

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 920 425**

51 Int. Cl.:

H01L 31/04 (2014.01)

H01L 31/0256 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2015** **PCT/US2015/022333**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015** **WO15148570**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2015** **E 15770398 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2022** **EP 3123527**

54 Título: **Celda solar con regiones emisoras sin surcos**

30 Prioridad:

27.03.2014 US 201414227965

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

03.08.2022

73 Titular/es:

MAXEON SOLAR PTE. LTD. (100.0%)
8 Marina Boulevard 05-02, Marina Bay Financial
Centre
Singapore 018981, SG

72 Inventor/es:

SMITH, DAVID D.

74 Agente/Representante:

MORENO NOGALES, Ángeles

ES 2 920 425 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

Celda solar con regiones emisoras sin surcos

5 Campo técnico

Los modos de realización de la presente divulgación están en el campo de la energía renovable y, en particular, los procedimientos de fabricación de celdas solares que tienen regiones emisoras sin surcos, y las celdas solares resultantes.

10 Antecedentes

El documento US 2012/322199 A13 se refiere a una impurificación con patrones para celdas solares emisoras de polisilicio. Las celdas fotovoltaicas, comúnmente conocidas como celdas solares, son dispositivos bien conocidos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica. En general, las celdas solares se fabrican sobre una oblea o sustrato semiconductor usando técnicas de procesamiento de semiconductores para formar un punto de unión p-n cerca de la superficie del sustrato. La radiación solar que incide sobre la superficie de, y entra en, el sustrato, crea pares de electrones y orificios en la mayor parte del sustrato. Los pares de electrones y orificios migran a regiones impurificadas p e impurificadas n en el sustrato, generando de este modo un diferencial de tensión entre las regiones impurificadas. Las regiones impurificadas están conectadas a regiones conductoras en la celda solar para dirigir una corriente eléctrica desde la celda a un circuito externo acoplado a la misma.

La eficacia es una característica importante de una celda solar, ya que está directamente relacionada con la capacidad de la celda solar para generar energía. Asimismo, la eficacia en la producción de celdas solares está directamente relacionada con la rentabilidad de dichas celdas solares. En consecuencia, en general son deseables técnicas para incrementar la eficacia de las celdas solares, o técnicas para incrementar la eficacia en la fabricación de las celdas solares. Algunos modos de realización de la presente divulgación permiten una eficacia incrementada en la fabricación de celdas solares proporcionando procedimientos novedosos para fabricar estructuras de celdas solares. Algunos modos de realización de la presente divulgación permiten una eficacia incrementada de celdas solares proporcionando estructuras de celdas solares novedosas.

Sumario de la invención

Una celda solar y procedimiento de fabricación de una celda solar de acuerdo con la invención se definen en las reivindicaciones independientes. Modos de realización ventajosos adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1A-1E ilustran vistas en sección transversal de diversas fases en la fabricación de una celda solar, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación, en las que:

La figura 1A ilustra una fina capa dieléctrica formada sobre una parte de la superficie posterior de un sustrato de una celda solar;

la figura 1B ilustra la estructura de la figura 1A que tiene una capa de silicio que contiene boro formada sobre la misma;

la figura 1C ilustra la estructura de la figura 1B que tiene primeras regiones, pero no segundas regiones, de la capa de silicio que contiene boro implantadas con iones de fósforo;

la figura 1D ilustra la estructura de la figura 1C calentada para proporcionar emisores de silicio policristalino de tipo N y emisores de silicio policristalino de tipo P; y

La figura 1E ilustra la estructura de la figura 1D después de la formación de una pluralidad de estructuras de contacto conductoras para los emisores de silicio policristalino de tipo N y los emisores de silicio policristalino de tipo P.

La figura 2 es un diagrama de flujo que enumera las operaciones en un procedimiento de fabricación de una celda solar correspondiente a las figuras 1A-1E, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación.

La figura 3A ilustra esquemáticamente una vista en sección transversal de una plataforma en línea para un implante con patrones que implica una oblea móvil y una máscara de sombra estacionaria, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación.

La figura 3B ilustra una secuencia de implante a través de una máscara de proximidad de grafito en el aparato de

la figura 3A, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación.

La figura 4 es un diagrama de flujo que enumera las operaciones en otro procedimiento de fabricación de una celda solar, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es de naturaleza meramente ilustrativa y no pretende limitar los modos de realización de la materia objeto o la solicitud y usos de dichos modos de realización. Como se usa en el presente documento, el término "ejemplar" significa "servir como ejemplo, caso o ilustración". Cualquier implementación descrita en el presente documento como ejemplar no se ha de interpretar necesariamente como preferente o ventajosa con respecto a otras implementaciones. Además, no existe la intención de vincularse a ninguna teoría expresa o implícita presentada en el campo técnico precedente, los antecedentes, el breve resumen o la siguiente descripción detallada.

Esta memoria descriptiva incluye referencias a "un modo de realización". Las apariciones de la frase "en un modo de realización" no se refieren necesariamente al mismo modo de realización. Los rasgos característicos, estructuras o características particulares se pueden combinar de cualquier manera adecuada consecuente con la presente divulgación.

Terminología. Los siguientes párrafos proporcionan definiciones y/o contexto para los términos encontrados en la presente divulgación (incluyendo las reivindicaciones adjuntas):

"Que comprende". Este término es abierto. Como se usa en las reivindicaciones adjuntas, este término no excluye estructura o etapas adicionales.

"Configurado para". Diversas unidades o componentes se pueden describir o reivindicar como "configurados para" realizar una tarea o tareas. En dichos contextos, "configurado para" se usa para connotar estructura indicando que las unidades/componentes incluyen una estructura que realiza esa tarea o tareas durante el funcionamiento. Como tal, se puede decir que la unidad/componente está configurado para realizar la tarea incluso cuando la unidad/componente especificado no esté en funcionamiento actualmente (por ejemplo, no esté encendido/activo). Relatar que una unidad/circuito/componente está "configurado para" realizar una o más tareas tiene la intención expresa de no aplicar la sección 112 del título 35 del U.S.C., párrafo seis, para esa unidad/componente.

"Primero", "segundo", etc. Como se usa en el presente documento, estos términos se usan como etiquetas para los sustantivos a los que preceden y no implican ningún tipo de orden (por ejemplo, espacial, temporal, lógico, etc.). Por ejemplo, la referencia a una "primera" celda solar no implica necesariamente que esta celda solar sea la primera celda solar en una secuencia; en cambio, el término "primero" se usa para diferenciar esta celda solar de otra celda solar (por ejemplo, una "segunda" celda solar).

