

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 685**

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: **23.07.2021** **E 21187345 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2023** **EP 4024476**

54 Título: **Célula fotovoltaica, procedimiento para su fabricación y módulo fotovoltaico**

30 Prioridad:

29.12.2020 CN 202011591700

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

24.07.2023

73 Titular/es:

ZHEJIANG JINKO SOLAR CO., LTD. (50.0%)
No. 58, Yuan Xi Road, Yuan Hua Town
Haining, Zhejiang, CN y
JINKO SOLAR CO., LTD (50.0%)

72 Inventor/es:

LI, RUIFENG;
QIU, YANKAI;
ZHANG, NING y
LI, BIN

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 946 685 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 fotovoltaica, procedimiento para su fabricación y módulo fotovoltaico

5 **Campo técnico**

Generalmente, la presente descripción se refiere a un campo fotovoltaico, en particular a una celda fotovoltaica, un procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica y un módulo fotovoltaico.

10 **Antecedentes**

Una celda de emisor pasivado y celda trasera (PERC) típica usa óxido de aluminio/nitruro de silicio apilados como capa de pasivación posterior. Una capa de óxido de aluminio tiene una densidad de carga negativa fija relativamente alta, y un gran número de las cargas negativas fijas pueden blindar electrones sobre una superficie de sustrato de silicio, reduciendo así los electrones utilizables para recombinación y logrando la supresión de la recombinación de portadores en la superficie. La PERC se ha convertido en una tecnología dominante en la celda fotovoltaica. Sin embargo, para un módulo fotovoltaico basado en PERC, un efecto de degradación inducida de potencial (PID) puede afectar negativamente el rendimiento de la celda, lo que da como resultado una menor eficiencia de conversión. Una causa importante del efecto PID puede ser que una diferencia de potencial entre las celdas y otras estructuras (tal como un material de envasado) del módulo fotovoltaico altera una trayectoria de corriente normal en las celdas durante la generación de energía, entonces la celda fotovoltaica presenta situaciones indeseables tales como atenuación de energía y menor generación de energía. Por lo tanto, es deseable mejorar un efecto anti-PID de la PERC y mantener una alta eficiencia de la PERC.

Un ejemplo de una celda solar PERC con una capa de pasivación posterior que comprende una capa de nitruro de silicio, una capa de óxido de aluminio y una capa de oxinitruro de silicio es conocida por el documento US 2014/000686.

Sumario

Algunas realizaciones de la presente descripción proporcionan una celda fotovoltaica, un procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica y un módulo fotovoltaico, que puede mejorar el rendimiento anti-PID y la eficiencia de generación de energía de la celda fotovoltaica. La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

Para resolver los problemas anteriores, las realizaciones de la presente descripción proporcionan una celda fotovoltaica, que incluye: un sustrato; una primera capa de pasivación y una primera capa antirreflectante que se disponen secuencialmente en una superficie frontal del sustrato en una dirección alejada del sustrato; y una segunda capa de pasivación, una capa de debilitamiento del fenómeno de polarización (PPW) y al menos una capa de nitruro de silicio Si_3N_4 que se disponen secuencialmente en una superficie posterior del sustrato en una dirección alejada del sustrato, en donde $1 < u/v < 4$; en donde la segunda capa de pasivación incluye al menos una capa de óxido de aluminio Al_2O_3 en donde $0,8 < y/x < 1,6$ y un índice de refracción de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6, y un espesor de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 4 nm a 20 nm; en donde la capa de PPW incluye al menos una capa de oxinitruro de silicio $Si_3O_5N_2$ en donde $r > s > t$ y un índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8, y el espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm; en donde un índice de refracción de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5, y un espesor de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 50 nm a 100 nm.

En algunas realizaciones, la al menos una capa de nitruro de silicio incluye una primera capa de nitruro de silicio, una segunda capa de nitruro de silicio y una tercera capa de nitruro de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato, en donde un espesor de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 5 nm a 20 nm, un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 20 nm a 40 nm, y un espesor de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 40 nm a 75 nm.

En algunas realizaciones, los índices de refracción de la primera capa de nitruro de silicio, la segunda capa de nitruro de silicio y la tercera capa de nitruro de silicio disminuyen capa por capa en la dirección alejada del sustrato, un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de entre 2,1 a 2,5, un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 2 a 2,3, y un índice de refracción de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,1.

En algunas realizaciones, una concentración de átomos de silicio en la al menos una capa de oxinitruro de silicio está entre $5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ y $2,5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$.

En algunas realizaciones, la segunda capa de pasivación incluye además una capa de óxido de silicio, y la capa de óxido de silicio está dispuesta entre el sustrato y la al menos una capa de óxido de aluminio.

En algunas realizaciones, un espesor de la capa de óxido de silicio está en un intervalo de 0,1 nm a 5 nm.

- Realizaciones de la presente descripción proporcionan además un procedimiento para fabricar un módulo fotovoltaico. formar una primera capa de pasivación y una primera capa antirreflectante secuencialmente en una superficie frontal del sustrato en una dirección alejada del sustrato; y formar una segunda capa de pasivación, una capa de debilitamiento del fenómeno de polarización (PPW) y al menos una capa de nitruro de silicio Si_uN_v secuencialmente en una superficie posterior del sustrato en una dirección alejada del sustrato, en donde $1 < u/v < 4$; en donde la segunda capa de pasivación incluye al menos una capa de óxido de aluminio Al_xO_y en donde $0,8 < y/x < 1,6$ y un índice de refracción de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6, y un espesor de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 4 nm a 20 nm; en donde la capa de PPW incluye al menos una capa de oxinitruro de silicio $Si_rO_sN_t$ en donde $r > s > t$ y un índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8, y el espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm; en donde un índice de refracción de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5, y un espesor de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 50 nm a 100 nm.
- En algunas realizaciones, donde formar la segunda capa de pasivación incluye: depositar la al menos una capa de óxido de aluminio sobre la superficie posterior del sustrato, en donde los precursores de la al menos una capa de óxido de aluminio incluyen argón, trimetilaluminio y óxido nitroso, en donde una relación de flujo de gas de argón, el trimetilaluminio y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:1:1 a 1,5:1:2.
- En algunas realizaciones, formar la capa PPW incluye: depositar la al menos una capa de oxinitruro de silicio sobre una superficie de la al menos una capa de óxido de aluminio, en donde los precursores del al menos un oxinitruro de silicio incluyen silanos, amoniaco y óxido nitroso, en donde una relación de flujo de gas de los silanos, el amoniaco y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:1:3 a 1:4:6.
- En algunas realizaciones, formar la capa PPW incluye: depositar una capa intermedia de óxido de silicio sobre una superficie de la al menos una capa de óxido de aluminio primero, en donde los precursores de la capa intermedia de óxido de silicio incluyen silanos y óxido nitroso, en donde una relación de flujo de gas de los silanos y el óxido nitroso está en un intervalo de 1: 3 a 1: 6; e introducir gas fuente de nitrógeno para producir plasmas de nitrógeno para reaccionar con la capa intermedia de óxido de silicio, para formar la al menos una capa de oxinitruro de silicio.
- En algunas realizaciones, formar la al menos una capa de nitruro de silicio incluye: depositar la al menos una capa de nitruro de silicio sobre una superficie de la capa de oxinitruro de silicio, en donde los precursores de la al menos una capa de nitruro de silicio incluyen los silanos y el amoniaco, en donde una relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:1,3 a 1:4.
- En algunas realizaciones, la al menos una capa de nitruro de silicio incluye tres capas de nitruro de silicio, y formar las tres capas de nitruro de silicio incluye: formar una primera capa de nitruro de silicio sobre la superficie de la capa de oxinitruro de silicio, en donde los precursores de la primera capa de nitruro de silicio incluyen los silanos y el amoniaco, en donde la relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:1,3 a 1:1,5; formar una segunda capa de nitruro de silicio sobre una superficie de la primera capa de nitruro de silicio, en donde los precursores de la segunda capa de nitruro de silicio incluyen los silanos y el amoniaco, en donde la relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:1,5 a 1:2,2; y formar una tercera capa de nitruro de silicio sobre una superficie de la segunda capa de nitruro de silicio, en donde los precursores de la tercera capa de nitruro de silicio incluyen los silanos y el amoniaco, en donde la relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:2,2 a 1:4.
- En algunas realizaciones, un espesor de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 5 nm a 20 nm, un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 20 nm a 40 nm, y un espesor de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 40 nm a 75 nm.
- En algunas realizaciones, un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 2,1 a 2,5, un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 2 a 2,3, y un índice de refracción de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,1.
- En algunas realizaciones, formar la segunda capa de pasivación incluye además: formar una capa de óxido de silicio entre el sustrato y la al menos una capa de óxido de aluminio.
- En algunas realizaciones, un espesor de la capa de óxido de silicio está en un intervalo de 0,1 nm a 5 nm.
- Las realizaciones de la presente descripción proporcionan además un módulo fotovoltaico, que incluye al menos una cadena de celdas fotovoltaicas, en donde cada una de la al menos una cadena de celdas fotovoltaicas está compuesta por una pluralidad de celdas fotovoltaicas conectadas; en donde cada una de la pluralidad de celdas fotovoltaicas incluye: un sustrato; una primera capa de pasivación y una primera capa antirreflectante que se disponen secuencialmente en una superficie frontal del sustrato en una dirección alejada del sustrato; y una segunda capa de pasivación, una capa de debilitamiento del fenómeno de polarización (PPW) y al menos una capa de nitruro de silicio Si_uN_v que se disponen secuencialmente en una superficie posterior del sustrato en una dirección alejada del

sustrato, en donde $1 < u/v < 4$; en donde la segunda capa de pasivación incluye al menos una capa de óxido de aluminio Al_xO_y en donde $0,8 < y/x < 1,6$ y un índice de refracción de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6, y un espesor de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 4 nm a 20 nm; en donde la capa de PPW incluye al menos una capa de oxinitruro de silicio $Si_rO_sN_t$ en donde $r > s > t$ y un índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8, y el espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm; en donde un índice de refracción de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5, y un espesor de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 50 nm a 100 nm.

