

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 299**

51 Int. Cl.:

H01L 31/04 (2014.01) **H01L 31/0747** (2012.01)
H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/0368 (2006.01)
H01L 31/14 (2006.01)
H01L 21/322 (2006.01)
H01L 31/068 (2012.01)
H01L 31/18 (2006.01)
H01L 31/0216 (2014.01)
H01L 31/02 (2006.01)
H01L 31/0745 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2015 PCT/US2015/067220**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016 WO16106252**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2015 E 15874267 (6)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2024 EP 3238272**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una célula solar con mayor vida útil, pasivación y/o eficiencia**

30 Prioridad:
22.12.2014 US 201414579935

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.12.2024

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.;
DENNIS, TIM y
TABAJONDA, RUSSELLE DE JESUS**

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 991 299 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

Procedimiento de fabricación de una célula solar con mayor vida útil, pasivación y/o eficiencia

5 **Antecedentes**

Las células fotovoltaicas (PV), comúnmente conocidas como células solares, son dispositivos para la conversión de la radiación solar en energía eléctrica. Generalmente, la radiación solar que incide sobre la superficie de, y que ingresa en, el sustrato de una célula solar crea pares de electrones y huecos en la masa del sustrato. Los pares de electrones y huecos migran a regiones dopadas p y regiones dopadas n en el sustrato, creando así un diferencial de voltaje entre las regiones dopadas. Las regiones dopadas están conectadas a las regiones conductoras en la célula solar para dirigir una corriente eléctrica desde la célula hasta un circuito externo. Cuando las células PV se combinan en una matriz tal como un módulo PV, la energía eléctrica recolectada de todas las células PV se puede combinar en disposiciones en serie y en paralelo para proporcionar energía con un cierto voltaje y corriente. El documento de patente US 2013/247981 A1 se refiere a un procedimiento de fabricación de células solares que utiliza una capa dieléctrica previamente dopada. El documento de patente US 2012/305060 A1 se refiere a un módulo fotovoltaico que incluye un concentrador óptico y una célula solar de unión de tunelaje. Los documentos de patente US 2010/084009 A1, JP 2011 166021 A y de Jan Bultman *et al.*: "Methods of emitter formation for cristalinic silicon solar cells (*Métodos de formación de emisores para células solares de silicio cristalino*)", publicado el 31 de mayo de 2010 en Photovoltaic International 8, se refieren a procesos de captación en células solares. El documento de patente US 2014/360571 A1 se refiere a la reducción de defectos en células solares mediante hidrogenación en un intervalo de temperaturas de 300 °C a 900 °C.

La eficiencia es una característica importante de una célula solar, ya que está directamente relacionada con la capacidad de la célula solar para generar energía. Por consiguiente, las técnicas para mejorar el proceso de fabricación, reducir el coste de fabricación y aumentar la eficiencia de las células solares son generalmente deseables.

30 **Sumario de la invención**

La presente invención se define en la reivindicación independiente 1. Las realizaciones ventajosas adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 ilustra una representación de un diagrama de flujo de un procedimiento de fabricación de una célula solar, que forma parte de la presente invención.
 Las Figuras 2 a 4 ilustran vistas en sección transversal de células solares durante el proceso de fabricación de la Figura 1, que forman parte de la presente invención.
 La Figura 5 ilustra una vista en sección transversal de una célula solar ejemplar, que no forma parte de la presente invención.
 La Figura 6 ilustra una vista en sección transversal de la célula solar formada por el procedimiento de acuerdo con la presente invención.
 La Figura 7 ilustra una vista en sección transversal de la célula solar formada por el procedimiento de acuerdo con la presente invención.
 La Figura 8 ilustra un gráfico de mediciones de pasivación de superficie ejemplares, de acuerdo con algunas realizaciones.
 La Figura 9 ilustra un gráfico de las mediciones de 1/vida útil ejemplares, de acuerdo con algunas realizaciones.
 La Figura 10 ilustra un gráfico de mediciones de eficiencia ejemplares, de acuerdo con algunas realizaciones.

55 **Descripción detallada**

La siguiente descripción detallada es de naturaleza meramente ilustrativa y no pretende limitar las realizaciones de la materia objeto de la solicitud o los usos de dichas realizaciones. Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, la palabra "ejemplar" significa "que sirve como ejemplo, instancia o ilustración". Cualquier implementación descrita en la presente memoria descriptiva como ejemplar no debe interpretarse necesariamente como preferente o ventajosa con respecto a otras implementaciones. Además, no existe la intención de estar limitado por ninguna teoría expresa o implícita presentada en el campo técnico anterior, los antecedentes, el breve sumario o la siguiente descripción detallada.

La presente memoria descriptiva incluye referencias a "una realización" o "alguna realización". Las apariciones de las frases "en una realización" o "en alguna realización" no se refieren necesariamente a la misma realización. Las funciones, estructuras o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada que

sea coherente con la presente divulgación.

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

5

"Que comprende". Este término es abierto. Tal como se utiliza en las reivindicaciones adjuntas, este término no excluye la posibilidad de estructura o etapas adicionales.

10

"Configurado para". Varias unidades o componentes pueden describirse o reivindicarse como "configurados para" realizar una o varias tareas. En dichos contextos, "configurado para" se utiliza para denotar estructura al indicar que las unidades/componentes incluyen una estructura que realiza esas tareas o tareas durante la operación. Como tal, se puede decir que la unidad/componente está configurado para realizar la tarea incluso cuando la unidad/componente especificado no está operativo en ese momento (por ejemplo, no está encendido/activo).

15

"Primero", "Segundo", etc. Tal como se utilizan en la presente memoria descriptiva, estos términos se utilizan como etiquetas para los sustantivos a los que preceden y no implican ningún tipo de ordenación (por ejemplo, espacial, temporal, lógica, etc.). Por ejemplo, la referencia a una "primera" región emisora no implica necesariamente que esta región emisora sea la primera región emisora en una secuencia; en cambio, el término "primero" se utiliza para diferenciar esta región emisora de otra región emisora (por ejemplo, una "segunda" región emisora). En una realización, una región emisora puede ser una región dopada de una célula solar para recolectar portadores de carga positivos y negativos. En un ejemplo, la región emisora puede ser una región dopada de polisilicio. En un ejemplo, la región emisora puede ser una región dopada de polisilicio de tipo P o una región dopada de polisilicio de tipo N.

25

"En función de". Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, este término se utiliza para describir uno o más factores que afectan a una determinación. Este término no excluye otros factores adicionales que puedan afectar a una determinación. Es decir, una determinación puede basarse únicamente en esos factores o, al menos en parte, en esos factores. Considere la frase "determinar A en función de B". Si bien B puede ser un factor que afecta a la determinación de A, dicha frase no excluye que la determinación de A también se base en C. En otros casos, A puede determinarse únicamente en función de B.

30

"Acoplado". La siguiente descripción se refiere a elementos, nodos o características que están "acoplados" entre sí. Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, a menos que se indique expresamente lo contrario, "acoplado" significa que un elemento/nodo/característica está unido directa o indirectamente a (o se comunica directa o indirectamente con) otro elemento/nodo/característica, y no necesariamente de manera mecánica.

35

Además, en la siguiente descripción también se puede utilizar cierta terminología con fines de referencia únicamente y, por lo tanto, no se pretende que sea limitativa. Por ejemplo, términos como "superior", "inferior", "encima" y "debajo" se refieren a las instrucciones de los dibujos a los que se hace referencia. Términos como "delantero", "trasero", "posterior", "lateral", "exterior" e "interior" describen la orientación y/o ubicación de partes del componente dentro de un marco de referencia coherente pero arbitrario que se aclara mediante referencia al texto y los dibujos asociados que describen el componente en discusión. Dicha terminología puede incluir las palabras mencionadas específicamente anteriormente, sus derivados y palabras de significado similar.

