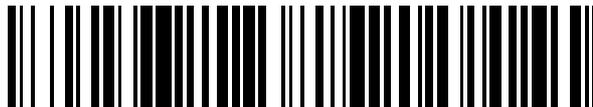


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 082**

51 Int. Cl.:
H01L 31/072 (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06799532 .4**
96 Fecha de presentación: **04.10.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1935034**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.06.2008**

54 Título: **Método de fabricación de células solares de silicio multicristalino tipo N**

30 Prioridad:
14.10.2005 NL 1030200

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.04.2012

73 Titular/es:
**STICHTING ENERGIEONDERZOEK CENTRUM
NEDERLAND
WESTERDUINWEG 3
1755 LE PETTEN, NL**

72 Inventor/es:
**KOMATSU, Yuji;
GOLDBACH, Hanno, Dietrich;
SCHROPP, Rudolf, Emmanuel, Isidore y
GEERLIGS, Lambert, Johan**

74 Agente/Representante:
Tomas Gil, Tesifonte Enrique

ES 2 378 082 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de fabricación de células solares de silicio multicristalino tipo n

5 [0001] La invención se refiere a la fabricación de células solares. Más particularmente se refiere a un método de fabricación de células solares usando un sustrato de silicio multicristalino tipo n.

[0002] Las células solares de silicio multicristalino (mc-Si) están normalmente hechas de un sustrato tipo p debido a su longitud de difusión más larga del portador minoritario que del tipo n.

10 La materia prima de silicio para la industria de células solares depende en gran medida de la materia prima para la industria de circuitos integrados (CI). Esto se debe a que en la producción de silicio, el Si de alta calidad se reserva para la industria de CI, y el Si de calidad inferior forma la materia prima para la industria de células solares. Debido a una reciente escasez de la totalidad de la materia prima de silicio, es deseable utilizar la materia prima de tipo n de forma más eficaz. Además, las células solares hechas de sustratos tipo n pueden incluso tener propiedades superiores en comparación con aquellas hechas de sustratos tipo p, debido a la vida relativamente más larga del portador minoritario en el Si tipo n. No obstante, la estructura y el proceso de fabricación más eficaces para células solares de silicio multicristalino tipo n son todavía sujeto de investigación, especialmente en lo que se refiere la formación de uniones. Para células solares de silicio cristalino único hechas de sustrato tipo n, se propuso la denominada estructura HIT (heterojuntura con capa delgada intrínseca) y demostró tener propiedades buenas. En la estructura HIT, se deposita una película delgada altamente dopada tipo p en el lado anterior (lado de luz incidente) y una película delgada altamente dopada tipo n se deposita en el lado posterior de una capa de silicio cristalino simple. Las películas delgadas para ambos lados se depositan a una temperatura relativamente baja inferior a los 250°C. Al aplicar la misma técnica en los sustratos de silicio multicristalino, se descubrió que las propiedades de las células solares fueron poco satisfactorias, véase "M. Taguchi, et al.", Actas de la 31ª Conferencia de especialistas fotovoltaicos de IEEE (Lake Buena Vista, Florida, 2005) págs. 866-871.

20 [0003] Hoy en día, para mejorar la propiedad en masa de sustratos de silicio multicristalino se usa un proceso de absorción mediante la difusión de fósforo. Este proceso elimina impurezas como el hierro incluido en el proceso de moldeado del lingote multicristalino. La pasivación de hidrógeno por recocido después de depositar la película que incluye hidrógeno también tiene un efecto para mejorar la propiedad en masa de sustratos de silicio multicristalino. Estos dos procesos ya han sido usados en la producción de células solares hechas de sustratos multicristalinos tipo p. No obstante, no ha habido ninguna solución apropiada para integrar estos dos procesos en la fabricación de una estructura HIT en un sustrato de silicio multicristalino tipo n. Esto se debe a que la capa de película delgada depositada en el sustrato no puede mantener su calidad con un proceso de alta temperatura como la difusión de fósforo o la pasivación de hidrógeno.

35 [0004] Camel et al. en "*Perspectives for a-Si/C-Si heterojunction solar cells with p or N type base*, Conferencia de especialistas fotovoltaicos, 2005, trigésima primera IEEE Lake Buena Vista, FL EEUU 3-7 Enero 2005, páginas 1157-1160, Piscataway NJ EEUU, IEEE, US 3 enero 2005 " divulga células solares con heterojuntura a-Si/C-Si con base tipo p o n. Se describe una célula solar con emisor de heterojuntura en Cz Si tipo n con BSF térmicamente difundido en la superficie posterior.