"Acoplado": la siguiente descripción se refiere a elementos o nodos o rasgos característicos que se "acoplan" entre sí. Como se usa en el presente documento, a menos que se indique expresamente de otro modo, "acoplado" significa que un elemento/nodo/rasgo característico está directa o indirectamente unido a (o se comunica directa o indirectamente con) otro elemento/nodo/rasgo característico, y no necesariamente de forma mecánica.

Además, también se puede usar determinada terminología en la siguiente descripción solo con el propósito de referencia y, por tanto, no se pretende que sea limitante. Por ejemplo, términos tales como "superior", "inferior", "encima" y "debajo" se refieren a direcciones en los dibujos a los que se hace referencia. Términos tales como "frontal", "posterior", "trasero", "lateral", "exterior" e "interior" describen la orientación y/o ubicación de partes del componente dentro de un marco de referencia consecuente pero arbitrario que se hace evidente por referencia al texto y los dibujos asociados que describen el componente que se está analizando. Dicha terminología puede incluir los términos específicamente mencionados anteriormente, derivados de los mismos y términos de significado similar.

En el presente documento se describen procedimientos de fabricación de celdas solares que tienen regiones emisoras sin surcos y las celdas solares resultantes. En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles específicos, tales como operaciones de flujo de proceso específicas, para proporcionar un entendimiento exhaustivo de los modos de realización de la presente divulgación. Resultará evidente para un experto en la técnica que los modos de realización de la presente divulgación se pueden practicar sin estos detalles específicos. En otros casos, técnicas de fabricación bien conocidas, tales como técnicas de litografía y formación de patrones, no se describen en detalle para no complicar innecesariamente los modos de realización de la presente divulgación. Además, se ha de entender que los diversos modos de realización mostrados en las figuras son representaciones ilustrativas y no están necesariamente dibujados a escala.

En el presente documento se divulgan procedimientos de fabricación de celdas solares. En un modo de realización, un procedimiento de fabricación de una celda solar implica formar una fina capa dieléctrica sobre una parte de una

superficie posterior de un sustrato, teniendo el sustrato una superficie receptora de luz opuesta a la superficie posterior. El procedimiento también implica formar una primera región emisora de silicio policristalino en una primera parte de la fina capa dieléctrica e impurificada con una impureza de un primer tipo de conductividad. El procedimiento también implica formar una segunda región emisora de silicio policristalino en una segunda parte de la fina capa dieléctrica próxima a la primera región emisora de silicio policristalino, impurificada la segunda región emisora de silicio policristalino con una impureza de un segundo tipo de conductividad opuesto. Una concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino.

En otro modo de realización, un procedimiento de fabricación de regiones emisoras alternas de tipo N y tipo P de una celda solar implica formar una capa de silicio que contiene boro encima de una parte de un sustrato por un procedimiento de depósito *in situ*. El procedimiento también implica implantar primeras regiones, pero no segundas regiones, de la capa de silicio que contiene boro con iones de fósforo para proporcionar regiones implantadas con fósforo de la capa de silicio que contiene boro. El procedimiento también implica calentar para proporcionar emisores de silicio policristalino de tipo N en las primeras regiones y para proporcionar emisores de silicio policristalino de tipo P en las segundas regiones. El procedimiento también implica formar una pluralidad de estructuras de contacto conductoras, conectados eléctricamente cada uno de los emisores de silicio policristalino de tipo N y los emisores de silicio policristalino de tipo P a una de la pluralidad de estructuras de contacto conductoras.

En el presente documento también se divulgan celdas solares. En un modo de realización, una celda solar incluye un sustrato que tiene una superficie receptora de luz y una superficie posterior. Una fina capa dieléctrica se dispone sobre una parte de la superficie posterior del sustrato. Una primera región emisora de silicio policristalino se dispone sobre una primera parte de la fina capa dieléctrica y se impurifica con una impureza de un primer tipo de conductividad. Una segunda región emisora de silicio policristalino se dispone sobre una segunda parte de la fina capa dieléctrica próxima a la primera región emisora de silicio policristalino dispuesta sobre la primera parte de la fina capa dieléctrica. La segunda región emisora de silicio policristalino se impurifica con una impureza de un segundo tipo de conductividad opuesto. Una concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino.

Uno o más modos de realización descritos en el presente documento están dirigidos a celdas solares que tienen regiones emisoras formadas encima de un sustrato de la celda solar y, en particular, a dichas celdas solares que tienen una disposición sin surcos de las regiones emisoras. Como referencia, las celdas solares de última generación que tienen regiones emisoras formadas en una capa de silicio policristalino en una superficie posterior de una celda solar de contacto posterior a menudo tienen espacios que separan las regiones emisoras de tipo N y tipo P. Además, el espacio a menudo se extiende para formar un surco que se extiende hacia el sustrato subyacente. Como tales, dichas celdas solares se pueden denominar celdas solares de contacto con surcos. Por el contrario, uno o más modos de realización descritos en el presente documento están dirigidos a flujos de procedimientos de celdas solares que proporcionan disposiciones sin surcos de una manera simplificada usando implantación de iones.

De acuerdo con modos de realización generales de la presente divulgación, los procedimientos se describen en base al descubrimiento de que la impurificación ligera con boro en un "dedo" de silicio policristalino de tipo P puede ser esencial para eliminar la recombinación de carga espacial en una celda solar de contacto posterior sin surcos. En un modo de realización que no forma parte de la invención, puesto que puede no ser necesaria una reducción de la concentración de impurificación de silicio policristalino de tipo N respectiva, se forma una región impurificada con boro de bajo nivel en los dedos tanto de tipo P como de tipo N, estableciendo los dedos de tipo P en una concentración de aproximadamente $1e19 \text{ cm}^{-3}$ de boro. Mientras tanto, la impurificación con boro de bajo nivel se contrarresta con impurificación en las regiones de tipo N con fósforo a una concentración de aproximadamente $1e20 \text{ cm}^{-3}$ para proporcionar los dedos de tipo N. Como se describe en asociación a las figuras 1A-1E a continuación, una implementación puede implicar la formación inicial de una capa de silicio impurificado P+ generada por plasma seguida de un implante de fósforo con máscara de sombra para convertir regiones de la capa de silicio impurificado P+ en dedos o puntos de tipo N. Se puede realizar una operación térmica similar para activar los impurificadores, cristalizar las regiones emisoras y, posiblemente, pasivar la superficie frontal de la celda solar.

De acuerdo con un modo de realización ejemplar, se divulga un procedimiento de fabricación de una celda solar que implica la fabricación de regiones emisoras alternas de tipo N y de tipo P de la celda solar. Las figuras 1A-1E ilustran vistas en sección transversal de diversas fases en la fabricación de una celda solar, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. La figura 2 es un diagrama de flujo 200 que enumera las operaciones en un procedimiento de fabricación de una celda solar correspondiente a las figuras 1A-1E, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación.

