

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 645**

51 Int. Cl.:

H01L 21/67 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01L 31/0236 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.05.2011 PCT/EP2011/057633**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2011 WO11141516**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2011 E 11724988 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2569802**

54 Título: **Método para controlar la modificación de la textura superficial de obleas de silicio para dispositivos de celdas fotovoltaicas**

30 Prioridad:

22.12.2010 GB 201021693
11.05.2010 IE 20100287

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2017

73 Titular/es:

ULTRA HIGH VACUUM SOLUTIONS LTD. T/A
NINES ENGINEERING (100.0%)
Synergy Centre ITT Dublin Tallaght
Dublin 24, IE

72 Inventor/es:

DUFFY, EDWARD y
CLOCHARD, LAURENT

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 643 645 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 para controlar la modificación de la textura superficial de obleas de silicio para dispositivos de celdas fotovoltaicas

5

Campo de la invención

La invención se refiere a un método y un aparato para texturización química en seco de dispositivos fotovoltaicos (FV) basados en silicio. Más particularmente, la invención se refiere a un método y a un aparato para el ataque químico en seco de transferencia continuo en línea, a presión atmosférica, sin el uso de una descarga de plasma para crear la especie de ataque activa.

10

Antecedentes de la invención

Las celdas solares son dispositivos semiconductores fotovoltaicos (FV) que convierten luz solar en electricidad. Los fotones de la luz del sol golpean los electrones sueltos de sus átomos, generando una corriente a través del material. Estos semiconductores fotovoltaicos pueden estar hechos de silicio de cristales únicos (monocristalinos), silicio policristalino (multicristalino), silicio amorfo u otros materiales semiconductores compuestos. En términos simples, se crea una unión eléctrica PN en material o sustrato FT, es decir, la oblea de silicio. Este material se conecta entonces a un circuito eléctrico por medio del electrodo positivo y negativo. Cuando se expone a la luz solar se genera una corriente en el material FT debido a un efecto fotoeléctrico.

15

20

Existen diversos métodos de procesamiento utilizados para fabricar una celda solar FT, y se requieren varias etapas de proceso de fabricación. De particular interés para la presente invención son las etapas de ataque, en las que una cantidad controlada de material se tiene que retirar del sustrato y de las capas depositadas, incluyendo remoción de daños de obleas, limpieza, texturización, pulido y eliminación de subproductos (PSG).

25

La texturización del material de sustrato, más particularmente el control de esta texturización, es difícil de conseguir. Se ha demostrado que diferentes texturas tienen diferentes propiedades de mejora para diferentes sustratos y diseños de celdas solares. En la mayoría de los diseños de celdas solares, cuando un patrón de atrapamiento de luz se texturiza sobre el sustrato de partida en el lado soleado de la oblea, se observa un aumento en la eficiencia de la celda. Texturizar la superficie del sustrato aumentará el área superficial y disminuirá la reflectividad del material de base, capturando, por lo tanto, más de la luz que cae sobre la superficie. Sin embargo, la textura se debe controlar y optimizar cuidadosamente para integrarla bien con las etapas posteriores en el proceso de fabricación de celdas solares. Las texturas que se forman tienen que doparse y pasivarse fácilmente, y no deben dañar la vida útil del soporte del sustrato de silicio de base. Estas exigencias sobre la textura para la fabricación de celdas solares FT requieren un nivel de control sobre el proceso mucho más alto que el que ha estado disponible anteriormente. En la técnica anterior, por ejemplo, el uso de ataque con productos químicos en húmedo no puede proporcionar texturas optimizadas para diferentes diseños de celdas, ya que el mecanismo de ataque se define por la estructura cristalográfica del sustrato que se va a atacar. Además, no se ofrece un ataque verdadero en una sola cara de un sustrato. Como alternativa al ataque químico en húmedo, se han propuesto algunos métodos, incluyendo el ataque con iones reactivos y otras técnicas de ataque del silicio basadas en plasma bien conocidas para la fabricación de dispositivos semiconductores. Estas técnicas basadas en plasma pueden tener un efecto perjudicial sobre la vida útil del soporte del silicio de base y en algunos casos no dan lugar a una textura que se pueda pasivar fácilmente.

30

35

40

45

El ataque químico en húmedo es el estado actual de la técnica para la fabricación de celdas solares FV. Actualmente estas técnicas se llevan a cabo mediante un proceso químico en húmedo en el que los sustratos de silicio se sumergen en una solución ácida o alcalina calentada durante un período de tiempo para formar patrones irregulares en la superficie del sustrato.

50

Los problemas asociados al ataque químico en húmedo para la producción de celdas solares cristalinas son:

1. Durante estas etapas de ataque químico en húmedo se consumen cantidades muy grandes de agua y otros productos químicos.

55

2. El proceso de ataque en húmedo no es adecuado para las obleas más finas (< 160 μm).

3. La texturización mediante el ataque químico en húmedo alcalino tradicional de la celda solar de silicio multicristalina más barata no da propiedades antirreflectantes satisfactorias. Esto se debe a la naturaleza anisótropa del sustrato de silicio multicristalino.

60

4. El proceso de registro para la fabricación de celdas solares de silicio multicristalino es usar una etapa adicional de ataque en húmedo usando una solución ácida, por ejemplo una mezcla de HF y HNO₃. Esta «isotexturización» da lugar a una reflexión más baja que el ataque anisótropo tradicional en sustratos multicristalinos. Sin embargo, como se indica en el punto 1, no da los mismos resultados que el ataque alcalino tradicional sobre sustratos monocristalinos. Esto deja las eficacias de conversión de celdas totales de celdas solares de silicio multicristalino a

65

la zaga de las eficiencias de conversión de las celdas solares de silicio monocristalino más caras.

