un intervalo de 1,9 a 2,1, y la cuarta capa de pasivación tiene un espesor en un intervalo de 80 nm a 100 nm en una dirección perpendicular a la superficie posterior.

20 En algunos ejemplos, el sustrato es un sustrato semiconductor de tipo N; la capa conductora dopada es al menos una de una capa de silicio policristalino dopado de tipo N, una capa de silicio microcristalino dopado de tipo N y una capa de silicio amorfo dopado de tipo N.

25 Como un segundo aspecto, algunas realizaciones de la presente descripción proporcionan además un módulo de célula solar, que incluye: al menos una cadena de células formada conectando una pluralidad de las células solares anteriores; una capa de embalaje configurada para cubrir una superficie de la al menos una cadena celular; y una placa de cubierta configurada para cubrir una superficie de la capa de embalaje lejos de la al menos una cadena de células.

30 La invención proporciona además un método para preparar una célula solar según la reivindicación 1, que incluye: proporcionar un sustrato que tenga una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal; formar una capa de óxido de tunelización y una capa conductora dopada secuencialmente en la superficie posterior del sustrato en una dirección alejada de la superficie posterior, la capa conductora dopada y el sustrato están dopados para tener un mismo tipo de conductividad; y formar una primera capa de pasivación, una segunda capa de pasivación y una tercera capa de pasivación secuencialmente en la superficie frontal del sustrato y en dirección opuesta al sustrato; la primera capa de pasivación incluye un material dieléctrico; la segunda capa de pasivación incluye un primer material de Si_mN_n , y un valor de v/u está en un intervalo de 1,3 a 1,7; y la tercera capa de pasivación incluye un material de Si_rO_s , y un valor de s/r está en un intervalo de 1,9 a 3,2.

40 En algunos ejemplos, la formación de la tercera capa de pasivación se realiza mediante un proceso de deposición química de vapor mejorado con plasma e incluye: introducir silano y óxido nitroso en una cámara de reacción; e ionizar el silano y el óxido nitroso; una potencia de pulso por unidad de área está en un intervalo de 140 mW/cm² a 170 mW/cm²; una presión de la cámara de reacción está en un intervalo de 1600 mTorr a 2000 mTorr; una relación de flujo del silano al óxido nitroso está en un intervalo de 1:15 a 1:20; y un tiempo de reacción está en un intervalo de 3 s a 22 s.

45 En algunos ejemplos, la formación de la segunda capa de pasivación se realiza mediante un proceso de deposición química de vapor mejorado con plasma e incluye: introducir silano y amoníaco gaseoso en una cámara de reacción; e ionizar el silano y el gas de amoníaco; una potencia de pulso por unidad de área está en un intervalo de 140 mW/cm² a 180 mW/cm²; una presión de la cámara de reacción está en un intervalo de 1600 mTorr a 2000 mTorr; una relación de flujo del silano al gas de amoníaco está en un intervalo de 1:3 a 1:16; y un tiempo de reacción está en un intervalo de 3 s a 31 s.

50 En algunos ejemplos, la formación de la primera capa de pasivación se realiza mediante un proceso de deposición de capa atómica e incluye: introducir trimetilaluminio y agua en una cámara de reacción, una relación de la trimetilaluminio al agua está en un intervalo de 1:2 a 1:3, y una temperatura está en un intervalo de 200 °C a 300 °C.

55 En algunos ejemplos, después de que se forme la primera capa de pasivación, el método incluye además: realizar un proceso de recocido en la primera capa de pasivación en una atmósfera de nitrógeno, una temperatura de recocido está en un intervalo de 450 °C a 550 °C, y una duración de recocido está en un intervalo de 10 min a 13 min.

60 Breve descripción de los dibujos

Se describen una o más realizaciones como ejemplos con referencia a las figuras correspondientes en los dibujos adjuntos, y los ejemplos no constituyen una limitación a las realizaciones. Las figuras en los dibujos adjuntos no constituyen una limitación de proporción a menos que se indique lo contrario.

65 La Figura 1 muestra un diagrama estructural esquemático de una célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción, que no forman parte de la invención;

La Figura 2 muestra un diagrama estructural esquemático de otra célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción, que forman parte de la invención;

5 La Figura 3 muestra un diagrama estructural esquemático de otra célula solar más según algunas realizaciones de la presente descripción, que no forman parte de la invención;

La Figura 4 muestra un diagrama estructural esquemático de otra célula solar más según algunas realizaciones de la presente descripción, que no forman parte de la invención;

10 La Figura 5 muestra un diagrama de comparación de longitud de onda-reflectividad según algunas realizaciones de la presente descripción;

15 La Figura 6 muestra un diagrama estructural esquemático de un módulo de célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción;

La Figura 7 a la Figura 12 muestran diagramas estructurales esquemáticos correspondientes a cada etapa de un método para preparar una célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción;

20 La Figura 13 muestra un diagrama estructural esquemático de una célula solar según un primer ejemplo comparativo de la presente descripción;

La Figura 14 muestra un diagrama estructural esquemático de una célula solar según un segundo ejemplo comparativo de la presente descripción.

25 Descripción detallada

Se puede conocer a partir de la tecnología de fondo que existe un problema de que una reflectividad de una célula solar con respecto a la luz incidente es relativamente alta.

30 Se ha descubierto que una razón para la reflectividad relativamente alta de la célula solar con respecto a la luz incidente puede ser que: generalmente se usa un material de nitruro de silicio para una capa de pasivación en una superficie de la célula solar; el material de nitruro de silicio tiene un buen efecto de pasivación, pero un índice de refracción relativamente alto, lo que da como resultado cierta pérdida de absorción de luz. Es decir, una capa de pasivación de nitruro de silicio puede tener una antireflectividad relativamente baja, lo que da como resultado una capacidad de absorción de luz relativamente débil de la célula solar con respecto a la luz incidente.

40 Algunas realizaciones de la presente descripción proporcionan una célula solar, que incluye: una primera capa de pasivación, una segunda capa de pasivación y una tercera capa de pasivación formadas secuencialmente en una superficie frontal de un sustrato y en una dirección alejada del sustrato. La primera capa de pasivación incluye un material dieléctrico. La segunda capa de pasivación incluye un primer material de Si_3N_4 , y un valor de v/u es $1,3 \leq v/u \leq 1,7$. La segunda capa de pasivación tiene un índice de refracción relativamente alto ajustando una relación atómica en el primer material de Si_3N_4 , de modo que la segunda capa de pasivación tiene una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda larga (por ejemplo, una luz infrarroja o luz cercana a infrarroja). La tercera capa de pasivación incluye un material de SiO_2 , y un valor de s/r es $1,9 \leq s/r \leq 3,2$. El material de SiO_2 tiene una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda corta mediante el ajuste de una relación atómica en el material de SiO_2 . De esta manera, la tercera capa de pasivación que tiene capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para luz de onda corta, junto con la segunda capa de pasivación que tiene capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para luz de onda corta, permite que toda la célula solar tenga una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente y, por lo tanto, la superficie de célula solar puede tener una antireflectividad relativamente grande. Además, el primer material de Si_3N_4 y el material de SiO_2 tienen un buen efecto de pasivación, mejorando así una tensión de circuito abierto, una corriente de cortocircuito y un factor de llenado de la célula solar y aumentando una tasa de conversión fotoeléctrica de la célula solar.

55 Realizaciones de la presente descripción se describirán en detalle a continuación con referencia a los dibujos acompañantes. Sin embargo, los expertos en la técnica pueden apreciar que, en diversas realizaciones de la presente descripción, numerosos detalles técnicos se exponen con el fin de proporcionar al lector una mejor comprensión de la presente descripción. Sin embargo, las soluciones técnicas reivindicadas en la presente descripción pueden implementarse sin estos detalles técnicos y diversos cambios y modificaciones en base a las siguientes realizaciones.

60 La Figura 1 muestra un diagrama estructural esquemático de una célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción.

65 Como se muestra en la Figura 1, la célula solar incluye: un sustrato 100 que tiene una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal; una primera capa de pasivación 120, una segunda capa de pasivación 130 y una tercera capa de pasivación 140 formadas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 100 y en dirección

opuesta al sustrato 100; y una capa de óxido de tunelización 150 y una capa conductora dopada 160 formadas secuencialmente en la superficie posterior del sustrato 100 y en una dirección alejada de la superficie posterior. La primera capa de pasivación 120 incluye un material dieléctrico. La segunda capa de pasivación 130 incluye un primer material de Si_3N_4 , y un valor de v/u es $1,3 \leq v/u \leq 1,7$. La tercera capa de pasivación 140 incluye un material de Si_3O_5 , y un valor de s/r es $1,9 \leq s/r \leq 3,2$. La capa conductora dopada 160 y el sustrato 100 están dopados para tener un mismo tipo de conductividad.

El sustrato 100 se usa para recibir luz incidente y generar portadoras fotogeneradas. En algunos ejemplos, el sustrato 100 puede ser un sustrato 100 de silicio, y el material del sustrato 100 de silicio puede incluir al menos uno de silicio monocristalino, silicio policristalino, silicio amorfo y silicio microcristalino. En algunos ejemplos, el material del sustrato 100 puede ser una sustancia simple de carbono, un material orgánico o un compuesto multicomponente, y el compuesto multicomponente incluye arseniuro de galio, telururo de cadmio, cobre, indio selenio, etc. En algunos ejemplos, la célula solar está configurada como una célula solar de contacto pasivada con óxido de túnel (TOPCON). En algunas realizaciones, la superficie frontal y/o la superficie trasera del sustrato 100 se pueden usar para recibir la luz incidente. Generalmente, la superficie frontal de la llamada solar puede designarse como una superficie receptora de luz principal orientada hacia una fuente de luz (por ejemplo, el sol). En algunos ejemplos, la superficie frontal del sustrato 100 puede establecerse como una superficie texturizada piramidal, de modo que la superficie frontal del sustrato 100 puede tener una reflectividad relativamente pequeña para la luz incidente, así como una tasa de absorción y utilización de luz relativamente grande. La superficie posterior del sustrato 100 puede establecerse como una superficie texturizada no piramidal, tal como una morfología apilada y escalonada, para garantizar que la capa de óxido de tunelización 150 en la superficie posterior tenga una densidad y uniformidad relativamente elevadas, y en consecuencia la capa de óxido de tunelización 150 puede tener un buen efecto de pasivación en la superficie posterior del sustrato 100.

En algunos ejemplos, el sustrato 100 es un sustrato semiconductor 100 de tipo N, es decir, el sustrato 100 está dopado con dopantes de tipo N (o elementos dopantes), y los dopantes de tipo N pueden incluir al menos uno de fósforo, arsénico o antimonio. La superficie frontal del sustrato 100 está provista de un emisor 110. El emisor 110 puede ser una capa dopada de tipo P dopada con dopantes de tipo P. El sustrato 100 y el emisor 110 forman una unión PN. En algunos ejemplos, el emisor 110 puede formarse mediante dopaje y difusión de dopantes de tipo P en una capa superficial del sustrato 100, y una parte dopada del sustrato 100 funciona como el emisor 110. En algunos ejemplos, los dopantes de tipo P pueden ser boro.

Para el material de Si_3O_5 de la tercera capa de pasivación 140, un valor de s/r es $1,9 \leq s/r \leq 3,2$, donde s representa el número de átomos de oxígeno (es decir, átomos de O) y r representa el número de átomos de silicio (es decir, átomos de Si). Ajustando la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en el material de Si_3O_5 , un índice de refracción del material de Si_3O_5 se puede ajustar. De esta manera, el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 se ajusta para que coincida con un índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130, de manera que se pueda reducir la pérdida de reflexión de la luz causada por una mala coincidencia del índice de refracción entre la tercera capa de pasivación 140 y la segunda capa de pasivación 130. Por otro lado, un espesor de la tercera capa de pasivación 140 se ajusta para que coincida con una longitud de onda de la luz incidente y el índice de refracción. El espesor de la capa de pasivación, el índice de refracción de la capa de pasivación y la longitud de onda de la luz incidente deberán satisfacer una siguiente fórmula: una longitud de onda de luz incidente = $4 \times$ espesor $\times$ índice de refracción. De esta manera, la capa de pasivación puede tener una mejor capacidad de transmisión de luz, una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente, así como un mejor efecto de pasivación. En algunos ejemplos, la longitud de onda de la luz incidente puede establecerse en 632 nm.

Además, ajustando la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en el material de Si_3O_5 , la tercera capa de pasivación 140 tiene una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda corta. La tercera capa de pasivación 140, junto con la segunda capa de pasivación 130 que tiene la capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda larga, permite que toda la célula solar tenga una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente (incluida la luz de onda corta y la luz de onda larga). De esta manera, se puede aumentar una concentración de portadora de la superficie frontal del sustrato 100 de la célula solar, aumentando así una tensión de circuito abierto, una corriente de cortocircuito y un factor de llenado de la célula solar, y mejorando la tasa de conversión fotoeléctrica de la célula solar. Cabe señalar que las células solares existentes son generalmente azules, debido a que la reflectividad de la capa de pasivación a la luz de onda corta es relativamente alta en las células solares existentes. Sin embargo, en las presentes realizaciones, dado que la tercera capa de pasivación 140 tiene una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda corta, un módulo de célula solar que incluye las células solares puede ser azul grisáceo o incluso negro, lo que es beneficioso para preparar módulos de célula solar de color oscuro.

En algunos ejemplos, el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 es inferior al índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130. Esto puede lograrse ajustando la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en el material de Si_3O_5 de la tercera capa de pasivación 140. En este caso, la tercera capa de pasivación 140 es un medio ópticamente más delgado, y la segunda capa de pasivación 130 es un medio ópticamente más denso. En el caso de que la luz incidente entre en el medio ópticamente más denso del medio ópticamente más delgado, un ángulo entre la luz incidente y una línea normal del medio ópticamente más denso es relativamente pequeño porque

el índice de refracción del medio ópticamente más denso es relativamente grande, de modo que la luz incidente puede entrar en el sustrato 100 en un ángulo cercano a la incidencia vertical. De esta manera, más luz puede entrar en el sustrato 100, y la reflectividad de la célula solar a la luz incidente puede ser relativamente pequeña. Cabe señalar que aunque un índice de refracción del material de Si_xO_y en la tercera capa de pasivación 140 es menor que un índice de refracción del primer material de Si_xN_y en la segunda capa de pasivación 130 intrínsecamente, el índice de refracción del material de Si_xO_y puede disminuirse aún más en comparación con el índice de refracción del primer material de Si_xN_y , ajustando adicionalmente la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en el material de Si_xO_y . Como tal, la luz incidente puede entrar en la segunda capa de pasivación 130 desde la tercera capa de pasivación 140 en un ángulo más vertical, reduciendo así aún más la reflectividad de la célula solar a la luz incidente, aumentando la concentración de portadora en la superficie frontal del sustrato 100 y mejorando la tasa de conversión fotoeléctrica de la célula solar.