En referencia a la figura 1A, y a la operación 202 correspondiente del diagrama de flujo 200, se forma una fina

capa dieléctrica 102 sobre una parte de una superficie posterior de un sustrato 100 de una celda solar.

En un modo de realización, el sustrato 100 es un sustrato de silicio monocristalino, tal como un sustrato de silicio impurificado de tipo N monocristalino a granel. Se ha de apreciar, sin embargo, que el sustrato 100 puede ser una
5 capa, tal como una capa de silicio multicristalino, dispuesta sobre un sustrato de celda solar global. En un modo de realización, la fina capa dieléctrica 102 es una capa de óxido de silicio de túnel que tiene un espesor de aproximadamente 2 nanómetros o menos.

En referencia a la figura 1B, y a la operación 204 correspondiente del diagrama de flujo 200, se forma una capa de
10 silicio que contiene boro 104 en la fina capa dieléctrica 102.

En un modo de realización, la capa de silicio que contiene boro 104 forma una capa de silicio que contiene boro encima de una parte de un sustrato por un procedimiento de depósito *in situ* donde la impureza de boro se incorpora a la capa de silicio en el momento de la formación de la capa de silicio. En un modo de realización de este tipo, la
15 formación de la capa de silicio que contiene boro 104 implica formar una capa de silicio amorfo que contiene boro. En otro modo de realización de este tipo, la formación de la capa de silicio que contiene boro 104 implica formar una capa de silicio policristalino impurificado con boro. En el primer modo de realización, la capa de silicio amorfo que contiene boro es una capa de silicio hidrogenado que contiene boro formada usando depósito químico de vapor potenciado con plasma (PECVD), representada por a-Si:H impurificado con boro, que incluye enlaces covalentes S-H en toda la capa. También pueden ser aplicables otras formas de CVD, tales como CVD atmosférico o CVD de baja presión. En el segundo modo de realización, la capa de silicio policristalino impurificado con boro se forma usando un procedimiento de PECVD. Se ha de apreciar que en otros modos de realización, la impureza de boro se puede incorporar en una capa de silicio después de la formación de la capa de silicio, por ejemplo, por un procedimiento de implante global.

En referencia a la figura 1C, y a la operación 206 correspondiente del diagrama de flujo 200, las primeras regiones 106, pero no las segundas regiones 108, de la capa de silicio que contiene boro 104 se implantan con iones de fósforo.

En un modo de realización, las primeras regiones 106 se implantan para proporcionar regiones implantadas con fósforo 106 de la capa de silicio que contiene boro 104 donde la concentración de la impureza de fósforo de las regiones implantadas con fósforo 106 es al menos 10 veces (es decir, al menos un orden de magnitud) mayor que la concentración de impurezas de boro en las regiones 106 y, por consiguiente, al menos un orden de magnitud mayor que la concentración de impurezas de boro en las regiones no implantadas con fósforo 108. En un modo de
30 realización, implantar la capa de silicio que contiene boro 104 con iones de fósforo implica implantar a través de una máscara de sombra, un utillaje de procedimiento ejemplar para el que se describe a continuación en asociación con las figuras 3A y 3B. En un modo de realización específica de este tipo, la implantación se realiza a través de una máscara de sombra de grafito situada fuera de, pero en estrecha proximidad de, la capa de silicio que contiene boro 104. En otro modo de realización específica, la implantación se realiza a través de una máscara de sombra de silicio situada sobre la capa de silicio que contiene boro 104. En un modo de realización, la implantación se realiza usando implantación de haz de iones o implantación por inmersión en plasma. Se ha de apreciar que en realidad se puede producir algo de impurificación residual de las segundas regiones, por ejemplo, a través de una impurificación imperfecta o por dispersión. Sin embargo, cualquier impurificación residual de este tipo no es suficiente para contrarrestar la impurificación de las segundas regiones 108.

En referencia a la figura 1D, y a la operación 208 correspondiente del diagrama de flujo 200, la estructura de la figura 1C se calienta 110 para proporcionar emisores de silicio policristalino de tipo N 112 y emisores de silicio policristalino de tipo P 114.

En un modo de realización, el calentamiento es un procedimiento de recocido, tal como un procedimiento de recocido térmico rápido, usado para activar las impurezas en las primera y segunda regiones 106 y 108, respectivamente, de la capa de silicio que contiene boro 104. En un modo de realización, el recocido se realiza a una temperatura aproximadamente en el intervalo de 850 - 1100 grados Celsius durante una duración aproximadamente en el intervalo de 1 - 100 minutos. En un modo de realización, la capa de silicio que contiene boro 104 es una capa de silicio amorfo que contiene boro, y el calentamiento 110 implica la cristalización de la
55 capa de silicio amorfo que contiene boro para formar silicio policristalino impurificado con boro además de activar las impurezas. En otro modo de realización, la capa de silicio que contiene boro 104 es una capa de silicio policristalino impurificado con boro, y el calentamiento 110 implica al menos activar la impureza de fósforo de las regiones implantadas con fósforo para formar regiones impurificadas con fósforo. En un modo de realización, se realiza un impulso impurificador de fósforo ligero durante el calentamiento o el recocido.

Por tanto, las primeras regiones emisoras de silicio policristalino 112 se forman en una primera parte de la fina capa dieléctrica 102 y se impurifican con una impureza de tipo N. Las segundas regiones emisoras de silicio policristalino 114 se forman en una segunda parte de la fina capa dieléctrica 102, próximas a las primeras regiones emisoras de silicio policristalino 112. Las segundas regiones emisoras de silicio policristalino 114 se impurifican con una impureza de tipo P. En un modo de realización de este tipo, una concentración total de la impureza de tipo
65

N activada en las primeras regiones emisoras de silicio policristalino 112 es al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de la impureza de tipo P activada en las segundas regiones emisoras de silicio policristalino 114, y, por consiguiente, al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de la impureza de tipo P activada en las primeras regiones emisoras de silicio policristalino 112. En referencia de nuevo a la figura 1D, el calentamiento 110 implica la formación de una unión P/N 116 entre los emisores de silicio policristalino de tipo N 112 y los emisores de silicio policristalino de tipo P 114 contiguos.

En referencia a la figura 1E y a la operación 210 correspondiente del diagrama de flujo 200, se forma la estructura de una pluralidad de estructuras de contacto conductoras 120/122 para los emisores de silicio policristalino de tipo N (correspondientes a la estructura de contacto 120) y los emisores de silicio policristalino de tipo P (correspondientes a las estructuras de contacto 122).