45 [0005] Martinuzzi et al. en "*N type multicrystalline silicon wafers for solar cells*, Conferencia de especialistas fotovoltaicos, 2005, trigésima primera IEEE Lake Buena Vista, FL EEUU 3-7 Enero 2005, páginas 919-922, Piscataway NJ EEUU, IEEE, US 3 enero 2005 " divulga obleas de silicio multicristalino tipo n para células solares. Un material de sustrato de Si multicristalino compuesto por tapas y colas de lingotes de Cz se usa como sustrato para una célula solar de juntura anterior convencional y una célula solar de juntura posterior.

50 [0006] Azzizi et al. en "*Analysis of cell process induced changes in multicrystalline silicon*, Conferencia Mundial y Exposición sobre Conversión de Energía Solar Fotovoltaica, 11 mayo 2003 páginas 1384-1387 ", divulga un análisis de cambios inducidos por procesos de célula en el silicio multicristalino. El efecto de los pasos de proceso individuales en la calidad del silicio multicristalino se analiza para diferentes posiciones de lingote del material de lingote de Si multicristalino.

55 [0007] El documento US-A-5 705 828 divulga un dispositivo fotovoltaico con una estructura semiconductor multicapa que incluye una parte de n-i-n o p-i-p.

60 [0008] Cuevas et al. en, "*Millisecond minority carrier lifetimes in n-type multicrystalline silicon*" Applied Physics Letters, American Institute of Physics, vol. 81, n°. 26, diciembre 2002, páginas 4952-4954 " divulga un método para la obtención de tiempos de vida altos de portadores minoritarios en silicio multicristalino tipo n cultivado por solidificación direccional y sometido a un proceso de absorción de fósforo.

65 [0009] Es un objetivo de la presente invención fabricar una célula solar con una estructura HIT usando un sustrato de silicio multicristalino tipo n donde la calidad de película delgada depositada no se logra mediante otros pasos de procesamiento.

[0010] Este objetivo se consigue por un método de fabricación de una célula solar a partir de un sustrato de silicio multicristalino tipo n que comprende en la secuencia:

5 - proporcionar el sustrato de silicio multicristalino tipo n con un lado anterior y un lado posterior, siendo el lado anterior el lado de luz incidente;

- difundir fósforo en ambos lados de dicho sustrato para dar una capa de difusión de fósforo en dicho lado anterior y una capa de difusión de fósforo en dicho lado posterior;

10 - depositar una película dieléctrica comprendiendo hidrógeno sobre dicha capa de difusión de fósforo en dicho lado posterior;

- eliminar dicha capa de difusión de fósforo en dicho lado anterior;

15 - texturizar dicho lado anterior de dicho sustrato, después de la eliminación de dicha capa de difusión de fósforo, y luego

20 - depositar una película delgada de silicio tipo p en dicho lado anterior para formar una heterojuntura, donde después del paso de depositar dicha película dieléctrica, y antes de la formación de la heterojuntura, el método comprende el recocido para emitir el hidrógeno de la película dieléctrica y penetrar el hidrógeno en el sustrato, donde el paso de recocido se realiza a una temperatura que es más de 50°C superior a una temperatura en el paso de deposición de la película dieléctrica.

25 [0011] Según la invención, la heterojuntura de película delgada se forma después del paso de difusión. Por lo tanto, el calentamiento de la película delgada de silicio tipo p a temperaturas más altas que su temperatura de deposición se puede evitar, y así la calidad de la película delgada de silicio tipo p se mantiene.

30 [0012] La película dieléctrica se deposita en la capa de fósforo difundido. Con la película dieléctrica, se mejora la reflexión interna en el lado posterior y se aumenta la corriente de la célula solar. Debido al recocido, se realiza una pasivación de hidrógeno. Este paso de pasivación se realiza antes de la formación de la heterojuntura de película delgada. Por lo tanto, se puede evitar el calentamiento de la película delgada de silicio tipo p a temperaturas más altas que su temperatura de deposición, y así se mantiene la calidad de la película delgada de silicio tipo p.

35 [0013] Preferiblemente, el dieléctrico comprende SiN. Si se adopta nitruro de silicio (SiN) para la película dieléctrica, el SiN puede proteger la capa de fósforo difundido de una solución de NaOH y un ácido fluorhídrico diluido que se puede usar para el pretratamiento de la formación de la heterojuntura de película delgada.

40 [0014] La capa de difusión de fósforo en el lado posterior del sustrato se puede proporcionar difundiendo primero fósforo en ambos lados del sustrato para dar una capa de difusión en el lado anterior y en el lado posterior, y luego eliminar la capa de difusión en el lado anterior.

[0015] La invención también se refiere a una célula solar fabricada por el método anteriormente mencionado.