45

En la siguiente descripción se exponen numerosos detalles específicos, como operaciones específicas, con el fin de proporcionar una comprensión completa de las realizaciones de la presente divulgación. Será evidente para un experto en la técnica que las realizaciones de la presente divulgación pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se describen en detalle técnicas bien conocidas con el fin de no oscurecer innecesariamente las realizaciones de la presente divulgación.

50

La presente memoria descriptiva describe en primer lugar técnicas de fabricación de células solares para mejorar la vida útil, la pasivación y/o la eficiencia de las células solares, seguidas de una descripción de células solares ejemplares fabricadas de conformidad con las técnicas divulgadas. Se proporcionan varias realizaciones seguidas de resultados ejemplares de las técnicas descritas.

55

Pasando ahora a la Figura 1, se muestra un procedimiento de fabricación de una célula solar, que forma parte de la presente invención. En diversas realizaciones, el procedimiento de la Figura 1 puede incluir bloques adicionales (o menos) que los ilustrados, que no forman parte de la presente invención. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la región de silicio formada en el bloque 102 se puede calentar para formar una región de polisilicio después de la etapa 102 pero antes de la etapa de calentamiento del bloque 106.

60

En 100, se forma una región dieléctrica sobre un sustrato de silicio de una célula solar. En algunas realizaciones, el sustrato de silicio se puede limpiar, pulir, aplanar y/o adelgazar o procesar de otro modo antes de la formación de la región dieléctrica. En una realización, el sustrato de silicio puede ser un sustrato de silicio monocristalino o

65

policristalino. En una realización, el sustrato de silicio puede ser un sustrato de silicio de tipo N. En una realización, la región dieléctrica puede ser un óxido de túnel. En una realización, la región dieléctrica puede ser dióxido de silicio. En una realización, la región dieléctrica se puede producir y/o formar a través de un proceso térmico.

5

En 102, se forma una región emisora sobre la región dieléctrica. En una realización, la región emisora puede ser una región de silicio amorfo. En algunas realizaciones, la región de silicio amorfo se puede producir sobre la región dieléctrica. En una realización, la región emisora puede ser polisilicio. En una realización, la región emisora se puede producir y/o formar a través de un proceso térmico. En un ejemplo, se puede formar una

10

región de silicio amorfo sobre la región dieléctrica y calentarla para formar una región de polisilicio. Se puede depositar una región dopante emisora sobre la región emisora mediante un proceso de deposición. La región dopante emisora puede comprender un dopante, como un material dopante de tipo positivo —tal como el boro— o un material dopante de tipo negativo —tal como el fósforo—.

15

Aunque la región dieléctrica y/o la región emisora se describen como producidas mediante un proceso térmico o depositadas a través de un proceso de deposición convencional, respectivamente, al igual que con cualquier otra etapa del proceso de formación, deposición o producción descrito o citado en la presente memoria descriptiva, cada capa o sustancia se puede formar utilizando cualquier proceso apropiado. Por ejemplo, se puede utilizar un proceso de deposición química en fase de vapor (CVD), CVD a baja presión (LPCVD), CVD a presión atmosférica (APCVD), CVD mejorado con plasma (PECVD), crecimiento térmico, pulverización catódica, así como cualquier otra técnica deseada en la que se describa la formación. Por lo tanto, y de manera similar, la región dopante emisora se puede formar sobre el sustrato mediante una técnica de deposición, un proceso de implantación, pulverización catódica o un proceso de impresión, tal como la impresión por inyección de tinta o la serigrafía.

20

En una realización, se puede realizar un proceso de calentamiento para impulsar dopantes desde la región dopante emisora hasta la región emisora. En un ejemplo, el proceso de calentamiento puede impulsar dopantes desde la región dopante emisora hasta una región de polisilicio para formar una región dopada de polisilicio. En una realización, la región dopada de polisilicio se puede dopar con un dopante de tipo P —tal como el boro— o con un dopante de tipo N —tal como el fósforo—. En un ejemplo, las regiones dopadas de polisilicio se pueden formar en regiones de tipo P y de tipo N alternadas. En algunas realizaciones, el calentamiento para impulsar dopantes desde la región dopante emisora a la región emisora se puede realizar a una temperatura inferior a 900 grados Celsius.

25

En 104, se forma una región dopante sobre una superficie del sustrato de silicio. En una realización, la región dopante se puede producir y/o formar a través de un proceso térmico. En un ejemplo, la región dopante se forma sobre una superficie, por ejemplo, en el lado frontal de una célula solar, y posteriormente se puede realizar un proceso de calentamiento para impulsar dopantes en una porción del sustrato de silicio. De acuerdo con la presente invención, la porción del sustrato de silicio tiene una concentración de dopante de aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ después del proceso de calentamiento como se describe en el bloque 106.

30

En una realización, la región dopante puede ser un dopante de tipo N, por ejemplo, fósforo. De acuerdo con la presente invención, la superficie del sustrato de silicio sobre el que se forma la región dopante es un lado frontal, un lado posterior o ambos en los lados frontal y posterior de la célula solar. La Figura 2 muestra un ejemplo de célula solar que tiene la región dieléctrica, la región emisora y la región dopante descritas anteriormente.

35

Aunque la región dopante se describe como producida mediante un proceso térmico o depositada a través de un proceso de deposición convencional, respectivamente, al igual que con cualquier otra etapa del proceso de formación, deposición o producción descrito o citado en la presente memoria descriptiva, cada capa o sustancia se puede formar utilizando cualquier proceso apropiado. Por ejemplo, se puede utilizar un proceso de deposición química en fase de vapor (CVD), CVD a baja presión (LPCVD), CVD a presión atmosférica (APCVD), CVD mejorado con plasma (PECVD), crecimiento térmico, pulverización catódica, así como cualquier otra técnica deseada en la que se describa la formación.

40

La Figura 2 ilustra una célula solar después de la formación de la región dieléctrica, la región emisora y la región dopante, formadas mediante el procedimiento que forma parte de la presente invención. De acuerdo con la presente invención, se forma una región dieléctrica 210 sobre un sustrato de silicio 202 de la célula solar 200. En una realización, la región dieléctrica 210 puede ser un óxido de túnel. En un ejemplo, la región dieléctrica 210 puede ser dióxido de silicio. De acuerdo con la presente invención, se forma una región emisora 212 sobre la región dieléctrica 210. En una realización y como se indicó anteriormente, la región emisora 212 puede ser silicio amorfo o polisilicio. En una realización, la región emisora 212 puede ser un polisilicio dopado. En un ejemplo, el polisilicio dopado puede ser polisilicio dopado de tipo N o de tipo P.

45

50

De acuerdo con la presente invención, se forma una región dopante 216 sobre una superficie 204 del sustrato de

55

silicio 202. En una realización, la región dopante 216 se puede formar para dopar la superficie 204 (por ejemplo, en el bloque 106 a continuación) para repeler los portadores de carga y evitar y/o reducir la recombinación en la superficie 204 de la célula solar 200. De acuerdo con la presente invención, la superficie 204 está en un lado frontal y/o en un lado posterior de la célula solar. En un ejemplo, la región dopante 216 puede ser una región dopante de tipo N, tal como el fósforo. En una realización, la región dopante 216 puede tener dopantes de tipo positivo o negativo 222.

De acuerdo con la presente invención, el sustrato de silicio 202 tiene contaminantes y/o impurezas 220, por ejemplo, contaminantes metálicos y/o impurezas metálicas, tales como el hierro, el níquel y/o el cromo, entre otros. Las impurezas metálicas pueden ser perjudiciales para la conducción eléctrica de la célula solar, ya que estas impurezas pueden ser fuentes de recombinación, lo que da como resultado una vida útil deficiente, pasivación superficial y/o una menor eficiencia de la célula solar. En una realización, las impurezas 220 pueden estar ubicadas en o cerca de una superficie 204 del sustrato de silicio 202. En una realización, las impurezas 220 pueden estar ubicadas dentro del sustrato de silicio 202 como se muestra. Como se menciona a lo largo de la presente memoria descriptiva, los contaminantes y/o las impurezas se pueden usar indistintamente.