En un modo de realización, las estructuras de contacto conductoras 120/122 se fabrican depositando y modelando en primer lugar una capa aislante 118 para tener aberturas y a continuación formando una o más capas conductoras en las aberturas. En un modo de realización de este tipo, las aberturas se forman por ablación con láser. En un modo de realización, las estructuras de contacto conductoras 120/122 incluyen metal y se forman por un enfoque de depósito, litografía y grabado o, de forma alternativa, un procedimiento de impresión o chapado o, de forma alternativa, un procedimiento de adhesión de láminas.

En referencia de nuevo a la figura 1E, una superficie receptora de luz 124, es decir, la superficie opuesta a la superficie sobre la que se forman las estructuras de contacto conductoras, es una superficie receptora de luz texturizada. En un modo de realización, se emplea un grabador húmedo a base de hidróxido para texturizar la superficie frontal del sustrato 102. Se ha de apreciar que el tiempo de texturización de la superficie receptora de luz puede variar. Por ejemplo, la texturización se puede realizar antes o después de la formación de la fina capa dieléctrica 102 pero, en un modo de realización, antes de la formación de la capa de silicio que contiene boro 104. En un modo de realización, una superficie texturizada puede ser una que tenga una superficie de forma regular o una irregular para dispersar la luz entrante, disminuyendo la cantidad de luz reflejada fuera de las superficies receptoras de luz de la celda solar. En referencia de nuevo a la figura 1E, los modos de realización adicionales pueden incluir la formación de capas de pasivación y/o revestimiento antirreflectante (ARC) (mostradas conjuntamente como capa 126) en la superficie receptora de luz 124, tales como capas de nitruro de silicio, silicio, óxido de silicio u oxinitruro de silicio. Se ha de apreciar que el tiempo de formación de capas de pasivación y/o ARC también puede variar.

En referencia de nuevo a la figura 1E, a continuación, en un modo de realización, una celda solar incluye un sustrato 100 que tiene una superficie receptora de luz 124 y una superficie posterior opuesta a la superficie receptora de luz. Una fina capa dieléctrica 102 se dispone sobre una parte de la superficie posterior del sustrato 100. Una primera región emisora de silicio policristalino 112 se dispone sobre una primera parte de la fina capa dieléctrica 102 y se impurifica con una impureza de un primer tipo de conductividad. Una segunda región emisora de silicio policristalino 114 se dispone sobre una segunda parte de la fina capa dieléctrica 102 próxima a la primera región emisora de silicio policristalino 112 dispuesta sobre la primera parte de la fina capa dieléctrica 102. La segunda región emisora de silicio policristalino 114 se impurifica con una impureza de un segundo tipo de conductividad opuesto. Una concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino 112 es al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino 114. Una primera estructura de contacto conductora 120 se conecta eléctricamente a la primera región emisora de silicio policristalino 112. Una segunda estructura de contacto conductora 122 se conecta eléctricamente a la segunda región emisora de silicio policristalino 114. En un modo de realización, la celda solar es una celda solar de contacto posterior.

En un modo de realización, la celda solar incluye además una unión P/N 116 entre la primera región emisora de silicio policristalino 112 y la segunda región emisora de silicio policristalino 114. En un modo de realización, la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino 112 es una impureza de tipo N, y la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino 114 es una impureza de tipo P. En un modo de realización específico de este tipo, la impureza de tipo N es fósforo y la concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino 112 es de aproximadamente $1E20$ átomos/cm³. En ese modo de realización, la impureza de tipo P es boro y la concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino 114 es de aproximadamente $1E18$ átomos/cm³.

En base a la naturaleza del esquema de fabricación, en un modo de realización, la primera región emisora de silicio policristalino 112 incluye además la impureza del segundo tipo de conductividad. En un modo de realización específico de este tipo, la concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino 112 es aproximadamente dos órdenes de magnitud mayor que la concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino 114 y en la primera región emisora de silicio policristalino 112. En un modo de realización, las regiones contrarrestadas con impurificación son al menos un orden de magnitud mayor en la concentración de impurificación para sobrepasar suficientemente (contrarrestar con impurificación) el primer impurificador incluido para dominar la

característica de impurificación. Sin embargo, en ese modo de realización, las regiones contrarrestadas con impurificación no son más de aproximadamente dos órdenes de magnitud mayores en concentraciones de impurificación, de modo que las diferencias de conductividad de las regiones contrarrestadas con impurificación frente a las regiones no contrarrestadas con impurificación no afectan al rendimiento y la eficacia finales de la celda solar.

En otro aspecto, como se describe brevemente anteriormente, se usa una máscara de sombra para dirigir la implantación de fósforo descrita en asociación a la figura 1C. En un modo de realización de este tipo, se usa una máscara de sombra de grafito estacionaria para la implantación. Como ejemplo, la figura 3A ilustra esquemáticamente una vista en sección transversal de una plataforma en línea para un implante con patrones que implica una oblea móvil y una máscara de sombra estacionaria, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. La figura 3B ilustra una secuencia de implante a través de máscaras de proximidad de grafito en el aparato de la figura 3A, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. En referencia a la figura 3A, una plataforma en línea 300 incluye una región de entrada de oblea 302, una fuente de implante 304 (por ejemplo, implantación de iones o inmersión en plasma) y una región de salida 306. Una máscara de plantilla estacionaria 308, tal como una máscara de grafito estacionaria, se mantiene en proximidad de, pero no en contacto con, un sustrato 310, para proporcionar un sustrato implantado 312. En otro modo de realización, se puede usar para la implantación una máscara de sombra de silicio, que se puede poner en contacto con el sustrato 312.

En general, aunque se describen específicamente determinados materiales anteriormente, algunos materiales se pueden sustituir fácilmente por otros, permaneciendo otros dichos modos de realización dentro del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, en un modo de realización, se puede usar un sustrato de material diferente, tal como un sustrato de material del grupo III-V, en lugar de un sustrato de silicio. Además, se ha de entender que, cuando se describe específicamente la impurificación de tipo N+ y P+, otros modos de realización contempladas incluyen el tipo de conductividad opuesto, por ejemplo, impurificación de tipo P+ y N+, respectivamente. Adicionalmente, aunque se hace una referencia significativamente a las disposiciones de celdas solares de contacto posterior, se ha de apreciar que los enfoques descritos en el presente documento también pueden tener aplicación a las celdas solares de contacto frontal. En otros modos de realización, el denominado procedimiento sin surcos descrito anteriormente se puede implementar para fabricar finalmente celdas solares de contacto con surcos. Por ejemplo, en primer lugar se puede implementar un flujo de procedimiento tal como se describe anteriormente, y posteriormente se pueden formar surcos entre las regiones emisoras.