45 [0016] Otras ventajas y características de la presente invención se aclararán en base a una descripción de varias formas de realización, en las que se hace referencia a los dibujos anexos, en los que:

Las Figuras 1A-1H muestran un ejemplo de la formación práctica de una primera forma de realización de esta invención;

50 La Figura 2 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación correspondiente a la formación de las figuras 1A-1H;

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación de una célula solar según el estado de la técnica;

55 La Figura 4 muestra la célula solar resultante del proceso de fabricación de la figura 3;

La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación de una célula solar según una segunda forma de realización de la invención;

60 La Figura 6 muestra la célula solar resultante del proceso de fabricación de la figura 5;

La Figura 7 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación según una tercera forma de realización de la invención;

65 La Figura 8 muestra un diagrama de flujo de un proceso de fabricación según una cuarta forma de realización de

la invención.

[0017] Las Figuras 1A-1H muestran un ejemplo de una formación práctica de una célula solar según una forma de realización de la invención, y la Figura 2 muestra un diagrama de flujo correspondiente al proceso de fabricación. En una primera fase, se proporciona un sustrato de silicio multicristalino de tipo n, véase la Figura 1A y el paso 201 de la figura 2. Luego en un paso 202, en ambos lados del sustrato 1, se forman capas de difusión de fósforo 2, 2', por ejemplo, una atmósfera mezclada de $N_2/O_2/POCl_3$ a temperatura entre por ejemplo 800 - 880°C. El resultado se muestra en la Figura 1B. Esta difusión puede también ser realizada en una atmósfera de N_2 después del recubrimiento de pasta de vidrio de fósforo. Luego, en un paso 203, una película de nitruro de silicio 3 se deposita en el lado posterior del sustrato 1 usando una deposición química de vapor mejorada con plasma (PECVD) a 300-500°C con gases mezclados de $SiH_4/NH_3/N_2$. Cualquier tipo de plasma puede ser aplicable, tal como plasma directo con placa paralela, plasma remoto de microondas con tubo de cuarzo, expandir plasma térmico usando descarga de arco, etc. También se puede aplicar CVD de hilo caliente. En el uso de estos tipos de método, se incluye hidrógeno en la película de nitruro de silicio 3 con el contenido de diferentes porcentajes. El resultado del paso 203 se muestra en la Figura 1C. Después de la deposición de la película de nitruro de silicio en el paso 203, el sustrato 1 se recuece a una temperatura de más de 50 °C superior a la temperatura de deposición, véase el paso 204. El recocido puede, por ejemplo, ser realizado a temperaturas entre 700-800°C durante alrededor de varios segundos. Preferiblemente, la temperatura de recocido no excede los 1000 °C. Después, en un paso 205, la capa de fósforo difundido 2' en el lado anterior se elimina usando, por ejemplo, una solución de NaOH al 10% a una temperatura de aproximadamente 90°C. El resultado se muestra en la Figura 1D. La película de nitruro de silicio 3 en el lado posterior es raramente atacada por la solución de NaOH, en consecuencia el estrato de fósforo difundido en el lado posterior es protegido de la solución de NaOH. Después de la eliminación de la capa de fósforo 2', la superficie puede ser texturizada por una solución química como NaOH al 3% o por otro método como el ataque por iones reactivos.

[0018] Luego en el paso 206, la superficie anterior del sustrato es limpiada usando una denominada "limpieza RCA" para el semiconductor, que incluye el proceso químico de $NH_4OH/H_2O_2/H_2O$ a aproximadamente 60 °C, baño de HF, $HCl/H_2O_2/H_2O$ a aproximadamente 70°C, y luego baño de HF nuevamente. Este método de limpieza puede ser más simplificado, o se podrían usar otros métodos como la limpieza por plasma.

[0019] Después en el paso 207, una capa de película delgada de silicio de tipo p 4, véase también Figura 1E, se deposita en la superficie anterior usando PECVD a una temperatura de entre 150-250°C con gases mezclados de $H_2/SiH_4/B_2H_6$. La capa de película delgada de silicio 4 puede comprender silicio microcristalino (μc -Si) o silicio amorfo (a-Si). También, la capa de película delgada de silicio 4 puede comprender bien una única capa tipo p o capas múltiples de silicio tipo p y capas intrínsecas. La temperatura de deposición puede ser incluso superior a 250°C siempre que sea inferior a la del proceso de recocido, véase el paso 204. El método de deposición puede ser otro como CVD de hilo caliente.