En algunos ejemplos, el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 es de 1,4-1,6. Dentro de este intervalo, el índice de refracción del material de Si_xO_y es menor que el índice de refracción del primer material de Si_xN_y , y por lo tanto el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 es menor que el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130, por lo que la célula solar puede tener una absorción de luz y una tasa de utilización relativamente elevadas para la luz incidente. Además, dado que el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 es de 1,4-1,6, el problema de que el índice de refracción del material de Si_xO_y sea demasiado pequeño puede evitarse, de modo que la tercera capa de pasivación 140 puede tener un efecto antirreflectante relativamente fuerte sobre la luz incidente, y mejorar aún más la tasa de utilización de la luz incidente.

Puede entenderse que cuando se proporciona la longitud de onda de la luz incidente y el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140, el espesor de la tercera capa de pasivación 140 puede determinarse según la luz incidente y el índice de refracción, ajustando la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en el material de Si_xO_y , para lograr un mejor efecto de pasivación y capacidad de transmisión de luz de la célula solar. Además, el espesor de la tercera capa de pasivación 140 se permite que coincida con el espesor de la segunda capa de pasivación 130, de modo que la superficie frontal del sustrato 100 de la célula solar pueda tener un efecto de pasivación general relativamente bueno.

En algunos ejemplos, la tercera capa de pasivación 140 tiene un espesor de 60 nm~90 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal. De esta manera, la tercera capa de pasivación 140 tiene una buena capacidad de transmisión de luz y es capaz de absorber más luz de onda corta. Además, la tercera capa de pasivación 140 dentro de este intervalo de espesor también tiene un buen efecto de pasivación, que no solo permite una concentración de portadora relativamente alta en la superficie frontal del sustrato 100 de la célula solar, sino que también inhibe la recombinación de portadoras en la superficie frontal del sustrato 100, aumentando de este modo la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de la célula solar y aumentando aún más la tasa de conversión fotoeléctrica de la célula solar.

En algunos ejemplos, para el material de Si_xO_y de la tercera capa de pasivación 140, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si puede ser $1,9 \leq s/r \leq 2,2$. La tercera capa de pasivación 140 puede tener un índice de refracción de 1,51-1,6 y un espesor de 60 nm~67 nm. En algunos ejemplos, para el material de Si_xO_y de la tercera capa de pasivación 140, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si puede ser $2,2 \leq s/r \leq 2,5$. La tercera capa de pasivación 140 puede tener un índice de refracción de 1,47-1,51 y un espesor de 67 nm~74 nm. En algunos ejemplos, para el material de Si_xO_y de la tercera capa de pasivación 140, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si también puede ser $2,5 \leq s/r \leq 2,7$. La tercera capa de pasivación 140 puede tener un índice de refracción de 1,45-1,47 y un espesor de 74 nm~79 nm. En algunos ejemplos, para el material de Si_xO_y de la tercera capa de pasivación 140, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si puede ser $2,7 \leq s/r \leq 3,2$. La tercera capa de pasivación 140 puede tener un índice de refracción de 1,4~1,45 y un espesor de 79 nm~90 nm.

Como se muestra en la Figura 2, en algunos ejemplos, la tercera capa de pasivación 140 tiene una estructura de doble capa, que incluye una primera subcapa 141 de óxido de silicio y una segunda subcapa 142 de óxido de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. Tanto la primera subcapa de óxido de silicio 141 como la segunda subcapa de óxido de silicio 142 incluyen el material de Si_xO_y . En la presente memoria, el valor de s/r del material de Si_xO_y en la primera subcapa 141 de óxido de silicio es $1,9 \leq s/r \leq 2,2$; el valor de s/r del material de Si_xO_y en la segunda subcapa de óxido de silicio 142 es $2,2 \leq s/r \leq 3,2$, y un índice de refracción de la primera subcapa de óxido de silicio 141 es mayor que un índice de refracción de la segunda subcapa de óxido de silicio 142.

En comparación con la tercera capa de pasivación 140 que tiene una estructura de una sola capa, en la célula solar ilustrativa como se muestra en la Figura 2, se proporcionan la primera subcapa 141 de óxido de silicio y la segunda subcapa 142 de óxido de silicio, y el índice de refracción de la primera subcapa 141 de óxido de silicio es mayor que el índice de refracción de la segunda subcapa 142 de óxido de silicio, de modo que los tiempos de reflexión y los tiempos de interferencia de la luz incidente en la tercera capa de pasivación 140 pueden aumentarse, y la absorción de la luz incidente por la tercera capa de pasivación 140 puede aumentarse en mayor medida, logrando así un buen efecto antirreflectante de la tercera capa de pasivación 140.

Tanto la primera subcapa de óxido de silicio 141 como la segunda subcapa de óxido de silicio 142 incluyen el material de Si_xO_y . Los índices de refracción de la primera subcapa de óxido de silicio 141 y la segunda subcapa de óxido de silicio 142 se ajustan ajustando la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en el material de Si_xO_y , de modo que el índice de refracción de la primera subcapa 141 de óxido de silicio es mayor que el índice de refracción de la segunda subcapa 142 de óxido de silicio. El espesor de la primera subcapa 141 de óxido de silicio se establece para coincidir con el índice de refracción de la primera subcapa 141 de óxido de silicio, y el espesor de la segunda subcapa 142 de óxido de silicio se establece para coincidir con el índice de refracción de la segunda subcapa 142; de modo que tanto la primera subcapa 141 de óxido de silicio como la segunda subcapa 142 de óxido de silicio puedan tener un buen efecto de pasivación.

En algunos ejemplos, la primera subcapa 141 de óxido de silicio puede tener un índice de refracción de 1,51-1,6, tal como 1,53-1,6. Por consiguiente, para el material de Si_xO_y de la primera subcapa de óxido de silicio 141, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si puede ser $1,9 \leq s/r \leq 2,1$, y el espesor de la primera subcapa de óxido de silicio 141 puede ser 30 nm~40 nm. La segunda subcapa 142 de óxido de silicio puede tener un índice de refracción de 1,4-1,51, tal como 1,4-1,47. Por consiguiente, para el material de Si_xO_y de la segunda subcapa de óxido de silicio 142, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si puede ser $2,4 \leq s/r \leq 3,2$, y el espesor de la segunda subcapa de óxido de silicio 142 puede ser 30 nm~50 nm.

Como se muestra en la Figura 3, en otros ejemplos, la tercera capa de pasivación 140 puede tener una estructura de tres capas, que incluye una primera subcapa 141 de óxido de silicio, una segunda subcapa 142 de óxido de silicio y una tercera subcapa 143 de óxido de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. La primera subcapa de óxido de silicio 141, la segunda subcapa de óxido de silicio 142 y la tercera subcapa de óxido de silicio 143 incluyen todas el material de Si_xO_y . Los índices de refracción de la primera subcapa de óxido de silicio 141, la segunda subcapa de óxido de silicio 142 y la tercera subcapa de óxido de silicio 143 disminuyen gradualmente. En algunos ejemplos, para el material de Si_xO_y de la primera subcapa de óxido de silicio 141, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si puede ser $1,9 \leq s/r \leq 2,2$, tal como 1,9 $\leq s/r \leq 2,1$. La primera subcapa 141 de óxido de silicio puede tener un índice de refracción de 1,51-1,6, tal como 1,53-1,6, y un espesor de 10 nm~20 nm. Para el material de Si_xO_y de la segunda subcapa de óxido de silicio 142, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si puede ser de $2,2 \leq s/r \leq 2,7$, tal como 2,2 $\leq s/r \leq 2,5$. La segunda subcapa 142 de óxido de silicio puede tener un índice de refracción de 1,45-1,51, tal como 1,46-1,51, y un espesor de 20 nm~30 nm. Para el material de Si_xO_y de la tercera subcapa 143 de óxido de silicio, la relación atómica de los átomos O a los átomos de Si puede ser $2,7 \leq s/r \leq 3,2$, tal como 2,9 $\leq s/r \leq 3,2$. La tercera subcapa 143 de óxido de silicio puede tener un índice de refracción de 1,4-1,45, tal como 1,4-1,43, y un espesor de 30 nm~40 nm.

Cabe señalar que el índice de refracción general de la tercera capa de pasivación 140 está en el intervalo de 1,4-1,6, independientemente de si la tercera capa de pasivación 140 es una estructura de una sola capa o una estructura multicapa, de modo que el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 coincide con el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130 y, por lo tanto, el sustrato 100 puede tener una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente. Puede entenderse que, bajo la condición de que el índice de refracción general de la tercera capa de pasivación 140 esté en el intervalo de 1,4~1,6, el espesor total de la tercera capa de pasivación 140 está en el intervalo de 60 nm~90 nm independientemente de si la tercera capa de pasivación 140 es la estructura de una sola capa o la estructura multicapa.

Con referencia continua a la Figura 1, el primer material de Si_uN_v de la segunda capa de pasivación 130 tiene un índice de refracción relativamente alto, por lo que una densidad de enlace Si-H en el primer material de Si_uN_v es relativamente alto, lo que hace que el primer material de Si_uN_v tenga un buen efecto de pasivación. Sin embargo, la segunda capa de pasivación 130 puede llevar cierta pérdida de absorción de luz debido al índice de refracción relativamente alto del primer material de Si_uN_v , es decir, la segunda capa de pasivación 130 puede tener una capacidad antirreflectante deficiente a la luz incidente. En las presentes realizaciones, la tercera capa de pasivación 140 se proporciona en un lado de la segunda capa de pasivación 130 lejos del sustrato 100, y el material de Si_xO_y de la tercera capa de pasivación 140 tiene un índice de refracción relativamente pequeño. Como tal, el índice de refracción relativamente alto de la segunda capa de pasivación 130 coincide ópticamente con el índice de refracción relativamente bajo de la tercera capa de pasivación 140 para mejorar la capacidad de absorción de luz del sustrato 100 a la luz incidente. Además, la segunda capa de pasivación 130 absorbe principalmente luz de onda larga, y la tercera capa de pasivación 140 absorbe principalmente luz de onda corta, de modo que la célula solar puede tener una buena capacidad de absorción de luz para la luz incidente en diferentes bandas de onda.

Para el primer material de Si_uN_v de la segunda capa de pasivación 130, un valor de v/u es $1,3 \leq v/u \leq 1,7$, donde v representa el número de átomos de nitrógeno (es decir, átomos de N) y la u representa el número de átomos de Si. Ajustando la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si, el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130 se ajusta para que sea mayor que el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140. De esta manera, la luz incidente puede incidir desde la tercera capa de pasivación 140 a la segunda capa de pasivación 130 en un ángulo casi vertical para mejorar la utilización de la luz incidente.

En algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación 130 puede tener una estructura de una sola capa, y la segunda capa de pasivación 130 puede tener un índice de refracción de 1,8~2. Un rendimiento de coincidencia óptica entre el

índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130 y el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 es bueno dentro de este intervalo de índice de refracción, de modo que el sustrato 100 puede tener una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente, reduciendo de este modo la reflectividad de la célula solar para la luz incidente. Además, el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130 puede no ser demasiado bajo dentro de este intervalo del índice de refracción, de modo que la luz reflejada o la luz emitida desde la primera capa de pasivación 120 pueda volver a entrar en el sustrato 100 debido a la segunda capa de pasivación 130. Además, la segunda capa de pasivación 130 dentro de este intervalo de índice de refracción puede tener un buen efecto de pasivación y una disminución de los defectos del estado de la interfaz en la superficie frontal del sustrato 100, inhibiendo así la recombinación de portadoras en la superficie frontal del sustrato 100 y mejorando la tasa de conversión fotoeléctrica de la célula solar.

Según la longitud de onda de la luz incidente y el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130, el espesor de la segunda capa de pasivación 130 se establece para coincidir con el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130, de modo que la segunda capa de pasivación 130 puede tener una buena capacidad de absorción de luz de la luz incidente y un buen efecto de pasivación. Además, el espesor de la segunda capa de pasivación 130 también se fija para adaptarse al espesor total de la célula solar. Se impide que el espesor total de la célula solar sea demasiado delgado, lo que puede conducir a la rotura. También se impide que el espesor total de la célula solar sea demasiado grueso, lo que puede provocar dificultad en el embalaje. El espesor de la segunda capa de pasivación 130 puede ajustarse ajustando la relación atómica de los átomos de Si a los átomos de N del primer material de Si_uN_v de la segunda capa de pasivación 130.

En algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación 130 tiene un espesor de 35 nm~55 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal. Dentro de este intervalo de espesor, el espesor de la segunda capa de pasivación 130 no es demasiado fino, de modo que la segunda capa de pasivación 130 puede tener un buen efecto de refracción sobre la luz incidente, evitando así el problema de que la luz incidente pueda ser emitida a través de otras capas de pasivación o emitida fuera del sustrato 100 antes de ser absorbida por el sustrato 100 debido a la segunda capa de pasivación 130 demasiado delgada. Por otro lado, el número de cargas positivas en la segunda capa de pasivación 130 puede lograr el efecto de pasivación de hidrógeno dentro de este intervalo de espesor, lo que inhibe adicionalmente la recombinación de portadoras en la superficie frontal del sustrato 100.