Por tanto, se han divulgado procedimientos de fabricación de celdas solares que tienen regiones emisoras sin surcos y las celdas solares resultantes. Como enfoque representativo general, la figura 4 es un diagrama de flujo 400 que enumera las operaciones en otro procedimiento de fabricación de una celda solar, de acuerdo con un modo de realización de la presente divulgación. En referencia al diagrama de flujo 400 de la figura 4, un procedimiento de fabricación de regiones emisoras alternas de tipo N y tipo P de una celda solar implica, en la operación 402, formar una fina capa dieléctrica sobre una parte de una superficie posterior de un sustrato. El procedimiento también implica, en la operación 404, formar una primera región emisora de silicio policristalino en una primera parte de la fina capa dieléctrica. El procedimiento también implica, en la operación 406, formar una segunda región emisora de silicio policristalino en una segunda parte de la fina capa dieléctrica próxima a la primera región emisora de silicio policristalino. En un modo de realización, una concentración total de una impureza de un primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de una impureza de un segundo tipo de conductividad opuesto en la segunda región emisora de silicio policristalino.

Aunque anteriormente se han descrito modos de realización específicos, no se pretende que estos modos de realización limiten el alcance de la presente divulgación, incluso cuando solo se describe un único modo de realización con respecto a un rasgo característico particular. Los ejemplos de rasgos característicos proporcionados en la divulgación pretenden ser ilustrativos en lugar de restrictivos, a menos que se indique de otro modo. La descripción anterior pretende cubrir dichas alternativas, modificaciones y equivalentes que resultarán evidentes para un experto en la técnica que tiene el beneficio de la presente divulgación.

El alcance de la presente divulgación incluye cualquier rasgo característico o combinación de rasgos característicos divulgados en el presente documento (ya sea explícita o implícitamente), o cualquier generalización de los mismos, ya sea que mitigue o no alguno o todos los problemas abordados en el presente documento. En consecuencia, se pueden formular nuevas reivindicaciones durante la tramitación de la presente solicitud (o una solicitud que reivindique prioridad a la misma) para cualquier combinación de rasgos característicos de este tipo. En particular, con referencia a las reivindicaciones adjuntas, los rasgos característicos de las reivindicaciones dependientes se pueden combinar con los de las reivindicaciones independientes y los rasgos característicos de las reivindicaciones independientes respectivas se pueden combinar de cualquier manera apropiada y no simplemente en las combinaciones específicas enumeradas en las reivindicaciones adjuntas.

En un modo de realización, una celda solar incluye un sustrato que tiene una superficie receptora de luz y una superficie posterior. Una fina capa dieléctrica se dispone sobre una parte de la superficie posterior del sustrato. Una primera región emisora de silicio policristalino se dispone sobre una primera parte de la fina capa dieléctrica

- y se impurifica con una impureza de un primer tipo de conductividad. Una segunda región emisora de silicio policristalino se dispone sobre una segunda parte de la fina capa dieléctrica próxima a la primera región emisora de silicio policristalino dispuesta sobre la primera parte de la fina capa dieléctrica. La segunda región emisora de silicio policristalino se impurifica con una impureza de un segundo tipo de conductividad opuesto. Una concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino.
- En un modo de realización, la celda solar incluye además una unión P/N entre la primera región emisora de silicio policristalino y la segunda región emisora de silicio policristalino.
- En un modo de realización, la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es una impureza de tipo N, y la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino es una impureza de tipo P.
- En un modo de realización, la impureza de tipo N es fósforo y la concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es de aproximadamente $1E20$ átomos/cm³, y la impureza de tipo P es boro y la concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino es de aproximadamente $1E18$ átomos/cm³.
- En un modo de realización, la primera región emisora de silicio policristalino incluye además la impureza del segundo tipo de conductividad.
- En un modo de realización, la concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es aproximadamente dos órdenes de magnitud mayor que la concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino y en la primera región emisora de silicio policristalino.
- En un modo de realización, la celda solar incluye además una primera estructura de contacto conductora conectada eléctricamente a la primera región emisora de silicio policristalino, y una segunda estructura de contacto conductora conectada eléctricamente a la segunda región emisora de silicio policristalino.
- En un modo de realización, un procedimiento de fabricación de una celda solar incluye formar una fina capa dieléctrica sobre una parte de una superficie posterior de un sustrato, teniendo el sustrato una superficie receptora de luz opuesta a la superficie posterior. El procedimiento también incluye formar una primera región emisora de silicio policristalino en una primera parte de la fina capa dieléctrica e impurificada con una impureza de un primer tipo de conductividad. El procedimiento también incluye formar una segunda región emisora de silicio policristalino en una segunda parte de la fina capa dieléctrica próxima a la primera región emisora de silicio policristalino, impurificada la segunda región emisora de silicio policristalino con una impureza de un segundo tipo de conductividad opuesto, en el que una concentración total de la impureza del primer tipo de conductividad en la primera región emisora de silicio policristalino es al menos un orden de magnitud mayor que una concentración total de la impureza del segundo tipo de conductividad en la segunda región emisora de silicio policristalino.
- En un modo de realización, un procedimiento de fabricación de regiones emisoras alternas de tipo N y tipo P de una celda solar incluye formar una capa de silicio que contiene boro encima de una parte de un sustrato por un procedimiento de depósito *in situ*. El procedimiento también incluye implantar primeras regiones, pero no segundas regiones, de la capa de silicio que contiene boro con iones de fósforo para proporcionar regiones implantadas con fósforo de la capa de silicio que contiene boro. El procedimiento también incluye calentar para proporcionar emisores de silicio policristalino de tipo N en las primeras regiones y para proporcionar emisores de silicio policristalino de tipo P en las segundas regiones. El procedimiento también incluye formar una pluralidad de estructuras de contacto conductoras, conectados eléctricamente cada uno de los emisores de silicio policristalino de tipo N y los emisores de silicio policristalino de tipo P a una de la pluralidad de estructuras de contacto conductoras.
- En un modo de realización, la formación de la capa de silicio que contiene boro incluye formar una capa de silicio amorfo que contiene boro, y el calentamiento incluye cristalizar la capa de silicio amorfo que contiene boro.
- En un modo de realización, la formación de la capa de silicio que contiene boro incluye formar una capa de silicio policristalino impurificado con boro, y el calentamiento incluye activar los iones de fósforo de las regiones implantadas con fósforo para formar regiones impurificadas con fósforo.
- En un modo de realización, la formación de la capa de silicio policristalino impurificado con boro incluye usar un procedimiento de depósito químico de vapor potenciado con plasma (PECVD).
- En un modo de realización, la implantación de la capa de silicio que contiene boro con iones de fósforo incluye la implantación a través de una máscara de sombra.