[0020] En un paso 208, una capa de óxido de estaño indio (ITO) 5, véase la Figura 1F, se deposita en la superficie anterior con pulverización a temperaturas entre 150-250°C con gases mezclados de Ar/O_2 y un objetivo de ITO. Otros métodos de deposición pueden ser utilizados tal como métodos de evaporación al vacío. Alternativamente, otro tipo de película transparente conductora puede ser usada, tal como óxido de zinc. Después, agujeros de contacto se forman en la capa de nitruro de silicio 3 en el lado posterior, usando por ejemplo un proceso fotolitográfico, véase la Figura 1G y el paso 209 de la figura 2. Alternativamente, se puede usar una impresión por estarcido usando pasta para grabado imprimible (producto de Merck KGaA, Alemania) puede utilizarse para hacer agujeros de contacto en la capa de nitruro de silicio 3. Finalmente, en un paso 210, contactos anteriores 6 y contactos posteriores 7 se forman con impresión por estarcido con pasta de plata. El resultado se muestra en la Figura 1H. La temperatura de cocción de la pasta es preferiblemente inferior a la del paso 207.

[0021] El proceso arriba mencionado simplemente representa sólo un ejemplo, y algunas partes se pueden sustituir o mejorar por otras técnicas de procesamiento conocidas. En vez de esparcir fósforo en ambos lados del sustrato y luego eliminar la capa de difusión en el lado anterior, es también posible difundir sólo en el lado posterior protegiendo el lado anterior del sustrato 1 con algún tipo de recubrimiento y eliminar el proceso de eliminación. Más abajo, se realiza otra explicación de la invención usando otros ejemplos prácticos.

[0022] En un laboratorio, se prepararon 240 obleas con un espesor de entre 200-240 μm comprendiendo un sustrato de mc-Si tipo n con un resistividad de 0,5-3 ohm-cm. Estas obleas fueron cortadas a partir de una columna cuadrada con el tamaño (anchura y profundidad) de 125 x125 mm², que fue cortada de un lingote moldeado. Las obleas fueron numeradas de #1 a #240 según la posición en el lingote original. Fueron divididas en seis grupos donde cada sexta oblea fue colocada en un grupo específico. Cada grupo tenía 40 obleas. De aquí en adelante, los grupos se denominan como grupo B; grupo C, grupo D, grupo E, grupo F, grupo G donde:

Grupo B: #1, #7; #13, ..., #235

Grupo C: #2, #8; #14, ..., #236

Grupo D: #3, #9; #15, ..., #237

Grupo E: #4; #10; #16, ..., #238

5 Grupo F: #5; #11; #17, ..., #239

Grupo G: #6; #12; #18, ..., #240.

10 [Grupo B]

[0023] El Grupo B es un ejemplo típico de la invención. La estructura de células solares mostrada en la figura 1H se fabrica a través de los procesos mostrados en la figura 2. La condición de proceso específica en cada paso de proceso es como sigue:

15 paso 202: difusión de fósforo a la temperatura de 830~850°C con recubrimiento de cristal de fósforo.

paso 203: plasma remoto de microondas con tubo de cuarzo a la temperatura de 350~400°C. paso 204: recocido a la temperatura de 650~750°C durante 5~20 segundos.

20 paso 205: superficie no texturizada después de la eliminación de la capa dopada de fósforo anterior. paso 206: limpieza de la superficie con "limpieza RCA".

25 paso 207: deposición de a-Si tipo p/intrínseco con CVD mejorado por plasma de placa paralela de 13,56 MHz a la temperatura de 200°C con gases mezclados de SiH₄/H₂/B₂H₆.

paso 208: pulverización de magnetrón de ITO a la temperatura de 200°C.

30 paso 209: moldeado de contacto con impresión por estarcido usando pasta para grabado.

paso 210: impresión por estarcido de pasta de plata y cocción a 200°C.

35 [Grupo C]

[0024] El Grupo C fue un grupo de referencia con una estructura HIT convencional realizada mediante un proceso convencional. Un diagrama de flujo de este proceso de fabricación se muestra en la Figura 3. En primer lugar en un paso 301, se proporciona un sustrato de silicio multicristalino tipo n. Luego sigue un paso de limpieza 306 que es el mismo como el paso 206 de la Figura 2. A continuación, sigue un paso 307 en el que una película delgada de silicio tipo p se deposita como se hizo en el paso 207 de la figura 2. Después, en un paso 307', se realiza una deposición de a-Si tipo n/intrínseco mediante CVD mejorado por plasma de placa paralela usando 13,56 MHz a una temperatura de 200°C con gases mezclados de SiH₄/H₂/PH₃. A continuación, en un paso 308, se deposita una capa de ITO en ambos lados del sustrato. Finalmente, se forman electrodos en ambos lados, véase el paso 310.

45 [0025] La Figura 4 muestra el resultado de los pasos del proceso de la figura 3. La célula solar comprende un sustrato de silicio multicristalino tipo n 401. En el lado anterior del sustrato, se fabrica una capa de película delgada de silicio de tipo p 404. Encima de la capa de película delgada de silicio 404, se fabrica una capa de óxido de estaño indio (ITO) 405. Encima de la capa de ITO 405, se forman contactos anteriores 406. En el lado posterior del sustrato, se fabrica una capa de deposición de película delgada de a-Si tipo n/intrínseco 414. En la capa de deposición de película delgada de silicio tipo n 414 se deposita una capa de ITO, véase la capa 415.