En algunas realizaciones, la al menos una capa de nitruro de silicio incluye una primera capa de nitruro de silicio, una segunda capa de nitruro de silicio y una tercera capa de nitruro de silicio apiladas en la dirección alejada del sustrato, en donde un espesor de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 5 nm a 20 nm, un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 20 nm a 40 nm, y un espesor de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 40 nm a 75 nm.

En algunas realizaciones, los índices de refracción de la primera capa de nitruro de silicio, la segunda capa de nitruro de silicio y la tercera capa de nitruro de silicio disminuyen capa por capa en la dirección alejada del sustrato, un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de entre 2,1 a 2,5, un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 2 a 2,3, y un índice de refracción de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,1.

En algunas realizaciones, una concentración de átomos de silicio en la al menos una capa de oxinitruro de silicio está entre $5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ y $2,5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$.

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. Elementos con los mismos números de referencia en los dibujos adjuntos representan elementos similares. Las figuras en los dibujos adjuntos no constituyen una limitación de proporción a menos que se indique lo contrario.

La FIG. 1 es un diagrama estructural esquemático de una celda fotovoltaica según algunas realizaciones de la presente divulgación.

La FIG. 2 es un diagrama estructural de una celda fotovoltaica según algunas realizaciones de la presente divulgación.

La FIG. 3 es un diagrama estructural esquemático de una celda fotovoltaica según algunas realizaciones de la presente divulgación.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para fabricar una celda fotovoltaica según algunas realizaciones de la presente divulgación; y

la FIG. 5 es un diagrama estructural esquemático de una celda fotovoltaica según un ejemplo comparativo provisto en la presente divulgación.

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente divulgación se describirán en detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos con el fin de hacer más claros los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente descripción. Sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que, en diversas realizaciones de la presente divulgación, numerosos detalles técnicos se exponen con el fin de proporcionar al lector una mejor comprensión de la presente divulgación. Sin embargo, las soluciones técnicas reivindicadas en la presente divulgación pueden implementarse sin estos detalles técnicos y diversos cambios y modificaciones en base a las siguientes realizaciones.

La presente descripción proporciona una celda fotovoltaica, que incluye un sustrato; una primera capa de pasivación y una primera capa antirreflectante que se disponen secuencialmente en una superficie frontal del sustrato en una dirección alejada del sustrato; y una segunda capa de pasivación, una capa de debilitamiento del fenómeno de polarización (PPW) y al menos una capa de nitruro de silicio Si_uN_v que se disponen secuencialmente en una superficie posterior del sustrato en una dirección alejada del sustrato, donde $1 < u/v < 4$. La segunda capa de pasivación incluye al menos una capa de óxido de aluminio Al_xO_y , donde $0,8 < y/x < 1,6$ y un índice de refracción de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6, y un espesor de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 4 nm a 20 nm. La capa PPW incluye al menos una capa de oxinitruro de silicio $Si_rO_sN_t$, donde $r > s > t$ y un índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8, y el espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm. Un índice de refracción de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5, y un espesor de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 50 nm a 100 nm.

Disponiendo la capa PPW que incluye la al menos una capa de oxinitruro de silicio entre la al menos una capa de óxido de aluminio y la al menos una capa de nitruro de silicio, puede reducirse una diferencia de potencial entre la al menos una capa de óxido de aluminio y la al menos una capa de nitruro de silicio, y puede mejorarse el rendimiento anti-PID de la celda fotovoltaica, garantizando así el alto rendimiento de conversión de la celda fotovoltaica. Además, un índice de refracción de cada capa en la superficie posterior de la celda fotovoltaica está dentro de un intervalo de índice de refracción razonable definiendo una relación entre el número de átomos de cada tipo de átomos en la capa de nitruro de silicio, la capa de óxido de aluminio y la capa de oxinitruro de silicio. Cuando el índice de refracción de todas las capas de la superficie posterior de la celda fotovoltaica está dentro del intervalo de índice de refracción razonable y cada capa tiene un espesor adecuado, la tasa de utilización de la luz de la celda fotovoltaica puede aumentarse y puede mejorarse la eficiencia de conversión de luz de la celda fotovoltaica.

Algunas realizaciones de la celda fotovoltaica de la presente descripción se describirán en detalle a continuación. Los siguientes contenidos se proporcionan simplemente por conveniencia para comprender los detalles de implementación, y no son necesarios para la implementación de la solución técnica de la presente divulgación.

La FIG. 1 es un diagrama estructural esquemático de una celda fotovoltaica según algunas realizaciones de la presente divulgación.

Como se muestra en la FIG. 1, la celda fotovoltaica incluye un sustrato 10. El sustrato 10 incluye un sustrato de silicio intrínseco 11 y un emisor 12. El sustrato de silicio intrínseco 11 y el emisor 12 forman una unión PN de la celda fotovoltaica. Por ejemplo, el sustrato de silicio intrínseco 11 puede ser un sustrato de tipo P, el emisor 12 puede ser una capa dopada con N, es decir, el sustrato de tipo P y la capa dopada de tipo N forman una unión PN. En algunas realizaciones, el sustrato de silicio intrínseco 11 incluye, pero no se limita a, un sustrato de silicio monocristalino, un sustrato de silicio policristalino, un sustrato de tipo silicio monocristalino, etc. Debe observarse que una superficie frontal del sustrato 10 se designa como una superficie de recepción de luz, y una superficie posterior del sustrato 10 se refiere a una superficie opuesta a la superficie frontal. En algunas realizaciones, una superficie cercana al emisor 12 se denomina superficie frontal, y una superficie cercana al sustrato de silicio intrínseco 11 se denomina superficie posterior.

La celda fotovoltaica incluye además una primera capa de pasivación 13 y una primera capa antirreflectante 14 que están dispuestas secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 10 en una dirección alejada del sustrato 10. En algunas realizaciones, la celda fotovoltaica incluye además un primer electrodo 15 que penetra a través de la primera capa de pasivación 13 y la primera capa antirreflectante 14 que forma un contacto óhmico con el emisor 12 del sustrato 10.

En la presente memoria, la primera capa de pasivación 13 incluye, pero no se limita a, una capa de óxido de aluminio, una capa de nitruro de silicio, una capa de oxinitruro de silicio, etc. La primera capa de pasivación 13 está configurada para reducir la recombinación de portadores, aumentando así un voltaje de circuito abierto y una corriente de cortocircuito de la celda fotovoltaica. La primera capa antirreflectante 14 puede estar provista de una capa similar o sustancialmente igual a la primera capa de pasivación 13, por ejemplo, que incluye, pero no se limita a, la capa de óxido de aluminio, la capa de nitruro de silicio, la capa de oxinitruro de silicio, etc. La primera capa antirreflectante 14 puede no solo reducir la reflectividad de las luces incidentes sobre una superficie de la celda fotovoltaica, sino también pasivar la superficie de la celda fotovoltaica.

La celda fotovoltaica incluye además una segunda capa de pasivación 20, una capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 (PPW) y una capa de nitruro de silicio 19 que se disponen secuencialmente en la superficie posterior del sustrato 10 en una dirección alejada del sustrato 10. En algunas realizaciones, la celda fotovoltaica incluye además un segundo electrodo 21 que penetra a través de la segunda capa de pasivación 20, la capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 y la capa de nitruro de silicio 19 y forman un contacto óhmico con el sustrato 10.

La segunda capa de pasivación 20 incluye al menos una capa de óxido de aluminio Al_xO_y , donde $0,8 < y/x < 1,6$. Particularmente, $0,8 < y/x \leq 1$, $1 < y/x < 1,5$, o $1,5 \leq y/x < 1,6$. Cuando la al menos una capa de óxido de aluminio está provista de una única capa (es decir, una capa de óxido de aluminio 17 mostrada en la FIG. 1), un espesor de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 4 nm a 20 nm. Particularmente, el espesor de la capa de óxido de aluminio 17 es de 5 nm, 10 nm, 15 nm o 20 nm. Cuando se forma la capa de óxido de aluminio 17 con un espesor particular, una relación de y y x en la capa de óxido de aluminio 17 se controla en un intervalo de 0,8 a 1,6, y un índice de refracción de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 1,4 a 1,6. Particularmente, el índice de refracción de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 1,55 a 1,59. Debe observarse que, cuando la al menos una capa de óxido de aluminio está provista de una pluralidad de capas (no mostradas), el índice de refracción mencionado aquí debería ser un índice de refracción de todas las capas de óxido de aluminio, es decir, el índice de refracción de toda la pluralidad de capas de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6. Particularmente, el índice de refracción de toda la pluralidad de capas de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,55 a 1,59.

Como se muestra en la FIG. 1, la segunda capa de pasivación 20 incluye además una capa de óxido de silicio 16. La capa de óxido de silicio 16 se dispone entre el sustrato 10 y la capa de óxido de aluminio 17 para aislar la capa de

óxido de aluminio 17 del sustrato 10, evitando de este modo un contacto directo entre la capa de óxido de aluminio 17 y el sustrato 10. Una capa densa de óxido de silicio 16 es químicamente estable, que puede pasivar químicamente un enlace colgante sobre la superficie del sustrato 10. En la presente memoria, un espesor de la capa de óxido de silicio 16 está en un intervalo de 0,1 nm a 5 nm. Particularmente, el espesor de la capa de óxido de silicio 16 es de 2 nm, 3 nm o 4 nm.