Las regiones emisoras 212, por ejemplo, las regiones de polisilicio, pueden ser un buen sumidero y/o trampa para las impurezas metálicas 220 analizadas anteriormente. Se utiliza un proceso de captación para atrapar las impurezas metálicas 220 en las regiones emisoras 212, reduciendo la recombinación dentro del sustrato de silicio 202 y mejorando la vida útil global de la célula solar. Los óxidos y/o los óxidos de túnel, como la región dieléctrica 210 de la Figura 2, pueden ser barreras para la captación de las impurezas metálicas 220 hacia las regiones emisoras 212. En un ejemplo, el calentamiento a una temperatura de 900 grados Celsius o inferior puede ser insuficiente para difundir las impurezas metálicas a través de un óxido de túnel y hacia una región de polisilicio. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, el calentamiento a temperaturas superiores a 900 grados Celsius incluye la captación de impurezas metálicas 220 a través de la región dieléctrica 210, por ejemplo, óxido de túnel, hacia la región emisora 212, por ejemplo, regiones de polisilicio, como se analiza en detalle en 106 de la Figura 1 a continuación.

En 106, la célula solar se calienta a una temperatura superior a 900 grados Celsius. De acuerdo con la presente invención, el calentamiento impulsa dopantes desde la región dopante hasta una porción del sustrato de silicio. En una realización, el calentamiento puede incluir la realización de un proceso de recocido sobre el sustrato de silicio. En un ejemplo, el calentamiento puede impulsar dopantes a la porción del sustrato de silicio ubicada sobre la superficie, como se muestra en la Figura 3. De acuerdo con la presente invención, la superficie está en el lado frontal, en el lado posterior o en ambos lados, frontal y posterior, de la célula solar. De acuerdo con la presente invención, el calentamiento incluye la captación de contaminantes, por ejemplo, impurezas metálicas y/o contaminantes metálicos, desde el sustrato hasta la región emisora. En un ejemplo, las impurezas metálicas y/o contaminantes metálicos pueden ser hierro, níquel y/o cromo, entre otros.

En un ejemplo, el calentamiento puede incluir colocar la célula solar en una herramienta térmica, por ejemplo, un horno o estufa térmica, entre otros, y elevar la temperatura en la herramienta térmica a 975 grados Celsius o más.

En una realización, el calentamiento puede ser la última etapa de calentamiento en el proceso de fabricación de células solares. En una realización, el calentamiento puede ser la única etapa de calentamiento en el proceso de fabricación. En algunas realizaciones, se puede realizar al menos otra etapa de calentamiento antes del proceso de calentamiento del bloque 106. En un ejemplo, el otro proceso de calentamiento, aparte del proceso de calentamiento del bloque 106, puede incluir calentar la célula solar a una temperatura inferior a 900 grados Celsius. En un ejemplo, el proceso de calentamiento por debajo de 900 grados Celsius se puede realizar antes del proceso de calentamiento en 106. En una realización, el calentamiento realizado en 106 se puede realizar a la temperatura más alta entre otras etapas de calentamiento realizados en el proceso de fabricación de células solares. La Figura 3 ilustra el proceso de calentamiento descrito anteriormente.

La Figura 3 ilustra el calentamiento de la célula solar de la Figura 2. De acuerdo con la presente invención, el calentamiento 230 incluye calentar la célula solar 200 por encima de los 900 grados Celsius. En un ejemplo, el calentamiento puede incluir colocar la célula solar 200 en una herramienta térmica, por ejemplo, un horno o estufa térmica, entre otros, y elevar la temperatura dentro de la herramienta térmica a 975 grados Celsius o más. De acuerdo con la presente invención, el calentamiento 230 impulsa 234 los dopantes 222 desde la región dopante 216 a una porción 206 del sustrato de silicio 202. De acuerdo con la presente invención, la concentración de dopante de la porción 206 del sustrato de silicio 202 es aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ después del calentamiento. En una realización, la porción 206 del sustrato de silicio 202 puede estar por encima, como se muestra, de la superficie 204 del sustrato de silicio 202. De acuerdo con la presente invención, el calentamiento 230 capta 232 los contaminantes 220 de, o cerca de, la superficie 204 del sustrato de silicio 202 y/o desde dentro del sustrato de silicio 202 hasta la región emisora 212. De acuerdo con la presente invención, el calentamiento 230 capta 232 los contaminantes 220 a través de la región dieléctrica 210 hasta la región emisora 212.

En 108, se puede formar un contacto metálico sobre el sustrato de silicio. En una realización, el contacto metálico se puede formar sobre la región emisora. En algunas realizaciones, el contacto metálico se puede formar mediante un proceso de metalización. En un ejemplo, el proceso de metalización puede incluir el enchapado y/o la galvanoplastia del contacto metálico sobre la región emisora. En algunas realizaciones, el contacto metálico se puede formar mediante técnicas de impresión y/o metalización a base de láminas. La Figura 4 ilustra un sustrato de silicio de ejemplo después de formar el contacto metálico. Además, la Figura 4 ilustra un único contacto metálico, por ejemplo, que puede estar en un lado frontal o en un lado posterior de la célula solar. En una realización, pueden existir múltiples contactos metálicos. En un ejemplo, se pueden formar contactos metálicos positivos y negativos en un patrón entrelazado.

Con referencia a la Figura 4, la célula solar de la Figura 3 se muestra después de formar un contacto metálico, de acuerdo con algunas realizaciones. En una realización, el contacto metálico 242 se puede formar sobre la región emisora 212, por ejemplo, sobre el sustrato de silicio 202. En un ejemplo, el contacto metálico 242 se puede formar mediante un proceso de galvanoplastia, un proceso de impresión o un proceso de metalización a base de láminas, entre otros. En una realización, el contacto metálico 242 puede ser un contacto metálico positivo o negativo. Como se muestra en la Figura 4, se ilustra, por ejemplo, un único contacto metálico, que puede estar en un lado frontal o en un lado posterior de la célula solar. En un ejemplo, pueden existir múltiples contactos metálicos, por ejemplo, algunos positivos y otros negativos. En una realización, el sustrato de silicio 202 puede tener algunas impurezas 221 restantes después del calentamiento 230 de la Figura 3.

La Figura 5 ilustra una sección transversal de una porción de una célula solar formada a partir del procedimiento de las Figuras 1 a 4, que no forma parte de la presente invención. La célula solar 300 tiene un lado frontal 301 que está enfrentado hacia el sol durante la operación normal y un lado posterior 303 opuesto al lado frontal 301. La célula solar 300 puede incluir un sustrato de silicio 302. En una realización, el sustrato de silicio 302 puede ser un sustrato de silicio de tipo N. En una realización, una porción 306 del sustrato de silicio 302 tiene una concentración de dopaje 322 de aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

La célula solar 300 tiene una región dieléctrica 310 formada sobre el sustrato de silicio 302. En una realización, la región dieléctrica 310 puede ser un óxido de túnel. En algunas realizaciones, la región dieléctrica 310 puede ser dióxido de silicio. En una realización, la célula solar 300 tiene una primera y una segunda regiones emisoras 312, 314. En un ejemplo, la primera y segunda regiones emisoras 312, 314 pueden ser regiones dopadas de polisilicio de tipo P y de tipo N, respectivamente. En un ejemplo, las impurezas y/o contaminantes 320, por ejemplo, impurezas metálicas 320 y/o contaminantes metálicos, pueden estar ubicados en la primera y segunda regiones emisoras 312, 314 como se muestra. En una realización, el sustrato de silicio 302 puede tener algunas impurezas 321 restantes después del proceso de captación.