[Grupo D]

55 [0026] El Grupo D es un grupo de células solares fabricadas según una forma de realización, donde las células solares no tienen una película de nitruro de silicio en el lado posterior. El proceso de fabricación se muestra en la Figura 5. Este proceso es más simple que el proceso de fabricación del grupo B debido a que se elimina el proceso de SiN relativamente costoso. Esta forma de realización comienza con un paso 501 en el que se proporciona un sustrato de silicio multicristalino tipo n. En un paso 502 se forman capas de difusión de fósforo en ambos lados del sustrato. Después, en un paso 505, se elimina la capa de difusión del lado anterior. Esto se consigue mediante un método de ataque químico que comprende el recubrimiento del lado posterior con una fotorresistencia negativa, tal como OMR 85 (disponible de Tokyo Oka Kogyo Inc.), seguido del ataque químico del lado anterior con una solución que comprende HNO₃/HF=10:1 durante un periodo de aproximadamente 1 minuto. Finalmente, el OMR85 es eliminado usando decapante OMR (Tokyo Oka Kogyo Inc.). Después, se realiza un paso de limpieza 506 idéntico al paso 206. A este paso le sigue el paso 507 en el que una película delgada de silicio tipo p se deposita como se hizo en el paso 207, véase la figura 2. Después, se realiza un paso 508 que es idéntico al paso 208. Finalmente, se

forman electrodos en ambos lados, véase el paso 510.

5 [0027] Se observa que en vez de formar una capa de difusión de fósforo en ambos lados del sustrato, es posible formar la capa de difusión de fósforo sólo en el lado posterior, usando por ejemplo una configuración de frente a frente durante el paso de difusión. La capa de difusión del lado anterior no se formará entonces y no hará falta que sea eliminada. En este caso no es necesario un paso de limpieza.

10 [0028] La estructura de la célula solar resultante se muestra en la figura 6. La célula solar comprende un sustrato multicristalino tipo n 601. En el lado posterior se forman unas capas de difusión de fósforo 602. En el lado anterior, una capa de película delgada de silicio de tipo P 604 es depositada formando la heterojuntura. Un estrato de óxido de estaño indio (ITO) 605 se deposita en la capa de película delgada de silicio 604 en el lado anterior. La célula solar comprende además contactos anteriores 606 y contactos posteriores 607.

15 [Grupo E]

20 [0029] Para el grupo E, el contenido de hidrógeno en la película de SiN 3 es inferior al 0,3 % at., mientras que el del grupo B es de entre 5-10 % at. El contenido de hidrógeno en la película de SiN 3 fue determinado por medición de la absorción de luz infrarroja por enlaces Si-H y N-H en la película de SiN 3 usando un espectrómetro infrarrojo de transformada de Fourier. Un diagrama de flujo del proceso de fabricación se muestra en la figura 7. Los pasos de proceso específicos de esta forma de realización son los mismos que los del grupo B, véase la figura 2, salvo por los pasos 703 y 704. En el paso 703, se deposita SiN con CVD térmico a una temperatura de 800°C usando gases mezclados de SiH₄/NH₃. En el paso 704, un paso de recocido se realiza a una temperatura entre 850-900°C durante un periodo de entre 5-20 segundos.

25

[Grupo F]

30 [0030] Para el grupo F, el contenido de hidrógeno en la película de SiN fue de entre 20-25 % at., mientras que el del grupo B fue de entre 5-10 % at. El proceso de fabricación es el mismo que el usado para el grupo B salvo por la temperatura en la deposición de la película de SiN, véase también el paso 203 en la figura 2. La temperatura de deposición en el grupo F es de entre 130-170°C.

35 [Grupo G]

40 [0031] Para el grupo G, se elimina el paso de recocido después de la deposición de SiN. Un diagrama de flujo del proceso de fabricación se muestra en la figura 8. En comparación con el diagrama de flujo de la figura 2, se elimina el paso 204. Los pasos desde el 802 al 810 son idénticos a los pasos desde el 202 al 210, respectivamente.

40

[Resultados]

45 [0032] Las características de voltaje de corriente de las células completadas fueron medidas con un procedimiento descrito en IEC 60904. La Tabla I muestra los valores medios de las propiedades celulares de cada grupo, donde Jsc es la corriente de cortocircuito, Voc es el voltaje de circuito abierto y FF es el Factor de llenado.