Se encuentra a través de una verificación experimental que la PID puede mejorarse en 21,2 % a 27,7 % mediante la provisión de la capa de óxido de silicio 16 con un diseño especial (por ejemplo, el espesor de la capa de óxido de silicio 16 está en un intervalo de 0,1 nm a 5 nm) en comparación con proporcionar una capa de pasivación sin óxido de silicio.

La capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 incluye al menos una capa de oxinitruro de silicio $Si_rO_sN_t$, donde $r > s > t$. Una concentración de átomos de silicio en la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de $5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ a $2,5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$. La capa de PPW 18 está configurada para reducir una diferencia de celda entre capas en dos lados de la capa de PPW 18, para mejorar el efecto anti-PID. En algunas realizaciones, un espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio en la capa de PPW 18 está en un intervalo de 1 nm a 30 nm. Particularmente, el espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio es de 6 nm, 11 nm, 16 nm, 21 nm, 25 nm o 30 nm. Al formar la al menos una capa de oxinitruro de silicio $Si_rO_sN_t$ con un espesor particular, donde $r > s > t$, un índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8. Debe observarse que cuando la al menos una capa de oxinitruro de silicio está provista de una pluralidad de capas (no mostradas), el índice de refracción mencionado aquí debería ser un índice de refracción de todas las capas de oxinitruro de silicio, es decir, el índice de refracción de toda la pluralidad de capas de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8.

Se encuentra a través de una verificación experimental de que la PID puede mejorarse del 42,8 % al 69,60 % al proporcionar la capa de PPW 18 con un diseño específico (por ejemplo, un espesor de la capa de PPW está en un intervalo de 1 nm a 30 nm) en comparación con proporcionar una capa de pasivación sin la capa de PPW.

Se encuentra a través de una verificación experimental que, en algunas realizaciones, la PID puede mejorarse hasta un 81,6 % al 99,00 % cuando la superficie posterior de la celda fotovoltaica está provista tanto de la capa de óxido de silicio 16 como de la capa de PPW 18 para aislamiento.

En una realización, la al menos una capa de nitruro de silicio Si_uN_v está provista de una única capa (es decir, la capa de nitruro de silicio 19 mostrada en la FIG. 1), donde $1 < u/v < 4$. Particularmente, $1 < u/v \leq 2$ o $2 < u/v < 4$. Un espesor de la capa de nitruro de silicio 19 está en un intervalo de 50 nm a 100 nm. Particularmente, el espesor de la capa de nitruro de silicio 19 es de 60 nm, 75 nm o 90 nm. Cuando se forma la capa de nitruro de silicio 19 con un espesor particular, la relación u y v en la capa de nitruro de silicio 19 puede controlarse en un intervalo de 1 a 4, y un índice de refracción de la capa de nitruro de silicio 19 está en un intervalo de 1,9 a 2,5. En algunas realizaciones, la al menos una capa de nitruro de silicio está provista de una pluralidad de capas (mostradas en la FIG. 2 y la FIG. 3), por ejemplo, de 2 a 5 capas. Los índices de refracción de la pluralidad de capas de nitruro de silicio disminuyen capa por capa en la dirección alejada del sustrato 10, pero un índice de refracción de todas las capas de nitruro de silicio debe controlarse en un intervalo de 1,9 a 2,5. Debe observarse que el número de capas de nitruro de silicio puede configurarse según los requisitos del espesor y el índice de refracción de la capa de nitruro de silicio depositada, que no está limitada en la presente descripción.

Para lograr una celda fotovoltaica con un efecto anti-PID alto y una alta eficiencia, por ejemplo, los espesores de la segunda capa de pasivación 20, la capa de PPW 18 y la capa de nitruro de silicio 19 en la superficie posterior de la celda fotovoltaica y sus correspondientes índices de refracción están diseñados para coincidir. El índice de refracción de todas las capas de la superficie posterior de la celda fotovoltaica está dentro de un intervalo de índice de refracción razonable definiendo una relación del número de átomos de cada tipo de átomos en la capa de óxido de aluminio 17 incluida en la segunda capa de pasivación 20, la capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 y la capa de nitruro de silicio 19. Cuando el índice de refracción de todas las capas de la superficie posterior de la celda fotovoltaica está dentro del intervalo de índice de refracción razonable y cada capa tiene un espesor adecuado, lo que resulta en una propiedad antirreflectante relativamente alta, la tasa de utilización de la luz de la celda fotovoltaica puede aumentarse y puede mejorarse la eficiencia de conversión de la luz de la celda fotovoltaica.

En algunas realizaciones de la presente descripción, la capa de óxido de aluminio 17 se proporciona sobre la superficie posterior de la celda fotovoltaica. Dado que la temperatura de crecimiento y recocido de la capa de óxido de aluminio 17 es relativamente baja, las estructuras octaédricas de los átomos de aluminio en la capa de óxido de aluminio 17 se transformarán en estructuras tetraédricas después de un tratamiento térmico a alta temperatura para generar átomos de oxígeno intersticiales. Los átomos de oxígeno intersticial capturan los electrones de valencia en el sustrato 10 para formar cargas negativas fijas, de modo que la capa de óxido de aluminio 17 muestra una electronegatividad y se genera en la interfaz un campo eléctrico de interfaz dirigido hacia el interior del sustrato 10, lo que provoca que los portadores escapen de la interfaz rápidamente, reduciendo la tasa de recombinación en la interfaz y aumentando la vida de los portadores minoritarios del sustrato 10. La capa de PPW 18 dispuesta en la capa de óxido de aluminio 17 puede impedir eficazmente que los productos posteriores de iones de sodio, grupos $\sim\text{OH}$ y $\sim\text{CH}_3$, migren a la celda fotovoltaica, bloqueen el movimiento y la migración de los iones móviles bajo un campo eléctrico externo, la

temperatura y la humedad, y reduzcan la diferencia de potencial entre las capas, realizando el efecto anti-PID, teniendo así un mejor rendimiento anti-PID y mejor rendimiento anti-envejecimiento/atenuación. La capa de nitruro de silicio 19 dispuesta en la capa de PPW 18 logra el efecto antirreflectante óptimo combinando la coincidencia de trayectoria óptica, y protege la capa adyacente de óxido de aluminio 17 y la capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 de la corrosión causada por la pasta excesiva. Después del recocido, un efecto de la pasivación H de la capa de nitruro de silicio 19 es significativo, lo que mejora aún más la vida de los portadores minoritarios de una oblea de silicio y también evita que los productos posteriores de Na, $\sim\text{OH}$ y $\sim\text{CH}_3$ migren a la celda fotovoltaica en cierta medida, evitando así la atenuación de la energía causada por la fuga eléctrica de los componentes de la celda. La combinación de la capa de óxido de aluminio 17 y la capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 reduce la pérdida de energía de los componentes de la celda, y mejora el rendimiento de atenuación de la luz, el rendimiento de atenuación de la luz asistido por calor y el rendimiento anti-PID de la celda fotovoltaica.

En una realización, como se muestra en la FIG. 2, la al menos una capa de nitruro de silicio está provista de tres capas de nitruro de silicio, es decir, una primera capa de nitruro de silicio 191, una segunda capa de nitruro de silicio 192 y una tercera capa de nitruro de silicio 193 que se apilan en la dirección alejada del sustrato 10. En esta realización, un índice de refracción de las tres capas de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5. Un espesor de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 5 nm a 20 nm, un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 20 nm a 40 nm, y un espesor de la tercera capa de nitruro de silicio 193 está en un intervalo de 40 nm a 75 nm. Un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 2,1 a 2,5, un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 2 a 2,3, y un índice de refracción de la tercera capa de nitruro de silicio 193 está en un intervalo de 1,9 a 2,1. Debe observarse que aunque hay los mismos valores en los intervalos de índice de refracción de cada dos capas de nitruro de silicio en las tres capas de nitruro de silicio anteriores, los índices de refracción de las tres capas de nitruro de silicio necesitan satisfacer la condición de que “los índices de refracción de la pluralidad de capas de nitruro de silicio disminuyen capa por capa en la dirección alejada del sustrato 10” en aplicaciones prácticas. Por lo tanto, puede no producirse una situación en la que cada dos capas de nitruro de silicio en las tres capas de nitruro de silicio tengan los mismos índices de refracción.

En una realización, como se muestra en la FIG. 3, la al menos una capa de nitruro de silicio está provista de dos capas de nitruro de silicio, es decir, una primera capa de nitruro de silicio 191 y una segunda capa de nitruro de silicio 192 que se apilan en la dirección alejada del sustrato 10. En esta realización, un índice de refracción de las dos capas de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5. Un espesor de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 15 nm a 40 nm, y un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 35 nm a 110 nm. Un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 2,3 a 2,5, y un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 1,9 a 2,2.

Algunas realizaciones de la presente descripción proporcionan un módulo fotovoltaico, que incluye al menos una cadena de celdas fotovoltaicas. La cadena de celdas fotovoltaicas está compuesta por las celdas fotovoltaicas anteriores conectadas eléctricamente, por ejemplo, las celdas fotovoltaicas ilustradas en las FIGS. 1 a 3. Las celdas fotovoltaicas están conectadas eléctricamente en serie y/o en paralelo en la cadena de celdas fotovoltaicas. El módulo fotovoltaico incluye, pero no se limita a, un módulo laminado, un módulo de doble cara, un módulo de cuadrícula multiprincipal, etc. Por ejemplo, se pueden obtener las celdas fotovoltaicas (por ejemplo, la FIG. 1) descritas anteriormente, y las celdas pueden conectarse eléctricamente con las adyacentes a través de materiales conductores para formar la cadena de celdas. Una placa posterior, un copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA) y la cadena de celdas se apilan en un cierto orden a través de un procedimiento de laminación. A continuación, la estructura apilada se instala con un marco para formar el módulo fotovoltaico. Las celdas fotovoltaicas pueden convertir la energía luminosa absorbida en energía eléctrica. El módulo puede transferir la energía eléctrica obtenida por las celdas a una carga.