5. El equipo de ataque en húmedo puede ser muy grande (en el mismo caso de hasta 17 m de longitud) y tiene capacidad limitada de rendimiento del proceso.

6. La eficiencia del ataque en húmedo depende en gran medida de la estructura cristalográfica de la oblea y requiere diferentes recetas de productos químicos para la oblea de Si mono o multicristalino.

7. Lados únicos limitados del proceso en húmedo que no proporciona un tratamiento superficial desacoplado.

8. El ataque en húmedo necesita algunos defectos en la oblea para funcionar. No funciona partiendo de una superficie lisa.

Se han utilizado recientemente procesos sin plasma de ataque en seco para la aplicación de limpieza en cámara de vacío. Por ejemplo, como se describe en el documento US 2008142046, se usó flúor molecular (F₂) se utilizó para la limpieza de nitruro de silicio (SiN_x) en una cámara de deposición química a vacío (CVD). Se suministra flúor prediluido en un gas inerte a la cámara de vacío y el flúor se disocia térmicamente calentando la cámara a una temperatura de entre 230 y 565 grados C. El nitruro de silicio no deseado se elimina de las superficies de la cámara interior por reacción química. Este proceso de limpieza de la cámara de vacío es necesario para evitar la contaminación cruzada entre procesos.

El documento US 6.500.356 (B2) describe un proceso de ataque químico en seco que ataca selectivamente el silicio en dispositivos electrónicos, sin atacar el óxido de silicio o el nitruro de silicio. La especificación está muy restringida a mantener el sustrato en el interior de una cámara de vacío y suministrar el gas de ataque a la misma cámara, a una presión inferior a la presión atmosférica (260 millitorr (mT)).

El ataque en seco de las celdas solares FV ha estado en desarrollo durante algún tiempo. Ha habido numerosas publicaciones que usan técnicas tradicionales de ataque con plasma basadas en vacío. El principal problema con estos métodos es que el material FT se daña por los iones del plasma durante el proceso de ataque. Aunque se ha hecho cierto progreso en lo que respecta a esta cuestión de los daños por el plasma, la comercialización de dichas soluciones es improbable, ya que el coste de los sistemas basados en vacío es prohibitivo y el bajo rendimiento no es adecuado para la fabricación de celdas FT solares a gran escala.

También ha habido trabajos sobre el uso de plasma atmosférico para tratar, limpiar y, en algunos casos, modificar la superficie de diversos sustratos. En el documento EP 0690479 se describe un método que utiliza una descarga de plasma atmosférico para tratar sustratos a presión atmosférica. De forma similar, el documento US 2008/0000497 A1 describe un método para eliminar capas que contienen productos orgánicos usando una descarga de plasma.

En el documento US 2008/0305643 se describe un aparato de ataque con plasma atmosférico para retirar las capas superficiales dopadas sobre las caras posteriores de una oblea solar cristalina. De forma similar, el documento US 2010/0062608 describe un aparato para atacar selectivamente el vidrio de silicato de fósforo (PSG) formado durante el proceso de difusión usando un proceso basado en plasma. Todo este estado de la técnica se basa en trabajos que utilizan tecnología de descarga de plasma y que usan el plasma para generar las especies activas requeridas para realizar el trabajo sobre los sustratos.

El documento US 4803947 divulga un aparato para la deposición de películas FV de Si amorfo de película fina y el tratamiento de la superficie de sustratos FV utilizando una técnica sin plasma. El documento US 4803947 hace referencia al uso de F₂ para afectar una textura o «engrosamiento» en la superficie para ayudar a la absorción de la luz. También describe una serie de cámaras que están conectadas pero las regiones del proceso están separadas por cortinas de gas de purga. Este aparato utiliza un método *Roll-to-Roll* (rodillo a rodillo) que está limitado para uso con sustratos flexibles que pueden ser transportados y recogidos sobre rodillos. El uso de las cortinas de purga se limita a separar los espacios de reacción del proceso dentro de un sistema cerrado más grande que aloja todas las cámaras de proceso junto con las cámaras de rodillos de suministro y de recolección. Incluso con la capacidad de mover los sustratos libremente entre cámaras de proceso, no hay producción continua. Cuando el proceso está completo, los rodillos tanto de despliegue como de recolección necesitarían cambiarse y el sistema abrirse de alguna manera que no se describe. El engrosamiento efectuado por el uso de F₂ no se reivindica para su control u optimización de ninguna manera. Los niveles de flujo y la presión descritos indican que este proceso tiene lugar en un vacío, es decir, 30 SCCM a 1,5 torr. Sin embargo, este método no es adecuado para el procesamiento de obleas.

Por lo tanto, existe la necesidad de proporcionar un proceso y un aparato para el ataque en seco/la texturización de obleas de celdas solares fotovoltaicas de silicio cristalino y control, que superen los problemas mencionados anteriormente.

Sumario de la invención

El objeto de la presente invención se define en la reivindicación 1.