En un modo de realización, la implantación a través de la máscara de sombra incluye la implantación a través de una máscara de sombra de grafito situada fuera de, pero en estrecha proximidad de, la capa de silicio que contiene boro.

5

En un modo de realización, la implantación a través de la máscara de sombra incluye la implantación a través de una máscara de sombra de silicio situada sobre la capa de silicio que contiene boro.

10

En un modo de realización, el calentamiento incluye formar una unión P/N entre los emisores de silicio policristalino de tipo N y los emisores de silicio policristalino de tipo P contiguos.

En un modo de realización, el calentamiento proporciona los emisores de silicio policristalino de tipo N que incluyen una concentración de impurificador de fósforo total de al menos un orden de magnitud mayor que una concentración de impurificador de boro total de los emisores de silicio policristalino de tipo P.

15

En un modo de realización, la formación de la capa de silicio que contiene boro incluye formar una parte de una fina capa de óxido formada sobre el sustrato.

REIVINDICACIONES

1. Una celda solar, que comprende:

- 5 un sustrato (100) que tiene una superficie receptora de luz (124) y una superficie posterior;
una fina capa dieléctrica (102) dispuesta sobre una parte de la superficie posterior del sustrato;
una capa de silicio que contiene boro (104) formada sobre la fina capa dieléctrica (102);
10 una primera región impurificada de silicio policristalino (112) formada en una primera parte de la capa de silicio que contiene boro (104) e impurificada con una impureza de fósforo; y
una segunda región impurificada de silicio policristalino (114) formada en una segunda parte de la capa de silicio
15 que contiene boro (104) próxima a la primera región impurificada de silicio policristalino (112), impurificada la segunda región impurificada de silicio policristalino (114) con impureza de boro,
en la que se forma una unión P/N (116) entre la primera región impurificada de silicio policristalino (112) y la
20 segunda región impurificada de silicio policristalino (114), y
en la que la concentración total de la impureza de fósforo en la primera región impurificada de silicio policristalino (112) es de $1E20$ átomos/cm³, y en la que la concentración total de la impureza de boro en la segunda región impurificada de silicio policristalino (114) es de $1E18$ átomos/cm³.

25 2. La celda solar de la reivindicación 1, que comprende además:

- una primera estructura de contacto conductora (120) conectada eléctricamente a la primera región impurificada de silicio policristalino (112); y
30 una segunda estructura de contacto conductora (122) conectada eléctricamente a la segunda región impurificada de silicio policristalino (114).

3. Un procedimiento de fabricación de una celda solar, comprendiendo el procedimiento:

- 35 formar una fina capa dieléctrica (102) sobre una parte de una superficie posterior de un sustrato (100), teniendo el sustrato (100) una superficie receptora de luz (124) opuesta a la superficie posterior;
formar una capa de silicio que contiene boro (104) sobre la fina capa dieléctrica (102);
40 formar una primera región impurificada de silicio policristalino (112) en una primera parte de la capa de silicio que contiene boro (104) e impurificada con una impureza de fósforo; y
formar una segunda región impurificada de silicio policristalino (114) en una segunda parte de la capa de silicio
45 que contiene boro (104) próxima a la primera región impurificada de silicio policristalino (112), impurificada la segunda región impurificada de silicio policristalino (114) con una impureza de boro,
en el que se forma una unión P/N (116) entre la primera región impurificada de silicio policristalino (112) y la segunda región impurificada de silicio policristalino (114), y
50 en el que la concentración total de la impureza de fósforo en la primera región impurificada de silicio policristalino (112) es de $1E20$ átomos/cm³, y en la que la concentración total de la impureza de boro en la segunda región impurificada de silicio policristalino (114) es de $1E18$ átomos/cm³.

55 4. Un procedimiento de fabricación de regiones impurificadas alternas de tipo N y tipo P de una celda solar, comprendiendo el procedimiento:

- formar una capa de silicio que contiene boro (104) encima de una parte de un sustrato (100) por un procedimiento de depósito *in situ*;
60 implantar primeras regiones (106), pero no segundas regiones (108), de la capa de silicio que contiene boro (104) con iones de fósforo para proporcionar regiones implantadas con fósforo de la capa de silicio que contiene boro (104);
calentar para proporcionar regiones impurificadas de silicio policristalino de tipo N (112) en las primeras regiones
65 y para proporcionar regiones impurificadas de silicio policristalino de tipo P (114) en las segundas regiones; y

formar una pluralidad de estructuras de contacto conductoras (120, 122), conectadas eléctricamente cada una de las regiones impurificadas de silicio policristalino de tipo N (112) y las regiones impurificadas de silicio policristalino de tipo P (114) a una de la pluralidad de estructuras de contacto conductoras (120, 122),

5 en el que se forma una unión P/N (116) entre la región impurificada de silicio policristalino de tipo N (112) y la región impurificada de silicio policristalino de tipo P (114), y

10 en el que la concentración total de fósforo en la primera región impurificada de silicio policristalino (112) es de $1E20$ átomos/cm³, y en el que la concentración total de boro en la segunda región impurificada de silicio policristalino (114) es de $1E18$ átomos/cm³.

15 5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que formar la capa de silicio que contiene boro (104) comprende formar una capa de silicio amorfo que contiene boro, y en el que el calentamiento comprende cristalizar la capa de silicio amorfo que contiene boro.

6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que formar la capa de silicio que contiene boro (104) comprende formar una capa de silicio policristalino impurificado con boro, y en el que el calentamiento comprende activar los iones de fósforo de las regiones implantadas con fósforo para formar regiones impurificadas con fósforo.

20 7. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que formar la capa de silicio que contiene boro (104) comprende la formación sobre una parte de una fina capa de óxido formada sobre el sustrato (100).

25 8. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que formar la capa de silicio policristalino impurificado con boro (104) comprende usar un procedimiento de depósito químico de vapor potenciado con plasma (PECVD).

9. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que implantar la capa de silicio que contiene boro con iones de fósforo comprende la implantación a través de una máscara de sombra.

30 10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que:

la implantación a través de la máscara de sombra comprende la implantación a través de una máscara de sombra de grafito situada fuera de, pero en estrecha proximidad de, la capa de silicio que contiene boro (104), o

35 la implantación a través de la máscara de sombra comprende la implantación a través de una máscara de sombra de silicio situada sobre la capa de silicio que contiene boro (104).

40 11. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que el calentamiento comprende formar una unión P/N (116) entre las regiones impurificadas de silicio policristalino de tipo N (112) y las regiones impurificadas de silicio policristalino de tipo P (114) contiguas.