Algunas realizaciones de la presente descripción proporcionan un procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica descrita en las realizaciones anteriores. En la FIG. 4 se muestra un diagrama de flujo esquemático del procedimiento de fabricación de la celda fotovoltaica que incluye las siguientes etapas.

En la etapa 101, se proporciona un sustrato.

Específicamente, el sustrato incluye un sustrato de silicio intrínseco y un emisor. El sustrato de silicio intrínseco y el emisor forman una unión PN de la celda fotovoltaica. Como se muestra en las FIGS. 1 a 3, el sustrato 10 incluye un sustrato de silicio intrínseco 11 y un emisor 12. El sustrato de silicio intrínseco 11 y el emisor 12 forman una unión PN. Por ejemplo, el sustrato de silicio intrínseco 11 puede ser un sustrato de tipo P, el emisor 12 puede ser una capa dopada con N, es decir, el sustrato de tipo P y la capa dopada de tipo N forman una unión PN. En algunas realizaciones, el sustrato de silicio intrínseco 11 incluye, pero no se limita a, un sustrato de silicio monocristalino, un sustrato de silicio policristalino, un sustrato de tipo silicio monocristalino, etc. Debe observarse que una superficie frontal del sustrato 10 se designa como una superficie de recepción de luz, y una superficie posterior del sustrato 10 se refiere a una superficie opuesta a la superficie frontal. En algunas realizaciones, una superficie cercana al emisor 12 se denomina superficie frontal, y una superficie cercana al sustrato de silicio intrínseco 11 se denomina superficie posterior.

En la etapa 102, una primera capa de pasivación, una primera capa antirreflectante y un primer electrodo se disponen secuencialmente en una superficie frontal del sustrato en una dirección alejada del sustrato.

Como se muestra en las FIGS. 1 a 3, una primera capa de pasivación 13 y una primera capa antirreflectante 14 se apilan secuencialmente en la superficie frontal del sustrato 10 en la dirección alejada del sustrato 10. En la presente memoria, la primera capa de pasivación 13 incluye, pero no se limita a, una capa de óxido de aluminio, una capa de nitruro de silicio, una capa de oxinitruro de silicio, etc. La primera capa de pasivación 13 se usa para reducir la recombinación de portadores, aumentando así un voltaje de circuito abierto y una corriente de cortocircuito de la celda fotovoltaica. La primera capa antirreflectante 14 puede estar provista de una capa similar o sustancialmente igual a la capa de pasivación 13, por ejemplo, que incluye, pero no se limita a, la capa de óxido de aluminio, la capa de nitruro de silicio, la capa de oxinitruro de silicio, etc. La primera capa antirreflectante 14 puede no solo reducir la reflectividad de las luces incidentes sobre una superficie de la celda fotovoltaica, sino pasivar también la superficie de la celda fotovoltaica.

La primera capa de pasivación 13 o la primera capa antirreflectante 14 se pueden formar, incluyendo, pero sin limitarse a, mediante deposición química de vapor mejorada con plasma (PECVD), deposición de capa atómica (ALD), deposición química de vapor (CVD), deposición física de vapor (PVD), etc.

En una realización, un primer electrodo 15 se forma además en la superficie frontal del sustrato 10. El primer electrodo 15 penetra a través de la primera capa de pasivación 13 y la primera capa antirreflectante 14, y forma un contacto óhmico con el emisor 12 del sustrato 10. El primer electrodo 15 puede estar formado por un procedimiento de metalización, por ejemplo, mediante serigrafía de la pasta conductora.

En la etapa 103, se forma una segunda capa de pasivación en una superficie posterior del sustrato en la dirección alejada del sustrato.

Como se muestra en las FIGS. 1 a 3, se forma una segunda capa de pasivación 20 en la superficie posterior del sustrato 10. La segunda capa de pasivación 20 incluye al menos una capa de óxido de aluminio Al_xO_y , donde $0,8 < y/x < 1,6$. Particularmente, $0,8 < y/x \leq 1$, $1 < y/x < 1,5$ o $1,5 \leq y/x < 1,6$. Cuando la al menos una capa de óxido de aluminio es provista de una única capa (es decir, una capa de óxido de aluminio 17), un espesor de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 4 nm a 20 nm. Particularmente, el espesor de la capa de óxido de aluminio 17 es de 5 nm, 10 nm, 15 nm o 20 nm. Cuando se forma la capa de óxido de aluminio 17 con un espesor particular, una relación de y & x en la capa de óxido de aluminio 17 se controla en un intervalo de 0,8 a 1,6, y un índice de refracción de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 1,4 a 1,6. Particularmente, el índice de refracción de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 1,55 a 1,59. Debe observarse que cuando la al menos una capa de óxido de aluminio está provista de una pluralidad de capas (no mostradas), el índice de refracción mencionado aquí debería ser un índice de refracción de todas las capas de óxido de aluminio, es decir, el índice de refracción de toda la pluralidad de capas de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6. Particularmente, el índice de refracción de toda la pluralidad de capas de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,55 a 1,59.

En una realización, la capa de óxido de aluminio 17 en la segunda capa de pasivación 20 se prepara mediante PECVD. Se puede usar argón, trimetilaluminio y óxido nitroso como precursores de la capa de óxido de aluminio 17. En la presente memoria, una relación de flujo de gas del argón, el trimetilaluminio y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:1:1 a 1,5:1:2. Particularmente, la relación de flujo de gas está en un intervalo de 1:1:1 a 1:1:2, y la presión en una cámara de reacción de PECVD es 0,13 mbar. Un espesor de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 4 nm a 20 nm. Una relación de y & x en la capa de óxido de aluminio 17 puede controlarse en un intervalo de 0,8 a 1,6. Un índice de refracción de la capa de óxido de aluminio 17 está en un intervalo de 1,4 a 1,6.

En una realización, la segunda capa de pasivación 20 incluye además una capa de óxido de silicio 16. La capa de óxido de silicio 16 está dispuesta entre el sustrato 10 y la capa de óxido de aluminio 17. La capa de óxido de silicio 16 se forma entre el sustrato 10 y la capa de óxido de aluminio 17 para aislar la capa de óxido de aluminio 17 del sustrato 10. La capa de óxido de silicio 16 se forma aplicando un procedimiento de ozono (O_3) en un procedimiento de grabado del sustrato 10. La capa densa de óxido de silicio 16 es químicamente estable, que puede pasivar químicamente un enlace colgante sobre la superficie del sustrato 10. Un espesor de la capa de óxido de silicio 16 está en un intervalo de 0,1 nm a 5 nm. Particularmente, el espesor de la capa de óxido de silicio 16 es de 2 nm, 3 nm o 4 nm.

En la etapa 104, se forma una capa de debilitamiento del fenómeno de polarización (PPW) en una superficie de la segunda capa de pasivación alejada del sustrato.

La capa de PPW puede configurarse como una capa intermedia para reducir una diferencia de potencial entre sus capas superior e inferior, mejorando así el rendimiento anti-PID de la celda fotovoltaica y asegurando además el alto rendimiento de conversión de la celda fotovoltaica. En algunas realizaciones, como se muestra en las FIGS. 1 a 3, la capa de PPW 18 incluye al menos una capa de oxinitruro de silicio $Si_rO_sN_t$, donde $r > s > t$. Una concentración de átomos de silicio en la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de $5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ a $2,5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$.

En una realización, cuando se deposita la al menos una capa de oxinitruro de silicio sobre la superficie de la capa de óxido de aluminio 17, silanos, amoniaco y óxido nitroso se introducen simultáneamente en una cámara de reacción, donde una relación de flujo de gas de los silanos, el amoniaco y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:1:3 a 1:4:6, y la presión en la cámara de reacción es de 0,25 mbar. Un espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm, y un índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8. Debe observarse que cuando la al menos una capa de oxinitruro de silicio está provista de una pluralidad de capas, el índice de refracción mencionado aquí debería ser un índice de refracción de todas las capas de oxinitruro de silicio, es decir, el índice de refracción de toda la pluralidad de capas de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8.

En una realización, una capa intermedia de óxido de silicio se deposita sobre la superficie de la capa de óxido de aluminio 17, y los precursores de la capa intermedia de óxido de silicio son los silanos y el óxido nitroso, donde una relación de flujo de gas de los silanos y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:3 a 1:6, y la presión en la cámara de reacción es de 0,25 mbar. Después de formar la capa intermedia de óxido de silicio, se introduce gas fuente de nitrógeno para producir plasmas de nitrógeno para reaccionar con la capa intermedia de óxido de silicio, para formar la al menos una capa de oxinitruro de silicio. Es decir, una capa intermedia de dióxido de silicio se forma primero mediante la reacción sobre la superficie de la capa de óxido de aluminio 17, y después se introduce el gas fuente de nitrógeno para producir plasmas de nitrógeno para reaccionar con la capa de dióxido de silicio, para formar la al menos una capa de oxinitruro de silicio. Un espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm, y el índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8.

En la etapa 105, al menos una capa de nitruro de silicio se forma sobre una superficie de la capa de debilitamiento del fenómeno de polarización alejada del sustrato.