En algunos ejemplos, para el primer material de Si_uN_v de la segunda capa de pasivación 130, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si puede ser $1,3 \leq v/u \leq 1,4$. La segunda capa de pasivación 130 puede tener un índice de refracción de 1,93~2 y un espesor de 35 nm~40 nm. En algunos ejemplos, para el primer material de Si_uN_v de la segunda capa de pasivación 130, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si puede ser $1,4 \leq v/u \leq 1,55$. La segunda capa de pasivación 130 puede tener un índice de refracción de 1,87~1,93, y un espesor de 40 nm~48 nm. En algunos ejemplos, para el primer material de Si_uN_v de la segunda capa de pasivación 130, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si es $1,55 \leq v/u \leq 1,65$. La segunda capa de pasivación 130 puede tener un índice de refracción de 1,84~1,87 y un espesor de 48 nm~53 nm. En algunos ejemplos, para el primer material de Si_uN_v de la segunda capa de pasivación 130, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si puede ser $1,65 \leq v/u \leq 1,7$. La segunda capa de pasivación 130 puede tener un índice de refracción de 1,8~1,84, y un espesor de 53 nm~55 nm.

Como se muestra en la Figura 4, en algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación 130 puede tener una estructura de tres capas, que incluye una primera subcapa 131 de nitruro de silicio, una segunda subcapa 132 de nitruro de silicio y una tercera subcapa 133 de nitruro de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. Los índices de refracción de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio y la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio disminuyen gradualmente. La primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio y la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio incluyen todas el primer material de Si_uN_v . De esta manera, los fotones de onda larga en la luz de onda larga pueden reflejarse e interferirse muchas veces en la segunda capa de pasivación 130. En comparación con una capa de nitruro de silicio de una sola capa, la relación de utilización de los fotones de onda larga se puede aumentar en mayor medida, y la respuesta de onda larga se puede mejorar, de modo que se pueda absorber más luz de onda larga en la célula solar.

Los índices de refracción y los espesores de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio y la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio se ajustan ajustando la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si en el primer material de Si_uN_v de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio y la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio, respectivamente. En algunos ejemplos, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si del primer material de Si_uN_v de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio puede ajustarse para que sea $1,3 \leq v/u \leq 1,4$. La relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si en el primer material de Si_uN_v de la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio puede ajustarse para que sea $1,4 \leq v/u \leq 1,55$. La relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si del primer material de Si_uN_v de la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio puede ajustarse para que sea de $1,55 \leq v/u \leq 1,7$.

En consecuencia, la primera subcapa 131 de nitruro de silicio puede tener un índice de refracción de 1,93~2 y un espesor de 8 nm~15 nm. La segunda subcapa 132 de nitruro de silicio puede tener un índice de refracción de 1,87~1,93, tal como 1,88~1,9. Por consiguiente, para la segunda capa 132 de nitruro de silicio, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si del primer material de Si_uN_v puede ser $1,43 \leq v/u \leq 1,52$, y el espesor puede ser de

10 nm~15 nm. La tercera subcapa 133 de nitruro de silicio puede tener un índice de refracción de 1,8-1,87, tal como 1,8-1,84. Por consiguiente, para la tercera capa 133 de nitruro de silicio, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si del primer material de Si_uN_v puede ser $1,59 \leq v/u \leq 1,7$, y el espesor puede ser de 17 nm~25 nm.

En algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación 130 puede tener una estructura de cuatro capas, que incluye una primera subcapa 131 de nitruro de silicio, una segunda subcapa 132 de nitruro de silicio, una tercera subcapa 133 de nitruro de silicio y una cuarta subcapa de nitruro de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. La primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio, la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio y la cuarta subcapa 133 de nitruro de silicio incluyen todas el primer material de Si_uN_v . Los índices de refracción de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio, la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio y la cuarta subcapa de nitruro de silicio disminuyen gradualmente. En algunos ejemplos, para el primer material de Si_uN_v de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si puede ser $1,3 \leq v/u \leq 1,4$, tal como $1,3 \leq v/u \leq 1,36$. La primera subcapa 131 de nitruro de silicio puede tener un índice de refracción de $1,93 \sim 2$, tal como $1,96 \sim 2$, y un espesor de 8 nm~13 nm. Para el primer material de Si_uN_v de la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si puede ser $1,4 \leq v/u \leq 1,55$, tal como $1,43 \leq v/u \leq 1,52$. La segunda subcapa 132 de nitruro de silicio puede tener un índice de refracción de $1,87 \sim 1,93$, tal como $1,89 \sim 1,92$, y un espesor de 8 nm~13 nm. Para el primer material de Si_uN_v de la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si puede ser $1,55 \leq v/u \leq 1,65$, tal como $1,57 \leq v/u \leq 1,63$. La tercera subcapa 133 de nitruro de silicio puede tener un índice de refracción de $1,84 \sim 1,87$, tal como $1,85 \sim 1,86$, y un espesor de 9 nm~14 nm. Para el primer material de Si_uN_v de la cuarta subcapa de nitruro de silicio, la relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si puede ser $1,65 \leq v/u \leq 1,7$, tal como $1,67 \leq v/u \leq 1,7$. La cuarta subcapa de nitruro de silicio puede tener un índice de refracción de 1,8-1,84, tal como 1,8-1,83, y un espesor de 10 nm~15 nm.

Cabe señalar que el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130 está en el intervalo de 1,8~2, independientemente de si la segunda capa de pasivación 130 tiene la estructura de una sola capa o la estructura multicapa. De esta manera, el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130 coincide ópticamente con el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140, de modo que la reflectividad de la superficie frontal del sustrato 100 a la luz incidente es relativamente baja, y la capacidad de absorción de luz del sustrato a la luz incidente es relativamente fuerte. Puede entenderse que, bajo la condición de que el índice de refracción general de la segunda capa de pasivación 130 esté en el intervalo de 1,8~2, el espesor total de la segunda capa de pasivación 130 está en el intervalo de 35 nm~55 nm independientemente de si la segunda capa de pasivación 130 tiene la estructura de una sola capa o la estructura multicapa.

Como se muestra en la Figura 5, la célula solar proporcionada por las realizaciones de la presente descripción tiene una reflectividad más baja en el intervalo de onda corta (por ejemplo, una luz ultravioleta o luz ultravioleta cercana) que una célula solar TOPCON convencional. La célula solar TOPCON convencional generalmente usa una capa apilada de óxido de aluminio/nitruro de silicio como capa de pasivación frontal. Tomando la luz a una longitud de onda de 360 nm como ejemplo, una reflectividad de la célula solar de TOPCON convencional es aproximadamente 27 %, y una reflectividad de la célula solar proporcionada por las realizaciones de la presente descripción es aproximadamente 11,2 %, que se reduce en aproximadamente 58 %. Además, en comparación con la célula solar convencional que es azul, la célula solar proporcionada por las realizaciones de la presente descripción puede ser azul grisáceo, ya que la reflectividad de la luz es relativamente baja en el intervalo de onda corta, lo que es beneficioso para preparar un módulo de célula solar de color oscuro.

La célula solar proporcionada por las realizaciones de la presente descripción también tiene una reflectividad promedio muy inferior para la luz en un intervalo de longitud de onda de 380 nm~1050 nm. Generalmente, la reflectividad promedio de la célula solar TOPCON convencional para la luz en el intervalo de longitud de onda de 380 nm~1050 nm es 2,2 %, mientras que la reflectividad promedio de la célula solar proporcionada por las realizaciones de la presente descripción es 1,3 %, lo que se reduce en aproximadamente 41 %. Además, una célula solar TOPCON que incluye la primera capa de pasivación 120, la segunda capa de pasivación 130 y la tercera capa de pasivación 140 en las presentes realizaciones tiene una corriente de cortocircuito aumentada en más de 70 mA.

Como capa de pasivación dispuesta cerca del sustrato 100, se requiere que la primera capa de pasivación 120 tenga un buen efecto de pasivación. En algunos ejemplos, el material dieléctrico de la primera capa de pasivación 120 puede incluir al menos uno de óxido de aluminio, óxido de titanio, óxido de galio y óxido de hafnio. Cabe señalar que el óxido de aluminio, el óxido de titanio, el óxido de galio y el óxido de hafnio son materiales de pasivación de campo, que tienen un efecto de pasivación de campo en la superficie frontal del sustrato 100. Una pasivación de campo se refiere a formar un campo eléctrico incorporado en una interfaz del sustrato 100 para reducir la concentración de electrones u orificios en la interfaz del sustrato 100, logrando así el efecto de pasivación superficial. Este campo eléctrico incorporado generalmente se puede obtener proporcionando cargas eléctricas fijas en la interfaz del sustrato 100.

En algunos ejemplos, el material dieléctrico puede ser material de Al_xO_y , y un valor de y/x es $1,4 \leq y/x \leq 1,6$, donde y representa el número de átomos de O y x representa el número de átomos de aluminio (es decir, átomos de Al). El material de Al_xO_y tiene un buen efecto de pasivación de campo, porque el material de Al_xO_y puede proporcionar un número suficiente de cargas eléctricas negativas fijas. Como tal, el campo eléctrico incorporado puede formarse en la

superficie frontal del sustrato 100, para reducir una concentración de portadora minoritaria en la superficie frontal del sustrato 100 e inhibir la recombinación de portadoras, mejorando así la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de la célula solar. Además, el material de Al_xO_y tiene además un cierto efecto de pasivación química, es decir, la tasa de recombinación de portadoras se puede suprimir reduciendo el número de defectos en la superficie frontal del sustrato 100. El índice de refracción y el espesor de la primera capa de pasivación 120 se ajustan ajustando la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Al, de modo que el índice de refracción y el espesor de la primera capa de pasivación 120 están optimizados y la primera capa de pasivación 120 tiene un buen efecto de pasivación.

En algunos ejemplos, la primera capa de pasivación 120 tiene un índice de refracción de 1,6-1,8. En este intervalo de índice de refracción, el índice de refracción de la primera capa de pasivación 120 coincide con el índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130, reduciendo así la pérdida de reflexión de la luz causada por un índice de refracción deficiente entre la primera capa de pasivación 120 y la segunda capa de pasivación 130, de modo que la primera capa de pasivación 120 pueda tener una buena capacidad de absorción de luz para la luz incidente.

Bajo la condición de que se determine la longitud de onda de la luz incidente y el índice de refracción de la primera capa de pasivación 120, puede determinarse un espesor de la primera capa de pasivación 120 para permitir que el espesor de la primera capa de pasivación 120 coincida con el índice de refracción, de modo que la primera capa de pasivación 120 pueda tener un buen efecto de pasivación. En algunos ejemplos, la primera capa de pasivación 120 tiene un espesor de 2 nm~8 nm en la dirección perpendicular a la superficie frontal. En este caso, la primera capa de pasivación 120 tiene una electronegatividad relativamente fuerte, de modo que se puede realizar una transmisión selectiva de portadoras. Además, el espesor de la primera capa de pasivación 120 está relacionado con el efecto de pasivación de campo. Cuanto mayor sea el espesor de la primera capa de pasivación 120, mejor será el efecto de pasivación de campo de la primera capa de pasivación 120. El espesor de la primera capa de pasivación 120 se ajusta dentro de este intervalo de relación, lo que no solo puede hacer que la primera capa de pasivación 120 tenga un buen efecto de pasivación de campo, sino que también evita el problema de que el sustrato 100 se daña por tensión debido al espesor excesivo.

En algunos ejemplos, para el material de Al_xO_y de la primera capa de pasivación 120, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Al puede ser de $1,4 \leq y/x \leq 1,42$. La primera capa de pasivación 120 puede tener un índice de refracción de 1,78~1,8, y un espesor de 2 nm~2,6 nm. En algunos ejemplos, para el material de Al_xO_y de la primera capa de pasivación 120, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Al puede ser $1,42 \leq y/x \leq 1,48$. La primera capa de pasivación 120 puede tener un índice de refracción de 1,72~1,78 y un espesor de 2,6 nm~4,4 nm. En algunos ejemplos, para el material de Al_xO_y de la primera capa de pasivación 120, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Al puede ser de $1,48 \leq y/x \leq 1,55$. La primera capa de pasivación 120 puede tener un índice de refracción de 1,65-1,72, y un espesor de 4,4 nm~6,5 nm. En algunos ejemplos, para el material de Al_xO_y de la primera capa de pasivación 120, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Al puede ser $4 \leq y/x \leq 7$. La primera capa de pasivación 120 puede tener un índice de refracción de 1,6-1,65, y un espesor de 6,5 nm~8 nm.

La capa de óxido de tunelización 150 y la capa conductora dopada 160 se forman en la superficie posterior del sustrato 100 como una estructura de contacto de pasivación, y la capa de óxido de tunelización 150 se usa para lograr la pasivación de la interfaz en la superficie posterior. En algunos ejemplos, el material de la capa de óxido de tunelización 150 puede ser un material dieléctrico, tal como óxido de silicio. La capa conductora dopada 160 se usa para lograr la pasivación del campo. La capa conductora dopada 160 y el sustrato 100 están dopados para tener un mismo tipo de conductividad. La capa conductora dopada 160 y el sustrato 100 pueden doparse con los mismos dopantes (o elementos dopantes) o diferentes dopantes. En algunos ejemplos, la capa conductora dopada 160 puede ser al menos una de una capa de silicio policristalino dopado de tipo N, una capa de silicio microcristalino dopado de tipo N y una capa de silicio amorfo dopado de tipo N. La capa conductora dopada 160 incluye dopantes de tipo N, tales como al menos uno de fósforo, arsénico o antimonio.

En algunos ejemplos, la capa conductora dopada 160 es una capa de silicio policristalino dopada. La capa conductora dopada 160 tiene un espesor de 60 nm~150 nm en la dirección perpendicular a la superficie posterior, tal como 60 nm, 80 nm o 120 nm.

En algunos ejemplos, la célula solar incluye una cuarta capa de pasivación 170, que está dispuesta en un lado de la capa conductora dopada 160 orientada lejos del sustrato 100. La cuarta capa de pasivación 170 incluye un segundo material de Si_mN_n , y un valor de n/m es $1,2 \leq y/x \leq 1,6$. La cuarta capa de pasivación 170 se utiliza para mejorar el efecto de reflexión de la luz incidente en la parte posterior de la célula solar, y además para mejorar el efecto de pasivación de la estructura de contacto de pasivación en la superficie posterior del sustrato 100. En el segundo material de Si_mN_n , n representa el número de átomos de N y m representa el número de átomos de Si. Un índice de refracción y espesor de la cuarta capa de pasivación 170 se pueden ajustar ajustando el valor de n/m . En algunos ejemplos, la cuarta capa de pasivación 170 tiene una estructura de una sola capa. La cuarta capa de pasivación 170 puede tener un índice de refracción de 1,9-2,1, y un espesor de 80 nm~100 nm. En algunos ejemplos, la cuarta capa de pasivación 170 puede tener una estructura multicapa. El índice de refracción de cada subcapa de la cuarta capa de pasivación 170 disminuye gradualmente en una dirección desde la superficie posterior del sustrato 100 hacia la capa conductora dopada 160,

de modo que es beneficioso mejorar el efecto de reflexión de la luz incidente en una parte posterior de la célula solar por reflexión interna.