- El problema técnico que se ha resuelto es la provisión de un método de ataque en seco de alto rendimiento que no requiere plasma ni vacío para ayudar al proceso de ataque utilizando gas flúor F2 y que se realiza a presión atmosférica. El uso de flúor elemental, que tiene una energía de unión significativamente menor que cualquiera de los otros agentes decapantes usados hasta la fecha, permite el uso de una fuente de energía de potencia mucho menor para fraccionar el flúor elemental en sus radicales activos. Dado que el método puede ejecutarse a presión atmosférica y puede utilizar un conjunto de cortinas de contención de gas de purga, esto permite el movimiento continuo de las piezas de trabajo en la zona de ataque químico y a través de ella, y permite el rendimiento mucho mayor requerido por la industria FV. El uso de flúor elemental o molecular sin la ayuda de plasma a presión atmosférica para el ataque en seco de sustratos proporciona un proceso sencillo y eficaz para el ataque controlado de un sustrato o capa depositada, dando lugar a la creación de texturas y estructuras predefinidas sobre el material de sustrato. La simplicidad y el alto nivel de control sobre los tipos de texturas que se pueden lograr permiten optimizar el proceso de fabricación de celdas global y permiten seleccionar una textura particular para que coincida con el diseño de la celda.
- En un modo de realización, el decapante se activa térmicamente sin la ayuda de ningún plasma.
- En un modo realización, el ataque químico puede controlarse para proporcionar una textura predefinida sobre el sustrato que pueda integrarse fácilmente con las otras etapas del proceso; es decir, se pueden pasivar fácilmente y pueden mejorar el suministro en capacidades de atrapamiento de luz. En el presente documento hemos encontrado que la velocidad de ataque se puede controlar cambiando el caudal del decapante cuando interactúa con el sustrato. Variando el caudal del gas y la geometría del módulo de suministro de gas decapante, se consiguen velocidades de entre aproximadamente 0,1 y 3 m/s. Los diferentes parámetros geométricos incluyen la separación entre el sustrato y el material de suministro del decapante que varía entre aproximadamente 2-40 mm. El ángulo del flujo de gas en la textura se puede optimizar con la dirección y velocidad del sustrato al pasar a través de él. El ángulo del flujo se puede variar entre aproximadamente 0-180 grados con respecto a la superficie del sustrato que se está atacando. Ajustando cuidadosamente estos parámetros, se pueden conseguir diferentes velocidades de ataque que dan lugar a la creación de diferentes texturas.
- En un modo de realización, el tamaño de las características de la textura resultante puede controlarse mediante la variación de la velocidad de ataque. El intervalo de velocidad de ataque típico alcanzado está entre aproximadamente 2-40 $\mu\text{m}/\text{min}$, y texturas de suministro con características que tienen un tamaño entre aproximadamente 0,1 μm y 5 μm .
- En un modo de realización, el módulo de suministro de gas comprende un conjunto de boquillas.
- En un modo de realización, el módulo de suministro de gas comprende una placa plana con una pluralidad de aberturas en un patrón establecido.
- En un modo de realización, el módulo de suministro de gas comprende un conjunto o fila de aberturas de longitudes diferentes o iguales. En un modo de realización preferente, las aberturas comprenden rendijas o aberturas de huecos.
- En un modo de realización, el módulo de suministro de gas comprende una rendija.
- En un modo de realización, un único reactor puede tener uno o más tipos de sistemas de suministro de gas para atacar los sustratos. Los sistemas de suministro de gas pueden estar dispuestos de manera que cada uno proporcione la misma textura o una textura diferente sobre los sustratos.
- En un modo de realización, los diferentes módulos de suministro de gas podrían estar dispuestos para llevar a cabo etapas de ataque subsiguiente una tras otra en el mismo sustrato, proporcionando de este modo una textura adicional sobre una superficie ya texturizada.
- En un modo de realización, el proceso se lleva a cabo como un proceso de transferencia continuo.
- En un modo de realización, el proceso se lleva sin que el sustrato se detenga en la zona del reactor.
- En un modo de realización, el proceso se lleva a cabo donde el sustrato puede detenerse una vez o múltiples veces en la zona del reactor.
- En un modo de realización, el sustrato que se va a atacar se suministra en la zona del reactor y una vez que el proceso de ataque se ha completado, el sustrato se mueve entonces afuera del reactor en la dirección desde la cual se suministró.
- En un modo de realización, se puede atacar un lado de un sustrato sin atacar el lado opuesto.