En una realización, la célula solar 300 puede tener un primer y segundo contactos metálicos 342, 344 formados en la primera y segunda regiones emisoras 312, 314, respectivamente. En algunas realizaciones, se puede formar una región de zanja 305, que puede separar la primera y segunda regiones emisoras 312, 314. En una realización, la célula solar 300 puede tener una superficie texturizada 304 en el lado frontal 301. En un ejemplo, la superficie texturizada 304 puede ser una superficie que puede proporcionar una absorción de luz adicional. En una realización, la porción 306 del sustrato de silicio 302 se puede formar por encima de una superficie texturizada 304 como se muestra. En algunas realizaciones, la región de zanja 305 también puede tener textura, de manera similar a la superficie texturizada 304, para una absorción de luz adicional desde el lado posterior 303 de la célula solar 300. En algunas realizaciones, se puede formar una región antirreflectante (ARC) 318 sobre la superficie texturizada 304 de la célula solar 300. En algunas realizaciones, la región antirreflectante 318 puede ser nitruro de silicio.

En una realización, la célula solar 300 puede ser una célula solar de contacto posterior, por ejemplo, como se muestra en las Figuras 5 y 7.

Con referencia a la Figura 6, se muestra una célula solar de contacto frontal formada a partir del procedimiento de las Figuras 1-4, de acuerdo con la presente invención. La célula solar 400 tiene un lado frontal 401 que está enfrentado hacia el sol durante la operación normal y un lado posterior 403 opuesto al lado frontal 401. La célula solar 400 incluye un sustrato de silicio 402. En una realización, el sustrato de silicio 402 puede ser un sustrato de silicio de tipo N. En una realización, una porción 406 del sustrato de silicio 402 tiene una concentración de dopaje 422 de aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

La célula solar 400 tiene una región dieléctrica 410 formada sobre el sustrato de silicio 402. En una realización, la región dieléctrica 410 puede ser un óxido de túnel. En algunas realizaciones, la región dieléctrica 410 puede ser dióxido de silicio. En una realización, la célula solar 400 tiene una primera y una segunda regiones emisoras 412, 414. En algunas realizaciones, la primera región emisora 412 puede formarse en el lado posterior 403 de la célula solar 400 y la segunda región emisora 414 puede formarse en el lado frontal 401 de la célula solar 400. En un ejemplo, la primera y segunda regiones emisoras 412, 414 pueden ser regiones dopadas de polisilicio de tipo P y/o de tipo N.

En una realización, la célula solar 400 tiene un primer y segundo contactos metálicos 442, 444 formados en la primera y segunda regiones emisoras 412, 414, respectivamente. En una realización, la célula solar 400 puede tener una superficie texturizada 404 en el lado frontal 401. En un ejemplo, la superficie texturizada 404 puede ser una superficie que puede proporcionar una absorción de luz adicional. En una realización, la porción 406 del sustrato de silicio 402 puede estar por encima de una superficie texturizada 404 como se muestra. En algunas realizaciones, se puede formar una región antirreflectante (ARC) 418 sobre la superficie texturizada 404 de la célula solar 400. En algunas realizaciones, la región antirreflectante 418 puede ser nitruro de silicio.

En un ejemplo, las impurezas y/o contaminantes 420, por ejemplo, impurezas y/o contaminantes metálicos, pueden ubicarse en las primera y segunda regiones emisoras 412, 414. En una realización, el sustrato de silicio 402 puede tener algunas impurezas 421 restantes después del proceso de captación.

La Figura 7 ilustra otra célula solar formada a partir del procedimiento de las Figuras 1 a 4, de acuerdo con la presente invención. La célula solar 500 tiene un lado frontal 501 que está enfrentado hacia el sol durante la operación normal y un lado posterior 503 opuesto al lado frontal 501. La célula solar 500 incluye un sustrato de silicio 502. En una realización, el sustrato de silicio 502 puede ser un sustrato de silicio de tipo N. En una realización, una porción 506 del sustrato de silicio 502 tiene una concentración de dopaje 522 aproximadamente igual o menor que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

La célula solar 500 tiene una región dieléctrica 510 formada sobre el sustrato de silicio 502. En una realización, la región dieléctrica 510 puede ser un óxido de túnel. En una realización, la región dieléctrica 510 puede ser dióxido de silicio. De acuerdo con la presente invención, la célula solar 500 tiene una primera y una segunda regiones emisoras 512, 514 formadas en el lado posterior de la célula solar. En un ejemplo, la primera y segunda regiones emisoras 512, 514 pueden ser regiones dopadas de polisilicio de tipo P y/o de tipo N, respectivamente. De acuerdo con la presente invención, la segunda región emisora 514 está formada al menos parcialmente sobre la primera región emisora 512, como se muestra. De acuerdo con la presente invención, se forma una segunda región dieléctrica 513 sobre la primera región emisora 512, por ejemplo, para aislar la primera región emisora 512 de la segunda región emisora 514. En algunas realizaciones, la segunda región dieléctrica 513 también puede ser dióxido de silicio. En una realización, una abertura 515 puede aislar la segunda región emisora 514 del primer contacto metálico 542.

En algunas realizaciones, la región dieléctrica 510 y la segunda región de silicio 514 se pueden formar sobre el lado posterior 501 de la célula solar 500.

En un ejemplo, las impurezas y/o contaminantes 520, por ejemplo, impurezas y/o contaminantes metálicos, pueden estar ubicados en la segunda región emisora 512 como se muestra. En un ejemplo, las impurezas metálicas 520 pueden ser hierro, níquel y/o cromo, entre otros. En una realización, el sustrato de silicio 502 puede tener algunas impurezas 521 restantes después del proceso de calentamiento.

En una realización, la célula solar 500 tiene un primer y segundo contactos metálicos 542, 544 formados en la primera y segunda regiones emisoras 512, 514, respectivamente. En una realización, la célula solar 500 puede tener una superficie texturizada 504 en el lado frontal 501 y/o una superficie texturizada 550 en el lado posterior 503, como se muestra. En un ejemplo, las superficies texturizadas 504, 550 pueden ser superficies que pueden proporcionar una absorción de luz adicional. En una realización, la porción 506 del sustrato de silicio 502 puede estar por encima de una superficie texturizada 504, como se muestra. En algunas realizaciones, se puede formar una región antirreflectante 518 sobre la superficie texturizada 504 de la célula solar 500.

Tabla 1. Procesos ejemplares para la fabricación de células solares

Proceso Ejemplar	Temp.	Conc. de Dopante Superficial	Ubicación de la Captación	Pasivación Superficial	Vida Útil	Eficiencia
A	$\leq 900 \text{ }^\circ\text{C}$	$2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	no-poli	2 fA/cm^2	$\sim 3 \text{ ms}$	Línea de base
B	$\leq 900 \text{ }^\circ\text{C}$	$4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	no-poli	5 fA/cm^2	$\sim 10 \text{ ms}$	Línea de base
C	$> 900 \text{ }^\circ\text{C}$	$2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	poli	2 fA/cm^2	$\sim 10 \text{ ms}$	+0,5% abs.
D	$> 900 \text{ }^\circ\text{C}$	$4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	poli	5 fA/cm^2	$\sim 10 \text{ ms}$	Línea de base

Pasando ahora a la Tabla 1, se muestra una tabla que enumera la Temperatura y la Concentración de Dopante Superficial y los resultados de salida, tales como la Ubicación de la Captación, la Pasivación Superficial, la Vida Útil y la Eficiencia, para los procesos de fabricación de células solares, por ejemplo.