La célula solar incluye además un primer electrodo 180 y un segundo electrodo 190. El primer electrodo 180 está dispuesto en la superficie frontal del sustrato 100 y está conectado eléctricamente con el emisor 110 penetrando a través de la tercera capa de pasivación 140, la segunda capa de pasivación 130 y la primera capa de pasivación 120. El segundo electrodo 190 está dispuesto en la superficie posterior del sustrato 100 y está conectado eléctricamente con la capa conductora dopada penetrando a través de la cuarta capa de pasivación 170.

En las realizaciones anteriores, la célula solar incluye la primera capa de pasivación 120, la segunda capa de pasivación 130 y la tercera capa de pasivación 140 formadas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 100 y en la dirección alejada del sustrato 100. La primera capa de pasivación 120 incluye el material dieléctrico. La segunda capa de pasivación 130 incluye el primer material de Si_xN_y , y el valor de v/u es $1,3 \leq v/u \leq 1,7$. La segunda capa de pasivación tiene un índice de refracción relativamente alto ajustando la relación atómica en el primer material de Si_xN_y , de modo que la segunda capa de pasivación puede tener una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda larga. La tercera capa de pasivación 140 incluye el material de Si_xO_y , y el valor de s/r es $1,9 \leq s/r \leq 3,2$. El material de Si_xO_y puede tener capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda corta ajustando la relación atómica en el material de Si_xO_y . De esta manera, la tercera capa de pasivación 140, junto con la segunda capa de pasivación, permite que toda la célula solar tenga una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente (incluida luz de onda corta y luz de onda larga), y por lo tanto la antireflectividad de la superficie de célula solar puede ser relativamente grande. Además, el primer material de Si_xN_y y el material de Si_xO_y tienen un buen efecto de pasivación, aumentando de este modo la tensión de circuito abierto, la corriente de cortocircuito y el factor de llenado de la célula solar y mejorando la tasa de conversión fotoeléctrica de la célula solar.

En consecuencia, como se muestra en la Figura 6, algunas realizaciones de la presente descripción proporcionan además un módulo de célula solar, que incluye: al menos una cadena de células formada conectando una pluralidad de células solares 1 proporcionadas por las realizaciones anteriores; una capa de embalaje 2 configurada para cubrir una superficie de la al menos una cadena celular; y una placa de cubierta 3 configurada para cubrir una superficie de la capa de embalaje lejos de la al menos una cadena de células. Las células solares están conectadas eléctricamente en forma de una pieza completa o piezas múltiples (por ejemplo, 1/2 de piezas iguales, 1/3 de piezas iguales, 1/4 de piezas iguales y otras piezas múltiples) para formar una pluralidad de cadenas de células, y la pluralidad de cadenas de células están conectadas eléctricamente en serie y/o en paralelo. En algunos ejemplos, la pluralidad de cadenas de células se puede conectar eléctricamente a través de cintas conductoras. La capa de embalaje 2 cubre la superficie frontal y la superficie posterior de la célula solar. En algunos ejemplos, la capa de embalaje 2 en la superficie posterior de la célula solar puede ser blanca. De esta manera, en un caso en el que la luz incidente desde la superficie frontal de la célula solar se irradia a la parte posterior de la célula solar desde un hueco entre dos células solares adyacentes, la luz incidente puede reflejarse en la placa de cubierta 3 en la superficie frontal de las células solares a través de la capa de embalaje blanca 2, y luego reflejarse en la superficie frontal de la célula solar una vez más, aumentando así la capacidad de absorción de luz de la luz incidente. En algunos ejemplos, la capa de embalaje 2 puede estar hecha de materiales orgánicos tales como copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA), elastómero termoplástico de poliolefina (POE) o tereftalato de polietilenglicol (PET). En algunos ejemplos, la placa de cubierta 3 puede ser una placa de cubierta con una función de transmisión de luz, tal como una placa de cubierta de vidrio, una placa de cubierta de plástico y similares. Una superficie de la placa de cubierta orientada hacia la capa de embalaje 2 puede ser una superficie cóncava-convexa, aumentando así la tasa de utilización de la luz incidente. La célula solar del presente módulo de célula solar incluye una primera capa de pasivación 120, una segunda capa de pasivación 130 y una tercera capa de pasivación 140 formadas secuencialmente en la superficie frontal. La segunda capa de pasivación 130 absorbe principalmente luz de onda larga y la tercera capa de pasivación 140 absorbe principalmente luz de onda corta, de modo que la célula solar tiene capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente de diferentes bandas de onda, reduciendo así una reflectividad de una superficie frontal de un sustrato 100 de la célula solar a la luz. Por lo tanto, después de que las células solares se embalen para formar el módulo de célula solar, el módulo de célula solar es grisáceo azul o incluso negro, lo que es beneficioso para preparar un módulo de célula solar de color oscuro.

En consecuencia, algunas realizaciones de la presente descripción proporcionan además un método para preparar una célula solar, para preparar la célula solar proporcionada en las realizaciones anteriores. El método se describirá con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

Las Figuras 7 a 13 muestran diagramas estructurales esquemáticos correspondientes a cada etapa del método para preparar la célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción.

Como se muestra en la Figura 7, se proporciona un sustrato 100 que tiene una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal.

El sustrato 100 se usa para recibir luz incidente y generar portadoras fotogeneradas. En algunos ejemplos, el sustrato 100 puede ser un sustrato 100 de silicio, y los materiales del sustrato 100 de silicio pueden incluir al menos uno de silicio monocristalino, silicio policristalino, silicio amorfo y silicio microcristalino. En algunos ejemplos, el material del

sustrato 100 puede ser una sustancia simple de carbono, un material orgánico o un compuesto multicomponente. El compuesto multicomponente incluye arseniuro de galio, telururo de cadmio, cobre, indio, selenio etc. En algunos ejemplos, la célula solar es una célula solar de contacto pasivada con óxido de túnel (TOPCON), y tanto la superficie frontal como la superficie posterior del sustrato 100 se usan para recibir la luz incidente. En algunos ejemplos, la superficie frontal del sustrato 100 puede establecerse como una superficie texturizada piramidal, de modo que una reflectividad de la superficie frontal del sustrato 100 a la luz incidente es relativamente pequeña y, por lo tanto, la absorción de luz y la tasa de utilización de la superficie frontal del sustrato 100 es relativamente grande. En algunos ejemplos, el sustrato 100 es un sustrato semiconductor de tipo N, es decir, el sustrato 100 está dopado con dopantes de tipo N, y los dopantes de tipo N pueden ser uno cualquiera de fósforo, arsénico o antimonio.

Como se muestra en la Figura 8, se forma un emisor 110.

En algunos ejemplos, el sustrato 100 es el sustrato semiconductor de tipo N, y el emisor 110 es un emisor de tipo P. Un método de proceso específico para formar el emisor 110 puede ser el siguiente. La superficie frontal del sustrato 100 se somete a un tratamiento de difusión de boro para formar el emisor 110. El emisor 110 y el sustrato 100 de tipo N forman una unión PN. Cabe señalar que después de que se forma el emisor 110, se requiere que el vidrio de borosilicato formado por el tratamiento de difusión de boro se elimine, de modo que cuando una primera capa de pasivación 120 se forme posteriormente en el emisor 110, la primera capa de pasivación 120 tiene un espesor uniforme, lo que es ventajoso para mejorar la capacidad de absorción de luz de la superficie frontal del sustrato 100 a la luz incidente. En algunos ejemplos, una fuente de boro usada en el tratamiento de difusión de boro incluye tribromuro de boro líquido.

Como se muestra en la Figura 9, una capa de óxido de tunelización 150 y una capa conductora dopada 160 se forman secuencialmente en la superficie posterior de un sustrato 100 en una dirección alejada de la superficie posterior. La capa conductora dopada 160 y el sustrato 100 están dopados para tener un mismo tipo de conductividad.

En algunos ejemplos, la capa de óxido de tunelización 150 se deposita en la superficie posterior del sustrato 100 usando un proceso de temperatura variable y un proceso de deposición química de vapor. Durante la deposición, la velocidad de calentamiento se controla para que sea $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, tal como $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ o $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, etc.; la temperatura de deposición es de $560\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 620\text{ }^{\circ}\text{C}$, tal como $570\text{ }^{\circ}\text{C}$, $590\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $610\text{ }^{\circ}\text{C}$, etc.; y el tiempo de deposición es $3\text{ min}\sim 10\text{ min}$, tal como 4 min , 6 min u 8 min , etc. En algunos ejemplos, la capa de óxido de tunelización 150 puede formarse mediante un proceso de generación in situ, tal como un proceso de oxidación térmica o un proceso de pasivación de ácido nítrico.

En algunos ejemplos, la capa de óxido de tunelización 150 puede tener un espesor de $1\text{ nm}\sim 2\text{ nm}$, tal como $1,2\text{ nm}$, $1,4\text{ nm}$, $1,6\text{ nm}$ o $1,8\text{ nm}$.

En algunos ejemplos, después de formar la capa de óxido de tunelización 150, se puede adoptar un proceso de deposición para formar la capa conductora dopada 160 sobre una superficie de la capa de óxido de tunelización 150. El proceso de deposición puede adoptarse para depositar silicio policristalino intrínseco sobre la superficie de la capa de óxido de tunelización 150 para formar una capa de silicio policristalino. A continuación, el fósforo se dopa con la capa de silicio policristalino mediante una implantación de iones y un proceso de difusión de la fuente para formar una capa de silicio policristalino dopado de tipo N. La capa de silicio policristalino dopada funciona como la capa conductora dopada 160.

En algunos ejemplos, la capa conductora dopada 160 puede tener un espesor de $60\text{ nm}\sim 150\text{ nm}$, tal como 60 nm , 80 nm o 120 nm , en una dirección perpendicular a la superficie posterior del sustrato 100.

Como se muestra en las Figuras 10 a 13, la primera capa de pasivación 120, una segunda capa de pasivación 130 y una tercera capa de pasivación 140 están formadas secuencialmente en la superficie frontal de un sustrato 100 en dirección opuesta al sustrato 100. La primera capa de pasivación 120 incluye un material dieléctrico. La segunda capa de pasivación 130 incluye un primer material de Si_xN_y , y un valor de v/u es $1,3\leq v/u\leq 1,7$. La tercera capa de pasivación 140 incluye un material de Si_xO_y , y un valor de s/r es $1,9\leq s/r\leq 3,2$.

Como se muestra en la Figura 10, la primera capa de pasivación 120 se forma en la superficie del emisor 110. La primera capa de pasivación 120 incluye un material de Al_xO_y . En algunos ejemplos, la primera capa de pasivación 120 puede formarse mediante un proceso de deposición de capa atómica. Un método para formar la primera capa de pasivación 120 incluye introducir trimetilaluminio y agua en una cámara de reacción, donde una relación del trimetilaluminio al agua es $1:2\sim 1:3$, y una temperatura es $200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la primera capa de pasivación 120, la relación atómica de átomos de O a átomos de Al del material de Al_xO_y es $1,4\leq y/x\leq 1,6$. La primera capa de pasivación 120 tiene un índice de refracción de $1,6\sim 1,8$ y un espesor de $2\text{ nm}\sim 8\text{ nm}$.

En algunos ejemplos, después de que se forme la primera capa de pasivación 120, el método incluye además: realizar un proceso de recocido en la primera capa de pasivación 120 en una atmósfera de nitrógeno, donde una temperatura de recocido es $500\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$, y una duración de recocido es $10\text{ min}\sim 13\text{ min}$. De esta manera, pueden eliminarse moléculas de agua residuales y grupos funcionales orgánicos.

Como se muestra en la Figura 11, la segunda capa de pasivación 130 se forma en una superficie de la primera capa de pasivación 120, y la segunda capa de pasivación 130 incluye el primer material de Si_3N_4 . En algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación 130 puede formarse mediante un proceso de deposición química de vapor mejorado con plasma. Un método para formar la segunda capa de pasivación incluye: introducir silano y amoníaco en una cámara de reacción e ionizar el silano y el gas de amoníaco. Una potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 180 \text{ mW/cm}^2$. Una presión de la cámara de reacción es de $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. Una relación de flujo del silano al gas de amoníaco es $1:3 \sim 1:16$, y un tiempo de reacción es $3 \text{ s} \sim 31 \text{ s}$.

En algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación 130 puede tener una estructura de tres capas, y puede incluir una primera subcapa 131 de nitruro de silicio (consulte la Figura 4), una segunda subcapa 132 de nitruro de silicio (consulte la Figura 4), y una tercera subcapa 133 de nitruro de silicio (consulte la Figura 4) apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. El método de proceso para formar la segunda capa de pasivación 130 es el siguiente. El silano y el gas de amoníaco se introducen en una cámara de reacción y se ionizan para formar la primera subcapa 131 de nitruro de silicio sobre la superficie de la primera capa de pasivación 120. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. La relación de flujo de gas del silano al gas de amoníaco puede ser $1:3 \sim 1:5$, y el tiempo de reacción puede ser $4 \text{ s} \sim 6 \text{ s}$. El silano y el gas de amoníaco se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio sobre una superficie de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio. La potencia de pulso por unidad de área es de $150 \text{ mW/cm}^2 \sim 180 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. La relación de flujo de gas del silano al gas de amoníaco puede ser $1:5 \sim 1:9$, y el tiempo de reacción puede ser $5 \text{ s} \sim 8 \text{ s}$. El silano y el gas de amoníaco se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio sobre una superficie de la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio. La potencia de pulso por unidad de área es de $150 \text{ mW/cm}^2 \sim 180 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. La relación de flujo de gas del silano al gas de amoníaco puede ser $1:9 \sim 1:16$, y el tiempo de reacción puede ser $10 \text{ s} \sim 14 \text{ s}$.