- En un modo de realización, el decapante se aplica al sustrato o capa depositada bajo presión atmosférica.
- En un modo de realización, la región de reacción del reactor se sella purgando cortinas de gas. En un modo de realización, la zona de precalentamiento se sitúa en el interior de las cortinas de gas de purga.
- 5 En un modo de realización, la textura superficial del sustrato resultante es áspera para reducir su reflectividad y aumentar la luz absorbida.
- En un modo de realización, la textura superficial del sustrato resultante es lisa.
- 10 En un modo de realización, el gas decapante es flúor molecular o atómico. La concentración de flúor puede ser cualquier concentración en un intervalo de entre aproximadamente un 5 a un 100 %.
- Cada gas de ataque puede tener su propio método para atacar la formación de radicales.
- 15 En un modo de realización, el sustrato para el ataque puede seleccionarse del grupo que comprende una celda solar fotovoltaica, una oblea de silicio o una capa depositada sobre sustratos tales como, por ejemplo, estratificados (tejido de fibra de vidrio tejido con un aglutinante de resina epoxi que es ignífugo) de vidrio, AlTiC (aluminio, titanio, carbono), ITO (óxido de indio y estaño) y FR4.
- 20 En otro modo de realización, esta tecnología de ataque en seco atmosférico puede usarse conjuntamente con un proceso de micromecanizado por láser. El mecanizado/perforación por láser daña una región del material que se está cortando y se puede realizar un ataque en seco después o durante el proceso de mecanizado/perforación para eliminar/reparar las regiones dañadas.
- 25 En otro modo de realización, este método puede utilizarse en la fabricación de pantallas táctiles de sensores capacitivos, en las que una matriz de microagujeros se ataca en las PCB (placas de circuito impreso) y los estratificados epoxi reforzados con fibra de vidrio FR4 e ITO.
- 30 De acuerdo con un ejemplo de la invención, se proporciona un aparato para modificar la estructura superficial de un sustrato de silicio o capa de silicio depositada de una manera controlable usando solo gas, adecuado para fabricar dispositivos fotovoltaicos (FV), comprendiendo el aparato:
- 35 (i) un alojamiento,
- (ii) un reactor atmosférico,
- (iii) al menos una cámara impelente de evacuación de gas decapante,
- 40 (iv) medios para disponer el sustrato o la capa depositada sobre un soporte móvil,
- (v) medios para precalentar el sustrato o la capa depositada,
- 45 (vi) medios para mover continuamente el sustrato o capa depositada para el ataque a través del reactor atmosférico,
- (vii) medios para mover continuamente el sustrato bajo un módulo de suministro del decapante en el interior del reactor aplicando al menos un decapante en forma de gas bajo presión al sustrato o capa depositada en el reactor, y
- 50 (viii) medios para controlar la velocidad de ataque del proceso;
- en el que al menos uno de los gases decapantes se selecciona del grupo que comprende gases que contienen flúor y compuestos a base de cloro.
- En un modo de realización, el gas decapante en el reactor atmosférico puede calentarse para producir radicales de base para realizar el ataque en seco.
- 55 En un modo de realización, el reactor atmosférico puede calentarse a una temperatura de entre aproximadamente la temperatura ambiente y 450 grados C. En la presente memoria descriptiva, debe entenderse que el término «temperatura ambiente», abreviado a TA, significa una temperatura de entre aproximadamente 20 grados C y aproximadamente 25 grados C (de aproximadamente 68 grados F a aproximadamente 77 grados F).
- 60 En un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un dispositivo que comprende un sustrato atacado mediante el método descrito anteriormente.
- 65 En un modo de realización, el dispositivo puede seleccionarse del grupo que comprende una celda solar fotovoltaica, una oblea de silicio, un sustrato de vidrio, una capa depositada sobre un sustrato de oblea (silicio amorfo, SiNx,

SiOx).

Breve descripción de los dibujos

- 5 La invención se comprenderá más claramente a partir de la siguiente descripción de un modo de realización de la misma, dado solamente a título de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:
- la figura 1 muestra un diagrama de flujo de un proceso de ataque en seco de la presente invención;
- 10 la figura 2 muestra una vista seccionada del aparato de ataque en seco de la presente invención;
- la figura 3 ilustra una disposición del proceso de la presente invención para el procesamiento continuo en línea de sustratos a presión atmosférica;
- 15 la figura 4 muestra otra vista seccionada del aparato de ataque en seco de acuerdo con otro modo de realización de la invención;
- las figuras 5a-d ilustran imágenes SEM de imágenes de obleas de Cz-silicio pulidas de tipo <100>-n que demuestran las diversas texturas que se pueden conseguir variando el ataque;
- 20 la figura 6 ilustra datos de reflexión para diferentes texturas creadas por diferentes parámetros de ataque en una única oblea de Cz-silicio pulida de tipo <100>-n;
- la figura 7 ilustra los diferentes mecanismos para conseguir el ajuste angular requerido para la corriente de flujo de gas decapante;
- 25 la figura 8 ilustra opciones alternativas para conseguir el ajuste angular requerido para la corriente de flujo de gas decapante.

30 Descripción detallada de los dibujos

La presente invención utiliza una novedosa química de ataque en seco en la que el ataque no está limitado por la estructura cristalina de la superficie que se va a atacar. Los agentes decapantes se suministran de forma controlable en forma gaseosa y se aplican a la superficie que se va a atacar a presión. No hay ningún requisito para que la zona de ataque se contenga en una cámara de vacío.

35

La figura 1 ilustra un diagrama de flujo general del método de la presente invención para modificar la estructura superficial de un sustrato de silicio o capa de silicio depositada de una manera controlable utilizando únicamente gas, adecuado para fabricar dispositivos fotovoltaicos (FV), descritos con más detalle con respecto a las figuras 2 a 6.

40

Como se ilustra en las figuras 2 y 3, se proporciona un aparato para llevar a cabo el método de la invención. El aparato se refiere generalmente con el número de referencia 1 de acuerdo con un modo de realización de la invención. El aparato comprende un alojamiento 2 que tiene paredes 4, una cubierta 6 y un soporte 8 opuesto y en un plano paralelo a la cubierta 6. Dentro del alojamiento 2 están situadas unas cortinas de contención de gas de purga 10, 11 anidadas cerca de las paredes 4. La zona del reactor se define por el área dentro de las cortinas 10, 11. En el interior de esta zona, y colocadas hacia el centro del alojamiento 2, están las cámaras 14, 15 impelentes de evacuación de gas decapante, que se yuxtaponen a las cortinas 10, 11, respectivamente. Las cámaras 14, 15 impelentes de evacuación están conectadas entre sí a través de tuberías 17, 18 que canalizan los gases de escape desde el interior del alojamiento 2 al exterior a través de un conducto 19.

45

50

Situado entre las cámaras 14, 15 impelentes está un reactor 20 de suministro de gas decapante. El reactor 20 de suministro emite una cortina de gas 22 desde una abertura 24 en una base 26 del reactor 20. El gas decapante se emite entonces desde la abertura 24 sobre un sustrato 30. Como se ha esbozado en los modos de realización, hay una serie de ajustes y configuraciones diferentes que se pueden establecer para diferentes parámetros de ataque. La figura 6 muestra más detalles a este respecto y se comenta con más detalle a continuación.