Grupo	Observación	Hidrógeno en SiN [% at.]	Recocido de SiN [°C]	Jsc [mA/cm ²]	Voc [mV]	FF [%]	Eficiencia [%]
B	Ejemplo típico	7	650 - 750	32,6	613	77,2	15,4
C	HIT convencional	-	-	29,6	595	77,4	13,6
D	Sin SiN posterior	-	-	30,5	605	77,1	14,2
E	SiN con contenido bajo de H	<0,3	850 - 900	31,8	608	77,1	14,9
F	SiN con contenido alto de H	22	650 - 750	31,7	608	77,2	14,9
G	Sin recocido de SiN	9	-	31,4	607	77,2	14,7

[0033] Al comparar el grupo D con el grupo C, se muestra que la corriente de cortocircuito J_{sc} y el voltaje de circuito abierto V_{oc} mejoran. Esto se debe ciertamente a la presencia de la capa lateral posterior dopada de fósforo 2. Debido al proceso de difusión de fósforo, véase el paso 202 de la figura 2, la contaminación de hierro presente en las obleas moldeadas es absorbida por átomos de fósforo difundidos y como consecuencia la calidad del sustrato es mejorada.

[0034] Al comparar el grupo G con el D, se puede observar que se mejora especialmente la J_{sc} . Esto es principalmente debido a la película de SiN lateral posterior 3, véase la Figura 1H. Esta capa intensifica la reflexión interna de la luz incidente. El mismo efecto se puede esperar con otras películas dieléctricas que tienen propiedades ópticas similares como, por ejemplo, óxido de titanio.

[0035] El comparar el grupo B con los grupos E, F, y G, es evidente que ambos tienen un contenido de hidrógeno apropiado y un paso de recocido después de la deposición de SiN provocará otra mejora de J_{sc} y V_{oc} . Esto se debe a que el hidrógeno de la película de SiN 3 pasiva el defecto en los sustratos cuando se recuecen bajo condiciones apropiadas.

[0036] Esta invención proporciona un método de fabricación de una estructura HIT para un sustrato de silicio multicristalino hecho de sustratos de silicio multicristalino tipo n. A través del proceso de la difusión de fósforo, impurezas como el hierro incluido durante el moldeo del lingote son absorbidas y la propiedad en masa es mejorada. La capa de fósforo difundido también sirve como un campo de superficie posterior para elevar el voltaje y un contacto posterior con resistividad baja. Preferiblemente, el contenido de hidrógeno de la película dieléctrica anteriormente descrita es de entre 0,5 –15 %. Cuando la película dieléctrica se recuece a una temperatura que es más de 50°C superior a la temperatura de deposición, el hidrógeno de la película dieléctrica es emitido y penetra en el sustrato. De esta manera el silicio multicristalino dentro de la masa se pasiva y las propiedades de la célula solar son mejoradas.

[0037] Como se ha descrito anteriormente, los procesos de alta temperatura de la difusión de fósforo, deposición de película dieléctrica, y pasivación de hidrógeno son llevados a cabo antes de la formación de la heterojuntura de película delgada. Por lo tanto, se puede evitar el calentamiento de la película delgada a una temperatura superior a su temperatura de deposición después de la deposición, y se mantiene la calidad de la película delgada. Por otra parte, si se adopta el nitruro de silicio (SiN) para la película dieléctrica, el SiN puede proteger la capa de fósforo difundido frente a la solución de NaOH y el ácido fluorhídrico diluido que se requiere para el pretratamiento de la formación de la heterojuntura de película delgada. Consecuentemente, esta invención hace posible combinar los procesos de alta temperatura con la formación de una heterojuntura.