Basándose en el proceso de preparación, una relación atómica de átomos de N a átomos de Si en la primera subcapa 131 de nitruro de silicio es $1,3 \leq r \leq 1,4$. La primera subcapa 131 de nitruro de silicio tiene un índice de refracción de $1,93 \sim 2,0$, y un espesor de $8 \text{ nm} \sim 15 \text{ nm}$. La relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si en la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio es de $1,4 \leq r \leq 1,55$. La segunda subcapa 132 de nitruro de silicio tiene un índice de refracción de $1,87 \sim 1,93$, y un espesor de $10 \text{ nm} \sim 15 \text{ nm}$. La relación atómica de los átomos de N a los átomos de Si en la tercera subcapa de nitruro de silicio 133 es de $1,55 \leq r \leq 1,7$. La tercera subcapa 133 de nitruro de silicio tiene un índice de refracción de $1,8 \sim 1,87$ y un espesor de $17 \text{ nm} \sim 25 \text{ nm}$.

En algunos ejemplos, la segunda capa de pasivación 130 puede tener una estructura de cuatro capas, incluida la primera subcapa 131 de nitruro de silicio, la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio, la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio y una cuarta subcapa de nitruro de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. El método de proceso para formar la segunda capa de pasivación 130 es el siguiente. El silano y el gas de amoníaco se introducen en la cámara de reacción y se ionizan para formar la primera subcapa 131 de nitruro de silicio sobre la superficie de la primera capa de pasivación 120. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. La relación de flujo de gas del silano al gas de amoníaco puede ser $1:3 \sim 1:5$, y el tiempo de reacción puede ser $3 \text{ s} \sim 5 \text{ s}$. El silano y el gas de amoníaco se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio sobre la superficie de la primera subcapa 131 de nitruro de silicio. La potencia de pulso por unidad de área es de $150 \text{ mW/cm}^2 \sim 180 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. La relación de flujo de gas del silano al gas de amoníaco puede ser $1:5 \sim 1:7$, y el tiempo de reacción puede ser $4 \text{ s} \sim 6 \text{ s}$. El silano y el gas de amoníaco se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio sobre la superficie de la segunda subcapa 132 de nitruro de silicio. La potencia de pulso por unidad de área es de $150 \text{ mW/cm}^2 \sim 180 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. La relación de flujo de gas del silano al gas de amoníaco puede ser $1:7 \sim 1:10$ y el tiempo de reacción puede ser $4 \text{ s} \sim 6 \text{ s}$. El silano y el gas de amoníaco se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la cuarta subcapa de nitruro de silicio sobre una superficie de la tercera subcapa 133 de nitruro de silicio. La potencia de pulso por unidad de área es de $150 \text{ mW/cm}^2 \sim 180 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. La relación de flujo de gas del silano al gas de amoníaco puede ser $1:10 \sim 1:16$, y el tiempo de reacción puede ser $10 \text{ s} \sim 14 \text{ s}$.

Como se muestra en la Figura 12, la tercera capa de pasivación 140 se forma en la superficie de la segunda capa de pasivación 130, y la tercera capa de pasivación 140 incluye el material de SSP. En algunos ejemplos, la tercera capa de pasivación 140 puede formarse mediante el proceso de deposición química de vapor mejorado con plasma. Un método para formar la tercera capa de pasivación 140 incluye: introducir el silano y óxido nítrico en la cámara de reacción e ionizar el silano y el óxido nítrico. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es $1600 \text{ mTorr} \sim 2000 \text{ mTorr}$. Una relación de flujo del silano al óxido nítrico es $1:15 \sim 1:20$ y el tiempo de reacción es de $3 \text{ s} \sim 22 \text{ s}$.

En algunos ejemplos, la tercera capa de pasivación 140 puede tener una estructura de dos capas, y puede incluir una primera subcapa 141 de óxido de silicio (consulte la Figura 2) y una segunda subcapa 142 de óxido de silicio (consulte

la Figura 2) apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. El método de proceso para formar la tercera capa de pasivación 140 es el siguiente. El silano y el óxido nitroso se introducen en la cámara de reacción y se ionizan para formar la primera subcapa 141 de óxido de silicio sobre la superficie de la segunda capa de pasivación 130. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es 1600 mTorr~2000 mTorr. La relación de flujo de gas del silano al óxido nitroso puede ser 1:15~1:17, y el tiempo de reacción puede ser 6 s~8 s. El silano y el óxido nitroso se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la segunda subcapa de óxido de silicio 142 sobre una superficie de la primera subcapa de óxido de silicio 141. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es 1600 mTorr~2000 mTorr. La relación de flujo de gas del silano al óxido nitroso puede ser 1:17~1:20 y el tiempo de reacción puede ser 6 s~10 s.

Basándose en el proceso de preparación, una relación atómica de átomos de O a átomos de Si en la primera subcapa de óxido de silicio 141 es $1,9 \leq s/r \leq 2,2$. La primera subcapa 141 de óxido de silicio tiene un índice de refracción de 1,51-1,6, y un espesor de 30 nm~40 nm. La relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en la segunda subcapa de óxido de silicio 142 es de $2,2 \leq s/r \leq 3,2$. La segunda subcapa de óxido de silicio 142 tiene un índice de refracción de 1,4-1,51 y un espesor de 30 nm~50 nm.

En algunos ejemplos, la tercera capa de pasivación 140 puede tener una estructura de tres capas, y puede incluir la primera subcapa 141 de óxido de silicio (consulte la Figura 3), la segunda subcapa 142 de óxido de silicio (consulte la Figura 3), y una tercera subcapa 143 de óxido de silicio (consulte la Figura 3) apiladas en la dirección alejada del sustrato 100. El método de proceso para formar la tercera capa de pasivación 140 es el siguiente. El silano y el óxido nitroso se introducen en la cámara de reacción y se ionizan para formar la primera subcapa 141 de óxido de silicio sobre la superficie de la segunda capa de pasivación 130. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es 1600 mTorr~2000 mTorr. La relación de flujo de gas del silano al óxido nitroso puede ser 1:15-1:16,5, y el tiempo de reacción puede ser 3 s~6 s. El silano y el óxido nitroso se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la segunda subcapa de óxido de silicio 142 sobre la superficie de la primera subcapa de óxido de silicio 141. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es 1600 mTorr~2000 mTorr. La relación de flujo de gas del silano al óxido nitroso puede ser 1:16,5-1:18, y el tiempo de reacción puede ser 3 s~6 s. El silano y el óxido nitroso se introducen continuamente en la cámara de reacción y se ionizan para formar la tercera subcapa 143 de óxido de silicio sobre una superficie de la segunda subcapa 142 de óxido de silicio. La potencia de pulso por unidad de área es de $140 \text{ mW/cm}^2 \sim 170 \text{ mW/cm}^2$. La presión de la cámara de reacción es 1600 mTorr~2000 mTorr. La relación de flujo de gas del silano al óxido nitroso puede ser 1:18~1:20 y el tiempo de reacción puede ser 6 s~10 s.

Basándose en el proceso de preparación, la relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en la primera subcapa de óxido de silicio 141 es $1,9 \leq s/r \leq 2,2$. La primera subcapa 141 de óxido de silicio tiene un índice de refracción de 1,51-1,6, y un espesor de 10 nm~20 nm. La relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en la segunda subcapa de óxido de silicio 142 es de $2,2 \leq s/r \leq 2,7$. La segunda subcapa 142 de óxido de silicio tiene un índice de refracción de 1,45-1,51, y un espesor de 20 nm~30 nm. La relación atómica de los átomos de O a los átomos de Si en la tercera subcapa de óxido de silicio 143 es de $2,7 \leq s/r \leq 3,2$. La tercera subcapa 143 de óxido de silicio tiene un índice de refracción de 1,4-1,45, y un espesor de 30 nm~40 nm.

Como se muestra en la Figura 1, se forma una cuarta capa de pasivación 170 sobre la capa conductora dopada 160, y se forman un primer electrodo 180 y un segundo electrodo 190.

En algunos ejemplos, la cuarta capa de pasivación 170 incluye un segundo material de Si_mN_n . La cuarta capa de pasivación 170 puede formarse sobre una superficie de la capa conductora dopada 160 utilizando el proceso de deposición química de vapor mejorado con plasma. En algunos ejemplos, la cuarta capa de pasivación 170 puede tener una estructura de una sola capa. En algunos ejemplos, la cuarta capa de pasivación 170 puede tener una estructura multicapa, y el índice de refracción de cada capa disminuye gradualmente en una dirección desde la superficie posterior del sustrato 100 hacia la capa conductora dopada 160.

Después de que se forma la cuarta capa de pasivación 170, se realiza un tratamiento de metalización sobre las superficies de la tercera capa de pasivación 140 en la superficie frontal del sustrato 100 y la cuarta capa de pasivación 170 en la superficie posterior del sustrato 100. El tratamiento de metalización incluye un proceso de serigrafía y un proceso de sinterización a alta temperatura, para formar el primer electrodo 180 conectado eléctricamente con el emisor 110 en la superficie frontal del sustrato 100 y el segundo electrodo 190 conectado eléctricamente con la capa conductora dopada 160 en la superficie posterior del sustrato 100. El primer electrodo 180 penetra a través de la tercera capa de pasivación 140, la segunda capa de pasivación 130 y la primera capa de pasivación 120 en la superficie frontal del sustrato 100. El segundo electrodo 190 formado penetra a través de la cuarta capa de pasivación 170.

En el método anterior para preparar la célula solar, la primera capa de pasivación 120, la segunda capa de pasivación 130 y la tercera capa de pasivación 140 se forman secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 100 y en la dirección alejada del sustrato 100. La primera capa de pasivación 120 incluye el material dieléctrico. La segunda capa de pasivación 130 incluye el primer material de Si_mN_n , y el valor de v/u es $1,3 \leq v/u \leq 1,7$. La segunda capa de pasivación

tiene un índice de refracción relativamente alto ajustando la relación atómica en el primer material de Si_xN_y , de modo que la segunda capa de pasivación tenga una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda larga. Además, el primer material de Si_xN_y en la segunda capa de pasivación 130 tiene un buen efecto de pasivación de hidrógeno. La tercera capa de pasivación 140 incluye el material de Si_xO_y , y el valor de s/r es $1,9 \leq s/r \leq 3,2$. El material de Si_xO_y puede tener capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz de onda corta ajustando la relación atómica en el material de Si_xO_y . De esta manera, la tercera capa de pasivación 140, junto con la luz relativamente fuerte, permite que toda la célula solar tenga una capacidad de absorción de luz relativamente fuerte para la luz incidente (incluida luz de onda corta y luz de onda larga), y por lo tanto la antireflectividad de la superficie de célula solar puede ser relativamente grande. Además, el primer material de Si_xN_y y el material de Si_xO_y tienen un buen efecto de pasivación, mejorando así una tensión de circuito abierto, una corriente de cortocircuito y un factor de llenado de la célula solar y aumentando la tasa de conversión fotoeléctrica de la célula solar.

Primer ejemplo comparativo

El primer ejemplo comparativo proporciona una célula solar, como se muestra en la Figura 13, que incluye: un sustrato 200 que tiene una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal; una capa de pasivación frontal 220 formada en una superficie frontal del sustrato 200. La capa de pasivación frontal incluye un material de Si_aN_b .

Con referencia a la estructura de la célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción que se muestra en la Figura 1, el primer ejemplo comparativo difiere de las realizaciones de la presente descripción en que: una capa de pasivación frontal 220 de una sola capa se forma en la superficie frontal del sustrato 200 en el primer ejemplo comparativo, y el material de la capa de pasivación frontal 220 es el material de Si_aN_b . En las realizaciones de la presente descripción, la célula solar incluye la primera capa de pasivación 120, la segunda capa de pasivación 130 y la tercera capa de pasivación 140 formadas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 100 en la dirección alejada del sustrato 100. En la presente memoria, la primera capa de pasivación 120 incluye el material dieléctrico, la segunda capa de pasivación 130 incluye el primer material de Si_xN_y , y la tercera capa de pasivación 140 incluye el material de Si_xO_y . A través de experimentos comparativos, se encuentra que la comparación de parámetros entre las realizaciones de la presente descripción y el primer ejemplo comparativo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

	Reflectividad %	Voltaje de circuito abierto mV	Corriente de cortocircuito A	Factor de llenado %	Eficiencia de conversión %
Realizaciones de la presente descripción	1,45	702	10,904	84,63	24,23
Primer ejemplo comparativo	2,07	685	10,760	84,73	23,35

Se puede observar en la Tabla 1 que, en comparación con el primer ejemplo comparativo, la célula solar en las realizaciones de la presente descripción tiene una reflectividad relativamente más baja para la luz incidente, y tiene una tensión de circuito abierto relativamente mayor, una corriente de cortocircuito y una resistencia paralela, de modo que la célula solar en las realizaciones de la presente descripción tiene una mayor eficiencia de conversión. En la presente memoria, la reflectividad de la célula solar a la luz incidente es 0,62 % más baja que la reflectividad de la célula solar en el primer ejemplo comparativo, y la eficiencia de conversión de la célula solar es 0,88 % mayor que la eficiencia de conversión de la célula solar en el primer ejemplo comparativo. Esto se debe a que en el primer ejemplo comparativo, la capa de pasivación frontal 220 es el material de Si_aN_b y está en una estructura de una sola capa. El material de Si_aN_b tiene un índice de refracción relativamente alto, que puede llevar cierta pérdida de absorción de luz y poca capacidad de absorción de luz para la luz incidente. En las realizaciones de la presente descripción, la segunda capa de pasivación 130 es el primer material Si_xN_y , para absorber principalmente luz de onda larga, y la tercera capa de pasivación es el material Si_xO_y , para absorber principalmente luz de onda corta, de modo que la célula solar tiene una buena capacidad de absorción de luz para la luz incidente en diferentes bandas de onda, haciendo así que la célula solar tenga una tasa de utilización relativamente alta de la luz incidente, aumentando así la concentración de portadora en la superficie frontal del sustrato 100 y mejorando la eficiencia de conversión de la célula solar.