55

En uso, como se ilustra en la figura 3, múltiples carriles del sustrato 30 se colocan sobre una cinta 32 transportadora y se suministran a un dispositivo 34 de calentamiento. El sustrato se precalienta a una temperatura de entre aproximadamente la temperatura ambiente y aproximadamente 450 °C antes de pasar al aparato 1. El sustrato 30 se expone al gas decapante calentado en una cámara 40 del aparato 1. Una vez que el sustrato 30 se ha expuesto al gas decapante durante un periodo de tiempo predeterminado, la cinta 32 transportadora mueve el sustrato 30 atacado a través del aparato 1 y el siguiente sustrato que se va a atacar se expone al gas decapante.

60

65 Es el modo de realización preferente de la presente invención usar gas flúor elemental F₂ que se fracciona o energiza mediante calentamiento simple en el reactor 20 de suministro para producir radicales de base de flúor para

realizar el ataque sobre la superficie de los sustratos 30.

Haciendo referencia a la figura 4, se ilustra un reactor 101 atmosférico adaptado para realizar el método de la invención. El sustrato (o capa depositada) 103 se coloca sobre un soporte 105 móvil, por ejemplo un transportador de sustrato, que se adapta para moverse continuamente para suministrar el sustrato 103 a una zona 107 de calentamiento, que está en el interior de un área 109 de reacción. La zona de calentamiento también puede estar fuera del área de reacción. El área 109 de reacción está sellada por las cortinas 111, 112 de purga en la entrada y la salida. Una zona 107 de precalentamiento está situada en el interior de los límites perimétricos definidos por las cortinas de purga. La zona de precalentamiento también puede situarse fuera de los límites perimétricos definidos. El sustrato o capa 103 depositada se precalienta mediante un calentador 115; y se suministra posteriormente a la zona 119 del reactor químico por el transportador 105 continuo. El transportador mueve el sustrato a través del área 109 de reacción de una manera controlada de tal manera que bajo una característica 117 de suministro de decapante en el interior del reactor se aplica al menos un decapante en forma de gas bajo presión atmosférica al sustrato o capa depositada en el reactor.

Con referencia ahora a las figuras 5a-d; tanto 5a como 5b son imágenes SEM ilustradas de obleas de Cz-silicio pulidas de tipo <100>-n procedentes del mismo lote y atacadas con diferentes parámetros usando el método de la presente invención. Las imágenes demuestran claramente que se pueden conseguir diversas texturas variando los parámetros de ataque de la presente invención. En la figura 5b se muestra una estructura que tiene una textura fina en el intervalo de aproximadamente 0,1-0,2 μm y en la figura 5a se muestra una textura más rugosa de estructuras piramidales en el intervalo de aproximadamente 3-4 μm . Los parámetros que se han variado en el caso de esas obleas ilustradas en las figuras 5a y 5b son caudal de gas y el ángulo en el que el gas impacta los sustratos. Todos los demás parámetros permanecieron constantes, es decir, presión atmosférica, temperatura (350 grados C) y concentración de F_2 del 15 %. Las imágenes SEM ilustradas en 5c y 5d proceden de dos obleas diferentes de Cz-silicio pulidas de tipo <100>-n atacadas usando diferentes parámetros. Los parámetros que se ajustaron fueron el caudal de gas y el ángulo en el que el gas impacta los sustratos. Las texturas resultantes son más finas, la estructura resultante es bastante «amorfa» y del tipo que es en general difícil de pasivar.

Pueden utilizarse diferentes mecanismos para variar y controlar el suministro de gas al sustrato que se va a atacar en la zona de reacción del aparato de la presente invención. Hay dos mecanismos diferentes ilustrados en la figura 7, indicados como 201a y 201b. Un sustrato 204a y 204b, un transportador 205a y 205b para llevar el sustrato 204a y 205b, respectivamente, y el módulo 202a y 202b de suministro de gas de ataque también se ilustran para los mecanismos 201a y 201b, respectivamente. También se muestra un método para calentar el sustrato incorporado en el transportador 205a y 206b, y se le da el número de referencia 206a y 206b, respectivamente. La figura 7 muestra las diferentes maneras en las que el gas 203a y 203b de ataque se puede dirigir sobre el sustrato 204a y 204b, respectivamente, que se va a atacar. En 201a, el transportador 205a y subsiguientemente el sustrato 204a pueden disponerse en diferentes ángulos « θ » con respecto al módulo 202a de suministro de gas. En 201b, el reactor de flujo de gas, y por lo tanto el módulo 202b de suministro de gas, se pueden disponer en varios ángulos « θ » para conseguir las diferentes texturas. En ambos casos para 201a y 201b, la separación entre el sustrato y el módulo 202a y 202b de suministro de gas, respectivamente, se puede ajustar a varias alturas «h».