[0038] Adoptando la invención, se puede esperar una mejora de 0,6-1,8 puntos en la eficiencia de conversión en comparación con la estructura HIT convencional de sustrato de Si multicristalino tipo n.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de una célula solar a partir de un sustrato de silicio multicristalino tipo n, comprendiendo en secuencia:
- 5
- proporcionar el sustrato de silicio multicristalino tipo n con un lado anterior y un lado posterior, siendo el lado anterior el lado de luz incidente;
 - difundir fósforo en ambos lados de dicho sustrato para constituir una capa de difusión de fósforo en dicho lado anterior y una capa de difusión de fósforo en dicho lado posterior;
 - depositar una película dieléctrica que comprende hidrógeno sobre dicha capa de difusión de fósforo en dicho lado posterior;
 - eliminar dicha capa de difusión de fósforo en dicho lado anterior;
 - texturizar dicho lado anterior de dicho sustrato, después de la eliminación de dicha capa de difusión de fósforo, y a continuación
 - depositar una película delgada de silicio tipo p en dicho lado anterior para formar una heterojuntura, donde después del paso de depositar dicha película dieléctrica, y antes de la formación de la heterojuntura, el método comprende el recocido para emitir el hidrógeno en la película dieléctrica y penetrar el hidrógeno en el sustrato, donde el paso de recocido se realiza a una temperatura que es más de 50°C superior a una temperatura en el paso de deposición de película dieléctrica.
- 10
- 15
- 20
- 25
2. Método según la reivindicación 1, donde dicho recocido se efectúa entre 700 y 800 °C.
3. Método según la reivindicación 1, donde la temperatura de recocido no excede los 1000 °C.
- 30
4. Método según la reivindicación 3, donde dicho lado anterior de dicho sustrato es texturizado por una solución química.
- 35
5. Método según la reivindicación 4, donde dicha solución química es una solución de NaOH al 3% .
6. Método según la reivindicación 3, donde la texturización de dicho lado anterior de dicho sustrato se realiza mediante el ataque de iones reactivos.
- 40
7. Método según la reivindicación 1, donde la capa de difusión de fósforo en dicho lado anterior es eliminada después de dicho recocido.
8. Método según la reivindicación 1, donde dicha película dieléctrica comprende SiN.
- 45
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicha película delgada de silicio tipo p se deposita a una temperatura inferior a 250°C.
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 8 - 9, donde un contenido de hidrógeno de la película dieléctrica es entre 0,5 - 15 % atómico.
- 50
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 8 - 10, comprendiendo dicho método además:
- la deposición de ITO en dicho lado anterior;
 - el modelado de dicha película dieléctrica para contacto de electrodo;
 - la formación de electrodos en ambos lados.
- 55