Segundo ejemplo comparativo

El segundo ejemplo comparativo proporciona una célula solar, como se muestra en la Figura 14, que incluye: un sustrato 300 que tiene una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal; una primera capa de pasivación 320 y una segunda capa de pasivación 330 formadas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 300 y en dirección opuesta al sustrato 300. La primera capa 320 de pasivación incluye un material de Al_jO_k , y la segunda capa de pasivación 330 incluye un material de Si_pN_q .

Con referencia a la estructura de la célula solar según algunas realizaciones de la presente descripción mostrada en la Figura 1, el segundo ejemplo comparativo difiere de las realizaciones de la presente descripción en que: dos capas de pasivación se forman en la superficie frontal del sustrato 300 en el segundo ejemplo comparativo. En las

realizaciones de la presente descripción, la célula solar incluye la primera capa de pasivación 120, la segunda capa de pasivación 130 y la tercera capa de pasivación 140 formadas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 100 en la dirección alejada del sustrato 100. En la presente memoria, la primera capa de pasivación 120 incluye el material dieléctrico, la segunda capa de pasivación 130 incluye el primer material de Si_3N_4 , y la tercera capa de pasivación 140 incluye el material de SiO_2 . A través de experimentos comparativos, se encuentra que la comparación de parámetros entre las realizaciones de la presente descripción y el segundo ejemplo comparativo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

	Reflectividad %	Voltaje de circuito abierto mV	Corriente de cortocircuito A	Factor de llenado %	Eficiencia de conversión %
Realizaciones de la presente descripción	1,45	702	10,904	84,63	24,23
Segundo ejemplo comparativo	2,13	701	10,810	84,61	23,98

Puede observarse a partir de la Tabla 2 que, en comparación con el segundo ejemplo comparativo, la célula solar en las realizaciones de la presente descripción tiene una reflectividad relativamente más baja para la luz incidente, y tiene una tensión de circuito abierto relativamente mayor, una corriente de cortocircuito, un factor de llenado y una resistencia paralela, de modo que la célula solar en las realizaciones de la presente descripción tiene una mayor eficiencia de conversión. En la presente memoria, la reflectividad de la célula solar a la luz incidente es 0,68 % más baja que la reflectividad de la célula solar en el segundo ejemplo comparativo, y la eficiencia de conversión de la célula solar es 0,25 % mayor que la eficiencia de conversión de la célula solar en el segundo ejemplo comparativo. Esto se debe a que en el segundo ejemplo comparativo, la segunda capa de pasivación 330 es el material de Si_3N_4 , por lo que la célula solar en el segundo ejemplo comparativo puede simplemente tener un buen efecto de absorción en la luz de onda larga. En las realizaciones de la presente descripción, la tercera capa de pasivación es el material de SiO_2 , para absorber principalmente luz de onda corta. El material de SiO_2 de la tercera capa de pasivación, junto con el primer material de Si_3N_4 de la segunda capa de pasivación 130 permite que la célula solar tenga una buena capacidad de absorción de luz para la luz incidente en diferentes bandas de onda. Además, en las realizaciones de la presente descripción, el índice de refracción de la tercera capa de pasivación 140 se establece para que sea inferior al índice de refracción de la segunda capa de pasivación 130, de manera que la luz incidente entre en el medio ópticamente más denso del medio ópticamente más delgado y entre en el sustrato 100 en un ángulo casi vertical. Por lo tanto, la tasa de utilización de la luz incidente es relativamente alta, aumentando así la concentración de portadora en la superficie frontal del sustrato 100 y mejorando la eficiencia de conversión de la célula solar.

Aunque la presente descripción se ha descrito anteriormente en términos de realizaciones preferidas, las realizaciones preferidas no pretenden limitar las reivindicaciones. Cualquier experto en la técnica puede realizar algunos posibles cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

Los expertos en la técnica apreciarán que las realizaciones antes mencionadas son realizaciones específicas para implementar la presente descripción. En la práctica, sin embargo, se pueden realizar varios cambios en las formas y detalles de las realizaciones específicas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Cualquier experto en la técnica puede realizar sus propios cambios y modificaciones sin apartarse del alcance definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una célula solar, que comprende:
 - 5 un sustrato (100) que tiene una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal;
una primera capa de pasivación (120), una segunda capa de pasivación (130) y una tercera capa de pasivación (140) formadas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato (100) y en
10 dirección opuesta al sustrato (100); en donde la primera capa de pasivación (120) incluye un material dieléctrico; la segunda capa de pasivación (130) incluye un primer material de SiuNv, y un valor de v/u está en un intervalo de 1,3 a 1,7; y la tercera capa de pasivación (140) incluye un material de SirOs, y un valor de s/r está en un intervalo de 1,9 a 3,2; y
15 una capa de óxido de tunelización (150) y una capa conductora dopada (160) formadas secuencialmente en la superficie posterior del sustrato (100) y en una dirección alejada de la superficie posterior, en donde la capa conductora dopada (160) y el sustrato (100) están dopados para que tengan un mismo tipo de conductividad;
caracterizado por que
la tercera capa de pasivación (140) incluye una primera subcapa (141) de óxido de silicio y una
20 segunda subcapa (142) de óxido de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato (100), en donde el valor de s/r del material de SirOs de la primera subcapa de óxido de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,2; el valor de s/r del material de SirOs de la segunda subcapa de óxido de silicio está en un intervalo de 2,2 a 3,2, y un índice de refracción de la primera subcapa de óxido de silicio es mayor que un índice de refracción de la segunda subcapa de óxido de silicio.
- 25 2. La célula solar según la reivindicación 1, en donde un índice de refracción de la tercera capa de pasivación (140) es menor que un índice de refracción de la segunda capa de pasivación (130).
3. La célula solar según la reivindicación 2, en donde la tercera capa de pasivación (140) tiene un índice de refracción en un intervalo de 1,4 a 1,6, y la segunda capa de pasivación (130) tiene un índice de refracción
30 en un intervalo de 1,8 a 2.
4. La célula solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
35 en donde el material dieléctrico incluye al menos uno de óxido de aluminio, óxido de titanio, óxido de galio y óxido de hafnio;
preferiblemente, el material dieléctrico es un material de AlxOy, y un valor de y/x está en un intervalo de 1,4 a 1,6.
- 40 5. La célula solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
en donde la tercera capa de pasivación (140) tiene un espesor en un intervalo de 60 nm a 90 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal;
alternativamente, la segunda capa de pasivación (130) tiene un espesor en un intervalo de 35 nm a
45 55 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal;
alternativamente, la primera capa de pasivación (120) tiene un espesor en un intervalo de 2 nm a 8 nm en una dirección perpendicular a la superficie frontal.
6. La célula solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la primera capa de pasivación tiene un índice de refracción en un intervalo de 1,6 a 1,8.
50
7. La célula solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además: una cuarta capa de pasivación (170) formada en un lado de la capa conductora dopada (160) orientada alejada del sustrato (100); en donde la cuarta capa de pasivación (170) incluye un segundo material de SimNn, y un valor de n/m está en un intervalo de 1,2 a 1,6.
55
8. La célula solar según la reivindicación 7, en donde la cuarta capa de pasivación (170) tiene un índice de refracción en un intervalo de 1,9 a 2,1, y la cuarta capa de pasivación (170) tiene un espesor en un intervalo de 80 nm a 100 nm en una dirección perpendicular a la superficie posterior.
- 60 9. La célula solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el sustrato (100) es un sustrato semiconductor (100) de tipo N; la capa conductora dopada (160) es al menos una de una capa de silicio policristalino dopado de tipo N, una capa de silicio microcristalino dopado de tipo N y una capa de silicio amorfo dopado de tipo N.
- 65 10. Un módulo de célula solar, que comprende:

al menos una cadena de células formada conectando una pluralidad de células solares según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9;
una capa de embalaje configurada para cubrir una superficie de la al menos una cadena celular; y
una placa de cubierta configurada para cubrir una superficie de la capa de embalaje lejos de la al menos una cadena de células.

11. Un método para preparar una célula solar, que comprende:

proporcionar un sustrato (100) que tiene una superficie frontal y una superficie posterior opuesta a la superficie frontal;

formar una capa de óxido de tunelización (150) y una capa conductora dopada (160) secuencialmente en la superficie posterior del sustrato (100) en una dirección alejada de la superficie posterior, en donde la capa conductora dopada (160) y el sustrato (100) están dopados para que tengan un mismo tipo de conductividad; y

formar una primera capa de pasivación (120), una segunda capa de pasivación (130) y una tercera capa de pasivación (140) secuencialmente en la superficie frontal del sustrato (100) y en dirección opuesta al sustrato (100); en donde la primera capa de pasivación (120) incluye un material dieléctrico; la segunda capa de pasivación (130) incluye un primer material de SiuNv, y un valor de v/u está en un intervalo de 1,3 a 1,7; y la tercera capa de pasivación (140) incluye un material de SiOs, y un valor de s/r está en un intervalo de 1,9 a 3,2, **caracterizado por que**

la tercera capa de pasivación (140) incluye una primera subcapa (141) de óxido de silicio y una segunda subcapa (142) de óxido de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato (100), en donde el valor de s/r del material de SiOs de la primera subcapa de óxido de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,2; el valor de s/r del material de SiOs de la segunda subcapa de óxido de silicio está en un intervalo de 2,2 a 3,2, y un índice de refracción de la primera subcapa de óxido de silicio es mayor que un índice de refracción de la segunda subcapa de óxido de silicio.

12. El método según la reivindicación 11,

en donde la formación de la tercera capa de pasivación (140) se realiza mediante un proceso de deposición química de vapor mejorado con plasma, e incluye:

introducir silano y óxido nitroso en una cámara de reacción; e
ionizar el silano y el óxido nitroso;

en donde una potencia de pulso por unidad de área está en un intervalo de 140 mW/cm² a 170 mW/cm², una presión de la cámara de reacción está en un intervalo de 1600 mTorr a 2000 mTorr, una relación de flujo del silano al óxido nitroso está en un intervalo de 1:15 a 1:20; y un tiempo de reacción está en un intervalo de 3 s a 22 s.

13. El método según la reivindicación 11 o 12, en donde la formación de la segunda capa de pasivación (130) se realiza mediante un proceso de deposición química de vapor mejorado con plasma, e incluye:

introducir silano y gas amoníaco en una cámara de reacción; e
ionizar el silano y el gas de amoníaco;

en donde una potencia de pulso por unidad de área está en un intervalo de 140 mW/cm² a 180 mW/cm²; una presión de la cámara de reacción está en un intervalo de 1600 mTorr a 2000 mTorr; una relación de flujo del silano al gas de amoníaco está en un intervalo de 1:3 a 1:16; y un tiempo de reacción está en un intervalo de 3 s a 31 s.

14. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde la formación de la primera capa de pasivación (120) se realiza mediante un proceso de deposición de capa atómica, e incluye:

introducir trimetilaluminio y agua en una cámara de reacción, en donde una relación del trimetilaluminio al agua está en un intervalo de 1:2 a 1:3, y una temperatura está en un intervalo de 200 °C a 300 °C;

alternativamente, después de que se forme la primera capa de pasivación (120), el método comprende además:

realizar un proceso de recocido en la primera capa de pasivación (120) en una atmósfera de nitrógeno, en donde una temperatura de recocido está en un intervalo de 450 °C a 550 °C, y una duración de recocido está en un intervalo de 10 min a 13 min.