La figura 8 ilustra opciones alternativas para ajustar el ángulo en el que se suministra el gas de ataque. Como se muestra en la figura 8, un sustrato 302 pasa por debajo de los módulos 303 y 304 de suministro de gas. Ambos módulos 303 y 304 de suministro de gas se muestran en vista en planta y en vista lateral, como se indica en la figura 8. El módulo 304 de suministro de gas comprende una serie de placas 308, cada una de las cuales tiene una pluralidad de aberturas 309 formando un patrón. Las placas 308 pueden moverse una con respecto a la otra en un plano que es paralelo a la superficie de la oblea. De esta manera, el ángulo del canal de suministro de gas que se crea mediante la alineación de las aberturas 309 se puede modificar y ajustar según se requiera. Se ilustra el ángulo en el que el gas 306 choca contra el sustrato 302. El mismo concepto se demuestra para el módulo 303 de suministro de gas, en el que el módulo 303 comprende un conjunto de placas 310, cada una de las cuales tiene aberturas en forma de rendijas. Las placas 310 son libres de moverse una con respecto a la otra en un plano paralelo a la superficie de la oblea y de esta manera fijar un ángulo deseado de suministro de gas, como se ha descrito anteriormente para el módulo 304 de suministro de gas.

En la memoria descriptiva los términos «comprenden, comprende, comprendido y comprender» o cualquier variación de los mismos y los términos «incluyen, incluye, incluido e incluir» o cualquier variación de los mismos se consideran totalmente intercambiables y se les debe dar la interpretación más amplia posible y viceversa.

La invención no se limita a los modos de realización descritos en lo que antecede en el presente documento sino que puede variarse tanto en la construcción como en el detalle.

REIVINDICACIONES

1. Un método para modificar una estructura superficial de un sustrato de silicio o una capa de silicio depositada a una textura deseada, adecuado para fabricar dispositivos fotovoltaicos, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 disponer el sustrato de silicio o capa de silicio depositada sobre un soporte móvil;
- precalentar el sustrato de silicio o capa de silicio depositada en una zona de precalentamiento;
- 10 mover continuamente el sustrato de silicio o capa de silicio depositada para atacar a partir de un entorno ambiental externo a través de una cortina de contención de gas de purga y en una cámara caliente abierta de ataque a presión atmosférica;
- 15 mover continuamente el sustrato de silicio o capa de silicio depositada a través de la cámara de ataque que comprende una característica de suministro de decapante, mientras se aplica y controla un caudal de gas flúor F2 a presión atmosférica y una concentración de entre un 5 % y un 100 % al sustrato de silicio o capa de silicio depositada para reducir la reflectividad superficial de la superficie de silicio del sustrato de silicio o capa de silicio depositada y aumentar la absorción de luz;
- 20 controlar un ángulo entre 0 y 180 grados del gas decapante flúor F2 que se aplica a presión atmosférica; y
- mover continuamente el sustrato de silicio o capa de silicio depositada afuera de la cámara de ataque abierta calentada, a presión atmosférica, y a través de otro o del mismo conjunto de cortinas de contención de gas de purga al entorno ambiente externo, en el que el gas decapante flúor F2 se activa térmicamente sin la necesidad de ningún plasma; y en el que el gas decapante flúor F2 se aplica directamente a la superficie de silicio del sustrato o capa de silicio depositada a presión atmosférica para reducir su reflectividad superficial y aumentar la luz absorbida por el sustrato de silicio o capa de silicio depositada.
- 25
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el proceso se lleva a cabo como un proceso de transferencia continuo.
- 30
3. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la característica de suministro de decapante en el interior de la cámara se sella por cortinas de gas de purga.
- 35
4. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la textura superficial del sustrato resultante es áspera para reducir su reflectividad y aumentar la luz absorbida.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la textura superficial del sustrato resultante es lisa.
- 40
6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que se proporciona adicionalmente oxígeno u ozono para mejorar el método modificando la estructura superficial del sustrato de silicio o capa de silicio depositada a una textura deseada.
- 45
7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el sustrato para el ataque se selecciona del grupo que comprende una celda solar fotovoltaica, una oblea de silicio o una capa depositada sobre un sustrato seleccionado del grupo que comprende estratificados de vidrio, AlTiC, ITO y FR4.
8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, realizado en ausencia de plasma.