El procedimiento de las Figuras 1 a 4 se ejemplifica en el Proceso de Ejemplo C de la Tabla 1, en el que una superficie, o una porción cercana a la superficie, de un sustrato de silicio se dopó a aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ y la célula solar del Proceso de Ejemplo C se calentó a una temperatura superior a 900 grados Celsius. Los resultados del Proceso de Ejemplo C son la captación en una región de polisilicio del sustrato de silicio, una pasivación superficial mejorada a aproximadamente 5 fA/cm^2 , una vida útil mejorada, por ejemplo, típicamente de aproximadamente $10 \mu\text{s}$, y un aumento de eficiencia $> 0,5\%$ en comparación con otras células solares, por ejemplo, referenciada como la eficiencia desde la línea de base.

Por el contrario, con referencia al Proceso de Ejemplo A, una superficie, o una porción cerca de la superficie, del sustrato de silicio se dopó a aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ y la célula solar del Proceso de Ejemplo A se calentó a una temperatura inferior a 900 grados Celsius, lo que resultó en una captación en una región que no es de polisilicio de la célula solar, una buena pasivación superficial a aproximadamente 2 fA/cm^2 , una vida útil deficiente, por ejemplo, típica de aproximadamente $3 \mu\text{seg}$ y ningún aumento considerable de la eficiencia, por ejemplo, $< 0,5\%$, desde la línea de base.

En otro ejemplo, con referencia al Proceso de Ejemplo B, una superficie del sustrato de silicio se dopó a aproximadamente $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ y la célula solar del Proceso de Ejemplo B se calentó a una temperatura inferior a 900 grados Celsius, lo que resultó en la captación en una región que no es de polisilicio de la célula solar, una pasivación superficial deficiente a aproximadamente 5 fA/cm^2 , una buena vida útil, por ejemplo, típica de aproximadamente $10 \mu\text{seg}$ y ningún aumento considerable de la eficiencia, por ejemplo, $< 0,5\%$, desde la línea de base.

En otro ejemplo de comparación, en el Proceso de Ejemplo D, se dopó una superficie del sustrato de silicio a aproximadamente $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ y la célula solar del Proceso de Ejemplo D se calentó a una temperatura superior a 900 grados Celsius, lo que también resultó en la captación en una región de polisilicio del sustrato de silicio, pero una pasivación superficial deficiente a aproximadamente 5 fA/cm^2 , una buena vida útil, por ejemplo, típica de aproximadamente $10 \mu\text{seg}$ y ningún aumento considerable de la eficiencia, por ejemplo, $< 0,5\%$, desde la línea de base.

En todos los Procesos de Ejemplo A, B y D solo se mejoró la vida útil o la pasivación superficial, y el Proceso de Ejemplo C dio como resultado una mejora en la pasivación superficial, la vida útil y la eficiencia.

Con referencia a las Figuras 8 a 10, se muestran ejemplos de mediciones de pasivación superficial, vida útil y eficiencia, respectivamente, para células solares fabricadas utilizando los procedimientos de los Procesos de Ejemplo A y C de la Tabla 1. Los resultados de las Figuras 8 a 10 muestran que la pasivación superficial, la vida útil y la eficiencia de las células solares fabricadas utilizando el procedimiento de las Figuras 1 a 4, por ejemplo, el Proceso de Ejemplo C, tienen mediciones de pasivación superficial, vida útil y eficiencia mejoradas en comparación con las células solares del Proceso de Ejemplo A.

La Figura 8 ilustra un gráfico de las mediciones de pasivación superficial de las células solares fabricadas utilizando los Procesos de Ejemplo A y C de la Tabla 1. Como se muestra, el Proceso de Ejemplo C tiene resultados de pasivación más bajos en comparación con el Proceso de Ejemplo A. Se prefiere una pasivación superficial más baja para las células solares de alta eficiencia. Por lo tanto, el Proceso de Ejemplo C tiene mejores resultados de pasivación superficial en comparación con el Proceso de Ejemplo A.

Con referencia a la Figura 9, se muestra un gráfico de mediciones de $1/\text{vida útil}$ de células solares fabricadas utilizando los Procesos de Ejemplo A y C de la Tabla 1. Como se muestra, el Proceso de Ejemplo C tiene una vida útil más larga y resultados de $1/\text{vida útil}$ más bajos, en comparación con el Proceso de Ejemplo A. Se prefiere una vida útil más larga para células solares de alta eficiencia. Por lo tanto, el Proceso de Ejemplo C tiene mejores resultados de vida útil en comparación con el Proceso de Ejemplo A.

La Figura 10 ilustra un gráfico de las mediciones de eficiencia de las células solares fabricadas utilizando los Procesos de Ejemplo A y C de la Tabla 1. Como se muestra, el Proceso de Ejemplo C tiene resultados de eficiencia más altos en comparación con el Proceso de Ejemplo A. Se prefiere una conversión de eficiencia de células solares más alta para maximizar la conversión de electricidad a partir de la luz recolectada. Por lo tanto, el Proceso de Ejemplo C tiene mejores resultados de eficiencia que el Proceso de Ejemplo A.

Los resultados de las Figuras 8 a 10 demuestran que una técnica de fabricación de células solares de las Figuras 1 a 4 da como resultado una mejora general en la pasivación superficial, la vida útil y la eficiencia en comparación con otras técnicas, por ejemplo, los Procesos de Ejemplo A, B y D.

Aunque se han descrito anteriormente realizaciones específicas, estas realizaciones no tienen por objeto limitar el alcance de la presente divulgación, incluso cuando solo se describe una única realización con respecto a una característica particular. Los ejemplos de características proporcionados en la divulgación tienen por objeto ser ilustrativos en lugar de restrictivos, a menos que se indique lo contrario. La descripción anterior tiene por objeto

cubrir las alternativas, modificaciones y equivalentes que serían evidentes para una persona experta en la técnica que se beneficie de la presente divulgación.

5 La presente invención divulga un procedimiento de fabricación de una célula solar, teniendo la célula solar un lado frontal que está enfrentado hacia el sol durante la operación normal y un lado posterior opuesto al lado frontal, incluyendo el procedimiento formar una región dieléctrica sobre un sustrato de silicio, formar una primera región emisora sobre la región dieléctrica, formar una región dopante sobre una superficie del sustrato de silicio, y calentar el sustrato de silicio a una temperatura superior a 900 grados Celsius para captar contaminantes en el emisor, de modo que la porción del sustrato de silicio tenga una concentración de dopante de aproximadamente
10 menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ después del calentamiento, e impulsar dopantes desde la región dopante a una porción del sustrato de silicio.

De acuerdo con la presente invención, el procedimiento además incluye formar una segunda región emisora que tiene impurezas metálicas sobre la región dieléctrica, en el que la primera y segunda regiones emisoras se forman en el lado posterior de la célula solar, y formar un segundo contacto metálico formado sobre la segunda
15 región emisora.

De acuerdo con la presente invención, la formación de la segunda región emisora comprende formar al menos parcialmente la segunda región emisora sobre la primera región emisora.
20

En una realización, el procedimiento además incluye realizar al menos otra etapa de calentamiento a una temperatura inferior a 900 grados Celsius.

En una realización, la al menos otra etapa de calentamiento a una temperatura inferior a 900 grados Celsius se realiza antes del calentamiento.
25

En una realización, la formación de la primera región emisora comprende la formación de polisilicio.