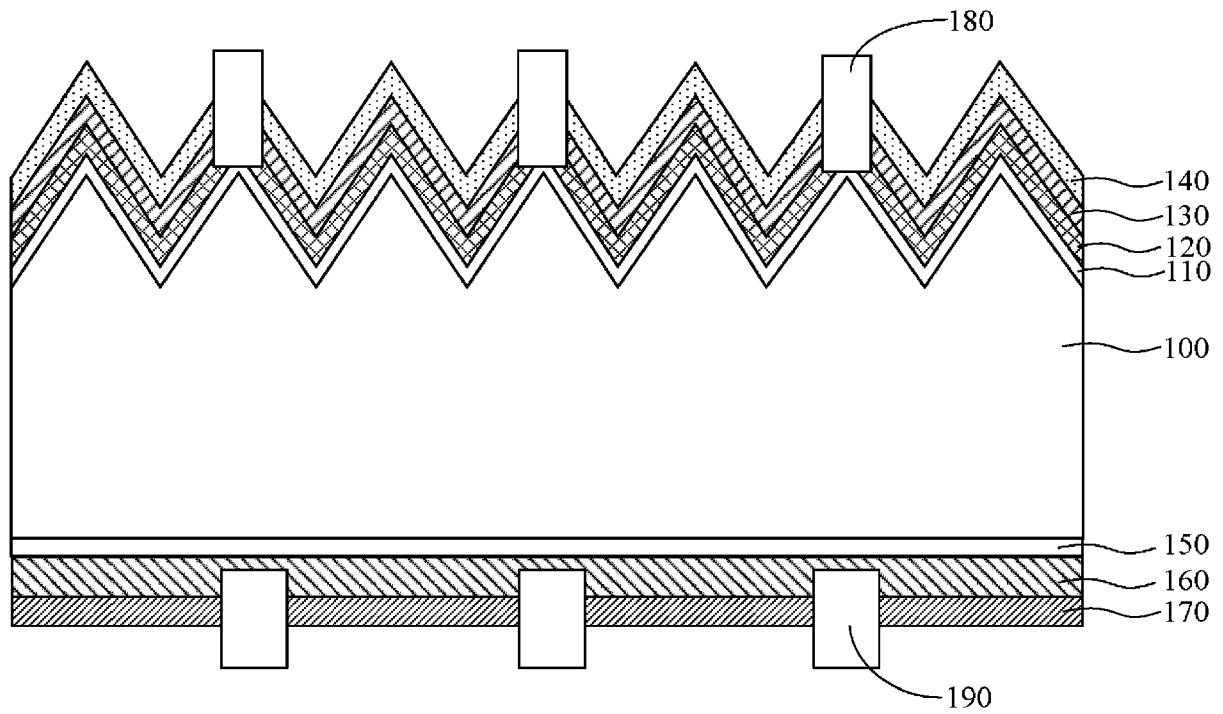


Figura 1

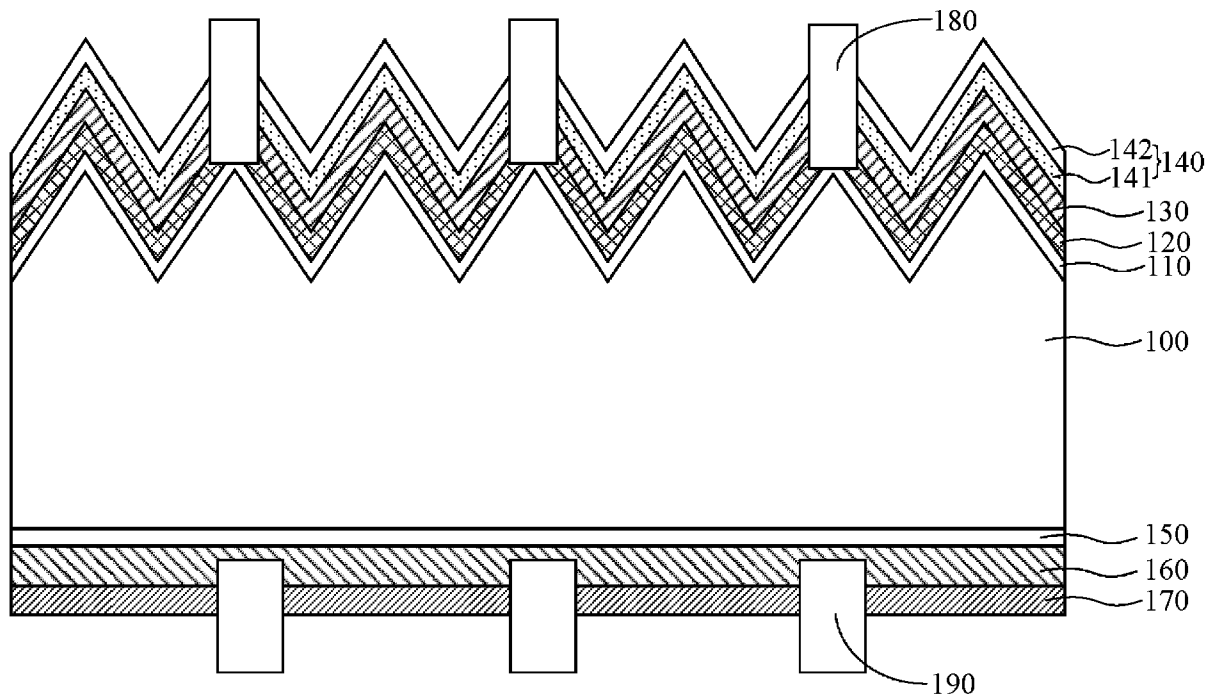


Figura 2

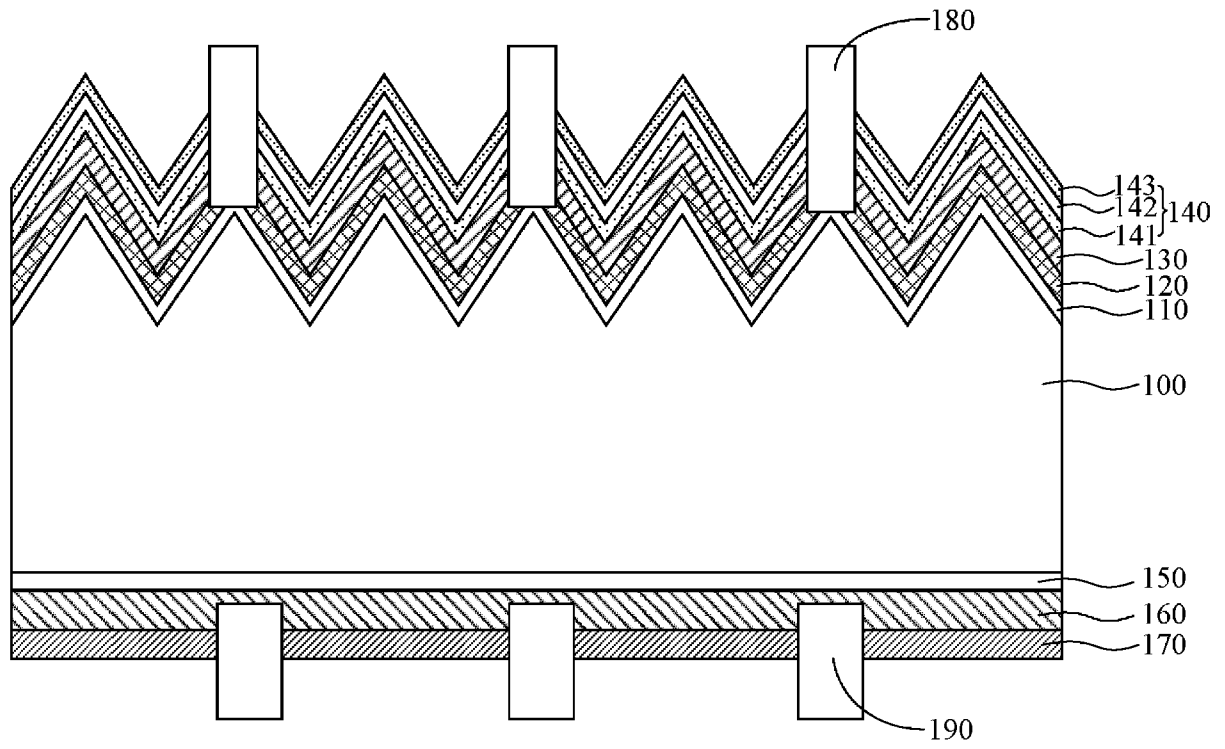


Figura 3

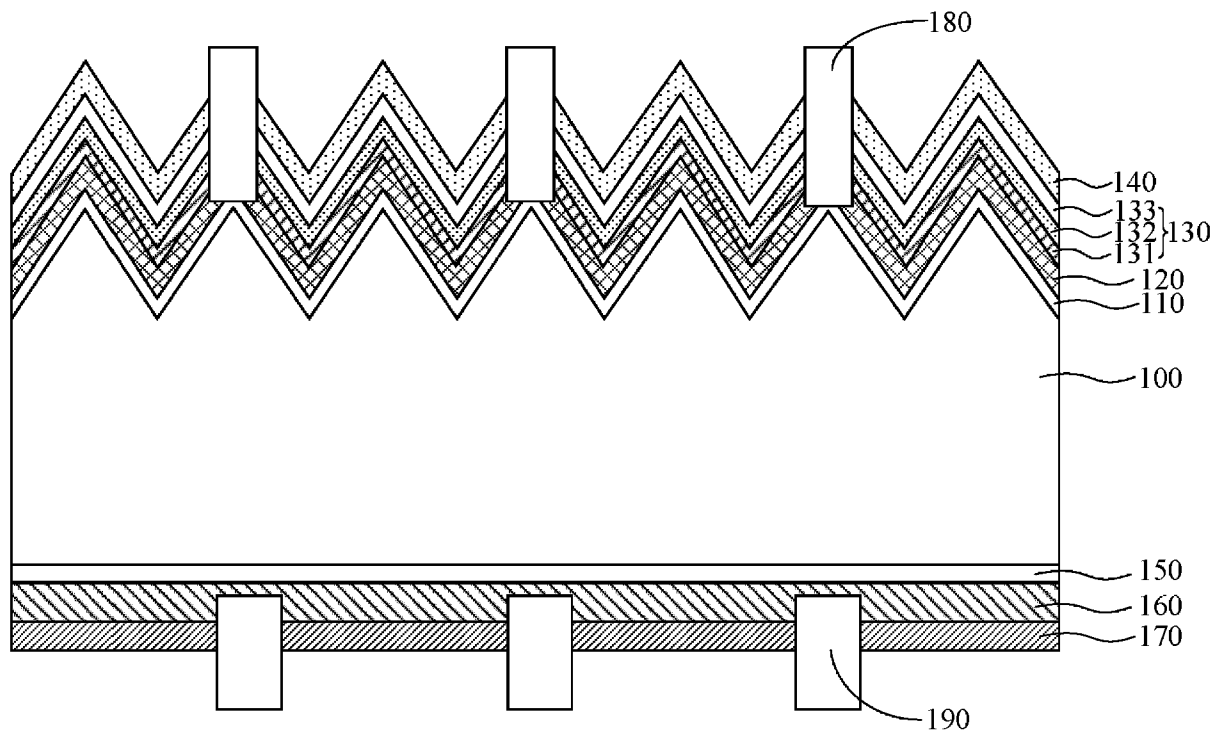


Figura 4

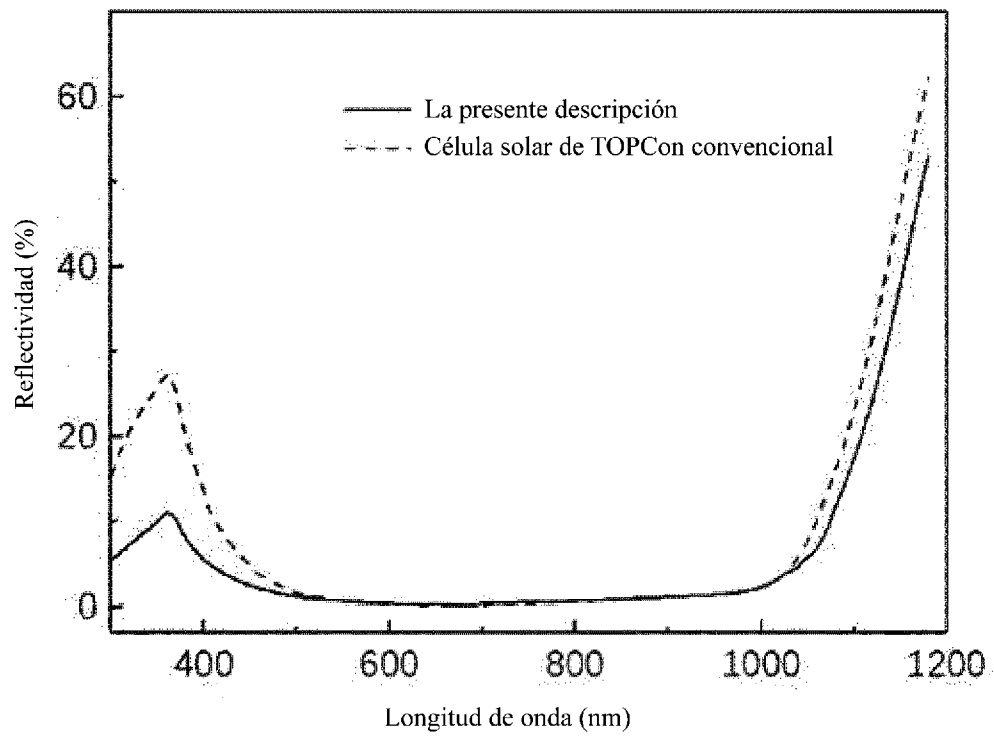


Figura 5

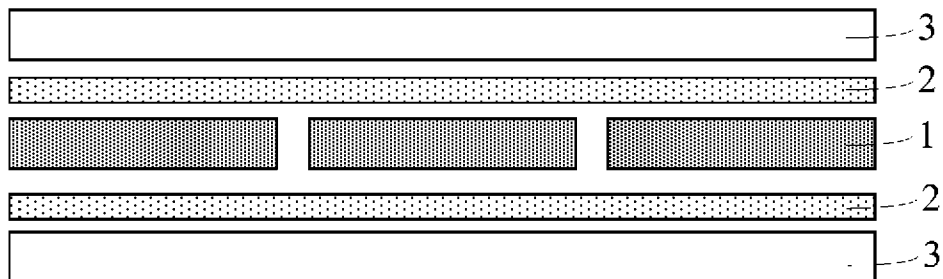


Figura 6

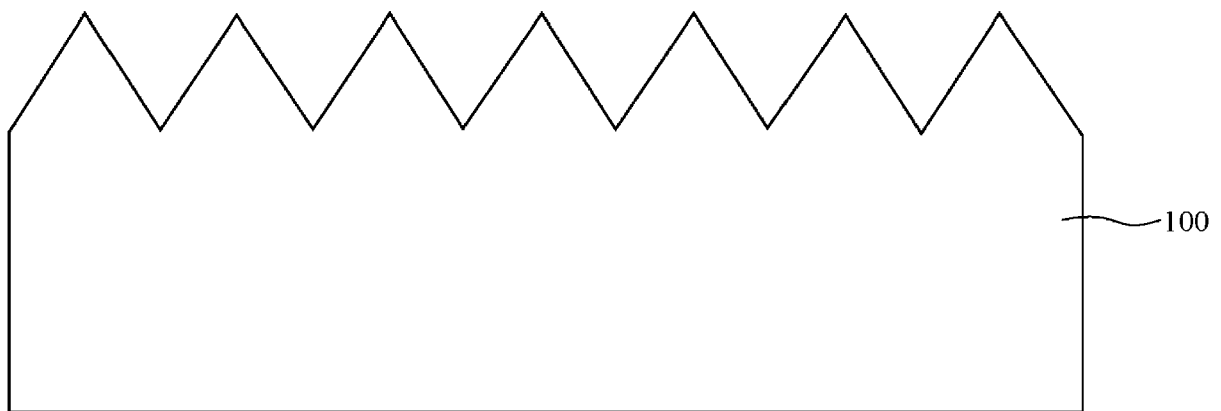


Figura 7