Como se muestra en la FIG. 1, la al menos una capa de nitruro de silicio Si_xN_y está provista de una única capa (es decir, la capa de nitruro de silicio 19), donde $1 < x/y < 4$, y la capa de nitruro de silicio 19 se forma sobre la superficie de la capa de PPW 18. Un espesor de la capa de nitruro de silicio 19 está en un intervalo de 50 nm a 100 nm.

En una realización, la capa de nitruro de silicio 19 se prepara mediante PECVD, los silanos y el amoníaco pueden usarse como precursores de la capa de nitruro de silicio 19. La presión en la cámara de reacción es de 0,25 mbar, y una relación de flujo de gas de los silanos y el amoníaco está en un intervalo de 1:1,3 a 1:4. Un espesor de la capa de nitruro de silicio 19 está en un intervalo de 50 nm a 100 nm, y un índice de refracción de la capa de nitruro de silicio 19 está en un intervalo de 1,9 a 2,5. Particularmente, el espesor de la capa de nitruro de silicio 19 es de 60 nm, 75 nm o 90 nm.

En una realización, la al menos una capa de nitruro de silicio está provista de una pluralidad de capas de nitruro de silicio. Particularmente, la al menos una capa de nitruro de silicio está provista de 2 a 5 capas de nitruro de silicio, tales como 2 capas, 3 capas, etc. Como se muestra en la FIG. 2, la al menos una capa de nitruro de silicio incluye una primera capa de nitruro de silicio 191, una segunda capa de nitruro de silicio 192 y una tercera capa de nitruro de silicio 193. Específicamente, los precursores de las tres capas de nitruro de silicio se introducen en una primera cámara de reacción de un equipo PECVD, y los precursores son los silanos y el amoníaco. Una relación de flujo de gas de los silanos y el amoníaco está en un intervalo de 1:1,3 a 1:1,5, la presión en la primera cámara de reacción es de 0,25 mbar, y la primera capa de nitruro de silicio 191 está formada por el procedimiento PECVD. El mismo tipo de precursores se introduce continuamente en la primera cámara de reacción, una relación de flujo de gas de los silanos y el amoníaco está en un intervalo de 1:1,5 a 1:2,2, la presión en la primera cámara de reacción es de 0,25 mbar, y la segunda capa de nitruro de silicio 192 está formada por el procedimiento PECVD. El mismo tipo de precursores se introduce en una segunda cámara de reacción del equipo PECVD, una relación de flujo de gas de los silanos y el amoníaco está en un intervalo de 1:2,2 a 1:4, la presión en la cámara de reacción es de 0,25 mbar, y la tercera capa de nitruro de silicio 193 está formada por el procedimiento PECVD.

Basándose en los procedimientos de preparación, un espesor de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 5 nm a 20 nm, un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 20 nm a 40 nm, y un espesor de la tercera capa de nitruro de silicio 193 está en un intervalo de 40 nm a 75 nm. Un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 2,1 a 2,5, un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 2 a 2,3, y un índice de refracción de la tercera capa de nitruro de silicio 193 está en un intervalo de 1,9 a 2,1. Un índice de refracción de las tres capas de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5. Debe observarse que aunque hay los mismos valores en los intervalos de índice de refracción de cada dos capas de nitruro de silicio en las tres capas de nitruro de silicio anteriores, los índices de refracción de las tres capas de nitruro de silicio necesitan satisfacer la condición de que “los índices de refracción de la pluralidad de capas de nitruro de silicio disminuyen capa por capa en la dirección alejada del sustrato 10” en aplicaciones prácticas. Por lo tanto, puede no producirse una situación en la que cada dos capas de nitruro de silicio en las tres capas de nitruro de silicio tengan los mismos índices de refracción.

En una realización, como se muestra en la FIG. 3, la al menos una capa de nitruro de silicio está provista de dos capas de nitruro de silicio, es decir, una primera capa de nitruro de silicio 191 y una segunda capa de nitruro de silicio 192.

Específicamente, los precursores de las dos capas de nitruro de silicio se introducen en una primera cámara de reacción de un equipo PECVD, y los reactivos son los silanos y el amoníaco. Una relación de flujo de gas de los silanos y el amoníaco es 1:1,9, una presión de la cámara de reacción es de 0,25 mbar, y la primera capa de nitruro de silicio 191 está formada por el procedimiento PECVD. El mismo tipo de precursores se introduce continuamente en la primera

Basándose en los procedimientos de preparación anteriores, un espesor de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 15 nm a 40 nm, y un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 35 nm a 110 nm. Un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio 191 está en un intervalo de 2,3 a 2,5, y un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio 192 está en un intervalo de 1,9 a 2,2.

En la etapa 106, se imprime una pasta conductora sobre la superficie de la al menos una capa de nitruro de silicio y se sinteriza para formar un segundo electrodo. El segundo electrodo penetra a través de la segunda capa de pasivación, la capa de PPW y la al menos una capa de nitruro de silicio, y forma un contacto óhmico con el sustrato.

Para lograr una celda fotovoltaica con un efecto anti-PID alto y una alta eficiencia, por ejemplo, los espesores de la segunda capa de pasivación 20, la capa de PPW 18 y la capa de nitruro de silicio 19 en la superficie posterior de la celda fotovoltaica y sus correspondientes índices de refracción están diseñados para coincidir. Una relación del número de átomos de cada tipo de átomos en la capa de óxido de aluminio 17 incluida en la segunda capa de pasivación 20, la capa de PPW 18 y la capa de nitruro de silicio 19 se especifica a través de un procedimiento adecuado, de modo que el índice de refracción de todas las capas de la superficie posterior de la celda fotovoltaica está dentro de un intervalo de índice de refracción razonable. Cuando el índice de refracción de todas las capas de la superficie posterior de la celda fotovoltaica está dentro del intervalo de índice de refracción razonable y cada capa tiene un espesor adecuado, lo que resulta en una propiedad antirreflectante relativamente alta, la tasa de utilización de la luz de la celda fotovoltaica puede aumentarse y puede mejorarse la eficiencia de conversión de la luz de la celda fotovoltaica.

En algunas realizaciones de la presente descripción, la capa de óxido de aluminio 17 se proporciona sobre la superficie posterior de la celda fotovoltaica. Dado que la temperatura de crecimiento y recocido de la capa de óxido de aluminio 17 es relativamente baja, las estructuras octaédricas de los átomos de aluminio en la capa de óxido de aluminio 17 se transformarán en estructuras tetraédricas después de un tratamiento térmico a alta temperatura para generar átomos de oxígeno intersticiales. Los átomos de oxígeno intersticial capturan los electrones de valencia en el sustrato 10 para formar cargas negativas fijas, de modo que la capa de óxido de aluminio 17 muestra una electronegatividad y se genera en la interfaz un campo eléctrico de interfaz dirigido hacia el interior del sustrato 10, lo que provoca que los portadores escapen de la interfaz rápidamente, reduciendo la tasa de recombinación en la interfaz y aumentando la vida de los portadores minoritarios del sustrato 10. La capa de PPW 18 dispuesta en la capa de óxido de aluminio 17 puede impedir eficazmente que los productos posteriores de iones de sodio, grupos $\sim\text{OH}$ y $\sim\text{CH}_3$, migren a la celda fotovoltaica, bloqueen el movimiento y la migración de los iones móviles bajo un campo eléctrico externo, la temperatura y la humedad, y reduzcan la diferencia de potencial entre las capas, realzando el efecto anti-PID, teniendo así un mejor rendimiento anti-PID y mejor rendimiento anti-envejecimiento/atenuación. La capa de nitruro de silicio 19 dispuesta en la capa de PPW 18 logra el efecto antirreflectante óptimo combinando la coincidencia de trayectoria óptica, y protege la capa adyacente de óxido de aluminio 17 y la capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 de la corrosión causada por la pasta excesiva. Después del recocido, un efecto de la pasivación H de la capa de nitruro de silicio 19 es significativo, lo que mejora aún más la vida de los portadores minoritarios de una oblea de silicio y también evita que los productos posteriores de Na, $\sim\text{OH}$ y $\sim\text{CH}_3$ migren a la celda fotovoltaica en cierta medida, evitando así la atenuación de la energía causada por la fuga eléctrica de los componentes de la celda. La combinación de la capa de óxido de aluminio 17 y la capa de debilitamiento del fenómeno de polarización 18 reduce la pérdida de energía de los componentes de la celda, y mejora el rendimiento de atenuación de luz, el rendimiento de atenuación de luz asistido por calor y el rendimiento anti-PID de la celda fotovoltaica.

Ejemplo comparativo

Un ejemplo comparativo proporciona una estructura posterior de una celda PERC. La estructura específica se muestra en la FIG. 5, que incluye: un sustrato 10 que tiene una unión PN una primera capa de pasivación 13, una primera capa antirreflectante 14 y un primer electrodo 15 que están dispuestos secuencialmente en una superficie frontal del sustrato 10 en una dirección alejada del sustrato 10; una segunda capa de pasivación 20, una capa de nitruro de silicio 19 Si_3N_4 y un segundo electrodo 21 que se disponen secuencialmente en una superficie posterior del sustrato 10 en una dirección alejada del sustrato 10, donde $1 < u/v < 4$. La segunda capa de pasivación 20 incluye al menos una capa de óxido de aluminio Al_xO_y (mostrada como una capa de óxido de aluminio 17 en la FIG. 5 cuando se proporciona con una única capa), donde $0,8 < y/x < 1,6$. Un índice de refracción de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6, y un espesor de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 4 nm a 20 nm. Un índice de refracción de la capa de nitruro de silicio 19 está en un intervalo de 1,9 a 2,5, y un espesor de la capa de nitruro de silicio 19 está en un intervalo de 50 nm a 100 nm. La segunda capa de pasivación 20 incluye además una capa de óxido de silicio 16. La capa de óxido de silicio 16 se dispone entre el sustrato 10 y la capa de

óxido de aluminio 17 para aislar la capa de óxido de aluminio 17 del sustrato 10, lo que puede evitar un contacto directo entre la capa de óxido de aluminio 17 y el sustrato 10.