En una realización, la formación de la región dopante en la superficie del sustrato de silicio comprende la formación de fósforo en la superficie del sustrato de silicio opuesta a la primera región emisora.
30

El procedimiento alternativo de la presente invención divulga un procedimiento de fabricación de una célula solar, teniendo la célula solar un lado frontal que está enfrentado hacia el sol durante la operación normal y un lado posterior opuesto al lado frontal, incluyendo el procedimiento formar una región dieléctrica sobre un sustrato de silicio, formar una primera región emisora que tiene impurezas metálicas sobre la región dieléctrica en el lado frontal, formar una segunda región emisora que tiene impurezas metálicas sobre la región dieléctrica en el lado posterior de la célula solar, formar una región dopante sobre una superficie del sustrato de silicio, calentar el sustrato de silicio a una temperatura superior a 900 grados Celsius para captar contaminantes metálicos en la primera y segunda regiones emisoras e impulsar dopantes desde la primera región dopante a una porción del sustrato de silicio de modo que la porción del sustrato de silicio tenga una concentración de dopante de aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ después del calentamiento, y formar primeros y segundos contactos metálicos sobre la primera y segunda regiones emisoras, respectivamente.
35
40

En una realización, el procedimiento además incluye realizar al menos otra etapa de calentamiento a una temperatura inferior a 900 grados Celsius.
45

En una realización, la al menos otra etapa de calentamiento a una temperatura inferior a 900 grados Celsius se realiza antes del calentamiento.

En una realización, la formación de la primera región emisora comprende la formación de polisilicio.
50

En una realización, la formación de la región dopante en la superficie del sustrato de silicio comprende la formación de fósforo en la superficie del sustrato de silicio.
55

60

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de fabricación de una célula solar, teniendo la célula solar un lado frontal (401, 501) que está enfrenteado hacia el sol durante la operación normal y un lado posterior (403, 503) opuesto al lado frontal, comprendiendo el procedimiento:
- 10 formar una región dieléctrica (410, 510) sobre un sustrato de silicio (402, 502), en el que el sustrato tiene contaminantes, incluyendo los contaminantes impurezas metálicas y/o contaminantes metálicos; formar una primera región emisora (412, 512) sobre la región dieléctrica, siendo la primera región emisora una región dopada de tipo P o de tipo N;
- 15 formar una región dopante sobre una superficie (404, 504) del sustrato de silicio, en el que la superficie (404, 504) es el lado frontal y/o posterior de la célula solar; calentar el sustrato de silicio a una temperatura superior a 900 grados Celsius para captar los contaminantes en la primera región emisora (412, 512) e impulsar los dopantes desde la región dopante hasta una porción (406, 506) del sustrato de silicio (402, 502), en el que la porción (406, 506) del sustrato de silicio (402, 502) tiene una concentración de dopante de aproximadamente menor o igual que $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ después del calentamiento;
- 20 formar una segunda región emisora (414, 514) que tiene impurezas metálicas sobre la región dieléctrica, siendo la segunda región emisora una región dopada de tipo P o de tipo N; y formar un contacto metálico formado sobre la segunda región emisora, en el que
- 25 o bien la primera y segunda regiones emisoras están formadas en el lado posterior (503) de la célula solar y la segunda región emisora (514) está formada al menos parcialmente sobre la primera región emisora (512) con una región dieléctrica adicional (513) formada entre la primera región emisora (512) y la segunda región emisora (514), o la primera región emisora (412, 414) está formada en un lado de la célula solar opuesto a un lado de la célula solar en el que está formada la segunda región emisora (414, 412).
- 30 2. El procedimiento según la reivindicación 1, que además comprende realizar al menos otra etapa de calentamiento a una temperatura inferior a 900 grados Celsius.
3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que la al menos otra etapa de calentamiento a una temperatura inferior a 900 grados Celsius se realiza antes del calentamiento.
- 35 4. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la formación de la primera región emisora comprende la formación de polisilicio.
- 40 5. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la formación de la región dopante en la superficie del sustrato de silicio comprende la formación de fósforo en la superficie del sustrato de silicio opuesta a la primera región emisora.