FIG. 1A



FIG. 1B

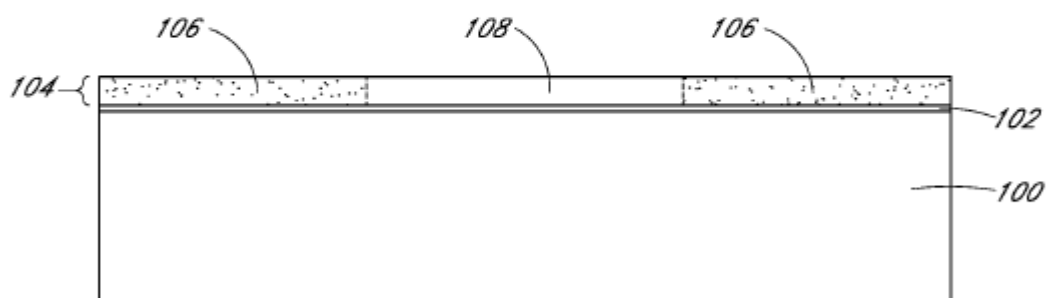


FIG. 1C

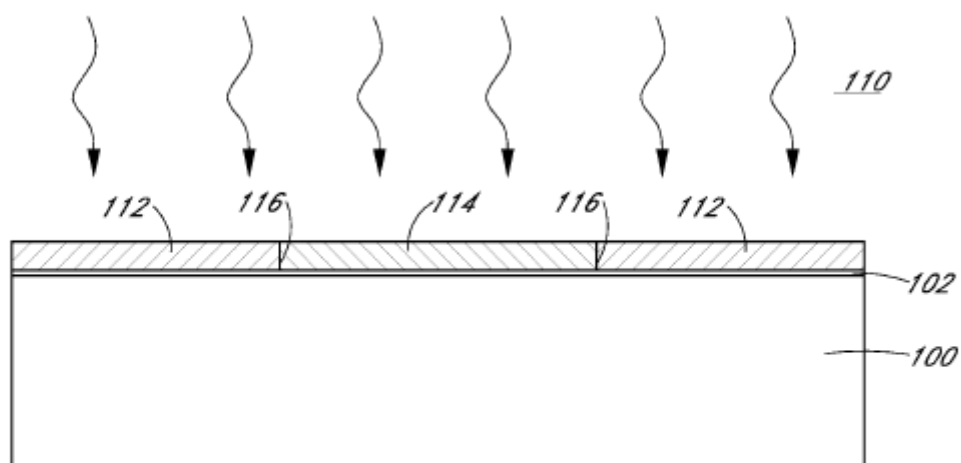


FIG. 1D

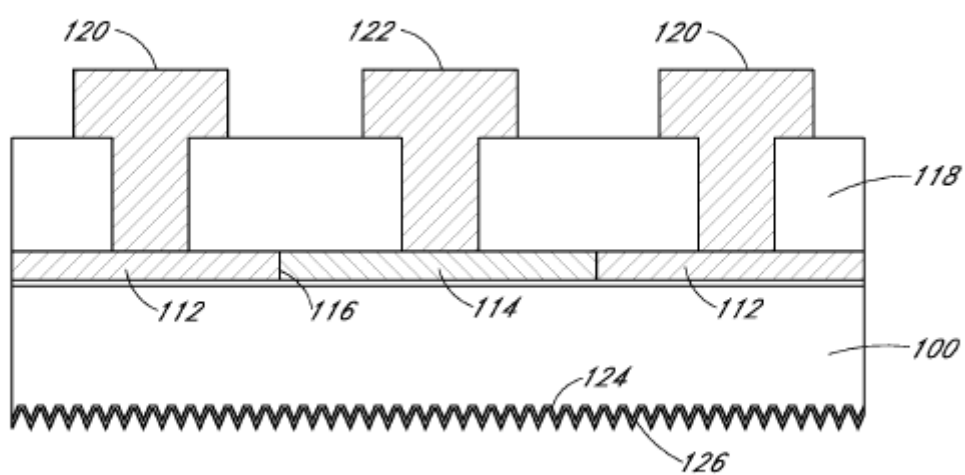