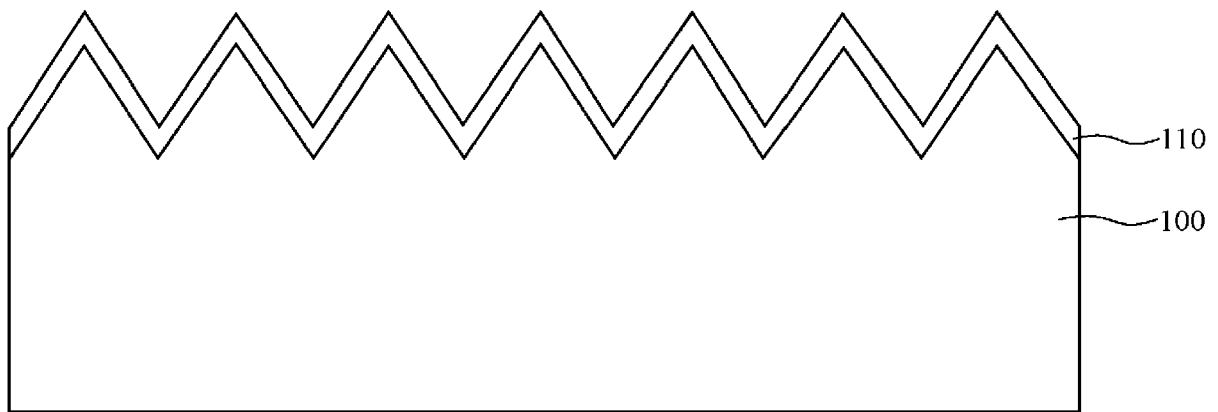


Figura 8

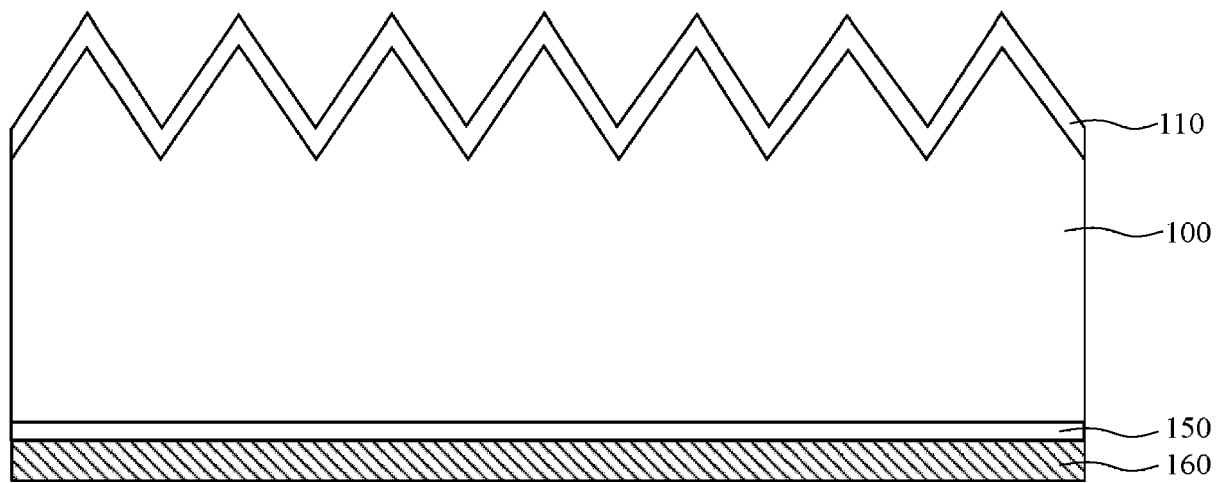


Figura 9

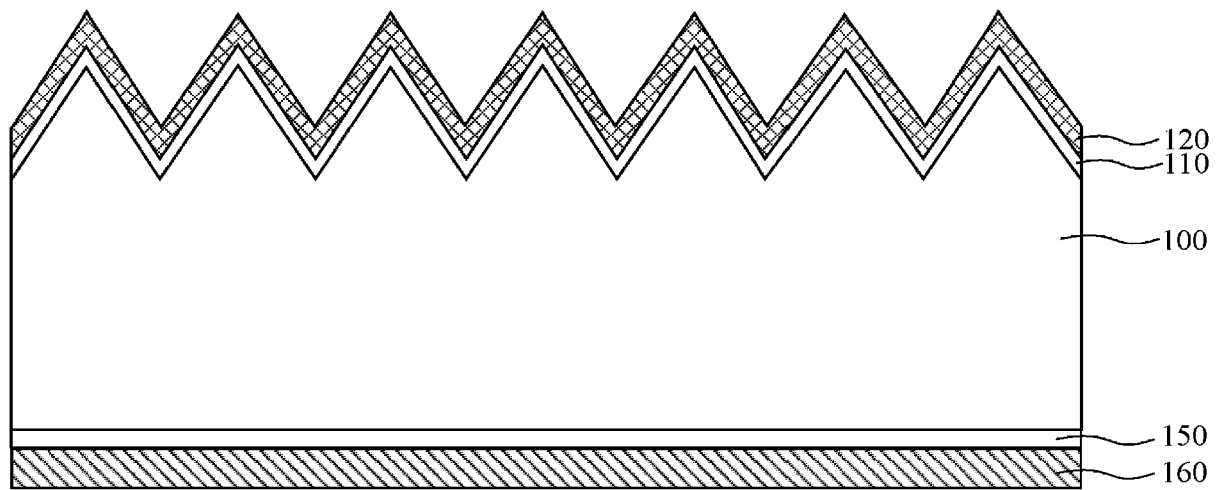


Figura 10

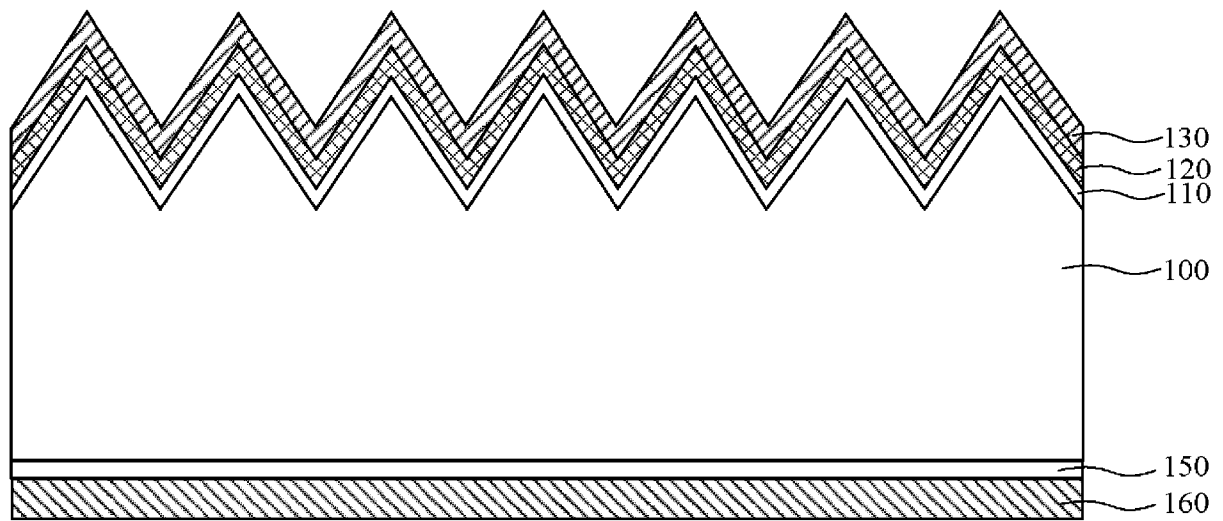


Figura 11

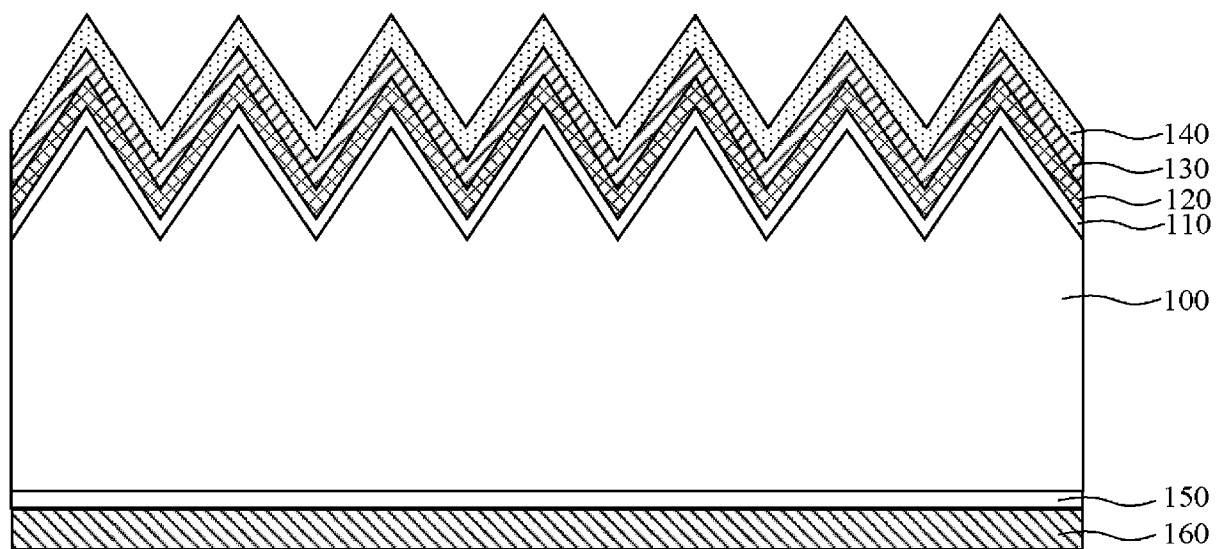


Figura 12

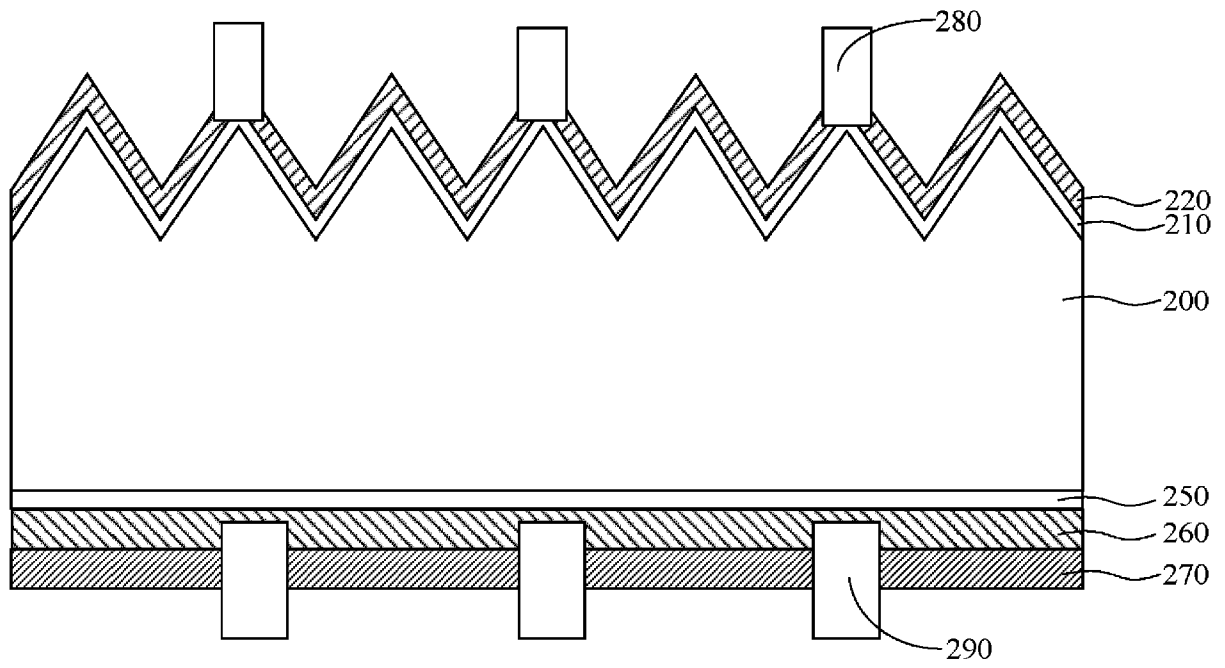


Figura 13

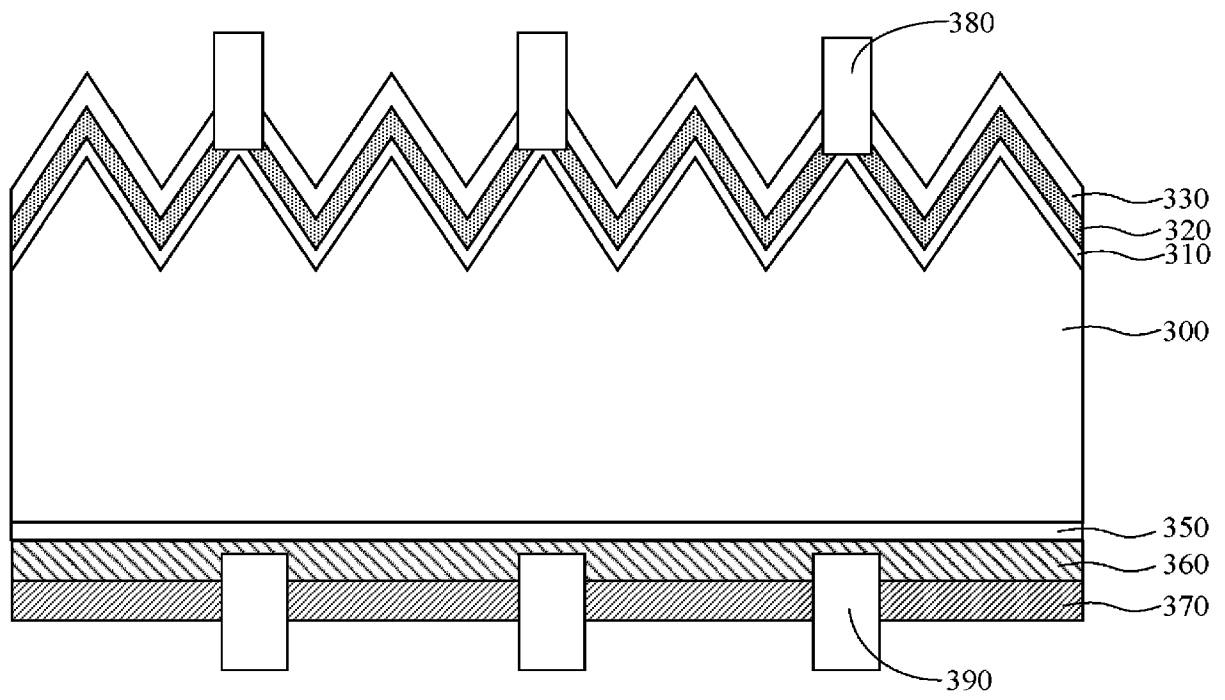


Figura 14