45

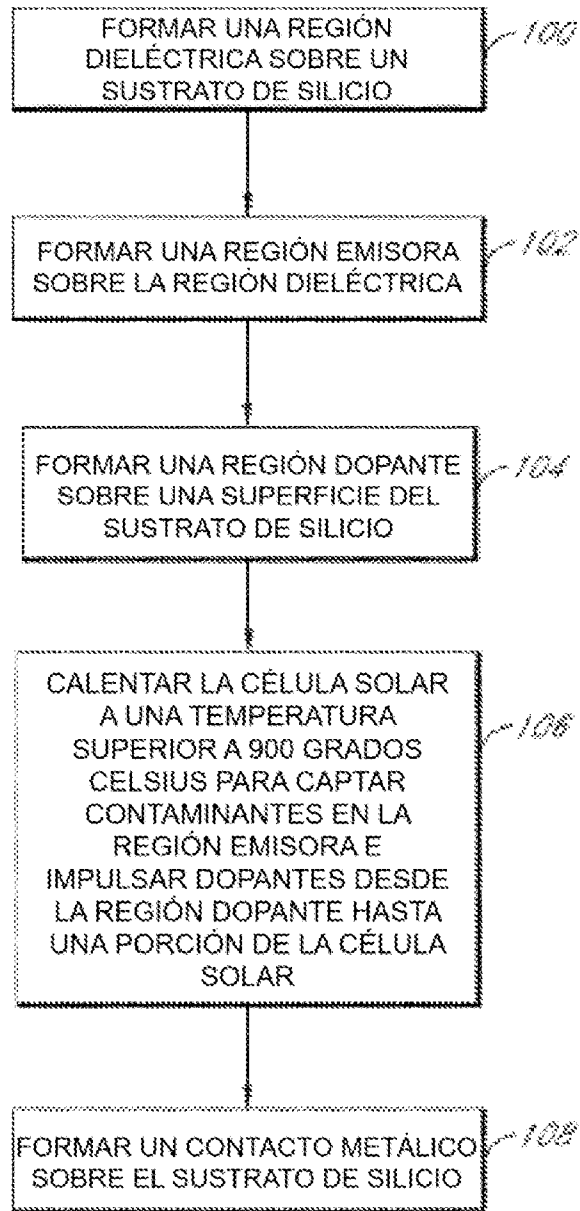


FIG. 1

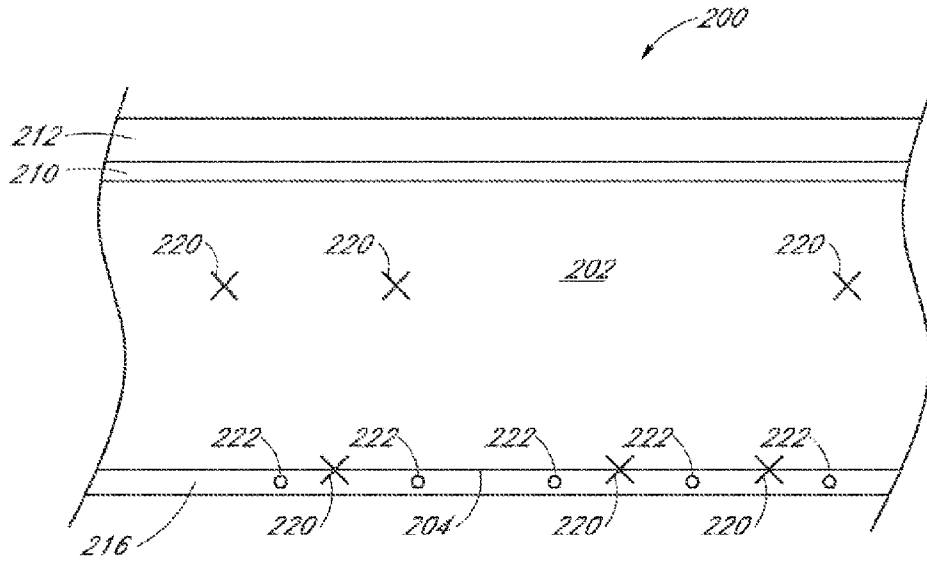


FIG. 2

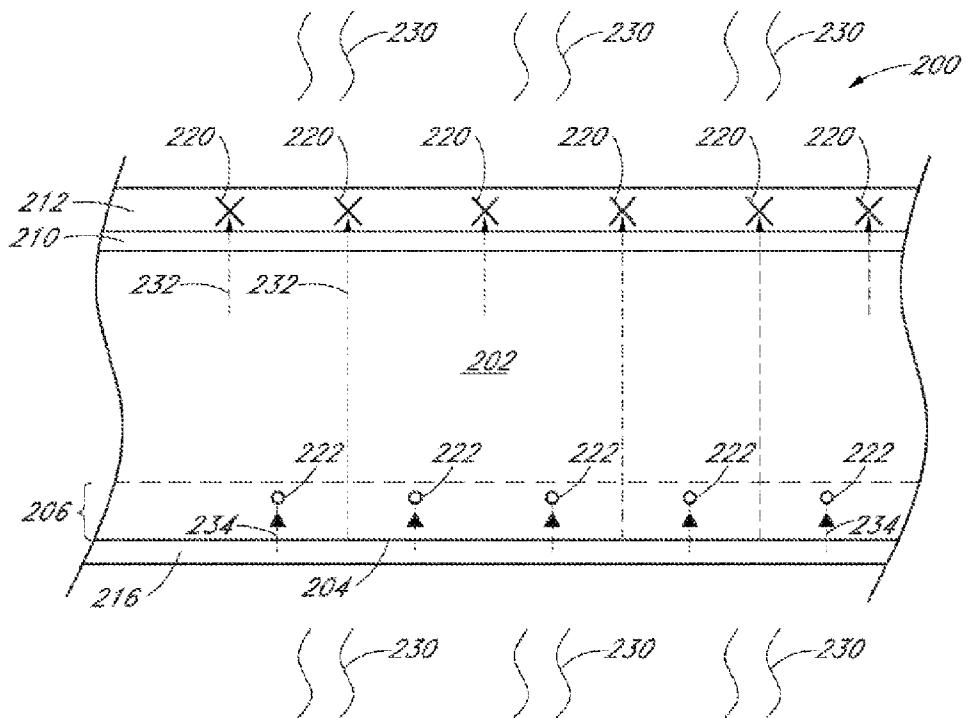


FIG. 3

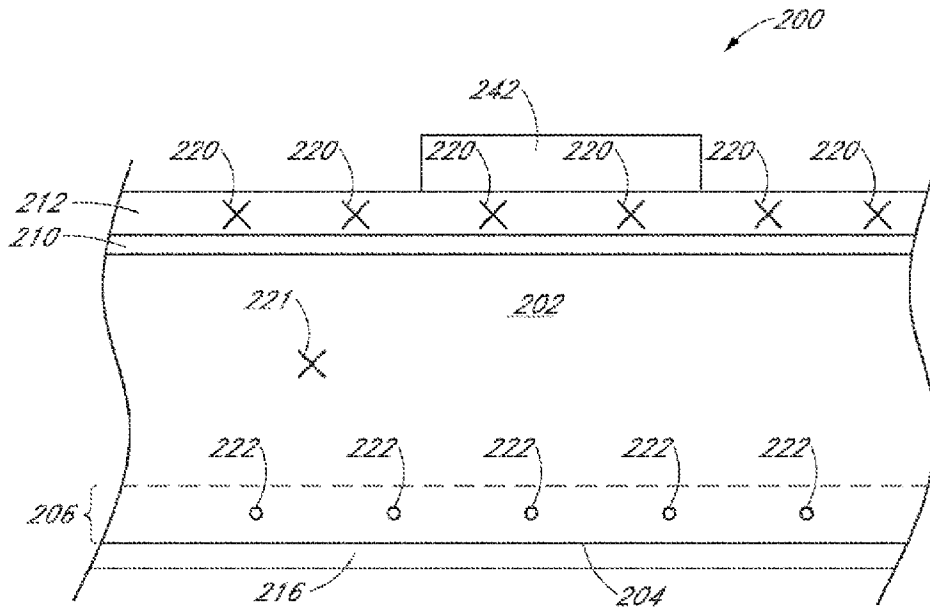


FIG. 4

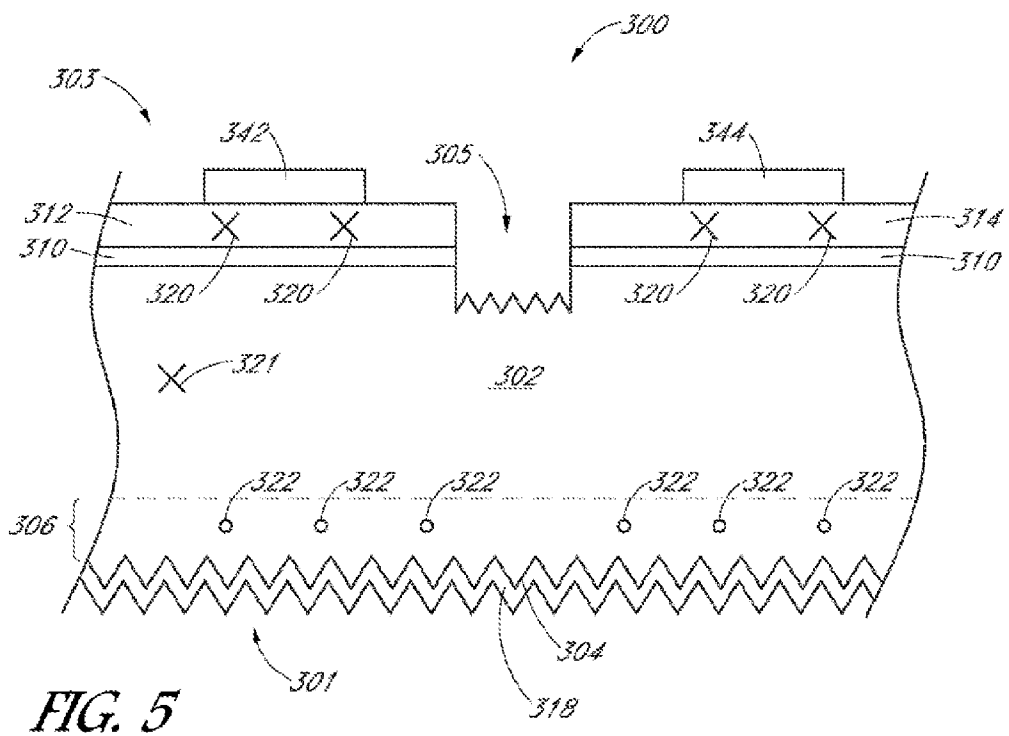


FIG. 5