En comparación con la celda fotovoltaica en la presente descripción mostrada en la FIG. 1, la diferencia es que la estructura posterior del ejemplo comparativo no tiene la capa de PPW 18, y otras estructuras y procedimientos de preparación son iguales. A través de un experimento comparativo, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Parámetro	Eficiencia de conversión Ncelda/%	Voltaje del circuito abierto Uoc/mV	Corriente de cortocircuito Isc/A	Resistencia en paralelo Rs/mΩ	Factor de llenado FF/%
Con $Si_3O_5N_t$	22,897	688,2	10,761	0,988	82,677
Sin $Si_3O_5N_t$	22,779	685,6	10,752	0,955	82,626
Parámetro	Espesor de capa	Tiempo de vida de los portadores minoritarios (antes de la sinterización)	Tiempo de vida de los portadores minoritarios (después de la sinterización)		
Con $Si_3O_5N_t$	97	128,71	204,93		
Sin $Si_3O_5N_t$	84,8	93,91	168,3		

En el presente documento, el rendimiento de conversión de la celda fotovoltaica = (voltaje de circuito abierto * corriente de cortocircuito * factor de llenado)/(área de celda * amplitud de iluminación) * 100 %. Se puede ver que el voltaje de circuito abierto, la corriente de cortocircuito y el factor de llenado son proporcionales a la eficiencia de conversión. Cuanto más larga sea la vida de los portadores minoritario, mayor será la eficiencia de conversión. Se puede ver en los datos de la tabla que un rendimiento de conversión de una celda fotovoltaica con el $Si_3O_5N_t$ en la superficie posterior es un 0,118 % más alto que el de una celda fotovoltaica sin el $Si_3O_5N_t$ en la superficie posterior.

Las etapas de los procedimientos anteriores solo tienen como objetivo hacer más clara la descripción. En la implementación, las etapas pueden combinarse en una o una etapa puede dividirse en múltiples sub-etapas, lo que, siempre que se incluya la misma relación lógica, todo cae dentro del alcance de protección de la presente descripción. Una alteración o un diseño tan trivial agregado a un algoritmo o procedimiento como el hecho de no cambiar el algoritmo o un diseño central del procedimiento cae dentro del alcance de protección de la divulgación.

No es difícil encontrar que esta realización es una realización de procedimiento relacionada con la primera realización, y esta realización puede implementarse en cooperación con la primera realización. Los detalles técnicos relevantes mencionados en la primera realización siguen siendo válidos en esta realización, por lo que no se repiten aquí para reducir la repetición. En consecuencia, los detalles técnicos relevantes mencionados en esta realización también pueden aplicarse en la primera realización.

Los expertos en la materia deberían apreciar 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 la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Una celda fotovoltaica, que comprende:

5 un sustrato (10);
una primera capa de pasivación (13) y una primera capa antirreflectante (14) que están dispuestas
secuencialmente en una superficie frontal del sustrato en una dirección alejada del sustrato; y
una segunda capa de pasivación (20), al menos una capa de oxinitruro de silicio (18), y al menos
una capa de nitruro de silicio (19) que se disponen secuencialmente en una superficie posterior del
10 sustrato en una dirección alejada del sustrato;
en donde la segunda capa de pasivación comprende al menos una capa de óxido de aluminio (17),
en donde una relación de un número de átomos de oxígeno a un número de átomos de aluminio en
la al menos una capa de óxido de aluminio es superior a 0,8 e inferior a 1,6, un índice de refracción
de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6, y un espesor de la
15 al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 4 nm a 20 nm; en donde un número
de átomos de silicio es mayor que un número de átomos de oxígeno en la al menos una capa de
oxinitruro de silicio y el número de átomos de oxígeno es mayor que un número de átomos de
nitrógeno en la al menos una capa de oxinitruro de silicio, un índice de refracción de la al menos una
capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8, y un espesor de la al menos una capa
20 de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm; y en donde una relación de un número
de átomos de silicio a un número de átomos de nitrógeno en la al menos una capa de nitruro de
silicio es superior a 1 e inferior a 4, un índice de refracción de la al menos una capa de nitruro de
silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5, y un espesor de la al menos una capa de nitruro de silicio
está en un intervalo de 50 nm a 100 nm.

2. La celda fotovoltaica según la reivindicación 1, en donde la al menos una capa de nitruro de silicio comprende
una primera capa de nitruro de silicio (191), una segunda capa de nitruro de silicio (192) y una tercera capa
de nitruro de silicio (193) apiladas en la dirección alejada del sustrato, en donde un espesor de la primera
capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 5 nm a 20 nm, un espesor de la segunda capa de nitruro de
30 silicio está en un intervalo de 20 nm a 40 nm, y un espesor de la tercera capa de nitruro de silicio está en un
intervalo de 40 nm a 75 nm.

3. La celda fotovoltaica según la reivindicación 2, en donde los índices de refracción de la primera capa de
nitruro de silicio, la segunda capa de nitruro de silicio y la tercera capa de nitruro de silicio disminuyen capa
por capa en la dirección alejada del sustrato, un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio
está en un intervalo de entre 2,1 a 2,5, un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio está
en un intervalo de 2 a 2,3, y un índice de refracción de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo
de 1,9 a 2,1.

4. La celda fotovoltaica según la reivindicación 1, en donde una concentración de átomos de silicio en la al
menos una capa de oxinitruro de silicio está entre $5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ y $2,5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$.

5. La celda fotovoltaica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la segunda capa de
pasivación comprende además una capa de óxido de silicio (16), y la capa de óxido de silicio está dispuesta
entre el sustrato y la al menos una capa de óxido de aluminio;
preferiblemente, un espesor de la capa de óxido de silicio está en un intervalo de 0,1 nm a 5 nm.

6. Un módulo fotovoltaico, que comprende al menos una cadena de celdas fotovoltaicas, en donde cada una de
la al menos una cadena de celdas fotovoltaicas está compuesta por una pluralidad de celdas fotovoltaicas de
50 acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que están conectadas eléctricamente.

7. Un procedimiento para fabricar un módulo fotovoltaico, que comprende:

proporcionar un sustrato (10);
55 formar una primera capa de pasivación (13) y una primera capa antirreflectante (14)
secuencialmente en una superficie frontal del sustrato en una dirección alejada del sustrato; y
formar una segunda capa de pasivación (20), al menos una capa de oxinitruro de silicio (18), y al
menos una capa de nitruro de silicio (19) secuencialmente en una superficie posterior del sustrato
en una dirección alejada del sustrato;
60 en donde la segunda capa de pasivación comprende al menos una capa de óxido de aluminio (17),
en donde una relación de un número de átomos de oxígeno a un número de átomos de aluminio en
la al menos una capa de óxido de aluminio es superior a 0,8 e inferior a 1,6, un índice de refracción
de la al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 1,4 a 1,6, y un espesor de la
al menos una capa de óxido de aluminio está en un intervalo de 4 nm a 20 nm; en donde un número
65 de átomos de silicio es mayor que un número de átomos de oxígeno en la al menos una capa de
oxinitruro de silicio y el número de átomos de oxígeno es mayor que un número de átomos de

- 5 nitrógeno en la al menos una capa de oxinitruro de silicio, un índice de refracción de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1,5 a 1,8, y un espesor de la al menos una capa de oxinitruro de silicio está en un intervalo de 1 nm a 30 nm; y en donde una relación de un número de átomos de silicio a un número de átomos de nitrógeno en la al menos una capa de nitruro de silicio es superior a 1 e inferior a 4, un índice de refracción de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,5, y un espesor de la al menos una capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 50 nm a 100 nm.
- 10 8. El procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica según la reivindicación 7, en donde la formación de la segunda capa de pasivación comprende:
depositar la al menos una capa de óxido de aluminio sobre la superficie posterior del sustrato, en donde los precursores de la al menos una capa de óxido de aluminio comprenden argón, trimetilaluminio y óxido nitroso, en donde una relación de flujo de gas del argón, el trimetilaluminio y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:1:1 a 1,5:1:2.
- 15 9. El procedimiento de fabricación de la celda fotovoltaica según la reivindicación 7, en donde la formación de la al menos una capa de oxinitruro de silicio comprende:
depositar la al menos una capa de oxinitruro de silicio sobre una superficie de la al menos una capa de óxido de aluminio, en donde los precursores del al menos un oxinitruro de silicio comprenden silanos, amoniaco y óxido nitroso, en donde una relación de flujo de gas de los silanos, el amoniaco y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:1:3 a 1:4:6.
- 20 10. El procedimiento de fabricación de la celda fotovoltaica según la reivindicación 7, en donde la formación de la al menos una capa de oxinitruro de silicio comprende:
25 depositar una capa intermedia de óxido de silicio sobre una superficie de la al menos una capa de óxido de aluminio primero, en donde los precursores de la capa intermedia de óxido de silicio comprenden silanos y óxido nitroso, en donde una relación de flujo de gas de los silanos y el óxido nitroso está en un intervalo de 1:3 a 1:6; y
30 introducir gas fuente de nitrógeno para producir plasmas de nitrógeno para reaccionar con la capa intermedia de óxido de silicio, para formar la al menos una capa de oxinitruro de silicio.
- 35 11. El procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica según la reivindicación 10, en donde la formación de la al menos una capa de nitruro de silicio comprende:
depositar la al menos una capa de nitruro de silicio sobre una superficie de la capa de oxinitruro de silicio, en donde los precursores de la al menos una capa de nitruro de silicio comprenden los silanos y el amoniaco, en donde una relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:1, 3 a 1:4.
- 40 12. El procedimiento de fabricación de la celda fotovoltaica según la reivindicación 11, en donde la al menos una capa de nitruro de silicio comprende tres capas de nitruro de silicio, y formar las tres capas de nitruro de silicio comprende:
45 formar una primera capa de nitruro de silicio (191) sobre la superficie de la capa de oxinitruro de silicio, en donde los precursores de la primera capa de nitruro de silicio comprenden los silanos y el amoniaco, en donde la relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:1,3 a 1:1,5;
50 formar una segunda capa de nitruro de silicio (192) en una superficie de la primera capa de nitruro de silicio, en donde los precursores de la segunda capa de nitruro de silicio comprenden los silanos y el amoniaco, en donde la relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:1,5 a 1:2,2; y
55 formar una tercera capa de nitruro de silicio (193) sobre una superficie de la segunda capa de nitruro de silicio, en donde los precursores de la tercera capa de nitruro de silicio comprenden los silanos y el amoniaco, en donde la relación de flujo de gas de los silanos y el amoniaco está en un intervalo de 1:2,2 a 1:4.
- 60 13. El procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica según la reivindicación 12, en donde un espesor de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 5 nm a 20 nm, un espesor de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 20 nm a 40 nm, y un espesor de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 40 nm a 75 nm.
- 65 14. El procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica según la reivindicación 12, en donde un índice de refracción de la primera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 2,1 a 2,5, un índice de refracción de la segunda capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 2 a 2,3, y un índice de refracción de la tercera capa de nitruro de silicio está en un intervalo de 1,9 a 2,1.