Figura 1

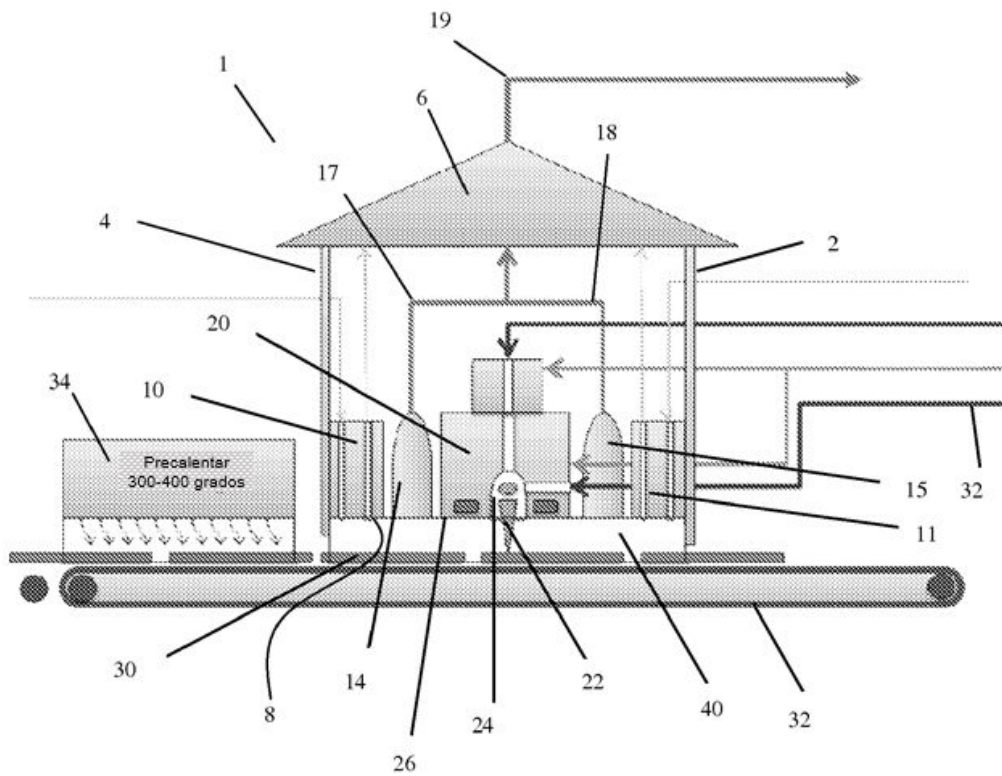


Figura 2

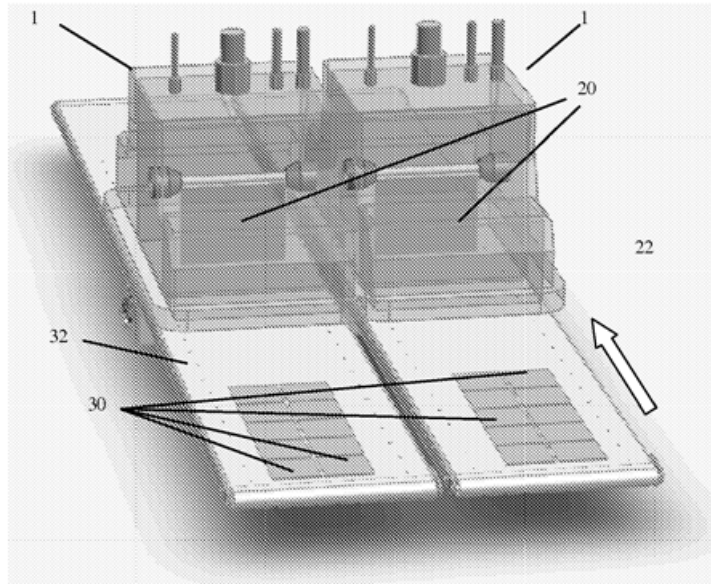


Figura 3

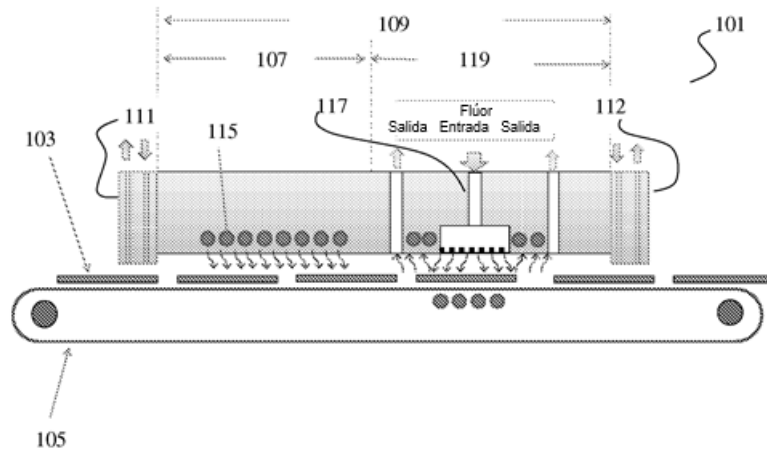


Figura 4

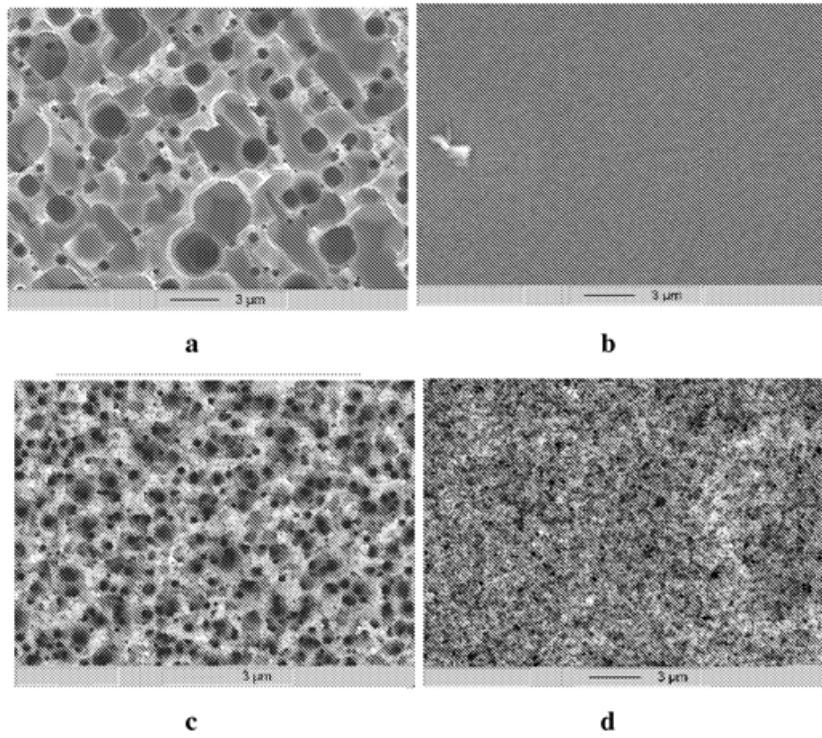