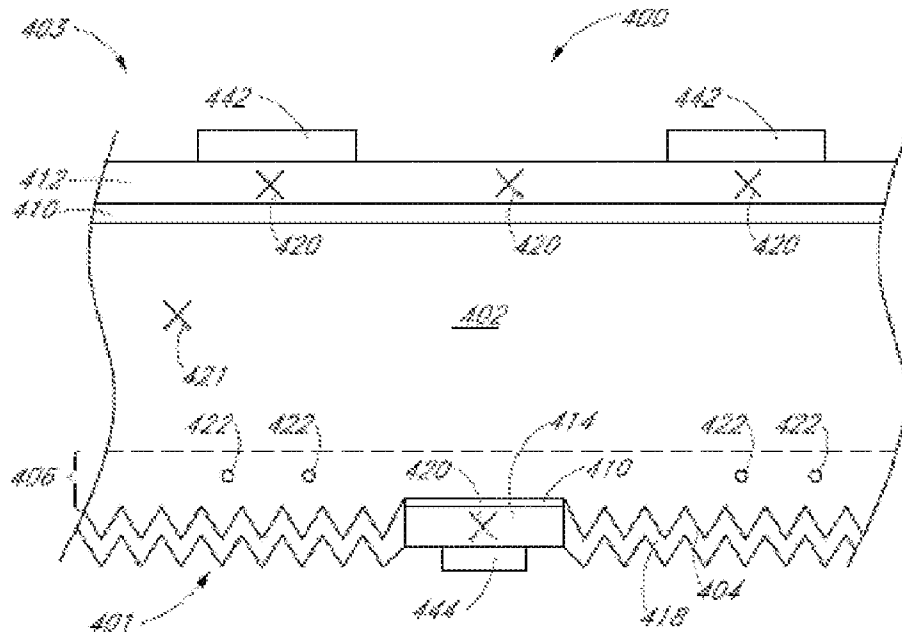


FIG. 6

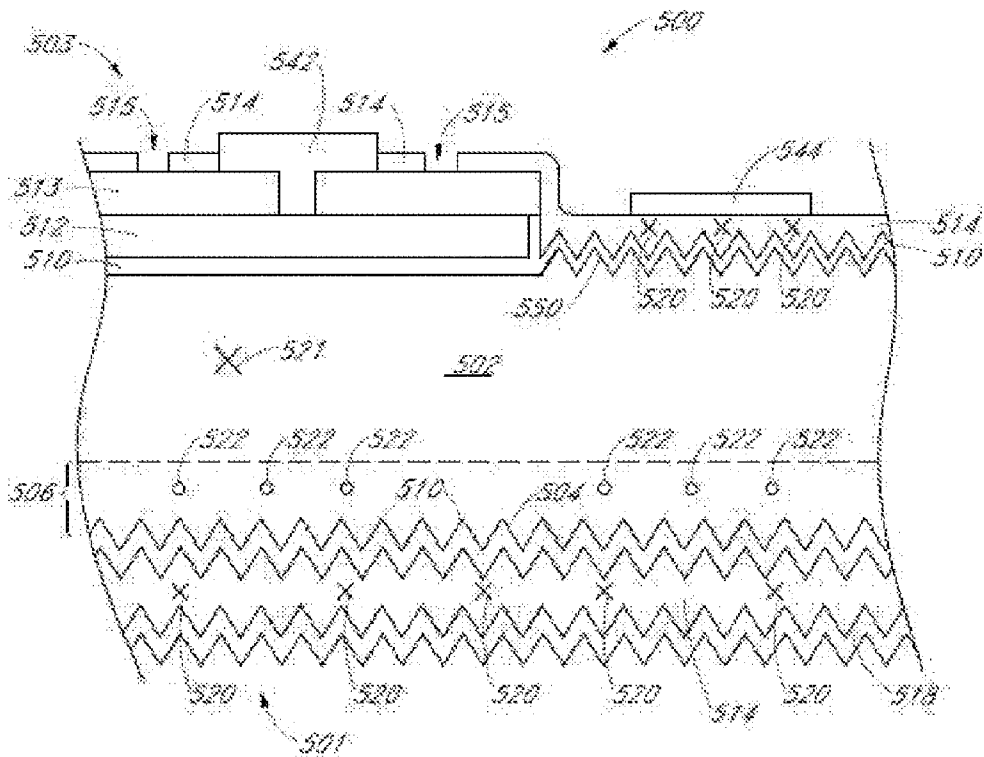


FIG. 7

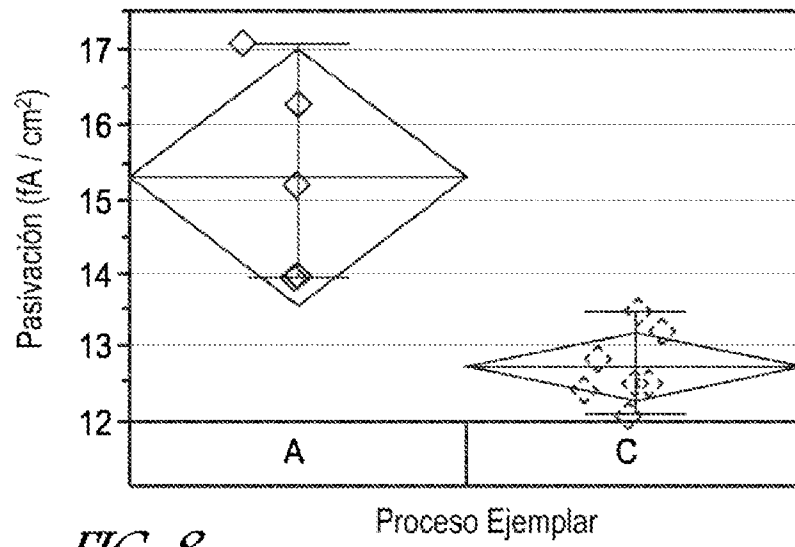


FIG. 8

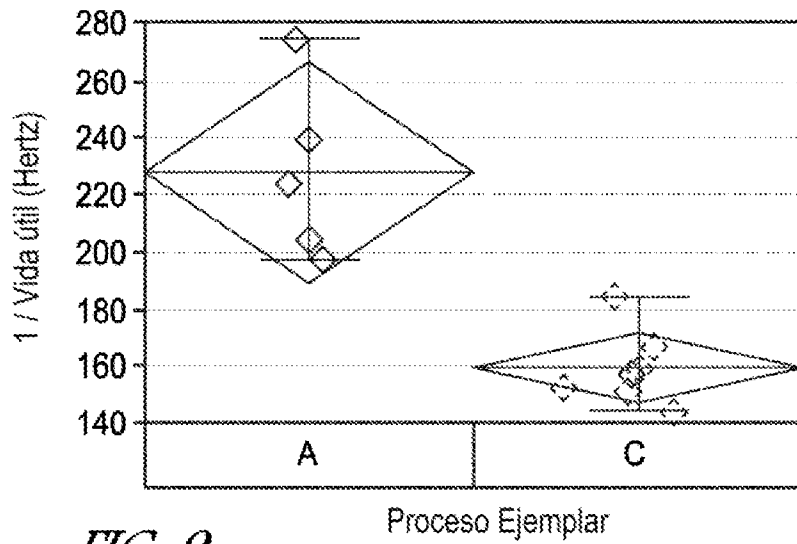


FIG. 9

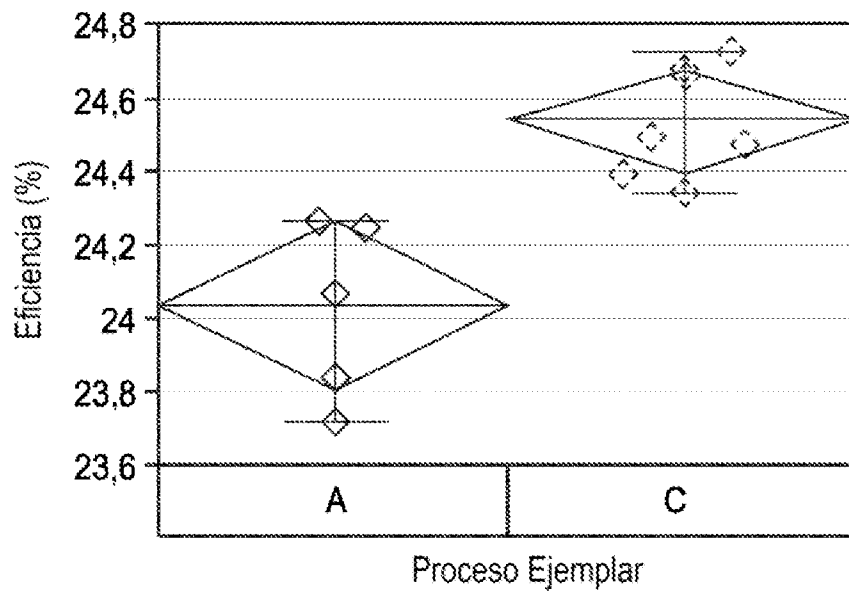


FIG. 10