15. El procedimiento para fabricar la celda fotovoltaica según la reivindicación 7, en donde formar la segunda capa de pasivación comprende además:

5 formar una capa (16) de óxido de silicio entre el sustrato y la al menos una capa de óxido de aluminio; preferiblemente, un espesor de la capa de óxido de silicio está en un intervalo de 0,1 nm a 5 nm.

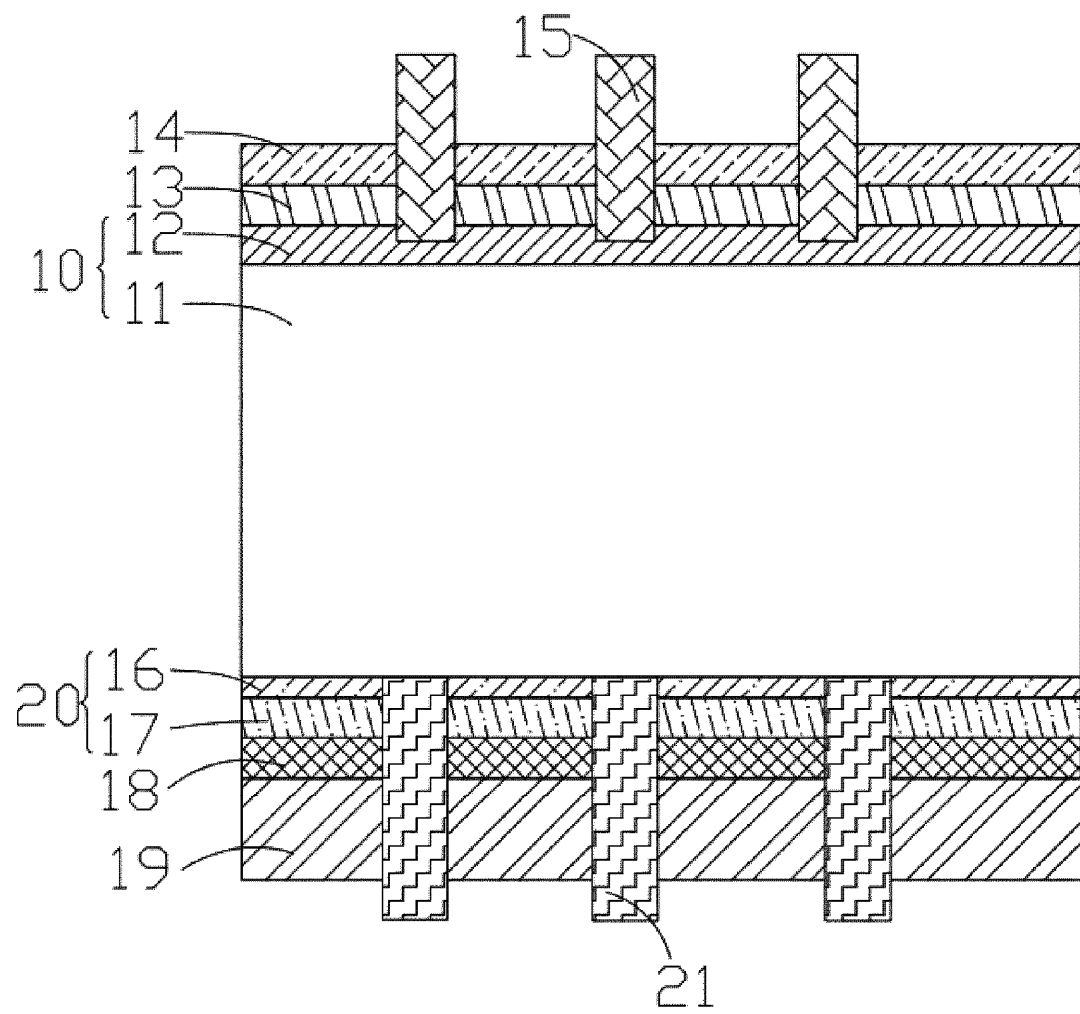


Figura 1

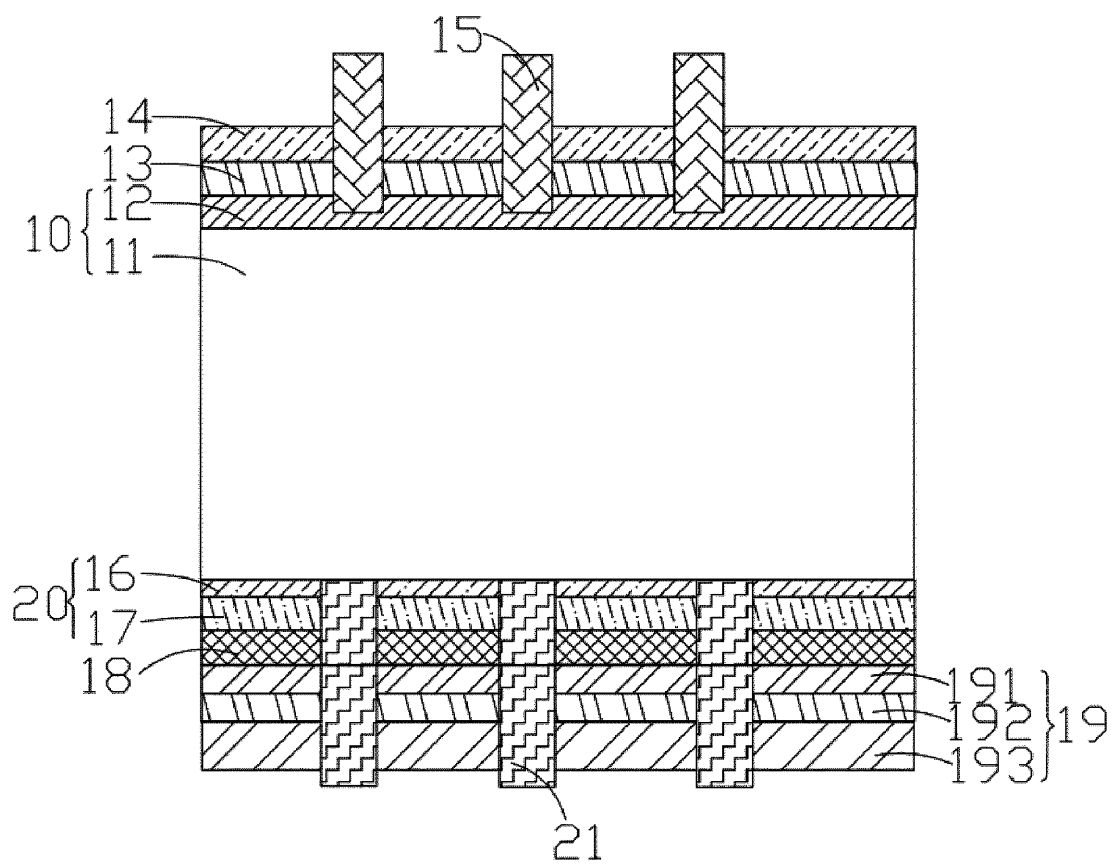


Figura 2

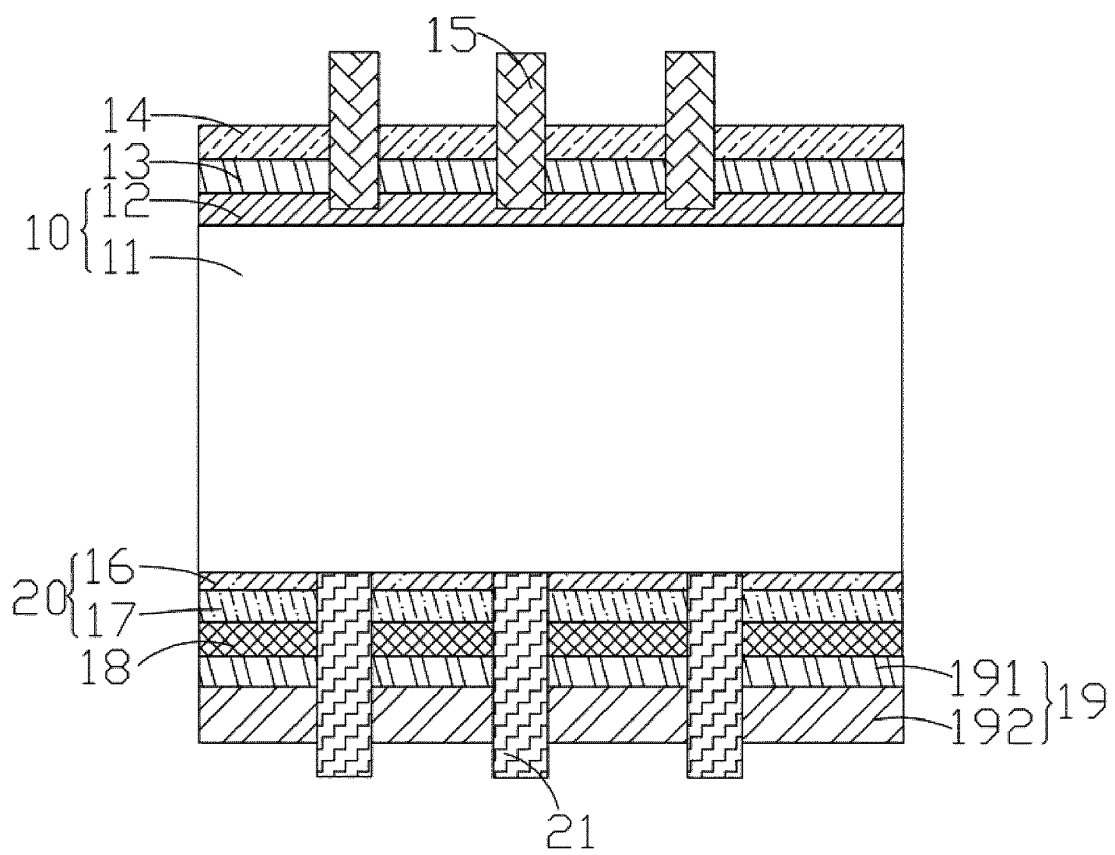


Figura 3

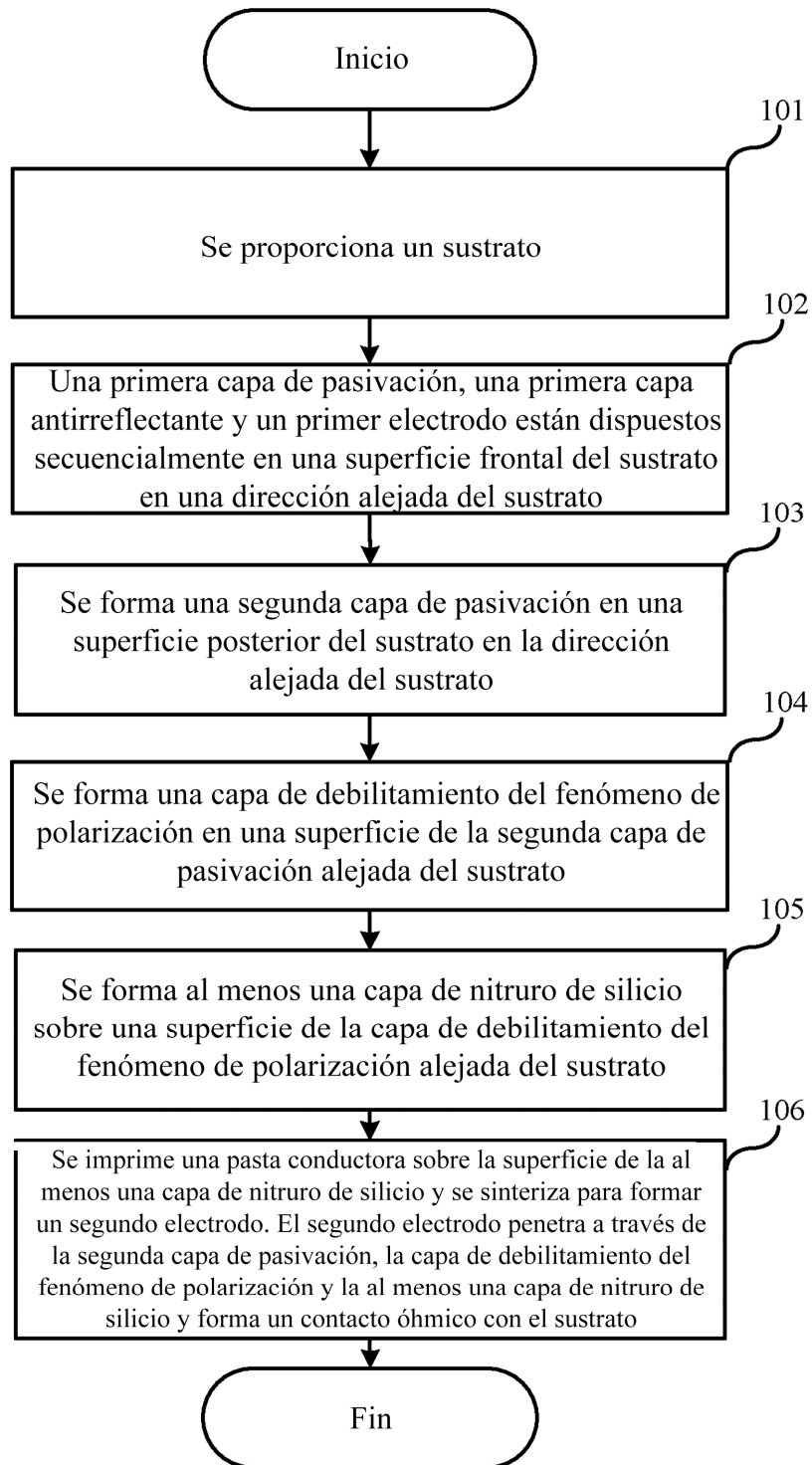


Figura 4

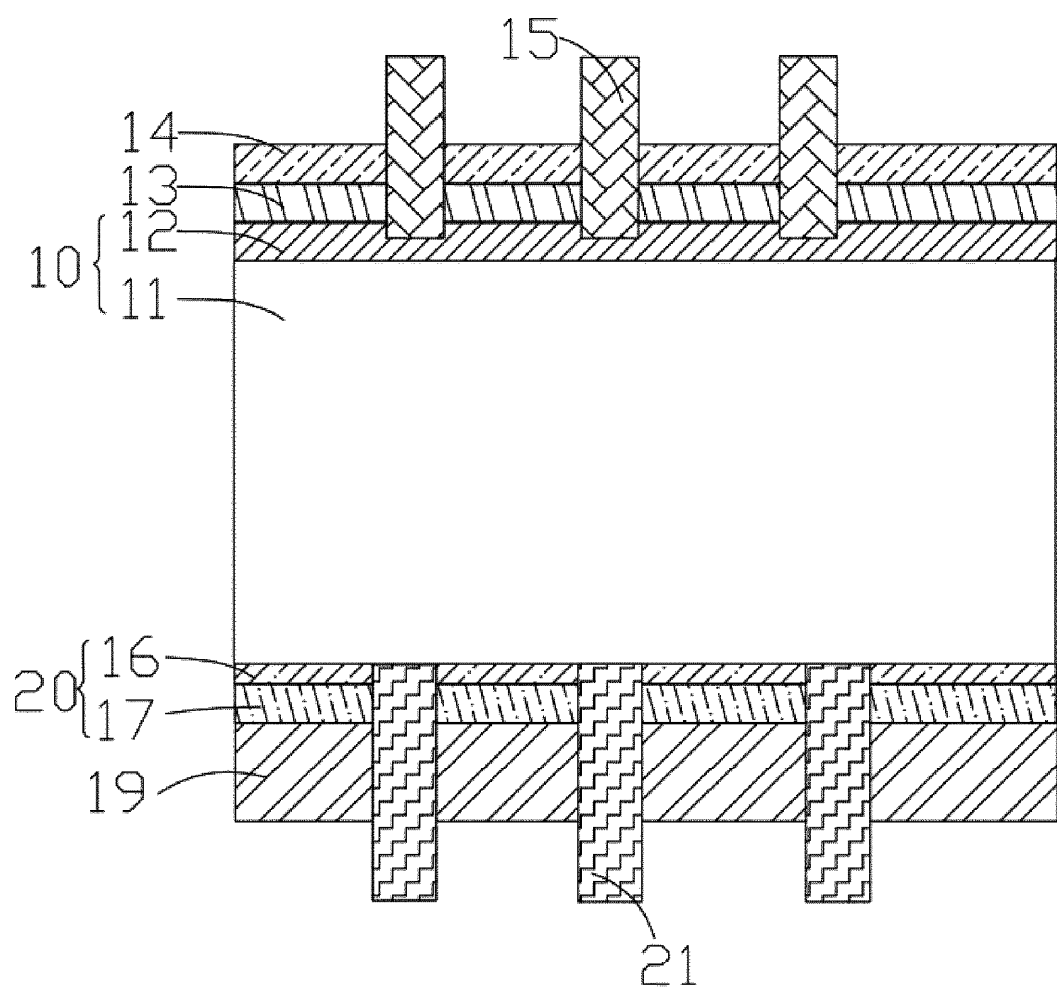


Figura 5