FIG. 1E

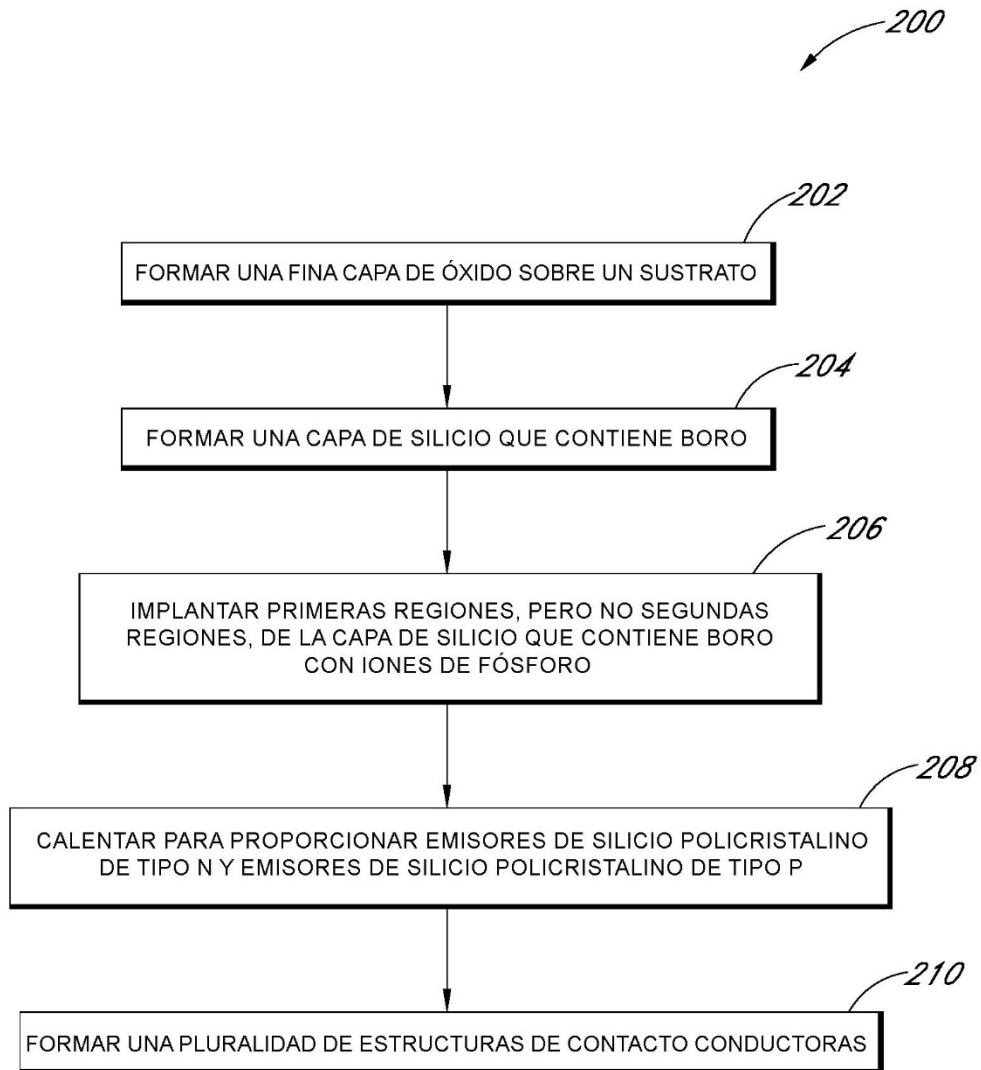
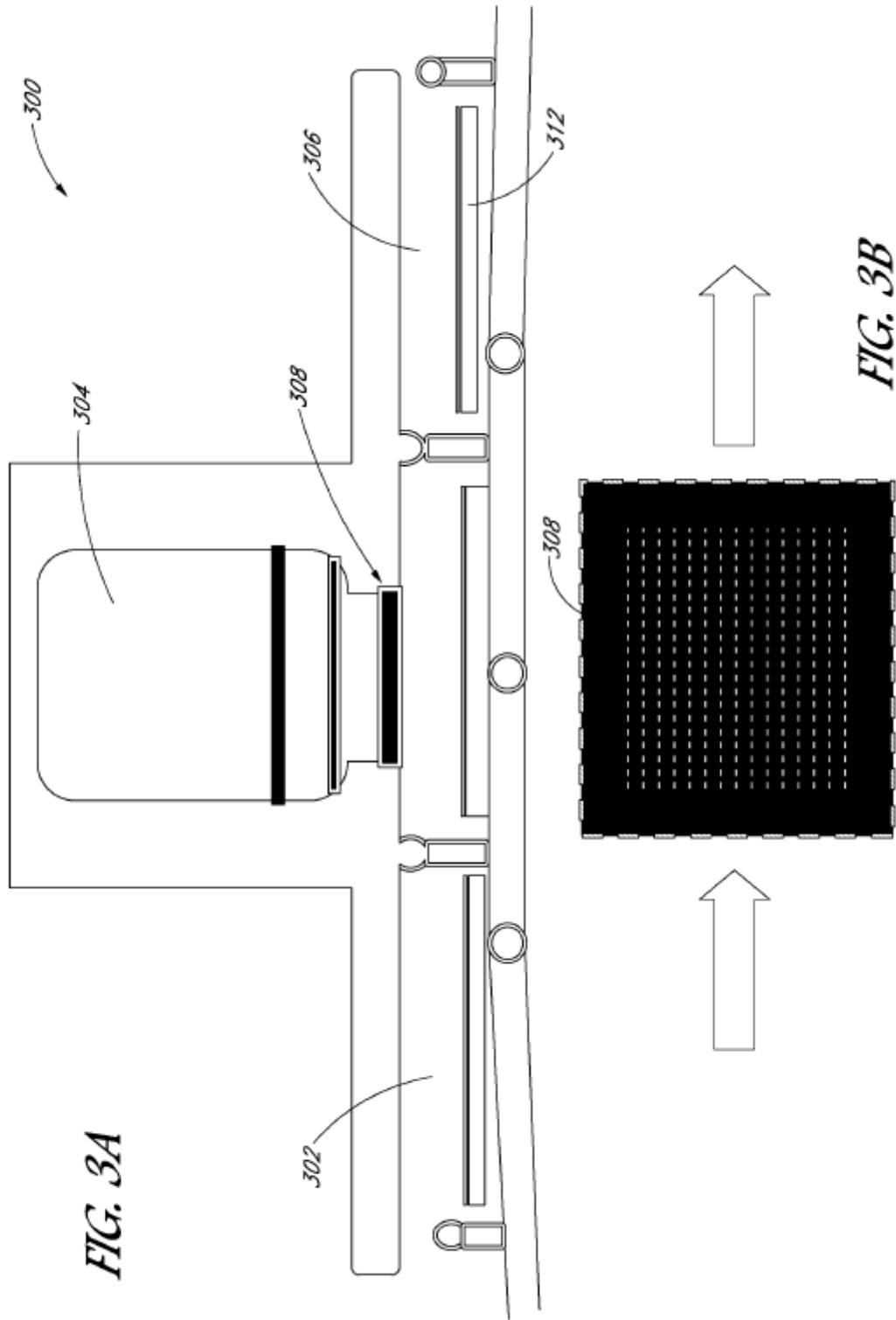


FIG. 2



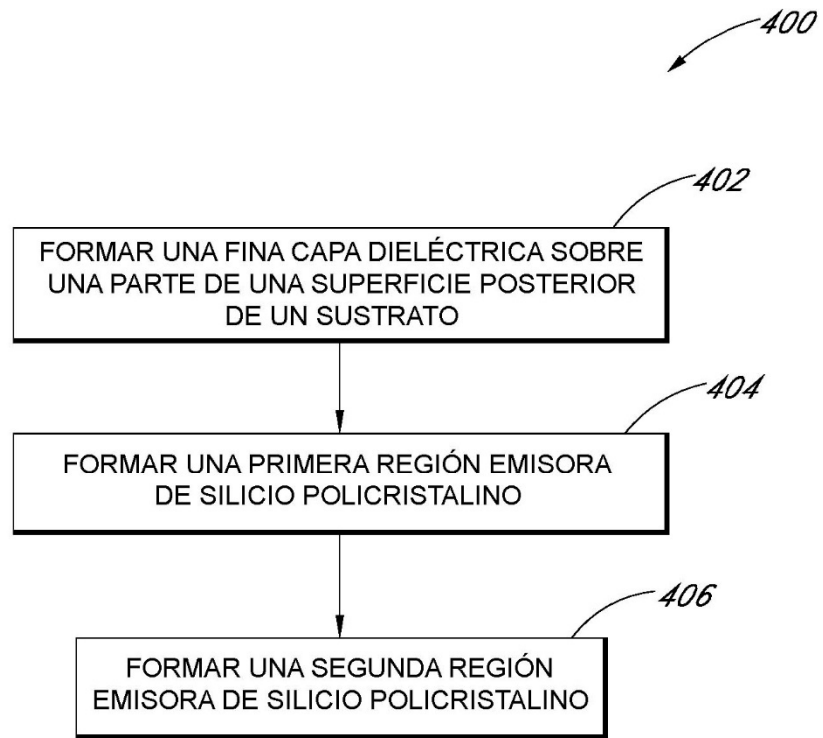


FIG. 4