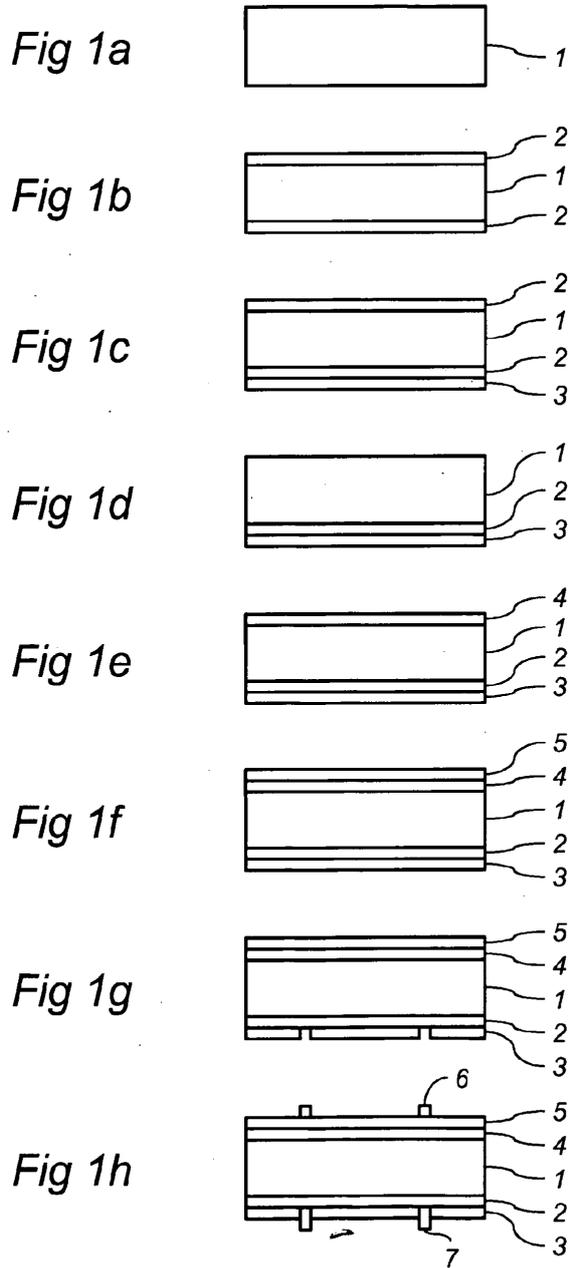


Fig 2

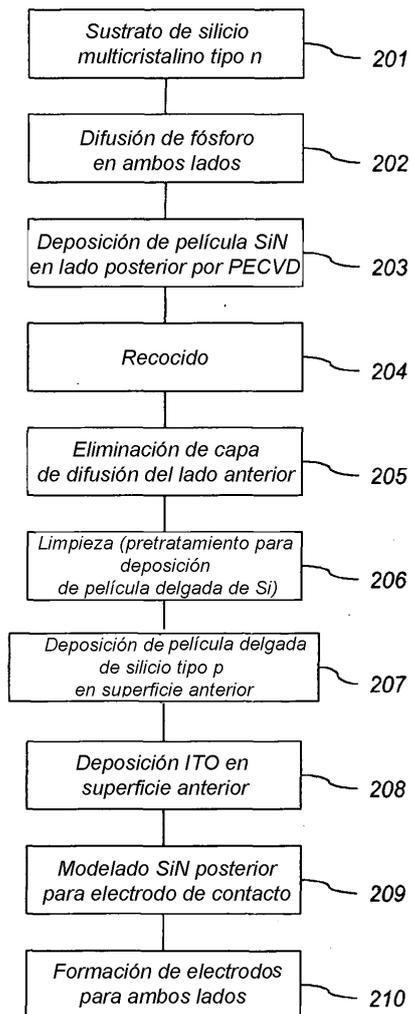


Fig 3 Estado de la técnica

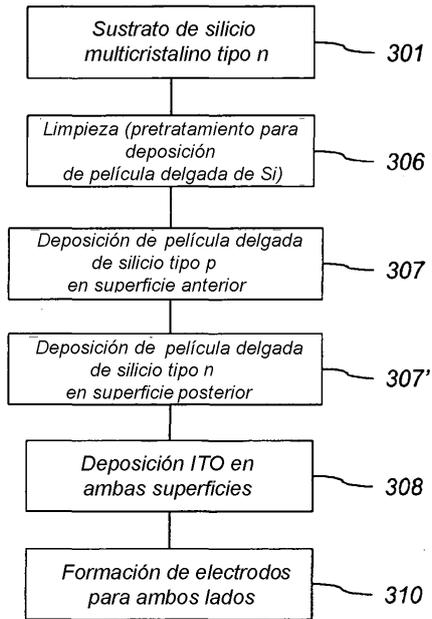


Fig 4 Estado de la técnica

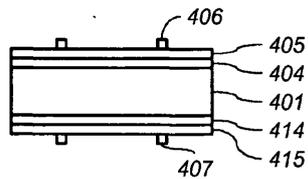


Fig 5

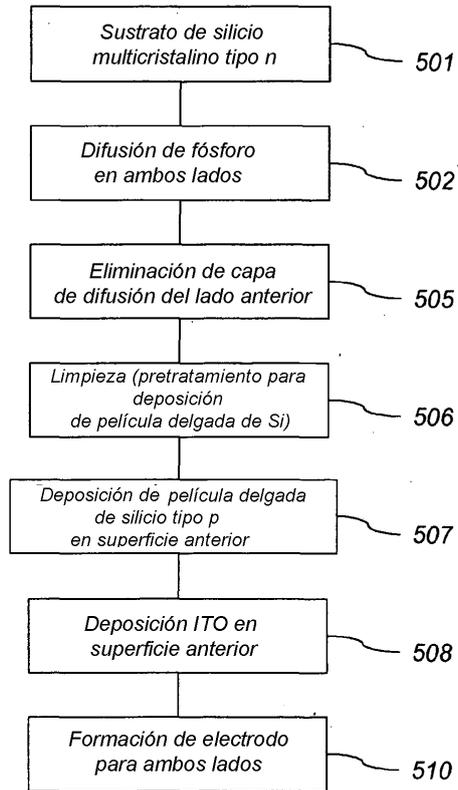


Fig 6

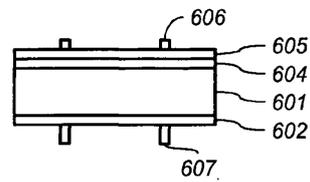


Fig 7

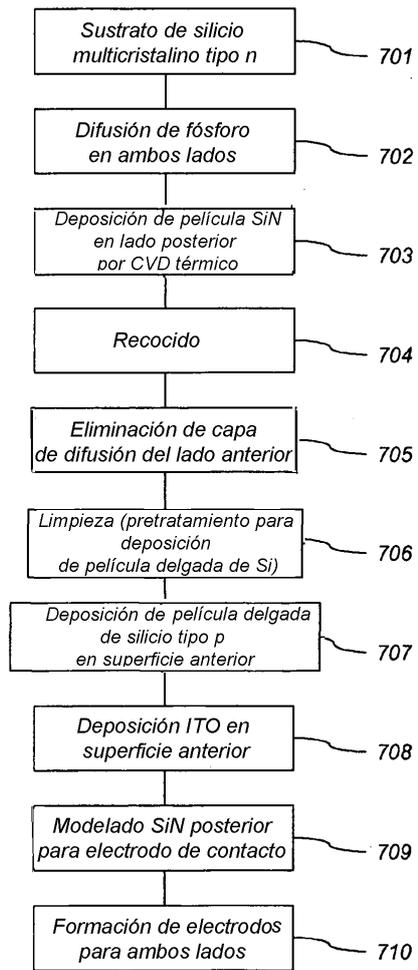


Fig 8