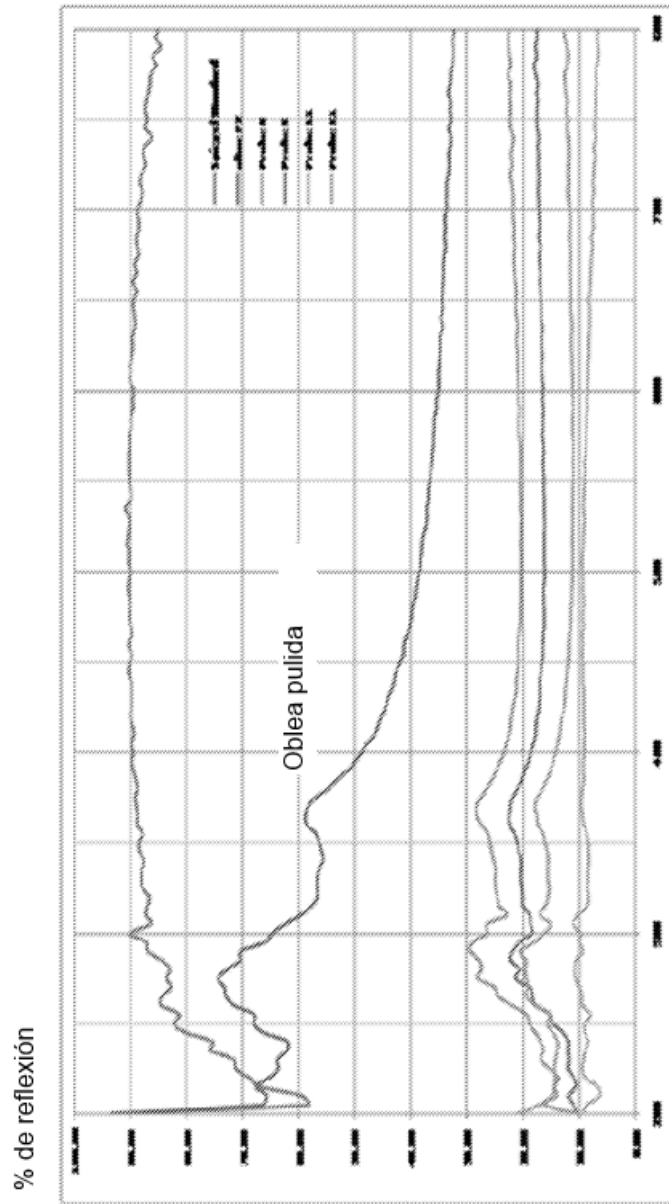


Figura 5



Longitud de onda (nm)

Figura 6

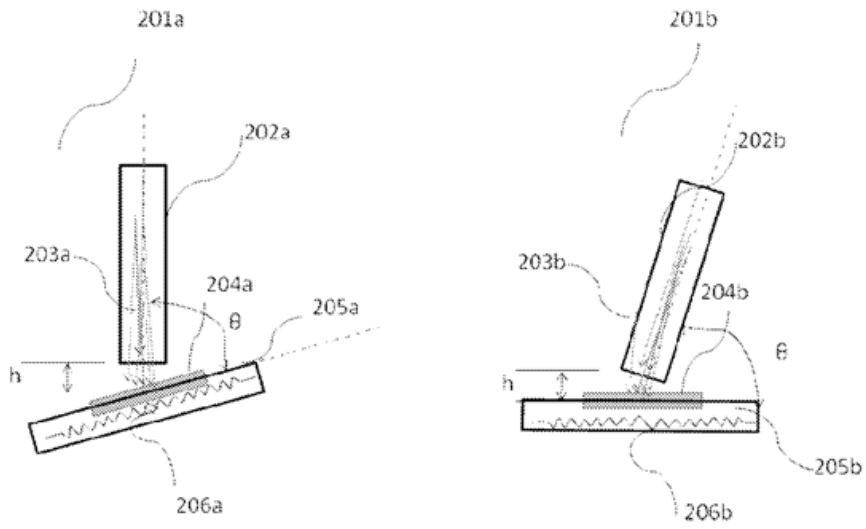


Figura 7

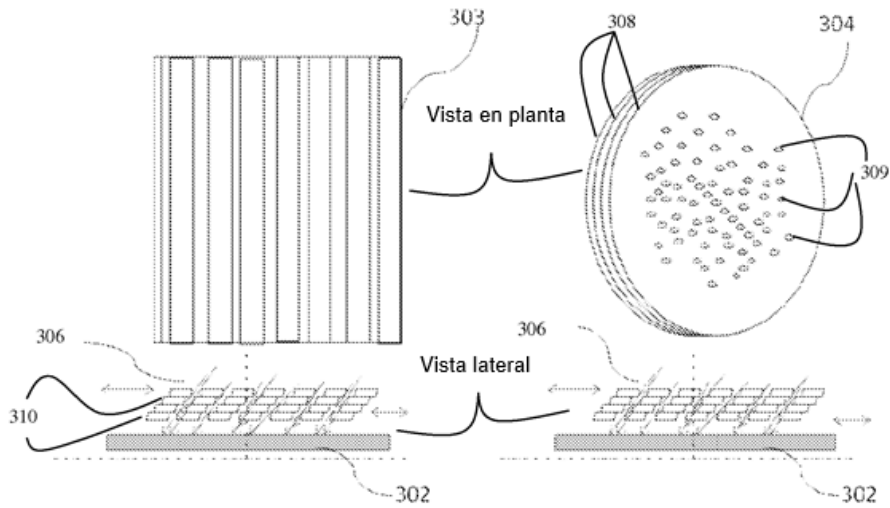


Figura 8